



UNIVERSITÀ DI PARMA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

**DOTTORATO DI RICERCA IN
MEDICINA MOLECOLARE**

CICLO XXXVII

**PSICOFISIOLOGIA DELLO STRESS E DELL'ADATTAMENTO:
FACILITARE LA RESILIENZA MEDIANTE IL CARDIAC COHERENCE TRAINING**

Coordinatore:

Chiar.mo Prof. PRISCO MIRANDOLA

Tutore:

Chiar.mo Prof. CARLO PRUNETI

Dottoranda: SARA GUIDOTTI

Anni Accademici 2021/2022 – 2023/2024

*“Fidarsi è un consegnarsi all’altro,
è sfidarlo ad essere all’altezza del dono”.*

*A tutte le persone che mi hanno dato fiducia,
grazie di cuore.*

ABSTRACT

Introduzione: Lo stress lavoro-correlato rappresenta un problema di salute pubblica, in quanto sono diverse le malattie, soprattutto di natura cardiovascolare, che evidenziano una forte associazione tra alcuni fattori lavorativi ed i sintomi psicologici e psicosomatici del *burnout*. A tale riguardo, interventi di *biofeedback* basati sulla variabilità della frequenza cardiaca mirano ad implementare una migliore variabilità della frequenza cardiaca in funzione della respirazione. Numerose esistono evidenze scientifiche a supporto del *cardiac coherence training* (CCT), non vi sono studi che hanno indagato il ruolo predittivo di fattori psicologici o psicofisiologici sulla sua efficacia.

Metodi: Il presente studio quasi-sperimentale e longitudinale ha coinvolto un gruppo di trentasette operatori sanitari (medici, infermieri, operatori socio-sanitari, ecc.), dipendenti dell'Ospedale di *Medicina Fisica e Riabilitativa San Giacomo* di Ponte dell'Olio (Piacenza, Italia). Successivamente, venti di loro hanno aderito anche alle dieci sedute di CCT. Durante una prima fase dello studio, ogni partecipante ha compilato (1) la scheda anamnestica del *Cognitive Behavioral Assessment* (CBA2.0), (2) il *Symptom Questionnaire* (SQ), (3) il *Symptom Checklist-90-Revised* (SCL-90-R), (4) il *P Stress Questionnaire* (PSQ) (5) ed il *16 Personality Factors Questionnaire* (16PF). Nondimeno, è stato effettuato un Profilo Psicofisiologico da Stress (PPS), mediante il *Software ProComp5 Infiniti* (*Though Technology Ltd., Canada*), per la rilevazione dei seguenti parametri: (1) conduttanza cutanea (SCL/SCR); (2)

Frequenza ed Ampiezza Respiratoria (FR/AR); (3) Frequenza cardiaca, Intervallo inter battito, Variabilità della Frequenza Cardiaca (HR/IBI/HRV), con analisi nel dominio della frequenza (LF-HRV, HF-HRV, LF/HF ratio) ed (4) Elettromiogramma di superficie (sEMG), simultaneamente durante una registrazione di 14 minuti suddivisa in 7 fasi: Baseline, Stressor Oggettivo 1 [*Stroop Test*], Riposo 1; Stressor Oggettivo 2 [*Mental Arithmetic Task*], Riposo 2; Stressor Soggettivo [*Racconto di un evento significativo*], Riposo 3. Per ogni parametro sono stati calcolati i valori delta di reattività e recupero allo stress.

Durante la seconda fase dello studio, sono state proposte le dieci sedute di CCT mediante la metodologia offerta dai ricercatori dell'*HeartMath Institute* ed il *software emWave Pro Plus* (Boulder Creek, California, USA). L'efficacia del CCT è stata valutata sia tramite confronto pre-post dei punteggi dei questionari psicologici SQ ed SCL-90-R che dei valori di base, della reattività e del recupero del PPS di ogni parametro psicofisiologico rilevato. Nondimeno, sono stati utilizzati i valori forniti dal *software emWave*: il *coherence index* (CI), relativo la variabilità della frequenza cardiaca in funzione della respirazione, nonché il relativo punteggio cumulativo, ossia l'*achievement score* (AS). Infine, è stata calcolata la percentuale di variazione di CI rispetto la seduta iniziale (%CI INIZIALE) e rispetto la CI ritenuta ottimale perchè associata alla frequenza di risonanza (%CI OTTIMALE) seduta per seduta. Il punteggio di %AS INIZIALE corrisponde, quindi, all'incremento in percentuale di AS rispetto il valore ottenuto in prima seduta. Infine, i valori di %CI INIZIALE, %CI OTTIMALE e %AS INIZIALE dell'ultima seduta, sia durante gli esercizi di

respirazione lenta e profonda (*Coherence Coach*) che durante gli esercizi di coerenza cardiaca (*Emotional Visualizer* e *Games*), sono stati messi in relazione ad alcuni fattori psicologici e psicofisiologici inerenti il distress psicologico (SCL-90-R), il punteggio totale dei comportamenti predisponenti lo stress (PSQ), alcuni fattori della personalità connessi alle capacità di adattamento (16PF) nonché i valori della conduttanza cutanea, essendo considerato un parametro associato al *problem-solving* ed all'apprendimento.

Risultati: I risultati hanno evidenziato la presenza di sintomi psicologici di ansia, depressione e somatizzazioni oltre i limiti della significatività statistica, nonché la presenza di ossessioni e compulsioni clinicamente rilevanti. Ciononostante, i valori di base dei parametri psicofisiologici erano che tutti entro i range tipici, ad eccezione della tensione muscolare di superficie. Ai limiti superiori della norma si collocava il battito cardiaco mentre al limite inferiore il rapporto LF/HF, indice globale dell'HRV. Diverse correlazioni significative hanno consentito di evidenziare le relazioni tra lo stato di disagio percepito e la risposta allo stress.

Per quanto riguarda la valutazione dell'efficacia del CCT, è stato dimostrato un miglioramento significativo di ansia e di depressione, nonché di ossessioni e compulsioni e di somatizzazioni ed ostilità. Per quanto riguarda l'assetto autonomico, la maggior parte dei valori basali dei parametri psicofisiologici (conduttanza cutanea, frequenza ed ampiezza respiratoria e frequenza cardiaca) era minore a T1 rispetto a T0. Inoltre, si è osservato un incremento di attività delle LF-HRV. Nondimeno, è stato documentato un miglioramento di reattività (minori valori di frequenza respiratoria e

cardiaca) e di recupero (minori valori di conduttanza cutanea e di frequenza cardiaca) psicofisico. Infine, anche la variabilità della frequenza cardiaca (log-LF/HF ratio) era migliore a T1.

Il valore di %CI INIZIALE dell'ultima seduta di CCT correlava positivamente con il valore del recupero post-stress della conduttanza cutanea a T0 nonché con alcune misure della personalità in grado di evidenziare buone abilità della messa in atto di risorse utili alla gestione degli eventi avversi. Nello specifico, il fattore C del 16PF correlava positivamente con il valore di %CI INIZIALE e di %AS INIZIALE negli esercizi di *Cardiac Coherence*, il punteggio cumulativo della coerenza, oltretutto, era significativamente associato al fattore G del 16PF che evidenzia la presenza di perseveranza e determinazione nel perseguimento degli obiettivi.

Discussione: Nonostante l'assenza del gruppo di controllo vada segnalata come limite della presente ricerca, si vogliono enfatizzare i risultati dell'analisi di correlazione tra la percentuale di variazione dei parametri di CI e di AS al termine dell'intervento ed alcune misure psicofisiologiche e di personalità connesse alla modalità di fronteggiamento dei problemi ed alla modulazione della risposta allo stress presenti in baseline. L'apprendimento di tecniche per la gestione dello stress, quindi, può essere agevolata dalla presenza di un livello di attivazione psicofisiologica ottimale soprattutto se rinforzato da esperienze positive e gratificanti in grado di alimentarla.

3.1.1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE.....	81
3.1.2. ANALISI DESCRITTIVE.....	86
3.1.3. CORRELAZIONI TRA VARIABILI DI INTERESSE.....	94
3.2. RISULTATI DELLA SECONDA FASE DELLO STUDIO.....	113
3.2.1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE.....	113
3.2.2. DIFFERENZE PRE-POST INTERVENTO.....	115
3.2.2.1. CONFRONTO PRE-POST DEI SINTOMI	
PSICOLOGICI.....	116
3.2.2.2. CONFRONTO PRE-POST DEI PARAMETRI	
PSICOFISIOLOGICI.....	118
3.2.2.3. CONFRONTO PRE-POST DELLA COERENZA	
CARDIACA.....	129
3.3. ANALISI DEI PREDITTORI DI EFFICACIA DELL'INTERVENTO...	137
4. DISCUSSIONI.....	142
5. CONCLUSIONI	169
BIBLIOGRAFIA.....	179

1. INTRODUZIONE

1.1. STRESS LAVORO-CORRELATO

Lo “stress lavoro-correlato” è stato definito dal *National Institute for Occupational Safety and Health* come l’insieme delle “risposte fisiche ed emotive dannose che si verificano quando le richieste di un lavoro non corrispondono alle capacità, alle risorse o ai bisogni del lavoratore” (Møhlhave et al., 2022). L’Agenzia Europea per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro (anche nota come *European Agency for Safety and Health at Work*) ha stimato un forte aumento di distress associato al lavoro in Europa. Secondo il rapporto dell’*European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks* (ESENER, 2019), lo stress lavoro-correlato ha una prevalenza media pari al 22% (con un range tra il 12% del Regno Unito ed il 55% della Grecia) all’interno dei 27 stati membri dell’UE nell’anno del 2019.

L’identificazione dei fattori stressanti correlati all’occupazione lavorativa sta acquisendo sempre più importanza tra i datori di lavoro ma soprattutto tra i ricercatori. In particolare, le implicazioni pratiche che hanno maggiormente attirato l’attenzione della comunità scientifica, e soprattutto di coloro che afferiscono al filone di studi della psicofisiologia dello stress, sembrano essere gli effetti sulla salute fisica e mentale. Una interessante meta-analisi condotta da Goh e colleghi nel 2015 negli Stati Uniti che ha analizzato i dati di 228 ricerche, ha indagato la relazione tra stressor sul posto di lavoro, mortalità e costi sanitari. I principali fattori di stress lavoro-correlato segnalati erano riferiti a sentimenti di iniquità lavorativa, pressioni volte al conseguimento di risultati, lavoro su turni, sensazione di perdita di controllo, scarso

supporto sociale sul posto di lavoro e necessità di effettuare straordinari. Il dato che era stato maggiormente sottolineato dagli autori dello studio riguardava la constatazione che il coinvolgimento del lavoratore in lunghe ore di attività erano responsabili dell'aumento la mortalità di quasi il 20%. Nondimeno, è tanto importante anche l'associazione tra stressor sul posto di lavoro e salute psicofisica, in generale. Ad esempio, la presenza di conflittualità nel bilancio tra lavoro e famiglia era stata associata ad un incremento della probabilità di scarsa salute fisica percepita pari a circa il 90% (Goh et al., 2015). Più in generale, tutti gli stressor sopracitati sono stati confermati per essere costantemente e significativamente associati a disturbi d'ansia e depressivi nonché a patologie indirettamente connesse quali la demenza (Rau et al., 2010; Wang et al., 2012).

I lavori condotti da Yamamoto (1999), prima, e da Rushton (2018), successivamente, hanno anche sottolineato che i medesimi stressor coinvolgono trasversalmente tutti gli operatori sanitari in maniera significativa. In altre parole, le mansioni lavorative maggiormente stressanti sembrano essere quelle delle professioni di aiuto (le cosiddette *human health and social works*), in generale (ESENER, 2019). In questo specifico gruppo occupazionale, i carichi di lavoro ed i loro effetti sugli operatori sembrano essere di entità particolarmente rilevante. Numerosi studi hanno documentato correlazioni significative tra variabili quali la soddisfazione lavorativa, la qualità della vita, la salute fisica e mentale (Faragher et al., 2005; Mache et al., 2014). Sembra, oltretutto, che vi siano differenze tra i vari operatori sanitari e le specializzazioni mediche. Per esempio, i medici che operano nei servizi di emergenza e di soccorso oppure i chirurghi segnalano generalmente livelli più elevati di stress soggettivo (Pohl et al., 2021) e riportano maggiore stress psicofisico (Thielmann et al.,

2016, 2021). Risultati interessanti che si inseriscono in questa prospettiva sono stati presentati dal gruppo di lavoro di Bernburg in uno studio del 2006 che ha analizzato i questionari compilati da 435 medici ospedalieri. Dai dati presentati è stato possibile evincere che vi sono differenze rilevanti tra le specialità mediche per quanto riguarda la pressione del tempo, l'incertezza, la frustrazione sulle modalità richieste per lo svolgimento del lavoro e gli stress sociali con i pazienti, con correlazioni significative sullo stato di salute percepita, sia fisica che mentale. In questa rilevazione, livelli costantemente più elevati di stress erano presenti tra i medici di medicina interna rispetto alle altre discipline (neurologia, chirurgia, pediatria, anesthesiologia e ginecologia e ostetricia).

Un altro lavoro interessante è quello di Harvey et al., 2021, i quali hanno documentato numeri simili di medici con sintomi di depressione, segnalati indipendentemente dalla collocazione geografica e dalla specializzazione esaminate. La stima complessiva della casistica di depressione, corrispondente al numero di medici che otteneva un punteggio significativamente alto in una misura di depressione da essere considerato affetto da sintomi depressivi clinicamente rilevanti, era pari al 28,8% (l'intervallo di confidenza del 95% delimitava un range tra il 25,3% ed 32,5%) (Mata et al., 2015). Nonostante i disturbi d'ansia siano indagati meno frequentemente, il piccolo numero di studi trasversali suggeriva tassi di ansia generalizzata fino al 24% (Ruitenburg et al., 2012) e di disturbo da stress post-traumatico dal 4% al 16% (Weiniger et al., 2006; Wilberforce et al., 2010). Tali dati possano sembrare controintuitivi se si considerano i fattori apparentemente protettivi generalmente associati a questa categoria professionale, tra i quali emergono sicurezza di carriera e finanziaria, status socio-economico elevato e lavoro generalmente gratificante.

Tuttavia, il gruppo di lavoro di Gerada (2017) ha sottolineato che i medici non sono solamente esposti ai rischi associati alla predisposizione genetica, ai primi eventi traumatici della vita, ai lutti successivi, alle malattie o alle rotture delle relazioni come chiunque altro ma anche che la loro professione è associata a fattori di rischio aggiuntivi. I ricercatori hanno osservato che essi si selezionano (e vengono selezionati) per specifici tratti della personalità, come perfezionismo, ossessività e persino caratteristiche di “martirio”, o meglio “ascetismo”. Tali aspetti, se inizialmente predicono un buon funzionamento lavorativo, successivamente, possono invece esporre le stesse persone al *burnout*. È possibile, quindi, che vengano sviluppate difese psicologiche ritenute immature ma comunque funzionali a preservare l’equilibrio psicofisico. Ad esempio, depersonalizzazione e dissociazione possono rendere più difficile il contagio emotivo con la sofferenza dei pazienti ma anche un minore riconoscimento del distress e del dolore sia fisico che mentale, sia proprio che altrui.

In generale, è stato notato che il problema non interessa soltanto la popolazione dei medici ma tutte le professioni sanitarie. La prevalenza di disturbi da stress lavoro-correlato, infatti, è significativamente più elevata rispetto alla popolazione generale non solo nei medici ma anche negli infermieri e negli operatori socio-sanitari, con sintomi psicologici di ansia e depressione altrettanto degni di interesse clinico (Dall’Ora et al., 2020; Gerada et al., 2018; Harvey et al., 2021). Le stime di prevalenza per le cosiddette professioni di aiuto, secondo un’analisi sistematica del 2021 condotta su 83 studi, segnalano circa un 37% per la depressione, un 41,42% per l’ansia ed un 44,86% per i disturbi stress-correlati (Mahmud et al., 2022).

1.2. DEFINIZIONE DI BURNOUT

Il malessere psicologico associato all'occupazione lavorativa viene denominato con il termine *burnout*, costruito descritto per la prima volta da Freudenberg (1974) sebbene la sua misurazione e le conseguenze sulla salute psicofisica siano state meglio descritte da Maslach e collaboratori (2001) successivamente. Il significato del termine vuole propriamente sottolineare il concetto di spegnimento determinato da questa sindrome. La traduzione letterale, infatti, richiama i verbi “*to fail*” (fallire, nel senso di divenire debole) e “*wear out*” (logorarsi o esaurirsi) che sottolineano l'eccessiva richiesta di energie e, conseguentemente, della forza richiesta per adattarvisi. In questo senso, il concetto di *burnout* enfatizza maggiormente le problematiche sul versante sociale ed organizzativo, dal momento in cui questa condizione sembra essere caratterizzata da esaurimento emotivo, cinismo e sentimenti di inefficacia in grado di determinare un impoverimento sul funzionamento (Maslach & Leiter, 2016). Già Freudenberg nel 1974, nell'introdurre il suo concetto di *burnout*, aveva spiegato l'importante nesso tra attività lavorativa ed impatto sul benessere psicologico dell'individuo, enfatizzandone lo stato di disagio acuto e situazionale oltre che la causalità tra le due variabili. Essendo, quindi, diversi i fattori oggettivi di stress lavoro-correlato significativamente associati ad impoverimento dello stato di salute, si ritiene che ogni individuo possa esserne potenzialmente predisposto. Ciononostante, lo stesso autore aveva identificato alcune categorie professionali come maggiormente esposte al rischio di stress lavoro-correlato, tra le quali figuravano le professioni di aiuto. Poco più tardi, Pines e Aronson (1988)

sottolineeranno che la costante e ripetuta pressione emotiva associata ad un intenso coinvolgimento interpersonale è un fattore cruciale nella genesi e nel mantenimento dello stress in questo genere di professionisti. Gli autori osservavano, inoltre, che la maggior parte degli operatori sanitari avevano come caratteristica peculiare quella del desiderio più o meno inconscio di risolvere i problemi altrui, il quale conduce ad un alto coinvolgimento emotivo, causa, a sua volta, dell'incremento dello stress (Lloyd et al., 2002). Ancora, senso di colpa per la morte di un paziente e sentimenti di assoluta responsabilità conducono a sperimentare angoscia e difficoltà nel prendere una decisione e possono ragionevolmente rappresentare alcune delle variabili che contraddistinguono l'attività lavorativa degli operatori sanitari (Cherniss, 1986; Del Rio, 1990). Il contributo di due autori, Pearlman e Hartman (1982), consiste nell'aver individuato le tre componenti fondamentali della sindrome: (1) Esaurimento emotivo o fisico: in questa fase l'individuo percepisce di avere esaurito le energie psicofisiche da investire nell'ambito lavorativo; (2) Diminuita produttività lavorativa: essa corrisponde ad un ridotto investimento a causa della scarsa o assente gratificazione percepita; e (3) Depersonalizzazione, viene maturato un atteggiamento difensivo contrassegnato da cinismo e distacco emotivo e comportamentale.

Alla luce delle prime evidenze scientifiche documentate dai ricercatori, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) prevede l'inserimento del *burnout* nell'undicesima revisione della Classificazione Internazionale delle malattie (*International Classification of Diseases, ICD-II*) e la relativa descrizione come una sindrome (non una malattia o una condizione di salute, quindi) derivante da “stress sul posto di lavoro che non è stato gestito con successo” (The Lancet, 2019). Una serie di rapporti di ricerca, già prima del 2019, aveva messo in allerta la comunità scientifica e

le istituzioni suggerendo che un numero sempre maggiore di medici avrebbe potuto soffrirne (Curtis, & Puntillo, 2007; Shanafelt et al., 2015, 2019a, 2019b; West et al., 2016).

Nonostante l'accezione del termine *burnout* voglia sottolineare le implicazioni sul funzionamento, sono comunque note le conseguenze in termini di salute individuale, considerato che i sintomi sono stati significativamente associati a un rischio maggiore di incidenti stradali (West et al., 2018), ad assenze per malattia per disturbi, sia mentali che cardiovascolari (Toppinen-Tanner et al., 2005), ed a mortalità in generale (Ahola et al., 2010). A livello organizzativo, il *burnout* è noto per essere correlato a tassi di assenza per malattia più elevati nonché a ridotta produttività e pensionamento anticipato (Ahola et al., 2010; Dewa et al., 2014, 2014b; Toppinen-Tanner et al., 2006). Specificatamente considerando la popolazione dei medici, le manifestazioni del *burnout* sono state collegate ad eventi clinici avversi, a comportamento non professionale e ad una minore qualità dell'assistenza ai pazienti (Dyrbye et al., 2010; Dewa et al., 2017; Linzer, 2018; Salyers et al., 2017).

Un modello teorico particolarmente noto e utile in psicologia clinica per la definizione di aspetti che concorrono al *burnout* è il *Job demands-resources model* (JD-R), il quale sottolinea che alcune richieste di lavoro sono fortemente associate alla salute mentale dei lavoratori (Karasek, 1979). L'autore del modello include in tale categoria fattori organizzativi del lavoro che richiedono sforzi fisici e/o psicologici sostenuti ma anche altri fattori inerenti il ritmo lavorativo e la percezione di essere sotto pressione, l'elevato carico di responsabilità, i conflitti di ruolo tra colleghi e superiori nonché lo svolgimento di mansioni con attività monotone e ripetitive. Un alto livello di richieste di lavoro è collegato, di per sè, ad un maggiore rischio di

sviluppare sintomi di ansia e depressione nonché alla percezione di affaticamento. Una proposta chiave del modello JD-R è l'interazione tra richieste di lavoro e risorse, poiché queste ultime sono altrettanto importanti sulle ripercussioni negative delle richieste lavorative in quanto la loro valenza può essere peggiorativa o protettiva. Tra le risorse figurano il controllo del lavoro (Demerouti et al., 2012, 2013) il supporto sociale, la presenza di ricompensa, di *feedback* e di supervisione (Bernburg et al., 2006). Il controllo risulta associato alla libertà decisionale la quale, a sua volta, sarebbe connessa alla possibilità di esplorazione ed apprendimento, nonché di ricevere gratificazione per le proprie competenze. Nondimeno, anche il livello di gestione esercitato dell'individuo sulla programmazione ed organizzazione del lavoro sarebbero fattori appartenenti alla dimensione del controllo (Karasek & Theorell, 1990). Diverse evidenze scientifiche rappresentate da studi trasversali hanno documentato associazioni negative tra le risorse di lavoro, il disagio occupazionale e la depressione. Infine, particolarmente deleteri per la salute psicofisica sembrano essere quelle condizioni in cui si combinano alti livelli di richieste di lavoro e bassi livelli di controllo e ricompensa. In sintesi, a seconda della combinazione tra richieste lavorative e libertà decisionale, possono nascere quattro condizioni differenti (Karasek & Theorell, 1990; Nakao, 2010): (1) il *High strain job*, a causa della combinazione tra elevate richieste lavorative e basso controllo, e, conseguentemente, degli alti sforzi fisici e/o mentali, predispone ad un incrementato rischio di esaurimento emotivo, di disturbi psicosomatici e di insoddisfazione lavorativa, a causa della scarsità di risorse; (2) l'interazione tra basse richieste lavorative ed elevata libertà decisionale caratterizzerebbe i cosiddetti *Low strain job* e sarebbe associata a sentimenti di noia e scarsa motivazione lavorativa e, quindi, a bassa soddisfazione; (3)

il *Passive job*, determinato da basse richieste lavorative ma anche da basso controllo, sarebbe in grado di determinare altrettanta insoddisfazione lavorativa; infine, (4) l'*Active job*, caratterizzato da una correlazione positiva tra richieste lavorative e libertà decisionale, sarebbe tipico di ambienti lavorativi ottimali che consentono il conseguimento di obiettivi ed il raggiungimento di gratificazione e soddisfazione grazie alla messa in atto di risorse adeguate per il fronteggiamento delle sfide proposte dall'ambiente.

Il modello successivamente revisionato enfatizza maggiormente il ruolo del supporto sociale nel suo effetto "*buffering*" (anche detto, per la sua traduzione letterale, "effetto tampone") all'interno della teoria del JD-R. Infatti, il modello cosiddetto "domanda-controllo-supporto" (Johnson & Hall, 1988) presuppone che le situazioni lavorative abbiano conseguenze negative, sia fisiche che psicologiche, quando elevate richieste lavorative sono associate ad una limitata libertà decisionale e una bassa risorsa sociale. Ad esempio, gli effetti dell'interazione tra elevate richieste e basso controllo possono essere modulati dal sostegno dei colleghi ma anche dei supervisori. Gli autori concludevano, quindi, che lo stress lavorativo non dipenda solamente dalle caratteristiche della mansione poichè fattori di stampo psicosociale oltre che organizzativi possono mediare significativamente la relazione tra lavoro e stress percepito (Eller et al., 2009). Successivamente, Tanner et al. (2015) si sono concentrati sull'analisi dell'ambiente lavorativo ospedaliero e hanno dimostrato che specifiche condizioni di lavoro, quali il carico elevato di pazienti ed il lavoro sotto pressione, sono in grado di impattare sulla salute psicofisica ma allo stesso tempo di richiedere e sollecitare il costante mantenimento della capacità lavorativa (la cosiddetta *work ability*), intesa come "la somma di fattori che consentono a una

persona impiegata in una determinata situazione di gestire con successo le proprie esigenze lavorative”. Giusto per citare l'impatto sulla prestazione lavorativa, studi prospettici hanno dimostrato che i medici che riportano sintomi clinicamente significativi di depressione commettono fino sei volte di più errori rispetto al personale sano (Fahrenkopf et al., 2008).

1.3. EFFETTI PSICOLOGICI DELLA PANDEMIA DA SARS-COV-19

Un aumento significativo dei sintomi di ansia e depressione è stato, oltretutto, rilevato a seguito della pandemia (Wetzel et al., 2023). La pandemia da SARS-COV-19 ha sollevato ulteriori preoccupazioni sulla salute mentale dei medici. In tutto il mondo, i medici sono stati coinvolti nella gestione dei pazienti infetti da SARS-CoV-2 ed i sistemi sanitari di molti paesi sono stati sopraffatti da una pressione senza precedenti sulle strutture di terapia intensiva, costringendo gli operatori a prendere decisioni rispetto l'allocazione delle scarse risorse disponibili (Greenberg et al., 2020). Giusto per illustrare qualche esempio, soprattutto la fase iniziale della pandemia è stata caratterizzata dalla carenza di dispositivi di protezione individuale e dalla riduzione (fino al 20%) della forza lavoro che, prendendosi cura delle persone contagiate, si è infettata a sua volta. Conseguentemente, molti medici hanno visto i loro colleghi ammalarsi gravemente o addirittura morire a causa del loro lavoro (The Lancet, 2020). L'anno del 2023 ha visto produrre un'ondata di lavori che hanno esaminato l'impatto sulla salute mentale della pandemia sulla forza lavoro sanitaria, rendendo possibile affermare che le professioni di aiuto sono state tra le realtà più colpite (Dincer & Inangil, 2021). Le ricerche pubblicate mostrano un aumento dei

sintomi autoriferiti di depressione e ansia, nonché alti tassi di insonnia e di disagio in generale (Sahebi et al., 2021). Uno studio interessante che ha intervistato diversi operatori sanitari (inclusi 493 medici) che esercitavano la loro professione nelle aree maggiormente colpite dalla pandemia di COVID-19, come la Cina, ha mostrato che il 46% di loro riportava sintomi di depressione da lievi a gravi, che il 41% lamentava sintomi di ansia di diversa entità e che il 67% segnalava sintomi di stress post-traumatico (Lai et al., 2020). Una meta-analisi (Pappa et al., 2020), che ha raccolto dati da diverse studi per un totale di 33.062 operatori sanitari analizzati, ha conteggiato una prevalenza del 23,2% per l'ansia, del 22,8% per la depressione e del 38,9% per l'insonnia. Precedenti studi di follow-up, condotti su operatori sanitari che avevano lavorato in precedenti pandemie (come quella della sindrome respiratoria acuta grave nel 2003), hanno rivelato che per alcuni individui (potenzialmente circa il 10%) i primi sintomi di disagio psicologico possono progredire in condizioni più durature ed invalidanti come il disturbo da stress post-traumatico (Wu et al., 2009). Si ritiene che tra i fattori maggiormente impattanti sul vissuto emotivo abbiano avuto un ruolo cruciale l'esposizione ad un aumento del carico del lavoro per la cura dei pazienti ed il senso di impotenza sperimentato a fronte dell'insuccesso (Chew et al., 2020). Nondimeno, il distanziamento sociale, necessario per la prevenzione della diffusione del virus, ha indirettamente aggravato il disagio psicologico a causa della riduzione del ruolo di mediatore esercitato dal supporto sociale (Lai et al., 2020).

1.4. EFFETTI DEL BURNOUT SULLA SALUTE PSICOFISICA

Si ritiene che i disturbi di salute mentale tra i professionisti sanitari, come quelli appena citati, rientrino tra i problemi di salute pubblica più significativi in quanto gravano sui costi economici del sistema sanitario nazionale a causa dei loro alti tassi di incidenza, della loro propensione a diventare cronici e delle sfide terapeutiche che richiedono ai servizi di salute mentale e non solo (Russo et al., 2021). I sintomi somatici connessi allo stress psicofisico (es. ipertensione, cefalea, reflusso gastroesofageo, ecc.) possono rappresentare un grave problema a livello individuale e sociale, anche in termini di dispendio economico. Lo stress correlato al lavoro ha un impatto significativo sulla salute fisica dei lavoratori. Ad esempio, si è visto che uno stress lavorativo che può essere considerato elevato può aumentare il rischio di coronaropatia fino a 1,4 volte rispetto a uno stress lavorativo basso (Dragano et al., 2017). Il disagio psicologico, infatti, è frequentemente accompagnato da anomalie biologiche, tra cui l'iperattivazione autonoma che si manifesta con un'elevata reattività agli stimoli stressanti e una scarsa o assente capacità di recuperare i livelli basali di specifici parametri connessi alla risposta allo stress, quali, ad esempio, la conduttanza cutanea, la frequenza cardiaca o la variabilità della frequenza cardiaca (Cacioppo et al., 2007). Determinate alterazioni del sistema nervoso autonomo sono state documentate come conseguenza dello stress lavoro-correlato, con variazioni di specifici parametri psicofisiologici. Nello specifico, sembra che valori di frequenza cardiaca significativamente più elevati e associati ad una riduzione del tono vagale (indice di attività del sistema parasimpatico, deputato ad attività di riposo e di recupero di energie) rappresentino una particolare configurazione frequentemente riscontrata nella popolazione dei medici (Böhm et al., 2001; Demirtas et al., 2004; Ganne et al., 2016). Nondimeno, fluttuazioni con picchi elevati nel battito

cardiaco sono osservabili durante specifiche procedure (come la chirurgia) (Becker et al., 1983; Payne & Rick, 1986) e sono associate al livello di esperienza del lavoratore (Arora et al., 2010).

Tra gli stressor più comunemente studiati, perchè associati ad incrementato rischio cardiovascolare, vi rientra proprio lo stress sul lavoro, insieme all'isolamento sociale (Carey et al., 2014; Kivimäki & Steptoe, 2018; Lee et al., 2003; Orth-Gomér et al., 2000). Sembra che i cambiamenti drastici sul lavoro, come i licenziamenti (Smyth et al., 2017; Vahtera et al., 2004), siano stressanti tanto quanto sconvolgimenti emotivi della sfera personale, mentre lunghe ore di lavoro sono state associate ad un incrementato rischio di sviluppare fibrillazione atriale nonché ictus e morte (Fransson et al., 2015; Kivimäki et al., 2017; Torén et al., 2015). Nello specifico, un'analisi su oltre 500.000 uomini e donne aveva rilevato che coloro che avevano un impegno lavorativo pari o superiore a 55 ore settimanali avevano un rischio di ictus pari a 1,3 volte superiore (con intervalli di confidenza al 95% da 1,1 a 1,6) rispetto agli individui che lavoravano le 35-40 ore standard a settimana (Kivimäki et al., 2015). In generale, le conseguenze nocive dell'elevato impegno lavorativo (Virtanen et al., 2015) possono essere causate anche da fattori indiretti, quali la conduzione di uno stile di vita non sano che favorisce la diminuzione dello svolgimento di attività fisica nel tempo libero e l'incremento nel consumo di alcol e fumo (Fransson et al., 2012).

Nondimeno, non è solo la quantità di tempo investita nell'ambito lavorativo ad essere stata associata ad incrementato rischio cardiovascolare ma anche aspetti di tipo qualitativo. È stato, infatti, attestato un rapporto di rischio per la malattia coronarica di 1,5 volte superiore (da 1,1 fino a 1,8, secondo un intervallo di confidenza del 95%) per un gruppo di persone che sperimentavano molteplici fattori di stress lavorativo

(carico di lavoro elevato combinato a scarso controllo, a sforzi ritenuti più elevati rispetto al reddito, a sicurezza percepita del posto di lavoro o a riconoscimento ottenuto dai superiori) rispetto a coloro che avevano un basso stress lavorativo (Dragano et al., 2017). Inoltre, anche notevoli ridimensionamenti nei luoghi di lavoro che tradizionalmente hanno fornito un'occupazione stabile, possono rappresentare potenziali fattori di stress, non solo per coloro che perdono o si allontanano dalla loro occupazione lavorativa ma anche per i dipendenti che continuano a praticare la loro professione con carichi di lavoro crescenti (Kivimäki et al., 2000).

1.5. DEFINIZIONE DELLO STRESS PSICOFISICO

Coerentemente con le assunzioni fin qui esposte, lo stress viene spesso misurato per mezzo degli effetti che esso produce, sia su un piano fisiologico (ed oggettivo) che psicologico (ritenuto soggettivo). Come accennato precedentemente, lo stress lavoro-correlato può essere contraddistinto da alterazioni fisiologiche e somatiche, con ripercussioni anche gravi sulla salute fisica dell'individuo, associate ad un vissuto soggettivo caratterizzato da emotività negativa e dall'adozione di strategie comportamentali disadattive quali evitamento o assunzione di sostanze psicoattive (Nakao, 2010; Karasek, 1979).

È importante, quindi, notare come lo stress sia considerato un fattore in grado di alterare l'equilibrio omeostatico, ossia quel bilancio autonomico che consente la messa in atto di comportamenti con il minimo dispendio di energie. Il termine omeostasi, coniato dal fisiologo Cannon (1914), si riferisce alla "capacità di un organismo di autoregolarsi mantenendo costante l'ambiente interno nonostante il

variare delle condizioni all'esterno". In altri termini, il concetto si riferisce al processo di autoregolazione con il quale il sistema biologico si adatta all'ambiente. Si ritiene che l'equilibrio omeostatico corrisponda al minimo dispendio di energia, grazie al principio biologico per il quale l'organismo ricerca il migliore livello di stabilità favorendo al contempo l'economia delle risorse (Billman, 2020; Farrington, 1952; Morrison, 1949).

Tra le varie teorie formulate per la comprensione degli effetti e della funzione dello stress per l'organismo vi è sicuramente quella formulata da Hans Selye (1998), la prima a rendere esemplificativo di come lo stress non fosse, di per sé, un agente dannoso o nocivo per l'uomo, ma piuttosto una reazione aspecifica e fisiologica utile a fronteggiare una richiesta ambientale. Uno degli aspetti più interessanti sottolineati dal ricercatore riguardava l'osservazione del fatto che la mobilitazione delle risorse psicofisiche favorita dall'attivazione dell'organismo fosse stimolabile per mezzo di varie stimolazioni. Le applicazioni cliniche odierne richiamano diversi fattori quali l'eccesso di esercizio fisico, l'attività lavorativa intensa, l'esposizione a temperature estreme (eccessivamente calde o fredde) ma anche gli stressor mentali come un coinvolgimento emotivo intenso (Pruneti, 2017).

Comune a tutte le condizioni sopracitate vi sarebbe una risposta aspecifica che coincide con l'attivazione dell'asse neuroendocrino Ipotalamo-Ipofisi-Surrene (dall'inglese *Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis*, HPA) e della branca simpatica del SNA. Definendo la sindrome generale di adattamento (o *General Adaptation Syndrome*, GAS), Selye ne identifica specifiche fasi. La prima fase sarebbe quella di *shock* ed avrebbe inizio nel momento in cui viene percepita la presenza di uno stimolo

potenzialmente nocivo, lo stressor. Nel tentativo di fronteggiare tale elemento, l'organismo attiva una cascata ormonale che favorisce il rilascio immediato di glucocorticoidi, da una parte, e di catecolamine, dall'altra. La produzione dei glucocorticoidi, ormoni steroidei, sarebbe a carico della corteccia surrenale, stimolata tramite attivazione dell'asse HPA. Il cortisolo, il principale ormone glucocorticoide, è in grado di influenzare il livello di glucosio nel sangue in modo da facilitare e supportare l'efficienza di organi fondamentali per la sopravvivenza, come il cervello. La conseguenza dell'attivazione della cosiddetta risposta comportamentale di lotta o fuga (*fight-or-flight*, dall'inglese) è l'aumento del battito cardiaco, della pressione sanguigna, del tono muscolare e la continua conversione di glucosio da gettare nel flusso ematico. La seconda fase è quella di resistenza, dove la risposta di lotta o fuga viene mantenuta grazie all'ulteriore rilascio di cortisolo nel circolo ematico ed il costante sostegno dell'attivazione psicofisiologica dell'organismo. Infine, l'iperattivazione può concludersi con la terza fase, quella di esaurimento o di recupero. Qualora il fattore stressante dovesse persistere e continuare a sollecitare le risorse dell'organismo, vi sarà una rapida diminuzione delle risorse energetiche assimilabile ad uno stato depressivo, definito di "*exhaustion*". Al contrario, qualora le richieste ambientali dovessero cessare o l'individuo dovesse riuscire ad usufruire favorevolmente delle risorse a disposizione, l'esito sarebbe il ripristino dell'omeostasi (Pruneti, 2017).

Gran parte della risposta comportamentale di lotta o fuga, quindi, è sostenuta dall'attivazione dell'ipotalamo, regione cerebrale che rappresenta un'estensione del tronco encefalico. L'ipotalamo ha la sua sede al di sotto del talamo e forma le pareti e

la parte inferiore del terzo ventricolo cerebrale, il quale fa parte del sistema di canali fluidi che scorre nel midollo spinale. Esso è una struttura considerata filogeneticamente antica in quanto i suoi collegamenti con altre regioni cerebrali e vari organi bersaglio consentono il controllo comportamentale nonché il funzionamento di sistemi e meccanismi viscerali ed autonomici. L'ipotalamo è composto da aree denominate *tuber cinereum*, *infundibulum* (chiamato anche eminenza mediana) e corpi mammillari. In quest'ultima regione vi sono gruppi di neuroni che secernono neuroormoni deputati alla regolazione dell'attività dell'ipofisi. Le regioni dell'ipotalamo sono nominate diversamente e la loro denominazione è stata attribuita sulla base della posizione: nucleo sopraottico (SON), nucleo paraventricolare (PVN), nucleo soprachiasmatico (SCN), nucleo ventromediale (VMN), nucleo dorsomediale (DMN), area preottica mediale (MPOA), nucleo arcuato (ARC), nucleo anteriore e nucleo posteriore. I gruppi di neuroni sono quindi rappresentati da corpi cellulari i cui assoni si estendono nell'infundibolo. Alcuni di questi raggiungono la neuroipofisi anteriore, mentre altri neuroni producono ormoni regolatori trasportati dall'eminenza mediana alla pituitaria anteriore tramite la circolazione ipotalamo-ipofisaria. Un ricco apporto vascolare consente il trasporto degli ormoni regolatori ipotalamici, dei neuropeptidi e dei neurotrasmettitori alla pituitaria anteriore (Cacioppo et al., 2007).

L'ipofisi, a sua volta, è suddivisa in una porzione anteriore ed una posteriore (chiamate anche adenoipofisi e neuroipofisi, rispettivamente). Il lobo anteriore, o adenoipofisi, è composto di tre parti: *pars distalis*, *pars intermedia* e *pars tuberalis* la quale rappresenta l'estensione verso l'alto del lobo anteriore e il suo attacco al peduncolo ipofisario. L'ipofisi posteriore è un'estensione dell'ipotalamo costituita

dall'infundibolo, dal gambo infundibolare e dal lobo neurale. L'arginina vasopressina (AVP) e l'ossitocina (OT), sintetizzati nell'area SON e PVN dell'ipotalamo, vengono trasportati attraverso assoni allungati e immagazzinati nel lobo posteriore e da lì rilasciati nella circolazione periferica. L'ipofisi anteriore sintetizza l'ormone adrenocorticotropo (ACTH), l'ormone della crescita (GH), la prolattina (PRL), l'ormone stimolante la tiroide (TSH), l'ormone luteinizzante (LH), l'ormone follicolo-stimolante (FSH) e, nella *pars intermedia*, l'ormone stimolante i melanociti (MSH) che viene prodotto in molti mammiferi ma non negli esseri umani adulti. Questi ormoni, a loro volta, regolano quelli prodotti nelle ghiandole endocrine situate in tutto il corpo. Il controllo ipotalamico degli ormoni ipofisari può causare un rilascio positivo o un rilascio inibitorio di ormoni, come avviene con l'inibizione del rilascio di prolattina da parte della dopamina. L'ipofisi anteriore rilascia ormoni in modo pulsatile nel sangue, attraverso il quale essi raggiungono le loro ghiandole bersaglio e possono esercitare il loro effetto. Una volta giunti alle ghiandole bersaglio, gli ormoni forniscono un feedback, un'informazione di ritorno, sia all'ipotalamo che all'ipofisi. In questo modo, la produzione ormonale delle ghiandole endocrine è costantemente monitorata e regolata dal cervello.

Vi sono anche specifici neurotrasmettitori che controllano la secrezione di ormoni di rilascio e sono anch'essi secreti dai neuroni. Essi possono avere un effetto stimolante o inibitorio. Le piccole molecole a funzione di neurotrasmettitori, detti anche a basso peso molecolare, mediano reazioni rapide, mentre i neuropeptidi tendono a modulare funzioni cerebrali più lente e complesse. I neurotrasmettitori a piccole molecole sono rappresentati dall'acetilcolina, dagli amminoacidi come il glutammato, l'aspartato, il GABA, la glicina, dalle catecolamine come la dopamina, la

noradrenalina, l'epinefrina, la serotonina e l'istamina (Purves et al., 1997). I neuropeptidi, dall'altra parte, includono le encefaline, l'endorfine, la colecistochinina (CCK), il peptide intestinale vasoattivo (VIP), il neuropeptide-Y, l'AVP, l'OT e l'angiotensina-II. Il principale controllo di *feedback* degli ormoni dell'ipofisi anteriore è costituito dal rilascio di steroidi dalle ghiandole endocrine bersaglio, tra le quali rientrano la ghiandola surrenale, la ghiandola tiroidea, le gonadi (ovaie e testicoli), il pancreas, la ghiandola pineale e la placenta. Gli steroidi secreti da queste ghiandole vengono rilasciati nel flusso sanguigno per esercitare il loro effetto sui vari tessuti del corpo. Inoltre, anche l'ipofisi e l'ipotalamo vengono raggiunte da tali ormoni, i quali possono così esercitare il loro *feedback* negativo utile al controllo della loro stessa secrezione (Cacioppo et al., 2007).

Specificatamente considerando le ghiandole surrenali, di particolare interesse rispetto gli obiettivi del presente lavoro di tesi, è importante definire la loro localizzazione e le loro funzioni. Le ghiandole surrenali sono collocate al di sopra dei reni. Ogni ghiandola surrenale è composta da due ghiandole endocrine funzionalmente distinte. La corteccia è la ghiandola che secreta steroidi, costituita da cellule raggruppate in: zona glomerulare, zona fascicolata e zona reticolare. La zona glomerulare produce mineralcorticoidi, come l'aldosterone, che promuove la ritenzione di sodio e l'escrezione di potassio, entrambi regolano il volume del fluido extracellulare (Bartter et al., 1956). La zona fascicolata e la zona reticolare secernono glucocorticoidi e androgeni, tra cui deidroepiandrosterone (DHEA) e androstenedione. Il principale glucocorticoide umano è il cortisolo mentre la catecolamina predominante rilasciata dalla midollare è l'epinefrina. Lo stretto accoppiamento anatomico tra la porzione surrenale e quella midollare del surrene,

come anche le relative interconnessioni funzionali, hanno da sempre suggerito che questi due tessuti possano rappresentare un'unità funzionale integrata (Hadley, 1992). Infatti, il cortisolo è ben noto per il suo ruolo nella risposta allo stress: sia quantità di cortisolo più elevate che livelli più bassi rispetto a quelli fisiologici portano a stati di malattia. Livelli eccessivamente elevati, per esempio, possono influenzare l'assetto timico come anche il ciclo sonno-veglia, la maggior parte delle funzioni cognitive e la ricezione di input sensoriali oltre che inibire l'attività del sistema riproduttivo (McEwen, 1979). Nondimeno, durante lo stress prolungato, la beta-endorfina e il CRH inibiscono il rilascio di GnRH. In altre parole, lo stress fa sì che l'ipofisi sia meno sensibile al GnRH ed i glucocorticoidi inibiscono la sensibilità ovarica all'LH, riducendo così la probabilità di riproduzione (Sapolsky, 1992). Viceversa, anche gli ormoni gonadici influenzano la reattività dell'asse HPA allo stress: gli estrogeni ne potenziano l'attività mentre gli androgeni ne attenuano la risposta (Lund et al., 2004).

Nonostante l'epinefrina venga rilasciata anche centralmente dai neuroni, è sicuramente la catecolamina principalmente nota per essere rilasciata perifericamente in seguito ad essere stata sintetizzata ed immagazzinata a livello midollare. La porzione midollare della ghiandola surrenale, peraltro, è sotto il controllo diretto ed esclusivo del sistema nervoso centrale. Poichè le catecolamine sono trasduttori neurochimici che convertono l'attività elettrica neurale in risposte fisiologiche, i loro effetti sono rapidamente indotti ed altrettanto rapidamente si dissipano, a differenza degli effetti più lenti e prolungati della maggior parte degli ormoni. Questi sono meccanismi, quindi, che favoriscono il mantenimento della costanza dell'ambiente interno del corpo, in sostanza dell'omeostasi.

In sintesi, le ghiandole surrenali hanno sia una componente endocrina che neurale. Attraverso la secrezione di epinefrina da parte della midollare del surrene e di glucocorticoidi da parte della corteccia surrenale, l'organismo risponde rapidamente a un cambiamento nell'omeostasi con il rilascio di epinefrina controllata a livello neurale, o più lentamente e per un periodo di tempo più lungo con il rilascio di glucocorticoidi controllati a livello endocrino.

Tra le varie condizioni psicologiche caratterizzate da una risposta psicofisica allo stress vi è, ad esempio, la sindrome depressiva. Rappresentata da una disregolazione della risposta generalizzata allo stress, la depressione è caratterizzata da attivazione dell'asse HPA e del sistema nervoso centrale con relativa immunosoppressione (Elenkov et al., 1996; Elenkov & Chrousos, 1999) ed alterazioni dell'umore come iperattivazione disforica cronica. In pazienti affetti da depressione è generalmente possibile osservare una ipersecrezione di CRH, elevate concentrazioni di noradrenalina nel liquido cerebrospinale, che rimangono tali anche durante il sonno. Un marcato aumento del numero di neuroni PVN CRH è stato descritto in studi autoptici (Gold & Chrousos, 1999). Inoltre, sono state anche registrate quantità significativamente più elevate di catecolamine e dei relativi metaboliti nonché concentrazioni di ACTH, sia basali che stimulate da CRH, più basse rispetto ai controlli. Ciononostante, sia le concentrazioni sieriche di cortisolo basale, totale e libero, e stimulate da CRH che quelle di cortisolo libero urinario nelle 24 ore sono simili a quelle dei controlli, ad indicare l'iporesponsività pituitaria al CRH (De Bellis et al., 1994). Tra le altre condizioni che possono essere associate a un'iperattivazione dell'asse HPA vi sono l'anoressia nervosa, la malnutrizione, il disturbo ossessivo-compulsivo, l'ansia da panico, l'esercizio fisico eccessivo, l'alcolismo cronico come

anche l'astinenza da alcol e narcotici, il diabete mellito di tipo I e II e l'obesità viscerale (Habib et al., 2001).

Al contrario, l'ipoattività del sistema dello stress è caratterizzata da una secrezione cronicamente ridotta di CRH e noradrenalina e può essere associata a stati di *ipo-arousal*. Di conseguenza, l'attività di altri sistemi aumenta a causa della mancanza di controregolazione, vale a dire, se la secrezione di cortisolo non aumenta in risposta allo stress, è la secrezione di citochine infiammatorie ad incrementare (che sono controregolate dal cortisolo), ad esempio (McEwen, 1998).

L'approccio psicobiologico di questo ambito di ricerca è, pertanto, ricco di studi che descrivono specifiche strutture cerebrali e la funzione di alcuni neurotrasmettitori che svolgono un ruolo fondamentale. Ad esempio, altri studi hanno focalizzato l'attenzione sul polimorfismo specifico del trasportatore della serotonina nella regione del promotore (5-HTTLPR) e sul sito di legame dei fattori di trascrizione. Importanti ricerche hanno studiato l'associazione tra l'allele corto (S) per il trasportatore della serotonina e la ridotta attività trascrizionale, con conseguente scarsa produzione di proteine (Lesch et al., 1996), concludendo che individui con una o due copie dell'allele S del trasportatore della serotonina hanno maggiori probabilità di ricevere una diagnosi di depressione reattiva a particolari eventi avversi nel corso della loro vita (Caspi et al., 2010). Altri ricercatori ancora hanno analizzato l'interazione tra geni e ambiente a una sorta di disfunzione endocrina rilevabile a livello del già descritto asse HPA (Birmaher et al., 1996; Dahl et al., 2000; Herane-Vives et al., 2018; Masi et al., 2001). Studi psicologici, dall'altra parte, hanno documentato come specifici tratti della personalità favoriscano una maggiore vulnerabilità allo stress e, di conseguenza, una minore resilienza. L'instabilità emotiva

(o affettività negativa) è considerata un precursore della sofferenza psichica ma anche una predisposizione innata alla malattia mentale (Arias et al., 2020). Il costrutto di affettività negativa è concettualizzato come l'opposto della stabilità emotiva e si riferisce alla tendenza a essere rapidamente e facilmente attivati (Ormel et al., 2012). Il concetto di nevroticismo è pertanto strettamente correlato perché fortemente associato alla tendenza a provare emozioni negative come la tristezza (Watson & Clark, 1992) così come a una serie di psicopatologie interiorizzanti (ad esempio, disturbi depressivi, disturbi d'ansia, disturbi ossessivo-compulsivi, ecc.) (Stewart et al., 2005). In sintesi, un elevato nevroticismo, insieme ad altri tratti quali bassa estroversione, ad esempio, può essere associato a un basso controllo percepito dei problemi e delle avversità della vita e a maggiori sintomi ansiosi e depressivi (Myles et al., 2020). Inoltre, secondo altri autori come Cloninger (1988), questi aspetti sembrano essere collegati a una predisposizione genetica ereditabile.

1.6. MISURAZIONI DELLO STRESS PSICOFISICO

Alla luce delle conseguenze appena illustrate dello stress sul benessere psicofisico, risulta altrettanto importante evidenziare l'apporto fornito dalla psicofisiologia clinica allo studio dei disturbi mentali, soprattutto quelli stress-correlati.

La psicofisiologia rientra tra le scienze di laboratorio in quanto prevede la misurazione della funzione fisiologica in condizioni attentamente controllate. Le applicazioni cliniche riguardano gli ambiti della medicina comportamentale e della

psicosomatica, che consentono quindi lo spostamento al di fuori del laboratorio, come i contesti clinici, in cui le condizioni ambientali sono meno strettamente controllate.

All'interno del laboratorio, il principale metodo di indagine è la valutazione psicofisiologica o il profilo psicofisiologico da stress. Ciò comporta il monitoraggio delle risposte biologiche a stimoli psicologici o sociali standardizzati, spesso effettuando analisi comparative tra gruppi di partecipanti (sperimentale vs. controllo) per indagare eventuali differenze significative rispetto uno o più parametri psicofisiologici in condizione di *baseline* oppure in risposta a determinati stimoli presentati. Possono essere somministrati diversi stressor, tra cui alcuni detti oggettivi, per il fatto che prevedono la soluzione di compiti cognitivi o di problemi, oppure altri detti soggettivi, come il raccontare un evento di vita significativo o altri compiti che elicitano un conflitto interpersonale. Sebbene la maggior parte delle attività, inevitabilmente, richieda un processamento cognitivo, generalmente, le condizioni sperimentali sono selezionate per la capacità di stimolare una significativa risposta emozionale.

Il profilo psicofisiologico da stress è, quindi, generalmente diviso in tre fasi consecutive in modo da poter rilevare i valori di *baseline* durante la registrazione a riposo, la reattività allo stress per mezzo della presentazione di uno stimolo attivante e la capacità di recupero nella fase seguente ed ultima, in cui lo stressor viene eliminato. Mentre nella prima (riposo) e nell'ultima fase (recupero) viene rilevata e registrata l'attività autonoma basale, nella fase intermedia (stress), la risposta fisiologica viene evocata ponendo al soggetto una delle richieste sopracitate. Lo scopo principale di questo tipo di valutazione è quello di verificare quanto l'equilibrio psicofisiologico

sembra essere disadattivo, basandosi sulle seguenti osservazioni su uno o più parametri:

- Alto livello di attivazione psicofisiologica a riposo;
- Ampiezza anomala della risposta di stress indotta dallo stimolo in uno o più parametri;
- Andamento dei valori lento, instabile o assente di uno o più parametri durante la fase di stress;
- Ripristino lento, instabile o assente dei valori di uno o più parametri nella fase di recupero (Pierini et al., 2013).

I parametri psicofisiologici più frequentemente rilevati sono: (1) Elettromiogramma di Superficie (sEMG); (2) Livello e risposta di conduttanza cutanea (skin conductance level and response, SCL/SCR); (3) Frequenza cardiaca (FC), intervallo inter-battito (IBI) e variabilità della FC (Heart Rate Variability, HRV); (4) Frequenza ed Ampiezza Respiratoria (FR, AR).

1.6.1. ELETTROMIOGRAMMA DI SUPERFICIE

Il tracciato elettromiografico consente di visionare azioni muscolari espresse in un preciso periodo di tempo, si tratta dei potenziali di azione muscolare. La rilevazione del segnale avviene tramite l'applicazione di elettrodi di superficie su distretti corporei di cui si vuole analizzare il livello di contrazione muscolare. La metodologia più frequentemente utilizzata consiste nel situare gli elettrodi sull'epidermide a livello dei muscoli frontali: generalmente, elettrodo positivo e negativo sono localizzati, verticalmente, a 1 cm di distanza rispetto le sopracciglia e,

orizzontalmente, a 2 cm di distanza rispetto l'elettrodo di riferimento applicato al centro della fronte. Variazioni significative dell'attività elettrica muscolare in associazione a processi psicologici furono inizialmente riportate da Berger già nel 1924, grazie a studi che avevano dimostrato come l'attività elettrica encefalica fosse correlata all'attività psichica e fisica, e, di conseguenza, significativamente apprezzabile da un aumento della tensione generale (İnce et al., 2021). Studi più recenti hanno confermato che la tensione muscolare è più elevata in situazioni di stress cognitivo o emotivo, dimostrando una significativa associazione tra sindromi dolorose muscolo-scheletriche ed incrementata risposta elettromiografica (Bansevicius et al., 1997; Luijckx et al., 2014).

1.6.2. CONDUTTANZA CUTANEA

Tra gli indici maggiormente validati per identificare lo stato di attivazione del sistema nervoso autonomo vi sono la frequenza cardiaca e la conduttanza cutanea, o SCL/SCR o, ancora, attività elettrodermica (anche nota come *electrodermal activity*, EDA). Se la frequenza cardiaca è influenzata sia dalle branche simpatica che parasimpatica del SNA, si ritiene che la seconda si trovi sotto il solo controllo del sistema simpatico (Sarchiapone et al., 2018). Le variazioni del valore della conduttanza cutanea sono generate dalla quantità di sudore secreto dalle ghiandole sudoripare eccrine nell'ipoderma delle regioni palmare e plantare (Groscurth, 2002) e sono causate dalla temperatura ambientale (sudorazione termoregolatrice) ma anche dall'attività nervosa centrale correlata agli stati affettivi e cognitivi (Asahina et al.,

2003). I primi studi sulla conduttanza cutanea risalgono al 1889, quando Ivane Tarkhnishvili osservò che le emozioni percepite dal soggetto potevano portare ad una variazione dei potenziali elettrici della pelle, anche solo tramite elaborazione di stimoli interni (Tsagareli, 2012). Le estremità del corpo, come le dita delle mani e dei piedi, hanno una ricca diffusione di ghiandole sudoripare, con conseguente facilitazione del passaggio del potenziale elettrico. Per questo motivo, la resistenza elettrica e la conduttività sono generalmente registrate applicando gli elettrodi precisamente sui polpastrelli delle dita indice e medio della mano non dominante. Trasmettendo una corrente elettrica a bassissimo voltaggio dal primo dito a quello adiacente è possibile misurare la resistenza opposta dalla pelle o, al contrario, il livello di conduttanza. Il valore della conduttanza è espresso in microsiemens (μS), mentre il suo reciproco, la resistenza, è espresso in micro ohm ($\mu\Omega$). La conduttanza cutanea ha una componente tonica e una fasica: la prima è associata alle componenti più lente e alle caratteristiche di fondo del segnale (livello di conduttanza cutanea o *skin conductance level*, SCL) mentre la seconda corrisponde alle variazioni associate all'elaborazione di uno stimolo (risposta di conduttanza cutanea o *skin conductance response*, SCR) (Boucsein et al., 2012; Braithwaite et al., 2013). Vi sono due percorsi differenti in grado di modulare l'attività elettrodermica: vi è una modulazione discendente da una via ipsilaterale che origina dal sistema limbico, tramite l'ipotalamo e i percorsi termoregolatori ed una modulazione controlaterale che ha origine da parte della corteccia premotoria e dei gangli della base (Boucsein et al., 2012; Lee et al., 1988; Mangina & Beuzeron-Mangina, 1996). La presentazione di stimoli emotivi determina un incremento significativo nell'ampiezza della risposta elettrodermica, che aumenta linearmente con lo stato di attivazione percepita (Lang et al., 1993; Lacey &

Lacey, 1958; Manning & Melchiori, 1974). Si ritiene, quindi, che la componente fasica (o SCR) corrisponda alle risposte rapide provocate dagli stimoli emozionali, sensoriali o ideativi, che riflettono un aumento momentaneo dell'attivazione simpatica (Pruneti et al., 2023). Inoltre, alcuni studi hanno anche evidenziato un incremento della conduttanza cutanea in risposta a compiti cognitivi di *problem-solving*, come documentato dall'attivazione di specifiche aree cerebrali (appartenenti al loro frontale e pre-frontale oltre che alla corteccia cingolata), responsabili dell'elaborazione cognitiva ed emozionale degli stimoli nonché dei processi deputati a memoria ed apprendimento (Pruneti et al., 2021).

L'esistenza del fenomeno dell'assuefazione consente reazioni progressivamente minori in risposta alla presentazione ripetuta di stimoli identici e non significativi (Boucsein, 2012), nonostante possano essere osservate differenze individuali anche a riguardo. Alcuni individui, ad esempio, mostrano elevati livelli di conduttanza cutanea a riposo ed una lenta assuefazione a stimoli specifici, mentre altri soggetti mostrano livelli significativamente più bassi di conduttanza cutanea ed una più rapida assuefazione a stimoli specifici. Il primo gruppo di persone è descritto in letteratura con il termine "individui labili" mentre individui appartenenti al secondo gruppo sono generalmente noti con il termine "stabili" (Lacey & Lacey, 1958; Mundy-Castle & Mckiever, 1953). Si ritiene che la labilità della conduttanza cutanea sia associata tanto a fattori genetici quanto a fattori ambientali, evidenziando soprattutto la sua associazione con l'ansia di tratto (Crider et al., 2004). Alcuni studi hanno anche descritto la correlazione esistente con la manifestazione dell'emotività, soprattutto in riferimento alle abilità di autocontrollo e di inibizione degli impulsi presenti (Gottesman & Hanson, 2005; Iacono, 1998). A titolo esemplificativo, è stato

visto che le persone cosiddette EDA-labili possono essere frequentemente descritte come calme, cooperative e responsabili, mentre le persone definite come EDA-stabili tendono ad essere attive, emotivamente espressive ed assertive ma anche più facilmente irritabili, impulsive ed irresponsabili (Crider, 2008). La depressione, ad esempio, è stata frequentemente associata ad ipoattività elettrodermica e le persone con alterazione dell'umore, quindi, generalmente definite come EDA-stabili (Vahey & Becerra, 2015).

1.6.3. FREQUENZA CARDIACA

Altro parametro psicofisiologico strettamente connesso all'attività simpatica del SNA è la frequenza cardiaca, che corrisponde al numero di contrazioni cardiache eseguite in un minuto. La frequenza cardiaca viene generalmente rilevata tramite un elettrocardiografo (ECG), che fornisce un tracciato dell'attività elettrica dei muscoli cardiaci analizzando le fasi di contrazione del miocardio (Berntson et al., 1997; Bhoja et al., 2020; Ernst, 2017; Task Force della Società Europea di Cardiologia e della Società Nordamericana di Pacing ed Elettrofisiologia, 1996). Queste fasi sono espresse in lettere: ONDA P: depolarizzazione atriale; COMPLESSO QRS: depolarizzazione ventricolare; COMPLESSO ST e ONDA T: ripolarizzazione ventricolare; INTERVALLO QT: tempo di depolarizzazione e ripolarizzazione; e TRATTO PR: propagazione dell'impulso dagli atri ai ventricoli. Come già accennato precedentemente, la frequenza cardiaca è collegata all'attività sia del sistema simpatico (attivatore) che di quello parasimpatico (inibitore). Il controllo dell'attività cardiaca è, infatti, modulato dall'intervento simultaneo di entrambi i sistemi (An et al.,

2020). Il sistema parasimpatico, innervando il nodo senoatriale, il nodo atrioventricolare e il muscolo cardiaco degli atri, riduce la frequenza di generazione dei potenziali d'azione nel nodo senoatriale e atrioventricolare, causando così una diminuzione della frequenza cardiaca. Al contrario, una diminuzione dell'attività vagale causa l'aumento. Anche il sistema simpatico innerva il nodo senoatriale, il nodo atrioventricolare e le fibre muscolari del cuore. Tuttavia, la sua attività determina un aumento della frequenza di generazione dei potenziali d'azione nel nodo senoatriale e atrioventricolare. Durante le situazioni di riposo, sia i nervi simpatici che quelli parasimpatici hanno un'attività tonica, nonostante prevalga l'attività dei secondi (Berntson et al., 1997; Bhoja et al., 2020; Ernst, 2017; Task Force della European Society of Cardiology e della North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Esistono diversi tipi di riflessi che inducono variazioni della FC, definiti effetti cronotropici. Alcuni di essi riguardano i barocettori (recettori sensibili alla pressione arteriosa, situati nell'arco aortico, nel seno carotideo e nelle camere cardiache), mentre altri coinvolgono l'attività dei chemocettori (recettori sensibili ai cambiamenti nella composizione chimica del sangue (ossigeno e anidride carbonica) e di altri fluidi biologici, presenti anche nell'arco aortico e nel seno carotideo (Porges, 2007, 2021, 2022; Schäfer et al., 2014).

Il sistema cardiovascolare, essendo cruciale per la sopravvivenza, quindi, è regolato da complessi meccanismi centrali, tra cui sistemi riflessi di livello inferiore e meccanismi neurocomportamentali superiori (Cacioppo et al., 2007). Ad esempio, il circuito del riflesso barocettoriale è composto da afferenze del recettore di stiramento dalla carotide e da altre grandi arterie al nucleo del tratto solitario (NTS), la principale stazione di ricezione viscerale nel tronco encefalico. Le informazioni periferiche

trasmesse dai barocettori al NTS vengono trasmesse direttamente e/o indirettamente tramite proiezioni noradrenergiche ai centri cerebrali superiori, tra cui l'amigdala, la corteccia e l'ipotalamo, in particolare il suo nucleo paraventricolare (PVN; Michelini & Stern, 2009). Le proiezioni del NTS possono eccitare l'attività nei nuclei parasimpatici e, tramite un percorso indiretto, inibire il midollo ventrolaterale rostrale (VLM), che è una delle principali fonti discendenti sui neuroni di output simpatici della colonna cellulare intermediolaterale. Più specificatamente, esiste una rete reciprocamente interconnessa tra NTS e PVN, che è oltretutto centrale all'interno della risposta allo stress in quanto favorisce la liberazione del CRH. Un crescente filone di ricerca ha documentato che gli afferenti somatosensoriali (trasportati dai recettori dei muscoli scheletrici, barocettori e/o recettori cardiopolmonari) così come le proiezioni dai neuroni di comando centrale hanno un effetto sulla risposta cardiovascolare (Ang et al., 2016; Cacioppo et al., 2007; Michelini & Stern, 2009).

Inoltre, regioni più evolute del sistema nervoso centrale, che includono i substrati neurocomportamentali del sistema limbico e di altre aree del proencefalo, possono controllare, inibire o persino bypassare i meccanismi dei riflessi inferiori nella regolazione autonoma. Un esempio particolarmente emblematico è la soppressione del baroriflesso correlata allo stress, mediata dai sistemi neurocomportamentali rostrali (Cacioppo et al., 2007). Va inoltre sottolineato che i controlli autonomici superiori sono più flessibili e variabili dei riflessi del tronco encefalico. Esistono ampie vie attraverso cui i substrati comportamentali superiori possono influenzare la regolazione cardiovascolare. Ad esempio, studi di tomografia a emissione di positroni (PET) e di risonanza magnetica funzionale (fMRI) hanno riportato che un calcolo mentale, il *Test di Stroop* o particolari contesti emotivi

possono coinvolgere l'attività di diverse aree del proencefalo implicate nei processi psicologici e nel controllo autonomico. La corteccia cingolata, la corteccia orbitofrontale, la corteccia insulare e la corteccia prefrontale mediale e dorsolaterale, così come aree correlate quali l'ipotalamo, l'amigdala e il cervelletto sarebbero tutte interessate (Gianaros et al., 2005; Matthews et al., 2004a; van der Veen et al., 2014). Nondimeno, importanti studi hanno notato che l'entità delle risposte cardiovascolari (pressione sanguigna e frequenza cardiaca) è significativamente correlata all'attivazione di specifiche regioni cerebrali (Cacioppo et al., 2007). Un altro meccanismo di controllo è legato alla respirazione e noto come aritmia sinusale respiratoria (*respiratory sinus arrhythmia*, RSA), il cui funzionamento è dovuto alla presenza di recettori di stiramento polmonare. La RSA è un'aritmia fisiologica associata a una sincronia tra frequenza cardiaca e respirazione, in cui gli intervalli battito-battito (RR) si accorciano durante la fase di inspirazione (aumento della frequenza cardiaca) e si allungano durante la fase di espirazione (diminuzione della frequenza cardiaca) come conseguenza ai cambiamenti nell'attività vagale (Bhoja et al., 2020; Cosentino & Pruneti, 2015; Karemaker, 2009; Porges, 2007, 2021, 2022). La frequenza cardiaca, quindi, è il risultato di complessi meccanismi fisiologici legati all'attività attivante del sistema simpatico e all'attività inibitoria del sistema parasimpatico. Pertanto, è ormai consolidato e universalmente condiviso tra la comunità scientifica che la frequenza cardiaca è influenzata dallo stress, dall'attività fisica o dalla tensione muscolare, ma anche da aspetti ambientali, sociali e costituzionali, come la struttura della personalità o lo stato motivazionale nonché la grande varietà di patologie organiche che possono riguardare il sistema cardiovascolare (Pruneti, 2017).

1.6.4. VARIABILITÀ DELLA FREQUENZA CARDIACA

L'analisi delle variazioni della frequenza cardiaca corrisponde allo studio della *Heart Rate Variability* (HRV), intesa come la variazione naturale che si verifica tra un battito cardiaco e l'altro, in millisecondi (ms) (*Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology*, 1996). L'analisi dell'HRV inizia, quindi, con la costruzione di una serie di intervalli di tempo elettrocardiografici successivi delle onde R (intervalli RR) che producono tacogrammi (dai quali battiti ectopici, pause compensatorie, artefatti e rumore devono essere esclusi). L'HRV può essere valutata con diversi tipi di analisi. Il più comune corrisponde all'analisi nel dominio della frequenza, o analisi della densità spettrale di potenza (Cacioppo et al., 2007; Moraes et al., 2018; Valderrama et al., 2010). La banda ad alta frequenza (*high-frequency*, HF) è inclusa negli intervalli di frequenza di 0,15-0,4 Hz e riflette l'attività del sistema parasimpatico, è considerata, infatti, una misura del tono vagale. È anche chiamata banda respiratoria poiché riflette i cambiamenti nella frequenza cardiaca correlati all'RSA. Una riduzione dell'attività parasimpatica è frequentemente riscontrata nei pazienti affetti da malattie cardiache o in condizioni di stress, ansia o preoccupazioni o soggetti ad attacchi di panico (Berntson et al., 1993; Bhoja et al., 2020). La banda delle basse frequenze (*low-frequency*, LF) corrisponde all'intervallo di 0,04-0,15 Hz. Questa regione è chiamata "intervallo dei barocettori". Questi ultimi, come già precedentemente accennato, sono meccanoceettori sensibili alle variazioni di pressione. Essendo localizzati all'interno degli atri e dei ventricoli, dei seni carotidei e dell'arco aortico, in corrispondenza di un

aumento della pressione generano potenziali d'azione con maggiore frequenza. L'attivazione dei barocettori determina l'inibizione del sistema simpatico e l'attivazione di quello parasimpatico. Di conseguenza, si osserva una diminuzione della pressione sanguigna poiché l'inibizione del sistema simpatico diminuisce la resistenza vascolare periferica come anche la frequenza e la contrattilità cardiaca. L'effetto opposto si verifica quando la pressione diminuisce (Berntson et al., 1993; Bhoja et al., 2020). Si ritiene, inoltre, che la banda LF, rifletta la modulazione simpato-vagale con oscillazioni che generalmente non superano 0,1 Hz. È possibile che durante specifiche attività quali la respirazione lenta e profonda, come anche la meditazione, l'attività parasimpatica generi oscillazioni che ricadono nella banda LF (Berntson et al., 1993; Bhoja et al., 2020). Un ulteriore parametro è caratterizzato dal rapporto tra la potenza delle LF e delle HF, esso è chiamato LF/HF ratio. L'interpretazione del rapporto LF/HF è attualmente controversa (Shaffer et al., 2014). Tuttavia, una volta compresi i meccanismi in grado di regolare oscillazioni delle LF e delle HF, l'interpretazione del dato risulta più chiara. Va ricordato, infatti, che la potenza nella banda LF può essere influenzata da meccanismi vagali, simpatici e baroriflessi a seconda del contesto, mentre la potenza HF è prodotta dall'attività vagale efferente dovuta all'attività respiratoria. In accordo con la recente letteratura psicofisiologica, un basso rapporto LF/HF riflette l'attività parasimpatica dovuta alla conservazione dell'energia e all'impegno in comportamenti cooperativi volti al coinvolgimento sociale, i cosiddetti “*tend-and-befriend behavior*”. Tuttavia, il rapporto LF/HF va interpretato con cautela poiché è spesso falsato dalla riduzioni della potenza LF. D'altra parte, una LF/HF ratio elevata può indicare una prevalenza di attività simpatica, ben rappresentata dai cosiddetti comportamenti “*fight-or-*

flight” (An et al., 2020; Bhoja et al., 2020; Berntson et al., 1997; Ernst, 2017; Task Force della Società Europea di Cardiologia e della Società Nordamericana di Pacing ed Elettrofisiologia, 1996).

La banda delle *very-low-frequency* (VLF) è nell'intervallo di frequenza 0,0033-0,04 Hz. Meccanismi regolatori a lungo termine come la termoregolazione, il sistema renina-angiotensina e fattori umorali (ruminazione e preoccupazione) possono contribuire ad una prevalenza di potenza in questa banda (Forte et al., 2019).

Infine, la banda delle *ultra-low-frequency* (ULF) scende al di sotto della frequenza 0,0033 Hz. Le fluttuazioni nei ritmi cardiaci all'interno di questa banda sono principalmente dovute a fluttuazioni circadiane ma anche a meccanismi di adattamento quali la regolazione della temperatura corporea, il metabolismo e il sistema renina-angiotensina (Forte et al., 2019).

Vi è poi una ulteriore analisi dell'HRV, che riguarda il dominio del tempo e fornisce indici che quantificano le dinamiche autonome o che determinano l'attività oscillatoria generata dai vari sistemi di controllo fisiologico. Gli indici principali calcolati sono la deviazione standard di NN (SDNN), l'indice SDNN, la radice quadrata media delle differenze successive tra battiti cardiaci normali (RMSSD), la proporzione di NN50 divisa per il numero totale di intervalli NN (R-R) (pNN50) e la media della differenza tra la frequenza cardiaca massima (*maximum heart rate*, HR_{Max}) e la sua minima (*minimum heart rate*, HR_{Min}), ossia $HR_{Max}-HR_{Min}$ (Buchheit, 2014; Cosentino et al., 2018; Penttila et al., 2001; Plews et al., 2013). Definito come indice dell'HRV, il parametro SDNN fornisce la deviazione standard degli IBI normali (NN), misurata in millisecondi, e riflette l'influenza di tutti i fattori che contribuiscono all'HRV. Un altro indice è l'RMSSD, che è la radice della somma quadratica media

delle differenze tra battiti NN successivi. È il parametro più utilizzato per determinare il recupero di base dell'HRV e, quindi, il funzionamento dell'attività parasimpatica (banda HF). Inoltre, il pNN50 rappresenta la percentuale di battiti normali adiacenti che differiscono tra loro di 50 ms ed è correlata con l'RMSSD e la potenza nella banda HF. Infine, $HR_{Max}-HR_{Min}$ è calcolato come la media della differenza tra la frequenza cardiaca massima e minima in ogni ciclo respiratorio ed, essendo associato all'RSA, è altamente correlato con le misurazioni SDNN e RMSSD (Buchheit, 2014; Cosentino et al., 2018; Penttila et al., 2001; Plews et al., 2013).

In sintesi, quindi, tutta una serie di studi documentano il fatto che il muscolo cardiaco non possa essere in alcun modo paragonato ad un metronomo, in quanto modifica costantemente la sua frequenza in risposta tanto a fattori esterni come l'attività fisica, che interni, come gli stati emotivi (stress, rabbia o rilassamento, ad esempio) (Shaffer et al., 2014). Quando il parametro dell'HRV è alto si deduce una maggiore ampiezza e complessità delle oscillazioni cardiache, le quali si riflettono in un'elevata capacità di autoregolazione intesa come adattabilità psicofisica, controllo emotivo, capacità decisionale ed efficienza attenzionale. In altre parole, il cuore risponde rapidamente ai cambiamenti interni ed esterni modificando la propria attività (Pruneti, 2017). È per questi motivi che la letteratura recente inerente la psicofisiologia clinica considera un'elevata HRV come sinonimo di un buono stato di salute del soggetto, anche esternata su un piano comportamentale con manifestazioni caratteristiche di persone descritte come estroverse, cordiali e ottimiste il cui umore è eutimico (Kashdan & Rottenberg, 2010). Al contrario, uno valore di HRV basso, piatto e uniforme è considerato un predittore di patologie come infarto del miocardio,

insufficienza cardiaca, diabete e mortalità, nonché stati di ansia e depressione (Kashdan & Rottenberg, 2010).

Aspetti interessanti riguardano anche la correlazione tra HRV e domini cognitivi. Ad esempio, valori bassi di LF sono associati a peggiori prestazioni cognitive, in particolare, nei compiti di memoria, di produzione verbale ed in generale in quelli cognitivi globali (Frewen et al., 2013), mentre valori elevati di HF sono associati a una migliore capacità di ragionamento verbale. D'altra parte, un HF inferiore sembra essere associato a prestazioni più scarse nelle funzioni cognitive globali, come quelle misurate dal *Mini-Mental State Examination* nei pazienti con demenza (Kim et al., 2006), ma anche nelle capacità di ragionamento verbale (Solernò et al., 2012), nell'inibizione delle risposte di memoria (Gillie et al., 2014) o nei compiti che indagano la funzionalità fronto-esecutiva (Colzato & Steenbergen, 2017; Mahinrad et al., 2016; Mann et al., 2015). È stato ipotizzato che i risultati possano essere dovuti alla lateralizzazione delle funzioni autonome (Melis & Van Boxtel, 2001): l'attivazione simpatica sarebbe correlata alle cortecce visive e motorie, mentre quella parasimpatica all'attività delle aree prefrontali (Forte et al., 2019).

1.6.4.1. BIOFEEDBACK BASATO SULLA VARIABILITÀ DELLA FREQUENZA CARDIACA

Considerando l'HRV come un indicatore fondamentale per la definizione dello stato di salute psicofisica, un corposo filone di ricerca evidenzia come tale parametro possa essere sottoposto ad un miglioramento per mezzo di *training* specifici.

Nonostante la psicologia clinica e lo studio dei correlati psicofisiologici rappresentino branche della medicina relativamente recenti, sono diversi i metodi per la gestione dello stress di cui è stata valutata l'efficacia nel favorire il benessere psicofisico. La psicofisiologia clinica applicata introduce il termine *biofeedback* (BFB) tra gli anni Settanta e Ottanta per indicare quell'insieme di tecniche volte a gestire e controllare, o meglio, favorire la consapevolezza, delle attività psicofisiologiche generalmente non sottoposte a controllo cosciente e quindi "non accessibili alla percezione intenzionale del soggetto" (Peper et al., 1979). Il termine è stato coniato proprio associando "bio" a "feedback", che si traduce sostanzialmente in "informazione biologica di ritorno".

Questo genere di trattamenti sono possibili grazie all'utilizzo di apparecchiature di biorilevazione in grado di registrare l'attività di un parametro psicofisiologico restituendo al soggetto un segnale visivo e/o uditivo intelligibile e di facile comprensione, rendendo possibile, ad esempio, la diminuzione del battito cardiaco, altrimenti fuori dal controllo cosciente (Basmajian, 1985). La persona può, in questo modo, esplorare le sue reazioni psicosomatiche, generalmente nascoste, validando la reattività emozionale, individuando gli stimoli in grado di elicitarla ed integrando la sua comprensione sul suo funzionamento all'interno della propria identità personale (Pruneti, 2024).

Dal 1969, anno in cui è stata fondata la *Biofeedback Research Society*, i metodi di indagine dei diversi indici fisiologici sono evoluti costantemente. Gli ambiti di applicazione del BFB sono numerosi e sempre più raffinati. Dei vari parametri psicofisiologici (tensione muscolare, conduttanza cutanea, battito cardiaco, ad esempio) sono state individuate le categorie diagnostiche più frequentemente

associate (dalla cefalea tensiva all'iperidrosi a tutti i vari disturbi da sintomi somatici) e, di conseguenza, le applicazioni pratiche sul campo per la gestione del sintomo fisico stress-correlato.

Dal 2000, sulla base di numerose ricerche in campo cardiovascolare, Lehrer e colleghi (2000) hanno avviato un nuovo filone di ricerca per il BFB, inteso come protocollo di intervento che si avvale dell'utilizzo dell'"informazioni biologica di ritorno", per aumentare la variabilità della frequenza cardiaca. Si tratta di un BFB chiamato "*biofeedback della frequenza di risonanza*" (*resonant frequency biofeedback*, RF-BFB) o "*biofeedback dell'aritmia sinusale respiratoria*" (*respiratory sinus arrhythmia biofeedback*, RSA-BFB) o anche "*biofeedback della variabilità della frequenza cardiaca*" (*heart rate variability biofeedback*, HRV-BFB o HRVB). La tecnica consiste nell'allenare le persone a respirare alla loro frequenza di risonanza (FR) (la frequenza respiratoria che consente di elicitare l'attività dei barocettori) con l'obiettivo di produrre il massimo aumento dell'ampiezza dell'RSA, definita come la variazione della frequenza cardiaca dovuta alla respirazione. È stato dimostrato che una buona sincronizzazione tra respirazione lenta e frequenza cardiaca migliora lo scambio di gas e aumenta l'ossigenazione (Noble & Hochman, 2019). Quando si respira a una FR ottimale (solitamente vicina a 6 respiri al minuto) può verificarsi un'aumentata attività del nervo vago oltre che un'incrementata ossigenazione del corpo. Più specificamente, esistono tre principali tipologie di protocolli di intervento HRVB a seconda del tipo di FR utilizzata: (1) nei protocolli "FR ottimale" il protocollo inizia con la pratica respiratoria seguendo una guida (solitamente un *pacer* o un metronomo) e dopo alcune sedute viene rilevata la FR personale; (2) nei protocolli "FR individuale" la frequenza respiratoria ottimale viene calcolata tramite

un dispositivo di BFB basato su dati cardiovascolari rilevati in tempo reale prima di iniziare l'allenamento; (3) mentre nei protocolli "*Preset-Pace*" la respirazione avviene a una frequenza respiratoria standard, che solitamente corrisponde a 6 respiri al minuto. I maggiori benefici sono stati ottenuti nel secondo tipo di FR in cui un soggetto viene allenato a respirare rispettando la sua frequenza respiratoria che gli consente di stimolare i barocettori e, quindi, di ottenere il massimo beneficio. La procedura per rilevare il FR ottimale è solitamente calcolata in questo modo: al soggetto viene chiesto di inspirare attraverso il naso seguendo uno stimolo (ad esempio, potrebbe essere una barra blu che sale o una sfera che segue un percorso in salita) e di espirare attraverso la bocca seguendo sempre lo stesso elemento (che potrebbe essere la barra blu che scende o la sfera in declino). In genere alla persona viene chiesto di respirare a cinque velocità diverse per 1-2 minuti ciascuna (9 secondi, 10 secondi, 11 secondi, 12 secondi e 13 secondi per respiro, che corrispondono approssimativamente a 6,5, 6, 5,5, 5 e 4,5 respiri al minuto) come suggerito dal protocollo di Lehrer e collaboratori (2010).

Si ritiene che i benefici fisiologici di questo tipo di respirazione siano responsabili degli effetti rilevati anche sul piano cognitivo, in quanto le connessioni neurali tra il sistema cardio-respiratorio e le aree limbiche e prefrontali sarebbero potenziate. Sakaki e colleghi (2016), elaborando il modello di integrazione neuroviscerale, hanno dimostrato che le oscillazioni ad alta ampiezza della frequenza cardiaca hanno effetti positivi sulle reti neurali cerebrali correlate alla regolazione emotiva. Coerentemente, è stato osservato che alti livelli di HRV sono associati a una maggiore connettività funzionale tra l'amigdala e la corteccia prefrontale mediale. Alla luce delle evidenze scientifiche finora descritte, si ritiene che l'HRVB stimoli i

riflessi autonomici, in particolare i baroriflessi, nello stesso modo in cui l'esercizio muscolare allena i riflessi del sistema nervoso somatico.

1.6.4.2. BIOFEEDBACK BASATO SULLA COERENZA CARDIACA

Un metodo simile di HRVB corrisponde all'allenamento alla coerenza cardiaca (*cardiac coherence training*, CCT), che incorpora una serie di tecniche di rifocalizzazione e ristrutturazione emozionale sviluppate dall'*HeartMath Institute* (*Boulder Creek, California*). Il CCT, come il HRVB, prevede l'uso del BFB per monitorare e visualizzare l'HRV (Ma & McCraty, 2016), tuttavia il rinforzo è basato sul calcolo della coerenza cardiaca, descritta come la sincronizzazione della respirazione con il ritmo cardiaco. La coerenza cardiaca o risonanza può essere misurata tramite l'analisi dell'HRV in cui il cuore di una persona, il suo schema ritmico, diventa più ordinato e simile a un'onda sinusoidale a una frequenza di circa 0,1 hertz (10 secondi). La coerenza è rappresentata da uno schema sinusoidale nella forma d'onda dell'HRV nell'intervallo di bassa frequenza (LF). Pertanto, anche in questo caso, un punteggio di coerenza più elevato si riflette nello spettro di potenza HRV mediante un aumento di potenza nella banda LF, intorno a 0,1 Hz. La base della tecnica di autoregolazione applicata per indurre uno stato coerente è quella di porre l'attenzione al centro del torace (area del cuore) e immaginare come il respiro fluisca dall'interno all'esterno mentre si respira più lentamente e più profondamente del solito. Regolare consapevolmente la propria respirazione a una velocità di 10 s (0,1 Hz) aumenta la coerenza cardiaca e avvia il processo di passaggio a uno stato più coerente. L'ipotesi di base è che, poiché abbiamo un controllo cosciente sulla

respirazione e possiamo facilmente rallentare la velocità e aumentare la profondità della respirazione, possiamo sfruttare questo meccanismo fisiologico per modulare l'attività vagale efferente e, quindi, il ritmo cardiaco (McCraty et al., 2003, 2009).

È stato dimostrato che l'uso di questa pratica nella vita quotidiana migliora la salute grazie al corretto equilibrio del sistema autonomo. Lo stato di equilibrio si ritiene sia in grado di influenzare la condizione di tutti gli altri sistemi sotto il controllo del SNA (respiratorio, cardiaco, digerente ed immunitario) producendo una sensazione generale di benessere. L'allenamento generale comprende le seguenti tecniche: gli esercizi di respirazione diaframmatica monitorati con BFB possono essere guidati da altri esercizi cognitivi che facilitano lo spostamento dell'attenzione da pensieri e immagini negative ad altri positivi e capaci di suscitare stati caratterizzati da piacevolezza, gratificazione, "apprezzamento". L'informazione biologica restituita, in questo tipo di BFB, è rappresentata proprio dalla coerenza cardiaca sotto forma di immagini e suoni che vengono rimandati alla persona la quale, a sua volta, può provare a modularli.

È stato ripetutamente dimostrato che le tecniche di allenamento alla coerenza cardiaca sono efficaci non solo nella gestione dello stress in persone con problemi già sviluppati di ansia, insonnia, ipertensione, o altre sindromi psicosomatiche di vario genere ma anche come misura preventiva in situazioni considerate essere ad alto rischio (Alabdulgader, 2012).

1.6.4.3. OBIETTIVO DELLA RICERCA

Nonostante le numerose evidenze scientifiche a supporto sia dell'HRVB che del CCT documentate dalla letteratura inerente la psicofisiologia clinica e le altrettanto diverse evidenze a supporto delle caratteristiche di personalità in grado di influenzare la reattività allo stress, nessuno studio, ad oggi, ha documentato il ruolo di specifici fattori individuali nell'influenzare l'efficacia di questo tipo di interventi. Lo scopo principale del lavoro di dottorato che verrà qui presentato, quindi, è stato quello di validare l'ipotesi sperimentale che supponeva che potessero esistere differenze interindividuali nei risultati ottenuti da un protocollo di CCT.

A seguito di una prima fase in cui è stata effettuata una valutazione multidimensionale dello stress utile a descrivere il distress psicologico e eventuali alterazioni psicofisiche seguenti la pandemia da Sars-Cov-19 in un campione di operatori sanitari sottoposti a variazioni del ritmo lavorativo nonché delle relative mansioni, sono state indagate eventuali associazioni tra le variabili psicofisiologiche e quelle psicologiche. Nello specifico, il primo obiettivo era quello di verificare la presenza di correlazioni tra i valori di base, della reattività e del recupero dei parametri psicofisiologici ed i sintomi psicologici ed alcune caratteristiche della personalità. Più in particolare, è stato ipotizzato che i tratti dell'ansietà (ossia stabilità emotionale, vigilanza, apprensività e tensione ansiosa), insieme alla dominanza ed alla coscienziosità, potessero essere associati ad alterazioni autonomiche.

Successivamente, è stato implementato un protocollo di CCT consistente in dieci sedute della durata di circa 45 minuti. Dopo avere indagato le differenze pre-post intervento sia inerenti i sintomi psicologici riportati mediante questionari

standardizzati che la reattività ed il recupero, nonché i valori di base, di parametri psicofisiologici connessi alla risposta allo stress, è stata validata l'ipotesi secondo la quale si riteneva che persone con tratti della personalità favorevoli a una migliore attitudine ad affrontare le difficoltà potessero ottenere un maggiore beneficio. In altre parole, ci si attendeva che persone maggiormente capaci di mettere a disposizione risorse psicofisiche allo scopo di affrontare lo stress fossero anche in grado di raggiungere una migliore coerenza cardiaca al termine delle sedute proposte. Infine, considerato che anche la conduttanza cutanea è un parametro che riflette il coinvolgimento di meccanismi neurobiologici deputati all'apprendimento ed al *problem-solving*, si è pensato potesse essere un parametro utile a predire l'efficacia di un intervento che promuove l'adattamento psicofisico.

2. MATERIALI E METODI

2.1. PARTECIPANTI E PROCEDURA

In qualità di titolare di borsa nell'ambito del *Corso di Dottorato in Medicina Molecolare* e finanziata dal PON "Ricerca e Innovazione" 2014-2020, Asse IV.4 "Istruzione e ricerca per il recupero", con la finalità di favorire l'innovazione e l'interscambio tra mondo della ricerca e mondo produttivo, nell'autunno del 2021 sono stati presi contatti con l'Ospedale *Privato Accreditato di Medicina Fisica e Riabilitativa San Giacomo di Ponte dell'Olio (provincia di Piacenza)* per avviare una collaborazione.

Il progetto che verrà di seguito descritto è intitolato "*Valutazione multidimensionale dello stress lavoro-correlato dei dipendenti dell'Ospedale Privato Accreditato di Medicina Fisica e Riabilitativa San Giacomo di Ponte dell'Olio (PC) e proposta di intervento di gestione dello stress mediante Heart Rate Variability Biofeedback Training (HRV-BFB)*" ed è stato approvato dal *Board per l'Etica della Ricerca non Medica sulla Persona (REB - Research Ethics Board)* dell'Università di Parma con numero di protocollo 0016853/2023.

L'analisi della letteratura effettuata durante il primo anno di dottorato rispetto la psicofisiologia dello stress, incluso quello lavoro-correlato, e l'efficacia dei protocolli di HRVB, è stata supportata dalla frequenza a due corsi di perfezionamento universitario ("*Rilassamento muscolare progressivo profondo e sue applicazioni in medicina, psicologia, nello sport e nella vita di tutti i giorni*") e ("*Rilassamento progressivo, biofeedback e sue applicazioni in clinica, riabilitazione, educazione e*

sport”) entrambi tenuti dal *Prof. Carlo Pruneti*. Alla luce delle conoscenze ottenute, lo scopo che ha guidato la ricerca svolta in *Ospedale* riguardava l’analisi di fattori di personalità in grado di predire una maggiore efficacia di suddetti protocolli. Inoltre, il periodo in cui è stata condotta la ricerca (da dicembre 2022 a ottobre 2023), cosiddetto “post-COVID”, metteva in luce l’utilità di individuare quelle persone caratterizzate da bassi livelli di resilienza e scarse abilità di gestione emozionale che avrebbero potuto ostacolare il processo di recupero psicofisico conseguente la fase di stress della pandemia.

L’*Ospedale San Giacomo* risultava particolarmente adeguato al perseguimento di tali obiettivi in quanto, nonostante operi in convenzione con l’*Azienda Sanitaria Locale di Piacenza* dai quali vengono inviati pazienti post-acuti con necessità di riabilitazione intensiva (neurologica, cardiologica e ortopedica), per il biennio 2020-2022 ha subito una drastica riduzione dei posti letto dedicati a tali degenti per occuparsi del recupero di pazienti positivi al COVID-19 o in fase di convalescenza post-COVID con complicanze su vari livelli di gravità, rivedendo le mansioni dei dipendenti e le relative richieste, nonché gli spazi e le attività di cura dedicate.

Ottenuto parere favorevole da parte del *Responsabile Sanitario* e della *Responsabile delle Risorse Umane*, nel settembre 2022 è stato organizzato un breve incontro volto ad illustrare a tutti i dipendenti dell’*Ospedale* la proposta della ricerca e gli obiettivi della stessa. Una volta enfatizzato l’aspetto inerente la tutela dell’anonimato e del trattamento dei dati personali riguardo l’impossibilità da parte della Struttura di avere accesso ai nominativi delle singole persone che hanno aderito né, tantomeno, ai risultati della valutazione delle singole persone, è stata fornita una

breve scheda informativa con indicata la mail del *Responsabile Scientifico* dello studio utile a manifestare la propria adesione.

I criteri per l'inclusione nello studio erano (1) la maggiore età, (2) il completamento del consenso informato e (3) l'assenza di anamnesi positiva per sindromi neuro-psichiatriche (ad esempio, precedente trauma cranico, epilessia, ecc.) e/o malattie fisiche (ad esempio, disturbi sensoriali della vista e/o dell'udito) che avrebbero potuto limitare la compilazione dei questionari o la comprensione delle procedure della valutazione psicofisiologica.

Considerata l'entità dell'impegno richiesto ai partecipanti, è stata data loro la possibilità di aderire al protocollo per intero oppure di effettuare soltanto la valutazione multidimensionale dello stress lavoro-correlato, potendo usufruire della possibilità di avere un riscontro rispetto la propria salute psicofisica. Infatti, le fasi dello studio possono essere considerate due:

- *Fase di valutazione*: nel corso di due incontri (1) è stato effettuato un colloquio psicologico, utile a chiarire nuovamente gli obiettivi e lo scopo dello studio nonché a raccogliere informazioni rilevanti rispetto il vissuto emotivo legato al carico di lavoro richiesto durante il periodo pandemico; (2) sono stati compilati alcuni questionari e (3) ed effettuata una valutazione psicofisiologica (*vedi oltre*). Era poi previsto (4) un colloquio di restituzione, anch'esso coperto da segreto professionale, per discutere dei risultati ottenuti dalla valutazione effettuata e raccogliere l'eventuale adesione alla fase successiva;
- *Fase di intervento*: solo a seguito della valutazione, è stato proposto di aderire all'intervento di CCT. In particolare, erano previste 10 sedute della durata di circa 30-45 minuti (*vedi oltre*). Per validare l'efficacia dell'intervento proposto,

era necessario aderire ad un ulteriore incontro utile a ripetere la valutazione psicofisiologica e parte dei questionari.

Il progetto si è svolto all'interno del *Servizio di Psicologia Clinica e Neuropsicologia* dell'*Ospedale* che ha messo a disposizione due stanze: uno studio era necessario alla conduzione dei colloqui psicologici ed alla somministrazione dei questionari mentre un'aula più spaziosa veniva adoperata per la registrazione della valutazione psicofisiologica e per le sedute di CCT.

La ricerca è stata condotta seguendo le *Linee Guida per le Buone Pratiche di Ricerca* dell'Università di Parma (2020). Tutte le procedure sono state condotte seguendo la *Dichiarazione di Helsinki* del 1964 dell'Associazione Medica Mondiale e la *Dichiarazione Universale sulla Bioetica e i Diritti Umani* del 2005.

2.2. STRUMENTI

Per la valutazione multidimensionale dello stress lavoro-correlato (T0) sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

Il *Cognitive Behavioral Assessment - 2 edizione italiana* (CBA2.0; Bertolotti et al., 1990) include una *Scheda Anamnestica* che consente di ottenere una serie di dati clinicamente rilevanti in maniera rapida. Oltre a raccogliere informazioni sull'educazione ricevuta, sul percorso formativo ed altri dati utili all'anamnesi clinico-psicologica (per esempio, indaga la presenza di eventi stressanti o traumatici nel corso dell'intera vita e cambiamenti rilevanti negli ultimi 12 mesi - familiari, lavorativi, ecc.), indaga la qualità del sonno e l'alimentazione oltre che la presenza di condizioni lavorative particolari (per esempio, turni, ripetitività, lavoro notturno o

festivo, ecc.), il livello di soddisfazione personale (con risposte che vanno dal “per nulla” a “moltissimo”), con i colleghi (giusto per citarne alcuni, vi è la possibilità di spuntare risposte quali “sul lavoro ho frequenti contrasti e discussioni” oppure “sul lavoro i rapporti con gli altri sono per me fonte di tensione”) ed economica (in cui è possibile segnalare “attualmente, ho gravi preoccupazioni e debiti” oppure constatare “attualmente, ho buone disponibilità economiche”).

Il *Symptom Check List-90-Revised* (SCL-90-R; Prunas et al., 2012) è un questionario che valuta un ampio spettro di problemi psicologici e di sintomi psicopatologici, indagando sia quelli internalizzanti (Somatizzazione, Ossessività-Compulsività, Depressione, Ansia Generalizzata e Fobica) che le manifestazioni esternalizzanti (Ipersensibilità interpersonale, Ideazione Paranoide e Psicoticismo). I punteggi grezzi sono rappresentati su una scala da 0 a 4 e convertiti in punti T. La letteratura scientifica ha documentato più volte come una o più scale cliniche il cui punteggio supera il valore di 63 siano indicative di un disturbo psicopatologico in atto. Vi è anche la possibilità di elaborare il *Global Severity Index* (GSI), un indicatore della complessità del disagio psichico che, quando elevato, può segnalare la possibilità che la sofferenza lamentata possa interferire con il funzionamento lavorativo, sociale e personale. Secondo gli autori dello studio, vi sono evidenze rispetto al fatto che un punteggio ≥ 63 nel GSI o in due o più scale cliniche sia indicativo di sofferenza clinica rilevante. Le scale cliniche hanno un valore di *Alfa di Cronbach* compreso tra lo 0,67 della scala dell’ansia fobica e lo 0,87 della scala della depressione, ad indicare un’affidabilità da accettabile ad eccellente.

Il *P Stress Questionnaire* (PSQ; Pruneti, 2011) è uno strumento di facile comprensione e somministrazione, composto da 32 items che individuano il

Comportamento di tipo A, che si configura come un atteggiamento di impazienza e urgenza di tempo, incapacità di rilassarsi e di “staccarsi dagli impegni”, unito all’estrema precisione e puntualità, associato, tra l’altro, ad una maggiore predisposizione allo sviluppo di disturbi fisici stress-correlati, come le malattie cardiovascolari. Sei differenti scale fattoriali connotano: il senso di responsabilità (SR), il vigore (V), la presenza di disturbi da stress (DS), la precisione e la puntualità (PP), l’incapacità di staccare dagli impegni e beneficiare del tempo libero (TL) e l’iperattività (I). I punteggi, standardizzati in una scala con range 1-9, sono considerati nella norma se cadono tra 3 e 7, elevati se maggiori a 7. La standardizzazione italiana riporta valori di *Alfa di Cronbach* tra lo 0.40 e lo 0.70. La scala totale ha un’affidabilità moderata ($\alpha=0.76$).

Il *16-Personality Factors Questionnaire* (16-PF; Sirigatti & Stefanile, 2001) è un questionario che consente la rilevazione e la descrizione qualitativa di 16 fattori di personalità con una valutazione dei tratti temperamentali e caratteriali, prevedendo un tempo di compilazione di circa 15 minuti. Le 16 dimensioni individuate sono bipolari e relativamente indipendenti: A=Espansività; B=Ragionamento; C=Stabilità emozionale; E=Dominanza; F=Vivacità; G=Coscienziosità; H=Audacia sociale; I=Sensibilità; L=Vigilanza; M=Astrattezza; N=Prudenza; O=Apprensività; Q1=Apertura al cambiamento; Q2=Fiducia in sé; Q3=Perfezionismo; Q4=Tensione. Inoltre, vi è un’ulteriore scala relativa la Desiderabilità Sociale, in grado di intercettare atteggiamenti manipolatori nei confronti della compilazione del test che possono rendere i punteggi invalidi e suggerire quindi una nuova compilazione o la necessità di scartare le risposte. Considerando specificatamente i tratti dell’ansietà (stabilità emozionale, vigilanza, apprensività, tensione) è possibile inferire se vi sono

caratteristiche stabili dell'individuo che lo rendono più resiliente o, al contrario, più vulnerabile allo stress, anche in relazione al contesto lavorativo nel quale si trova inserito o alle mansioni assegnategli. Anche in questo caso, i punteggi si distribuiscono su una scala stanine (range: 1-9) e sono medi se si collocano tra 3 e 7, bassi se inferiori a 3 e alti se superano il 7. Il valore dell'*Alfa di Cronbach* oscilla tra lo 0.66 e lo 0.93 nelle diverse standardizzazioni, con una media pari a 0.71.

Il *Profilo Psicofisiologico da Stress* (PSP; Fuller, 1979) corrisponde alla rilevazione e registrazione dell'andamento di parametri fisiologici strettamente connessi con la tendenza dell'individuo a rispondere alle situazioni stressanti ed a quelle che richiedono un forte coinvolgimento di tipo emozionale. Mediante il *Software ProComp5 Infiniti* (Though Technology Ltd., Canada), sono stati rilevati differenti parametri psicofisiologici, quali (1) conduttanza cutanea (SCL/SCR); (2) Frequenza ed Ampiezza Respiratoria (FR/AR); (3) Frequenza cardiaca, Intervallo inter battito, Variabilità della Frequenza Cardiaca (HR/IBI/HRV), con analisi nel dominio della frequenza (LF-HRV, HF-HRV, LF/HF ratio); (4) Elettromiogramma di superficie (sEMG) simultaneamente durante una registrazione di 14 minuti suddivisa in 7 fasi da 2 minuti ciascuna. Nello specifico, le fasi erano: Baseline, Stress oggettivo 1 [*Stroop Test*], Riposo 1; Stress oggettivo 2 [*Mental Arithmetic Task*], Riposo 2; Stress soggettivo [*Racconto di un evento significativo*], Riposo 3.

Di seguito sono meglio illustrate le procedure per la rilevazione dei parametri psicofisiologici:

- La conduttanza cutanea viene registrata lasciando scorrere una corrente elettrica continua a bassa intensità per mezzo di due elettrodi posti sul primo e sul secondo dito della mano non dominante dove la persona diventa una resistenza variabile del

circuito generato. Nello specifico, l'elettrodo conduttivo di ogni fascia viene posizionato sulla porzione distale delle dita, ossia sui polpastrelli, mediante una fascia con velcro. Viene, quindi, rilevata la variazione in tempo reale della conduttanza, che è l'inverso della resistenza, che si ritiene ben rappresenti le modificazioni dell'attività del sistema nervoso simpatico. I valori riportati sono sia espressi in μS (GSR μS) che in una scala percentuale (GSR%);

- Frequenza ed Ampiezza Respiratoria (FR e AR, rispettivamente) vengono rilevate mediante un sensore chiamato Respiration-Flex/Pro e collocato su di una fascia di tessuto. La fascia viene posizionata attorno al petto o all'addome (a seconda che si voglia rilevare l'ampiezza respiratoria durante la respirazione toracica o addominale, rispettivamente) ed il sensore, essendo sensibile alla dilatazione, converte l'espansione e la contrazione della cassa toracica o dell'area addominale, in valori numerici;
- per la rilevazione della frequenza cardiaca e dei valori dell'HRV è stato applicato un sensore di rivelazione di impulso del volume ematico (*blood volume pulse*, BVP), anche noto come sensore fotoplethysmografo (*photoplethysmogram*, PPG) che viene generalmente posizionato sul polpastrello del dito medio e fermato mediante un'apposita fascia con velcro. Il sensore PPG invia luce ad infrarossi ed meccanismo secondo cui viene rilevato il BVP risiede nella misurazione della luce riflessa dalla pelle, la cui quantità varia in funzione della quantità di sangue. Ad ogni battito cardiaco, infatti, se vi è una maggiore quantità di sangue, una quantità maggiore di luce verrà riflessa. Fra le pulsazioni, invece, la quantità di sangue diminuisce e viene assorbita più luce rossa. Questa misura, essendo un indice della

attività vasomotoria, consente di definire l'ampiezza del BVP, la forma d'onda del BVP, la frequenza cardiaca e la relativa variabilità. I valori che si ottengono dalla valutazione psicofisiologica e, in particolare, dall'analisi della HRV sono relativi le LF e le HF. Tali valori vengono convertiti in una scala logaritmica per ottenere la normalità della distribuzione. È anche possibile ottenere una valutazione della distribuzione frazionaria della potenza, indipendente dai valori assoluti della varianza, mediante il calcolo delle unità normalizzate (nu), le quali si ottengono dividendo la potenza di un dato componente per la potenza totale (da cui è stato sottratto il componente VLF) e moltiplicando per 100 (Lombardi et al., 1996). Questa procedura riduce al minimo gli effetti delle variazioni nella frazione VLF, concentrandosi solo sul collegamento reciproco tra le componenti LF e HF. Ovviamente, la somma delle componenti LF e HF dovrebbe approssimarsi a 100 nu. La procedura di normalizzazione si è dimostrata cruciale per l'interpretazione dei dati. Infatti, l'eccitazione simpatica che porta alla tachicardia è spesso accompagnata da una riduzione della potenza totale della variabilità della frequenza cardiaca. Se vengono utilizzate unità assolute, invece, le variazioni della potenza totale influenzano sia le componenti LF che HF, nella stessa direzione (Lombardi et al., 1996). Inoltre, la combinazione dei valori della frequenza cardiaca e della respirazione hanno consentito di identificare un valore assimilabile all'RSA, calcolato come segue: rapporto tra la sottrazione tra la massima e la minima frequenza cardiaca in un minuto $(HR_{Max}-HR_{Min})/b$;

- l'Elettromiografia Frontale di Superficie (*surface electromyography*, sEMG) consente di rilevare il potenziale elettrico muscolare attraverso l'applicazione di

due elettrodi attivi (posti circa 1 cm sopra le due sopracciglia sulla stessa linea delle pupille) e un elettrodo di riferimento (posto al centro della fronte a distanza di circa 2 cm tra i due elettrodi attivi). Dopo avere pulito la pelle con alcool, vengono applicati gli elettrodi, positivo e negativo, allineandoli con le fibre muscolari di cui si vuole rilevare il segnale. Gli elettrodi generalmente utilizzati sono i T3425 – UniGel. Il *software Biograph Infinity* fornisce il *MyoScan-Pro* EMG, un sensore di elettromiografia di superficie pre-amplificata usato su input di codificatore a bassa percentuale di campionatura e progettato per misurare la radice quadrata del sEMG (RMS-sEMG). Il sEMG, quindi, misura l'attività muscolare rilevando e amplificando i piccoli impulsi elettrici che vengono generati dalle fibre muscolari quando si contraggono. Poiché tutte le fibre muscolari al di sotto dell'area di registrazione del sensore si contraggono a frequenza diverse, il segnale rilevato dal sensore è una differenza di potenziale che varia costantemente tra gli elettrodi positivo e negativo. Il numero di fibre muscolari che vengono reclutate durante ogni contrazione dipendono dalla forza richiesta per effettuare il movimento. Per questo motivo, l'intensità (ampiezza) del segnale elettrico risultante è proporzionale alla forza della contrazione. I valori sono espressi in micro-volt (μV).

La procedura del profilo psicofisiologico da stress, come precedentemente accennato, prevede la rilevazione in continuo e simultanea dei differenti parametri psicofisiologici durante una registrazione della durata di 14 minuti che consiste in 7 fasi (2 minuti ciascuna), oltre a una fase preliminare di adattamento di 4 minuti in cui viene chiesto al soggetto di mantenere una posizione comoda su una poltrona che consente di appoggiare le braccia lungo i braccioli e tenere le gambe a 45° rispetto il

pavimento. La temperatura dell'ambiente è importante che risulti costante (tra i 19 ed 21° C) e che la luce sia soffusa. Le sette fasi del protocollo prevedono:

1. Riposo o *baseline* (2 minuti): viene chiesto alla persona di rimanere ferma e seduta comodamente mantenendo gli occhi chiusi e di rilassarsi il più possibile;
2. Stressor oggettivo 1 (2 minuti): viene proposta una versione computerizzata del *Test di Stroop*: al soggetto viene mostrato uno schermo al computer che mostra un elenco di parole colorate riferite a nomi di colori. Quello che viene chiesto al soggetto è di riferire il colore della parola e di inibirne la lettura. Si ritiene che il *Test di Stroop*, richiedendo al soggetto di inibire la risposta automatica perchè errata rispetto la richiesta formulata, sia un compito elicitante l'attivazione psicofisiologica;
3. Recupero 1 (2 minuti): alla persona viene chiesto di tornare a rilassarsi il più possibile;
4. Stressor oggettivo 2 (2 minuti): viene proposto un compito aritmetico che consiste in calcoli mentali di sottrazione seriale. Nello specifico, al soggetto viene fornita un numero di partenza al quale sottrarre una cifra, quella stessa cifra andrà sottratta al risultato e così via (per esempio, la cifra 7 va sottratta consecutivamente partendo dal numero 1008). Il soggetto viene invitato a non effettuare pause ma di proseguire fino a che non verrà interrotto direttamente dall'operatore al termine del tempo concesso;
5. Recupero 2: come descritto in recupero 1;

6. Stressor soggettivo (2 minuti): in questa fase, la persona sottoposta alla valutazione psicofisiologica viene invitata a raccontare brevemente un evento di vita ritenuto significativo. Nello specifico, l'operatore suggerisce di rievocare e sintetizzare un episodio recente che ha messo la persona in difficoltà e che, quindi, può essere considerato stressante. Non vengono date ulteriori indicazioni rispetto al contesto dell'evento.
7. Recupero 3: come descritto in recupero 1.

Per la valutazione dell'efficacia dell'intervento del CCT (T1), sono stati ripetuti il *SCL-90-R* ed il *PSP*.

2.3. INTERVENTO

Le attività svolte durante gli incontri di CCT sono state proposte utilizzando strumenti e competenze appresi nell'ambito di un corso volto al conseguimento della certificazione di *HeartMath Certified Practitioner*, organizzato dall'*HeartMath Institute*. Il CCT prevede l'uso del BFB per visualizzare l'HRV e monitorarne l'andamento momento per momento (McCraty, 2017). Poiché la coerenza cardiaca è descritta come la sincronizzazione del ritmo cardiaco con la respirazione, si ritiene che l'HRV ottimale si ottenga quando la respirazione è alla frequenza di risonanza del sistema baroriflesso (Lalanza et al., 2023). La coerenza cardiaca o risonanza può essere misurata mediante l'analisi HRV in cui il cuore di una persona, il suo schema ritmico, diventa più ordinato e simile a un'onda sinusoidale a una frequenza di circa 0,1 Hz. Più in particolare, la coerenza è caratterizzata da un modello sinusoidale nella

forma d'onda HRV nella gamma delle basse frequenze (LF-HRV). Pertanto, un punteggio di coerenza più elevato si riflette nello spettro di potenza HRV come un grande aumento di potenza nella banda LF intorno a 0,1 Hz. Quindi, la base della tecnica di autoregolazione applicata per indurre uno stato di coerenza cardiaca consiste nel porre la propria attenzione al centro del torace, sulla zona del cuore, e immaginare come il respiro fluisca dentro e fuori mentre si respira più lentamente e più profondamente del solito. Essendo possibile esercitare il controllo cosciente sulla respirazione, è, di conseguenza, possibile rallentare la frequenza respiratoria e sfruttare questo meccanismo fisiologico per modulare l'attività vagale efferente (McCraty & Shaffer, 2015). Nello specifico, le tecniche suggerite dai ricercatori dell'*HeartMath Institute* sono descritte di seguito.

1. La tecnica *Heart-Focused Breathing (HFB)* è una strategia di autoregolazione progettata per ridurre l'intensità di una reazione allo stress e stabilire uno stato calmo ma vigile. Le istruzioni che vengono fornite al paziente sono “*Focalizza la tua attenzione nell'area del cuore. Immagina che il tuo respiro fluisca dentro e fuori dal tuo cuore o dalla zona del torace, respirando un po' più lentamente e più profondamente del solito*”;
2. La *Quick Coherence Technique (QC)* fa specificatamente riferimento al ruolo delle emozioni positive, favorendo l'immaginazione di stati piacevoli che possono facilitare il recupero psicofisico. Dopo avere ripetuto l'istruzione del *HFB*, si fornisce una ulteriore istruzione “*Fai un tentativo di provare un sentimento rigenerante come una gratificazione, un apprezzamento verso qualcuno o qualcosa nella tua vita. Prova a rivivere il sentimento che provi per qualcuno che ami, un animale domestico, un posto speciale, la gratificazione a seguito di un*

risultato raggiunto, ecc., oppure concentrati su una sensazione di calma o tranquillità.” Talvolta è utile fare un elenco di esperienze considerate utili per accedere alla sensazione di un'emozione positiva. Per alcune persone possono essere rinforzati anche solo alcuni tentativi, per altri invece si può favorire uno stato di coerenza avvalendosi della musica;

3. La tecnica *Heart Lock-In (HLI)* è uno strumento di ristrutturazione emozionale che viene generalmente insegnato come complemento alla tecnica del *QC*. Il *HLI* si concentra sulla costruzione della capacità di sostenere emozioni positive sentite e, di conseguenza, la coerenza cardiaca per periodi di tempo più lunghi. Questa tecnica viene generalmente praticata per 5 o 15 minuti alla volta ed ha come obiettivo quello di facilitare la generalizzazione di quanto appreso e rendere più facile ed automatico il raggiungimento dello stato di coerenza e benessere. L'istruzione consiste nel suggerire al paziente *“Prova a irradiare questa sensazione ed a sostenerla nel tempo”*;
4. La tecnica della *Coherent Communication (CC)* è progettata per facilitare una maggiore connessione e comprensione con le altre persone, sperimentando le competenze acquisite con l'operatore in contesti di vita quotidiana che richiedono una generalizzazione degli apprendimenti. Le istruzioni sono le seguenti: *“(1) Entra in uno stato di coerenza prima di condividere e ricevere informazioni in modo efficace; (2) “Ascolta il significato di ciò che ti viene detto senza giudicare o farti trascinare dal carico emotivo prima che la comunicazione sia terminata. Ricorda di riconcentrarti sul tuo cuore se inizi a reagire in modo eccessivo o perdi la calma emotiva. Parla con un tono di voce genuino e considera ciò che stai per dire e in che modo potrebbe influire sull'umore gli altri; (3) “Durante*

comunicazioni importanti è utile confermare di avere compreso ciò che è stato detto parafrasandone il significato, questo consente di assicurare la comprensione reciproca”;

5. La tecnica *Attitude Breathing (AB)* aiuta a sostituire atteggiamenti negativi e distruttivi con quelli positivi e sani. Le istruzioni sono (1) *“Riconosci un sentimento o un atteggiamento che vuoi cambiare e identifica un possibile atteggiamento sostitutivo;* (2) *“Focalizza la tua attenzione nell'area del cuore. Immagina che il tuo respiro fluisca dentro e fuori dal tuo cuore o dalla zona del torace, respirando un po' più lentamente e più profondamente del solito;* (3) *“Respira la sensazione del nuovo atteggiamento lentamente e casualmente attraverso la zona del tuo cuore”;*

6. La tecnica *Freeze Frame (FF)* ha come obiettivo quello di favorire la ricerca di opzioni efficienti per risolvere problemi e conflitti e ripristinare l'equilibrio omeostatico evitando il dispendio di energie psicofisiche. Sono suggerite le seguenti istruzioni: (1) *“Riconosci il problema e qualsiasi atteggiamento o sentimento a riguardo;* (2) *“Focalizza la tua attenzione nell'area del cuore. Immagina che il tuo respiro fluisca dentro e fuori dal tuo cuore o dalla zona del torace, respirando un po' più lentamente e più profondamente del solito;* (3) *“Prova ad immaginare un sentimento rigenerante come l'apprezzamento o la cura per qualcuno o qualcosa nella tua vita. Ora che hai raggiunto un migliore livello di coerenza, puoi vedere il problema da una prospettiva più ampia ed equilibrata;* (4) *“Da questa prospettiva, chiediti quale sarebbe un atteggiamento, un'azione o una soluzione più efficace;* (5) *“Osserva con calma ogni sottile cambiamento nelle*

percezioni, negli atteggiamenti o nei sentimenti. Impegnati a sostenere questi cambiamenti”.

Per quanto riguarda gli strumenti messi a disposizione dal software, essi possono essere suddivisi come segue:

- *Coherence Coach*: questo programma è utile a stabilire e familiarizzare con una frequenza respiratoria specifica e costante che viene impostata dall'operatore. Per esempio, è possibile avvalersi dell'utilizzo di un'immagine con un'onda sinusoidale sulla quale si muove una sfera: il suo percorso in salita regola la fase di inspirazione mentre durante la sua discesa il soggetto viene invitato a espirare rispettando i tempi della guida. Il sistema fornisce musica e animazioni per favorire il processo di allenamento alla coerenza e all'autoregolamentazione emozionale;
- *Emotion Visualizer*: il programma propone diverse attività in grado di fornire un *feedback* visivo a seconda che il livello di coerenza ottenuto sia basso (corrisponde al colore rosso), medio (corrisponde al blu), o alto (corrisponde al verde). Un esempio è il *Mandala* che fornisce l'immagine di un cerchio il cui contorno è composto da quadrati statici: seguendo il senso orario, ogni 5 secondi uno di essi si colora (di rosso, blu o verde) indicando il livello di coerenza raggiunto (basso, medio o alto, rispettivamente);
- *Games*: il *software* propone tre programmi in cui il livello di coerenza cardiaca viene restituito al soggetto sottoforma di immagini in cui alcune caratteristiche (colore, grandezza, ecc.) degli elementi presenti aumentano o diminuiscono in funzione di essa. Il più breve è (1) il *Garden Game* (tre minuti di durata): inizia con una schermata che mostra un'immagine in bianco e nero di un prato. Il colore appare man mano che aumenta il livello di coerenza insieme ad alcuni elementi

quali piante o animali. Il tipo di *feedback* è positivo (migliore è il livello di coerenza e maggiori sono gli elementi proposti ed il colore dato alla scena). Un altro programma è (2) il *Rainbow Game* (cinque minuti di durata): presenta un arcobaleno che, partendo dall'angolo in alto a sinistra dello schermo, cresce e si avvicina sempre più verso un vaso che si trova in basso a destra della scena, correlando con la coerenza. Il *feedback* può essere positivo (all'aumentare della coerenza cresce l'arcobaleno) o negativo (al diminuire della coerenza si accorcia l'arcobaleno). Infine, (3) il *Balloon Game* (dieci minuti di durata) presenta un paesaggio lungo il quale scorre una mongolfiera: tanto più aumenta la coerenza, tanto più in alto essa volerà (*feedback* positivo). Appaiono diverse paesaggi dal mondo (bosco, mare, deserto, ecc.) ed ostacoli da superare. Quando viene persa la coerenza, la mongolfiera cade in basso finché i livelli di coerenza non vengono ripristinati ad un livello superiore (*feedback* negativo).

Oltre agli *Emotion Visualizer* ed ai *Games*, il software *HeartMath* fornisce una schermata di base sulla quale è possibile visualizzare l'HRV, lo spettro di frequenza delle bande VLF, LF e HF (in Hz) dell'HRV, la percentuale di tempo trascorsa in un determinato stato di coerenza (basso, medio, alto), il *Coherence Index* (CI) e l'*Achievement Score* (AS). La coerenza, come già detto, quando è elevata si riflette in un modello di HRV simile a un'onda sinusoidale e ad un picco di ampiezza elevata specificatamente visibile nella regione LF-HRV, e viene valutata e misurata mediante il CI. Il CI viene ottenuto identificando il picco massimo nell'intervallo 0,04-0,26 Hz dello spettro di potenza HRV, calcolando l'integrale in una finestra di 0,03 Hz di larghezza centrata sul picco più alto in quella regione, e calcolando la potenza totale dell'intero spettro. Il rapporto di coerenza è, quindi, formulato come segue: [Potenza

di picco/(Potenza totale - Potenza di picco)] (McCraty & Childre, 2010). Un CI pari o inferiore a 0.5 indica coerenza bassa/normale e fornirà un feedback rosso; un CI che oscilla tra 1 e 1.5 identifica uno stato di coerenza intermedio con bassi livelli di stress che corrisponderà ad un feedback blu; valori di CI superiori a 2 rappresenteranno uno stato ottimale di benessere e assenza di stress che forniranno un feedback di colore verde. Il CI viene aggiornato ogni 5 secondi, il corrispondente punteggio cumulativo è l'AS. È sulla base del CI che l'operatore propone diversi tipi di programmi e a diversi livelli di difficoltà. Innanzitutto, una volta che un paziente riesce a mantenere un punteggio di coerenza medio e alto combinato sopra l'80% per 5 minuti, è possibile che il momento sia adatto per aumentare il livello di difficoltà. In ogni caso, l'operatore può optare verso la selezione di un livello basso per un paziente con manifestazioni depressive e sensibile alla frustrazione per incentivare l'impegno richiesto e gratificare anche piccole spinte motivazionali; al contrario, può essere selezionato un livello più alto di difficoltà nonostante non siano soddisfatti i requisiti per evocare frustrazione in un paziente più ostile ed evocare competitività. Il *Coherence Coach* e i vari tipi di *Emotion Visualizer* possono supportare le prime fasi di allenamento alla coerenza cardiaca, specialmente per quei pazienti che non risultano particolarmente sensibili verso i propri stati interni. Infine, un punteggio di coerenza medio e alto combinato sopra il 50% in questo tipo di attività suggerisce che è possibile proporre uno dei tre *Games* possibili.

Il software *HeartMath* fornisce ulteriori misure dell'HRV, non a scopo di intervento ma di valutazione. Pertanto, ad inizio di ogni seduta è possibile effettuare sia una *Valutazione basale dell'HRV* della durata di 2 minuti che una *Valutazione dell'HRV durante la respirazione profonda* della durata di 1 minuto che guida le fasi

di inspirazione e di espirazione mediante l'ausilio di una sfera che attraversa un percorso lungo un'onda sinusoidale favorendo il mantenimento di una respirazione lenta (in quel minuto il soggetto compie 6 cicli respiratori). Entrambe le registrazioni restituiscono un report con valori standardizzati per età, che sono: (1) per l'analisi dell'HRV nel dominio del tempo, la frequenza cardiaca media (*average heart rate*, AHR), l'intervallo inter-battito (*inter-beat interval*, IBI), l'intervallo medio di frequenza cardiaca (*mean heart rate range*, MHRR; corrisponde alla media delle differenze tra i massimi bpm durante l'inspirazione e i minimi bpm durante l'espirazione all'interno dei cicli respiratori registrati in 1 minuto), il SDNN (da *standard deviation normal to normal*; fornisce la deviazione standard degli IBI normali), il RMSSD (da *root mean square of the successive differences*; corrisponde alla radice della somma quadratica media delle differenze tra battiti NN successivi), e la coerenza normalizzata (standardizzata in una scala 0-100); (2) per l'analisi dell'HRV nel dominio della frequenza, la Potenza totale, i valori VLF, LF, HF, il rapporto LF/HF e l'indice di coerenza normalizzato.

Il protocollo rispettato corrisponde a quello indicato nel manuale *HeartMath® Intervention Program for Health Professionals* (Thurber et al., 2017), progettato per ridurre lo stress associato a condizioni croniche o acute/situazionali. In generale, gli autori raccomandano quattro o cinque sedute per le condizioni acute e da cinque a otto sedute per le condizioni croniche. Dopo una seduta iniziale di 45-60 minuti, ogni seduta successiva dura dai 30 ai 45 minuti. Le sedute possono essere condotte una o due volte alla settimana fino al raggiungimento degli obiettivi, che possono essere:

- Identificare le emozioni debilitanti che hanno un impatto sulla loro salute e sul loro benessere;

- Neutralizzare e sostituire le emozioni stressanti che debilitano la salute e la resilienza mentale ed emotiva;
- Riacquistare vitalità fermando il dispendio di energia psicofisica;
- Aumentare la capacità di concentrazione e di *problem solving*;
- Comprendere la differenza tra una traccia HRV coerente e incoerente come osservato sulla tecnologia *emWave*;
- Incorporare la tecnologia *emWave* nella pratica personale;
- Osservare e identificare i benefici personali e terapeutici ottenuti applicando capacità di autoregolazione;
- Aumentare la quantità di mantenimento nel tempo della coerenza;
- Cambiare le dinamiche emotive e fisiologiche che potrebbero esacerbare sintomi fisici;
- Stabilire una nuova linea di base psicofisiologica.

Il manuale riporta alcuni principi generali ai quali sarebbe opportuno che l'operatore si attenesse e sono di seguito descritti:

1. Come parte della preparazione per la sessione, viene suggerito all'operatore stesso di dedicare a sé stesso un paio di minuti per raggiungere uno stato di coerenza;
2. Stabilire preliminarmente gli obiettivi a breve termine per il paziente e i cambiamenti attesi;
3. Condurre una valutazione ad inizio seduta utilizzando la *Valutazione basale di HRV* (2 minuti) e/o la *Valutazione di HRV durante la respirazione profonda* (1 minuto);
4. Introdurre il *Depletion to Renewal Plan* (Figura 1) per identificare gli obiettivi e aiutare a spiegare al cliente che le emozioni svolgono un ruolo significativo nello

sviluppo e nel mantenimento di stress, salute e benessere;

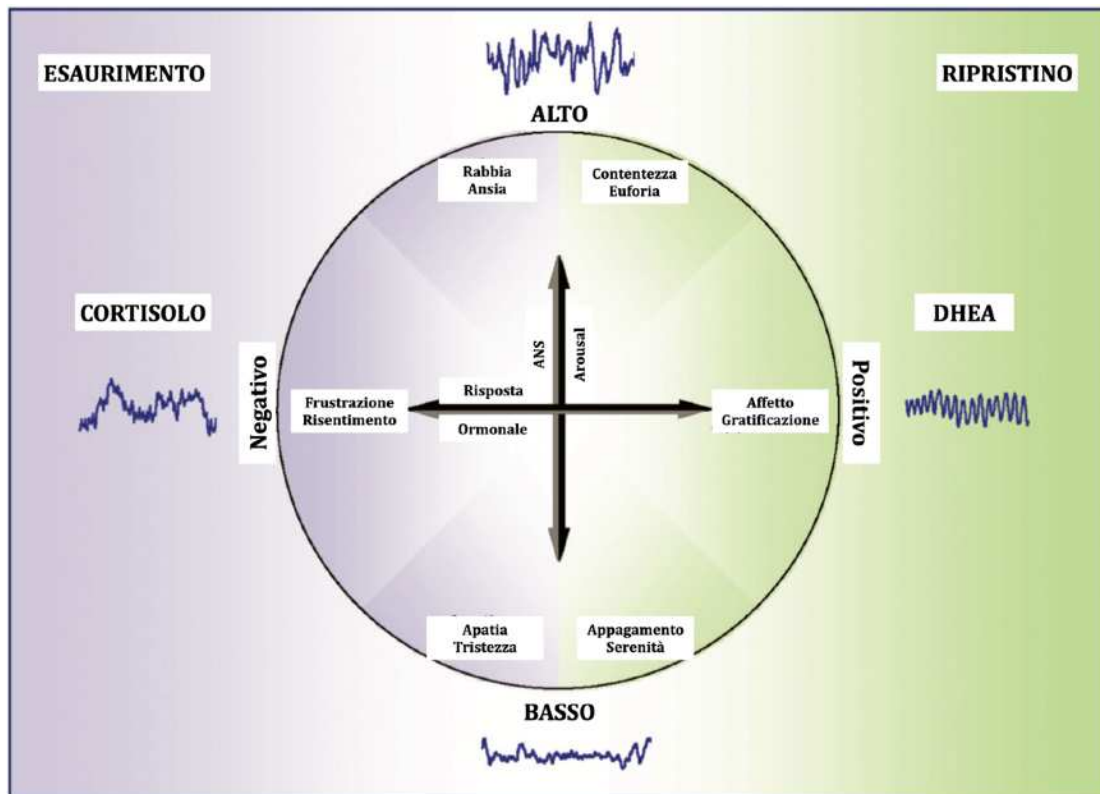


Figura 1. Il *Depletion to Renewal Plan* è uno strumento agevole che consente di mostrare al paziente i quattro quadranti generati dall'intersezione tra l'asse dell'attivazione (da bassa ad alta) e della piacevolezza (da bassa ad alta).

5. Introdurre i principi di funzionamento del *software* e spiegare le basi dell'HRV e come verrà utilizzato nel corso dell'intervento. Spiegare le informazioni principali che appaiono sullo schermo, ossia il concetto di coerenza e le barre che indicano la percentuale di tempo trascorsa in uno stato di coerenza basso, medio o alto, i punteggi di CI e AS, la finestra di traccia HRV in cui è possibile osservare l'onda sinusoidale dell'HRV;
6. Insegnare al cliente come raggiungere la coerenza con le tecniche *HFB* e *QC* utilizzando *emWave*;

7. Praticare e osservare i progressi nel corso delle sedute;
8. Proporre di dedicare alcuni momenti della giornata alla pratica delle tecniche di *HFB* e *QC*, sottolineando l'importanza di metterle in atto prima di impegnarsi in attività in grado di produrre stress oppure dopo un evento che ha innescato una reazione di stress;
9. Una volta che il cliente ha appreso con successo le tecniche della *Rifocalizzazione emotiva (HFB e QC)*, introdurre le *Tecniche di ristrutturazione emotiva: FF, HLI e AB* nelle sessioni successive come un modo per favorire la generalizzazione degli apprendimenti e progredire ulteriormente nell'autoregolazione degli stati emotivi nonché nella riflessività utile al *problem solving*;
10. Quando il cliente raggiunge circa il 50% di coerenza media e alta combinata, possono essere introdotti i *Games* e l'*Emotion Visualizer*;
11. Quando il cliente è in grado di raggiungere regolarmente circa l'80% di coerenza media e alta combinata per almeno 5 minuti, è opportuno aumentare il livello di difficoltà.

Gli autori del Manuale suggeriscono di impostare la *prima seduta* individuando innanzitutto i seguenti obiettivi:

- Identificare i problemi o le difficoltà del paziente e stabilire gli obiettivi dell'intervento;
- Dare informazioni di base rispetto la psicofisiologia dello stress, il ruolo delle emozioni (un ausilio utile è il *Depletion to Renewal Plan*), spiegare i meccanismi che regolano l'HRV e la coerenza cardiaca ed i relativi benefici;
- Favorire riflessioni personali rispetto il *Depletion to Renewal Plan*;

- Introdurre e descrivere le caratteristiche e le funzioni della tecnologia *emWave* ed effettuare una registrazione dell'HRV in fase di baseline;
- Insegnare le tecniche di *Rifocalizzazione emotiva* utilizzando visualizzazioni quali il *Coherence Coach* o il *Mandala* come supporto;
- Discutere di come utilizzare le tecniche *HFB* e *QC* nella vita quotidiana ed incoraggiare il paziente al loro utilizzo prima di entrare in situazioni potenzialmente stressanti o per ritrovare l'equilibrio psicofisico nel caso in cui una risposta da stress sia innescata;
- Assegnare eventualmente esercizi e compiti o letture facoltative se ritenute necessarie.

Inoltre, sono state proposte un paio di attività aggiuntive all'interno del protocollo che non sono riportate in quello proposto dai ricercatori dell'*HeartMath Institute*. Infatti, è stata spiegata la modalità corretta di esecuzione degli esercizi di respirazione lenta e profonda, per facilitare la conduzione di attività quali il *Coherence Coach* o il *Mandala* con il *HFB*. Ci si è avvalsi delle istruzioni riportate sul manuale "*Rilassamento e gestione dello stress: Storia, Medicina, Psicologia, Sport e vita quotidiana*" (Pruneti, 2017). L'autore suggerisce di invitare il paziente a trovare una posizione comoda in cui poter apprezzare il movimento della pancia posizionando una mano sopra di essa. Istruzioni come "*Respiri ora lentamente e profondamente, inspirando attraverso il naso ed espirando con la bocca semiaperta. Continui a respirare lentamente e profondamente*" vengono ripetute almeno tre volte a distanza di 10 secondi. Dopo 15-20 atti respiratori, viene suggerito (e ripetuto per tre volte) quanto segue "*Ora, quando le dirò la parola via, lei farà un respiro ancora più profondo e tratterrà il fiato... quando dirò la parola stop getterà l'aria fuori dalla*

bocca aperta facendo un bel sospiro. Provi a sentire il rumore che faccio io... stia ad ascoltare... è importante che tenga la bocca semiaperta in maniera che passi un dito tra le due arcate... come se il mento cadesse sul petto. Io prendo un respiro...rimango un secondo con i polmoni completamente pieni d'aria e poi...espiro. Proviamo... Mentre respira inizierà a prendere il suo ritmo nel respiro... se trova difficoltà provi ad immaginare qualcosa di ritmico per esempio ad un pendolo”.

Infine, si è anche ritenuto utile inserire il calcolo della frequenza di risonanza del sistema baroriflesso, al fine di poter utilizzare al meglio il *Coherence Coach* ed impostare la velocità della guida in ogni seduta secondo tale valore. Per trovare la frequenza di risonanza, la procedura è la seguente (Lalanza et al., 2023): si invita il paziente a respirare a differenti velocità, solitamente tra 6,5 a 4,5 respiri al minuto per 2 minuti ciascuno. Monitorando e appuntando la coerenza corrispondente ad ogni velocità, viene individuata la frequenza respiratoria ottimale. Secondo Lehrer e colleghi (2000), l'allenamento alla propria frequenza di risonanza (definita *frequenza di risonanza ottimale* da Lalanza e colleghi in una review del 2023) dovrebbe prevedere che il paziente vi si dedicasse almeno 5-20 minuti al giorno. Nell'ambito del presente progetto e, di conseguenza, del caso clinico descritto in questo report, non vi è stata la possibilità di fornire ai partecipanti un dispositivo utile a fornire una guida per l'allenamento alla frequenza di risonanza individuale per la pratica quotidiana.

La *seconda seduta* andrebbe organizzata come segue:

- Revisione dei compiti (se sono stati assegnati) ed esplorazione di eventuali ostacoli percepiti nella pratica delle tecniche;

- Rivedere il concetto di coerenza cardiaca, ripetere la valutazione dell'HRV e normalizzare che il cambiamento richiede pazienza prima che venga stabilita una nuova linea di base;
- Proporre di proseguire il *training* per la coerenza cardiaca usando la tecnologia *emWave* e invitare il paziente a notare e comprendere meglio i sottili cambiamenti percettivi, fisiologici o mentali che si verificano a seguito dei cambiamenti del ritmo cardiaco;
- Spiegare che la tecnologia *emWave* consente non solo di correlare come le nostre emozioni influenzano drasticamente il nostro sistema nervoso ma anche di misurare oggettivamente i livelli di stress e coerenza;
- Chiedere al paziente di sedersi correttamente e di posizionare il sensore per iniziare la sessione;
- Esplorare piccole variazioni della coerenza innescate dalla risposta allo stress e mettere in pratica gli strumenti e le tecniche in risposta a tali eventi. Una volta che il paziente dimostra di trarre beneficio dalle tecniche *HFB* e *QC*, si anticipano le ulteriori tecniche *HLL*, *FF* e *AB*.

Per la *terza seduta* le indicazioni sono le seguenti:

- Ripetere le istruzioni sugli strumenti introdotti nelle prime due sedute, se necessario, oppure dedicare del tempo a strumenti che non sono stati inseriti in precedenza;
- Spiegare la differenza tra le tecniche di *Rifocalizzazione emotiva* e quelle di *Ristrutturazione emotiva*, normalizzare il fatto che è possibile che i benefici tratti da una tecnica piuttosto che da un'altra possano differire da persona a persona e analizzare insieme i benefici percepiti;

- Valutare l'andamento nel tempo dei punteggi di CI e AS;
- A seconda del successo sperimentato negli esercizi di *Rifocalizzazione emotiva* (ad esempio, $\geq 80\%$ di coerenza media e alta combinata in un periodo di 15-20 minuti), possono essere presentati gli *Emotion Visualizer* ed i *Games*: la sequenza nello sperimentare i giochi prevede il *Garden Game* (di breve durata, 3 minuti), il *Rainbow Game* (di media durata, 5 minuti) ed infine il *Balloon Game* (di più lunga durata, 10 minuti);
- Rivedere i progressi: può essere utile effettuare un monitoraggio dei punteggi di CI e AS nelle varie attività nelle diverse sedute, se si ritiene che il cliente ne trarrà beneficio;
- Assegnare compiti per la pratica e possibili letture se si ritiene opportuno.

Anche per la *quarta seduta* vi sono indicazioni specifiche:

- Revisione dei compiti (se ne sono stati assegnati) ed esplorazione di eventuali difficoltà percepite durante la settimana;
- Ripetere i passaggi delle sessioni 2 e 3, se necessario, ed introdurre la possibilità di incrementare i livelli di difficoltà;
- Rivedere e mettere in pratica le diverse tecniche ed esplorare le applicazioni nella loro vita quotidiana;
- Esplorare la possibilità di concludere l'intervento oppure monitorarne il progresso.

Per le *sessioni* successive alla quinta, il Manuale suggerisce alcuni accorgimenti a seconda della condizione clinica (es. depressione, ansia generalizzata, insonnia, ecc.). Nonostante non vi siano indicazioni specifiche per lo stress lavoro-correlato, si è ritenuto opportuno fare riferimento ai contenuti indicati nel paragrafo "*Bassi livelli di energie/faticabilità*" in cui viene citato il *burnout*. Citando

l'esaurimento psicofisico, viene sottolineata l'importanza di spiegare ai pazienti il *Modello di esaurimento-rinnovamento*, secondo il quale una costante attivazione della risposta allo stress determina un altrettanto costante investimento di energie psicofisiche a lungo termine. Il manuale suggerisce, a titolo di esempio, di chiedere al paziente di pensare a cinque fonti di stress che occorrono ogni giorno e di considerarle come dei deficit, in quanto ognuno di essi prosciuga energia utile. L'obiettivo è quello di notare gli effetti negativi di quegli eventi e favorire il passaggio a sensazioni positive. In generale, le sedute devono tenere conto dei seguenti accorgimenti:

- Ripetere i passaggi della sessione precedente, se necessario, e continuare a concentrarsi sul trasferimento della pratica nella vita quotidiana;
- Rivedere come utilizzare le competenze apprese e come mantenerle nel tempo;
- Esplorare la possibilità di concludere l'intervento oppure monitorarne il progresso;
- Discutere della possibilità di pianificare sessioni di mantenimento e i possibili benefici delle sessioni di follow-up.

Le sedute di CCT sono state organizzate e strutturate sulla base di quanto indicato nel Manuale fornito dai ricercatori dell'*HeartMath Institute*, come precedentemente descritte. In Tabella 1 vi è una sintesi delle attività proposte ad una partecipante allo studio in ogni seduta (dalla 1 alla 10), il livello di difficoltà impostato, il tempo trascorso in condizioni corrispondenti ad un CI medio o alto, il CI e l'AS. Inoltre, la colonna a destra fornisce un commento qualitativo, corrisponde ad una sintesi delle informazioni raccolte dall'operatore utili per un'interpretazione dei dati.

Tabella 1. Descrizione dell'intervento di CCT.

ATTIVITÀ	TECNICA	DIFFICOLTÀ	% CI MEDIO	% CI ALTO	CI	AS	COMMENTO	
1	Coherence Coach	HFB	Bassa	8	83	2,5	119	Ad inizio seduta, la frequenza di risonanza che è stata individuata corrispondeva a 6 atti respiratori/minuto (IC=3.8).
	Garden Game	HFB	Bassa	3	97	3,5	109	
2	Coherence Coach	HFB	Bassa	2	98	4,2	204	Racconta di un episodio durante il quale si è ritrovata in Pronto Soccorso accompagnando il marito: durante l'attesa, ha percepito tensione, anche muscolare, che di solito è un precursore dell'attacco di cefalea, ma la respirazione lenta e profonda ha evitato che questo si manifestasse.
	Emotion Visualizer	HFB	Media	28	69	4,5	144	
3	Coherence Coach	HFB	Media	37	55	2,5	125	Si rileva qualitativamente una certa sensibilità alla frustrazione: necessita di incoraggiamento nei momenti in cui il CI decrementa.
	Balloon Game	HFB	Alta	16	74	3	335	
4	Coherence Coach	HFB	Media	4	96	3,1	166	Si apprezza una discreta stabilità del CI che gradualmente incrementa, come si può notare dal valore del AS.
	Emotion Visualizer	HFB, QC	Alta	20	75	4,7	355	
5	Coherence Coach	HFB	Alta	17	83	3,1	161	L'esercizio di <i>Coherence Coach</i> è stato concluso invitando la paziente a chiudere gli occhi e provare a mantenere costante la frequenza respiratoria anche in assenza della guida. Durante l' <i>Emotion Visualizer</i> un pensiero intrusivo determina un calo nel CI che, a sua volta, la scoraggia: chiudendo gli occhi momentaneamente riferisce di avere "disinnescato" la frustrazione.
	Emotion Visualizer	HFB, QC	Altissima	35	53	4,2	333	
6	Coherence Coach	HFB	Media	3	97	4,1	244	Anche in questa seduta si osserva un trend costante di CI e si conferma la lieve sensibilità alla frustrazione

0	Emotion Visualizer	HFB, QC	Alta	61	33	3,7	245	il cui conseguente scoraggiamento si risolve con il supporto dell'operatore.
7	Coherence Coach	HFB	Media	27	71	4,5	216	La frustrazione che si manifesta a seguito del decremento del CI si risolve in autonomia con un discreto ripristino della costanza nel trend.
	Garden Game	HFB, QC, HLI	Alta	22	72	5,1	162	
8	Coherence Coach	HFB	Alta	75	16	3,2	179	La paziente riferisce di essere reduce da una giornata lavorativa caratterizzata da sovraccarico, fatica a mantenere il ritmo dei 6 atti respiratori/minuto.
	Emotion Visualizer	HFB, QC, HLI	Alta	20	78	4,8	245	
9	Coherence Coach	HFB	Alta	20	78	4,8	245	Il CI risulta costante durante il <i>Coherence Coach</i> e vi è un buon mantenimento anche quando viene sfumata la presenza della guida. Durante il <i>Rainbow Game</i> viene proposto di elencare tre ricordi positivi e di sperimentare la loro efficacia durante l'attività.
	Rainbow Game	HFB, QC, HLI, AB	Altissima	58	7	2,4	178	
10	Coherence Coach	HFB	Alta	50	30	3	149	La seduta conclusiva ha voluto consolidare quanto appreso finora rinforzando la necessità di proseguire in autonomia nell'allenamento.
	Garden Game	HFB, QC, HLI, AB	Altissima	84	0	2,5	77	

Legend: HFB = Heart-Focused Breathing; QC = Quick Coherence; HLI: Heart Lock-In; AB = Attitude Breathing.

In generale, ogni seduta veniva introdotta con il *Coherence Coach* per poi proporre attività di *Emotion Visualizer* oppure i cosiddetti *Games*. Le tecniche utilizzate più frequentemente erano la *HFB* e la *QC*. Nelle ultime sedute la tecnica dell'*HLI* è stata richiamata come ausilio a quella della *QC*. Di seguito viene sintetizzato lo svolgimento del nono incontro, a titolo illustrativo:

1. Come ogni seduta, nella fase iniziale, veniva creato un momento di adattamento in cui, nonostante venisse applicato il sensore per l'HRV sul lobo dell'orecchio,

veniva invitato il soggetto a respirare normalmente. Nel contempo, veniva effettuata la *Valutazione basale dell'HRV* della durata di 2 minuti e successivamente la *Valutazione dell'HRV durante la respirazione profonda* in cui la persona veniva guidata ad effettuare sei cicli respiratori un minuto;

2. Successivamente, è stata ripresa la respirazione lenta e profonda tramite il *Coherence Coach*, impostando il ritmo di 6 cicli al minuto. Secondo la tecnica dell'*Heart-Focused Breathing*, il paziente deve essere invitato a respirare lentamente e profondamente immaginando il proprio respiro fluire attraverso il proprio petto. Dopo 5 minuti, mantenendo l'attività del *Coherence Coach*, è stata selezionata una schermata in cui è possibile avere lo stesso tipo di audio ma in assenza della guida visiva che invita ad inspirare ed espirare. In questo modo, la paziente poteva provare a mantenere costante il proprio ritmo respiratorio, essendo facilitata dalla medesima musica;
3. Dopo altri 5 minuti, avendo verificato che il tempo trascorso con un Indice di Coerenza medio o alto fosse superiore al 50%, sono stati proposti gli *Emotion Visualizer* ed i *Games*. Nello specifico, l'obiettivo della seduta era quello di invitare la signora a rievocare tre ricordi piacevoli e emotivamente carichi durante il *Balloon Game*. Le è stato chiesto di sperimentare l'efficacia di ognuno di questi nel modulare la coerenza cardiorespiratoria e, di conseguenza, l'andamento della mongolfiera sullo schermo. Una volta portata a termine l'intera attività, è stato chiesto alla signora di verbalizzare e commentare i suoi ricordi. Il primo era un ricordo lontano, uno scenario d'infanzia in cui la paziente giocava con i suoi fratelli; il secondo era un viaggio risalente ad una decina di anni fa in Grecia con la famiglia (marito e figli); il terzo era un viaggio più recente (risalente a qualche

mese prima la pandemia), questa volta di gruppo, che l'ha portata a New York insieme al marito ed una compagnia di amici. Conseguentemente, è stato possibile notare come tutti e tre i ricordi abbiano determinato un incremento sostanziale dell'Indice di Coerenza ma anche di come i ricordi più recenti fossero in grado di emozionarla e commuoverla e di generare un effetto più duraturo (era maggiore la costanza e quindi l'Achievement Score). Avendo trascorso più dell'80% in uno stato corrispondente ad un Indice di Coerenza alto, l'esercizio è stato ripetuto con difficoltà ancora più elevata, chiedendole di mantenere quanto più a lungo possibile quella sensazione di benessere e distensione generata;

4. Nell'ultima parte della seduta, sono stati commentati i vari grafici relativi l'Indice di Coerenza e l'Achievement Score e validata l'importanza di costruire ricordi associati ad esperienze positive necessarie per poter davvero "pensare positivo".

2.4. ANALISI STATISTICHE

Tutte le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando SPSS (*Version 28.0.1.0; IBM Corp, Armonk, NY, USA*). Innanzitutto, sono state analizzate le variabili socio-demografiche del campione con l'analisi descrittiva dell'età nonché della frequenza delle persone divise per genere, istruzione stato civile e numero di figli. Inoltre, anche la descrizione delle caratteristiche del lavoro è stata inserita mediante calcolo delle frequenze. È stata inclusa una sintesi delle caratteristiche connesse allo stile di vita ed all'anamnesi psicologica prossima e remota elaborando le informazioni estrapolate dalla Scheda 4 del CBA2.0.

Successivamente, sono state calcolate le statistiche descrittive dei punteggi dei questionari psicologici nonché dei parametri psicofisiologici, inclusi quelli dell'HRV. Considerando i valori normativi di tutte le variabili, è stato possibile evidenziare eventuali condizioni cliniche e sub-cliniche sia ai questionari del SQ, del SCL-90-R, del PSQ e del 16PF che ai valori dei parametri psicofisiologici rilevati durante il profilo Psicofisiologico da stress.

I valori di reattività e di recupero di ogni parametro psicofisiologico rilevato sono stati calcolati seguendo le indicazioni di Laborde e colleghi del 2018. La reattività è stata ottenuta calcolando la differenza tra il valore rilevato in fase di stress e quello che caratterizzava la fase di *baseline* (vale a dire, Stressor oggettivo 1 – Baseline = Reattività 1; Stressor Oggettivo 2 – Baseline = Reattività 2; e Stressor Soggettivo – Baseline = Reattività 3) per quantificare i cambiamenti nei valori dei parametri psicofisiologici durante l'induzione dello stress (120 s) rispetto ai valori basali del partecipante (120 s). Allo stesso modo, il recupero è stato ottenuto calcolando la differenza tra la fase di recupero e l'induzione dello stress (vale a dire, Riposo 1 - Stressor Oggettivo 1 = Recupero 1; Riposo 2 - Stressor Oggettivo 2 = Recupero 2; e Riposo 3 - Stressor Soggettivo 3 = Recupero 3) per quantificare i cambiamenti nei valori dei parametri psicofisiologici dei partecipanti durante la fase di recupero (120 s) rispetto al valore del partecipante durante l'induzione dello stress (120 s).

Il calcolo di reattività e recupero, anche definito calcolo dei valori delta (Δ) è stato condotto, quindi, per i seguenti parametri: elettromiogramma di superficie, conduttanza cutanea (sia in μS che in percentuale), frequenza ed ampiezza

respiratoria, frequenza cardiaca ed RSA, e tutti i valori dell'HRV in scala logaritmica (log-LF, log-HF, logLF/HF) ed espressi in percentuale di varianza (LF% e HF%).

Successivamente, è stata condotta una correlazione parziale per indagare eventuali associazioni rilevanti tra parametri soggettivi ed oggettivi. In altri termini, è stata indagata la presenza di correlazioni significative tra i valori di baseline, di reattività e di recupero di tutti i parametri psicofisiologici e i vari aspetti psicologici indagati con i questionari SQ, SCL-90-R, PSQ e 16PF. Nondimeno, sono state tenute in considerazione le variabili influenti sui parametri della conduttanza cutanea, della frequenza cardiaca e dell'HRV, tenendo in considerazione quanto riportato in letteratura (Fiani et al., 2023). Nello specifico, i valori della conduttanza cutanea sono stati controllati per genere, età e assunzione di psicofarmaci quali benzodiazepine, SSRI e SNRI mentre i valori relativi la frequenza cardiaca e la sua variabilità sono stati controllati non solo per genere ed età ma anche per l'assunzione di farmaci con effetto evidente sulla funzionalità cardiaca, presenza di tabagismo e svolgimento di attività fisica.

Le analisi statistiche condotte per l'indagine prevista per la seconda fase della ricerca hanno tenuto in considerazione, innanzitutto, il rispetto delle assunzioni necessarie alla conduzione di statistiche parametriche. La normalità della distribuzione è stata confermata per tutte le variabili interessate, ad eccezione dei parametri dell'HRV che sono stati convertiti in scala logaritmica a tale scopo.

L'esecuzione di T-Test per Campioni Appaiati con il calcolo dei valori di t, del p-value (la significatività veniva confermata se <0.05) e del D di Cohen è stata condotta per tutte le scale cliniche dei questionari SQ ed SCL-90-R. Nondimeno, per le scale cliniche e per il GSI del SCL-90-R è stato condotto il calcolo del *Reliable*

Change Index (RCI), in modo da paragonare il cambiamento pre-post intervento con i valori della popolazione normativa. Un RCI maggiore a 1.96 era considerato significativo poiché oltre i limiti definiti dalle due deviazioni standard della popolazione di riferimento.

Dopo una prima indagine esplorativa mediante la creazione di grafici per confrontare i valori medi nelle varie fasi della registrazione psicofisiologica, sono stati condotti T-Test per Campioni Appaiati anche considerando i valori di base, della reattività e del recupero di tutti i parametri psicofisiologici sopra citati.

Le medesime analisi sono anche state condotte considerando gli indicatori di coerenza cardiaca forniti dal software *HeartMath*, ossia il *Coherence Index* (CI) e l'*Achievement Score* (AS). Dopo avere confrontato il CI personale con quello ottimale, è stato valutato il cambiamento dalla prima all'ultima seduta sia di CI che di AS nonché della frequenza cardiaca, sia durante l'attività del *Coherence Coach* che durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* (ossia gli *Emotional Visualizer* ed i *Games*).

In seguito, sono stati calcolati i seguenti indici: %CI OTTIMALE, %CI INIZIALE ed %AS INIZIALE. Il %CI OTTIMALE corrisponde alla percentuale di CI raggiunta nell'ultima seduta rispetto il CI ottimale, la formula è la seguente: $((CI_{seduta10} - CI_{ottimale}) / CI_{ottimale}) \times 100$. Gli indicatori %CI INIZIALE e %AS INIZIALE corrispondono alla percentuale di CI o di AS, rispettivamente, raggiunto nell'ultima seduta rispetto il relativo valore ottenuto inizialmente nella prima seduta. La formula del %CI INIZIALE è così formulata: $((CI_{seduta10} - CI_{seduta1}) / CI_{seduta1}) \times 100$ mentre la formula del %AS INIZIALE è: $((AS_{seduta10} - AS_{seduta1}) / AS_{seduta1}) \times 100$. Per effettuare un T Test per Campioni Appaiati per indagare il cambiamento nel tempo di tali parametri, è stato calcolato anche il %CI INIZIALE ed il %AS INIZIALE della seconda seduta di

CCT, sia durante il *Coherence Coach* che durante gli esercizi di *Cardiac Coherence*. Nondimeno, è stato condotto anche il confronto tra il CI OTTIMALE calcolato in prima seduta ed il CI INIZIALE, anch'esso registrato durante la prima seduta.

Infine, è stata effettuata una correlazione parziale tra i seguenti parametri considerati come variabili dipendenti, inserite una alla volta:

- %CI OTTIMALE, %CI INIZIALE e %AS INIZIALE ottenute nella decima seduta durante l'esercizio del *Coherence Coach* nonché il numero di sedute necessarie a raggiungere il CI OTTIMALE;
- %CI OTTIMALE, %CI INIZIALE e %AS INIZIALE ottenute nella decima seduta durante le attività del *Cardiac Coherence* nonché il numero di sedute necessarie a raggiungere il CI OTTIMALE.

Tra le variabili inserire come indipendenti erano state selezionate le seguenti:

- il criterio della *caseness* del SCL-90-R (presenza di almeno due scale cliniche sopra cut-off oppure della scala del GSI);
- il punteggio totale del PSQ;
- i fattori del 16PF del tratto dell'ansietà (C, L, O, Q4) nonché della dominanza (fattore E) e della coscienziosità (fattore G);
- i valori di base, della reattività e del recupero della conduttanza cutanea ottenuti nella registrazione del profilo psicofisiologico da stress a T0.

Ognuna delle correlazioni parziali è stata controllata per le seguenti variabili: genere, età, fumo, attività fisica, assunzione di farmaci con effetto sul sistema cardiocircolatorio, assunzione di psicofarmaci con effetto sul sistema autonomico in generale.

Le correlazioni tra tutti i parametri sono state valutate utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson. Il coefficiente di determinazione (r^2) tra due variabili è stato ottenuto dal quadrato del loro coefficiente di correlazione (r), il quale è stato considerato una associazione buona o forte tra le due variabili di interesse se il r^2 era superiore a 0,5 perché >50% della variazione in una variabile può essere spiegata dalla variazione nell'altra.

3. RISULTATI

3.1. RISULTATI DELLA PRIMA FASE DELLO STUDIO

3.1.1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Il campione dei professionisti sanitari che ha aderito alla prima fase della ricerca era composto da trentasette persone: nello specifico, il direttore sanitario (2,7%), quattro medici (10,8%), nove fisioterapisti (24,3%), sei operatori socio-sanitari (16,2%), cinque impiegati (13,5%), tre psicologi (8,1%), due caposala (5,4%), due biologi (5,4%) e cinque tirocinanti/specializzandi (13,5%) hanno completato il primo protocollo sperimentale sottoponendosi alla valutazione multidimensionale dello stress. Tra questi partecipanti, otto erano maschi (22,2%) e ventinove femmine (80,6%). L'età dei partecipanti era compresa tra i 24 ed i 69 anni ($media_{età} = 45,05$; $SD_{età} = 13,00$).

Come si può osservare in Tabella 1, la maggior parte dei partecipanti allo studio aveva una laurea (56,8%), era sposato o convivente (59,5%) ed aveva figli (59,5%).

Tabella 1. Informazioni socio-demografiche del campione di operatori sanitari (N=37).

Età, Media (SD)	45.05 (13)
Genere, N (%)	
Femmine	29 (78.4%)
Maschi	8 (21.6%)
Livello di Istruzione, N (%)	

Tabella 1. Informazioni socio-demografiche del campione di operatori sanitari (N=37).

Età, Media (SD)	45.05 (13)
Genere, <i>N</i> (%)	
Femmine	29 (78.4%)
Qualifica Professionale	2 (5.4%)
Licenza media	4 (10.8%)
Diploma di scuola superiore	3 (8.1%)
Laurea	21 (56.8%)
Post-Laurea	6 (16.2%)
Stato civile, <i>N</i> (%)	
Single	11 (29.7%)
Sposato/convivente	22 (59.5%)
Divorziato/vedovo	4 (10.8%)
Figli, <i>N</i> (%)	
Sì	22 (59.5%)
No	15 (40.5%)

Considerando le caratteristiche del lavoro svolto, la maggior parte delle persone coinvolte nella ricerca aveva un contratto full time (78,4%), con orario unico (75,5%) (solo una minoranza lavorava su turni o nelle festività). Una buona percentuale di persone si riteneva soddisfatta “abbastanza” o “molto” del proprio lavoro. Anche per quanto riguarda la soddisfazione nel rapporto con i colleghi, vi sono state risposte positive per la maggior parte dei lavoratori (59,5%). Infine, la soddisfazione economica veniva descritta come “medio-alta” oppure “medio-bassa” da parte del 27% e del 43,2% delle persone, rispettivamente (Tabella 2).

Tabella 2. Caratteristiche del lavoro del campione di operatori sanitari (N=37).

Tipo di contratto, <i>N</i> (%)	
Full Time	29 (78.4%)

Tabella 2. Caratteristiche del lavoro del campione di operatori sanitari (N=37).

Part Time	3 (8.1%)
Non applicabile	5 (13.5%)
Orario di lavoro, <i>N</i> (%)	
Orario su turni	2 (5.4%)
Orario su turni + festività	1 (2.7%)
Orario unico	28 (75.7%)
Orario unico + festività	1 (2.7%)
Non applicabile	5 (13.5%)
Soddisfazione lavorativa, <i>N</i> (%)	
Moltissimo	3 (8.1%)
Molto	14 (37.8%)
Abbastanza	14 (37.8%)
Poco	1 (2.7%)
Non applicabile	5 (13.5%)
Qualità della relazione con i colleghi, <i>N</i> (%)	
Positive	22 (59.5%)
Negative	5 (13.5%)
Positive/negative	5 (13.5%)
Non applicabile	5 (13.5%)
Soddisfazione economica, <i>N</i> (%)	
Alta	6 (16.2%)
Medio-alta	10 (27.0%)
Medio-bassa	16 (43.2%)
Bassa	0 (0%)
Non applicabile	5 (13.5%)

Per quanto riguarda la breve indagine condotta rispetto lo stile di vita, l'appetito è stato definito come "regolare" da parte dell'83,8%. Ciononostante, sono stati segnalati disturbi del sonno con difficoltà all'addormentamento (21,6%), con frequenti risvegli notturni (21,6%) o risveglio precoce al mattino (21,6%).

Rispetto alle condizioni di salute in generale, per quanto circa la metà del campione non abbia ritenuto di dover segnalare particolari patologie organiche, sono emerse alcune condizioni mediche di rilievo tra le quali figurano cefalea (10,8%), dolori articolari (8,1%) e ipertensione (5,4%). Sei persone (16,2%) assumevano farmaci con un effetto sul sistema cardiovascolare (Acido acetilsalicilico, Rabeprazolo Lisinopril, Pregabalin). È inoltre stata osservata assunzione di psicofarmaci, alcuni di questi ad uso abituale (es. Fluoxetina, Triazolam, Seltralina, ecc.) (cinque persone in tutto, pari al 13,5%) ed altrettanti cinque “al bisogno” per la gestione di stati ansiosi (es. Alprazolam) o dell’insonnia (es. Bormazepam) (13,5%). Per quanto riguarda altri indicatori dello stile di vita, è emerso che nove persone fumavano tabacco (24,3%) e diciannove praticavano attività fisica con regolarità (51,4%).

Tabella 3. Caratteristiche dello stile di vita del campione di operatori sanitari (N=37).

Appetito, <i>N</i> (%)	
Regolare	31 (83.8%)
Non regolare	6 (16.2%)
Insonnia, <i>N</i> (%)	
Precoce	8 (21.6%)
Centrale	8 (21.6%)
Tardiva	6 (16.2%)
Comorbilità mediche, <i>N</i> (%)	
Anemia	1 (2.7%)
Cefalea	4 (10.8%)
Celiachia	1 (2.7%)
Diabete	1 (2.7%)
Dolori articolari	3 (8.1%)
Ipertensione	2 (5.4%)

Tabella 3. Caratteristiche dello stile di vita del campione di operatori sanitari (N=37).

Ipotiroidismo	1 (2.7%)
Morbo di Crohn	1 (2.7%)
Reflusso gastro-esofageo	1 (2.7%)
Nessuna	21 (56.8%)
Assunzione psicofarmaci (abituale), <i>N (%)</i>	
Benzodiazepine (i.e., Alprazolam, Triazolam)	1 (2.7%)
SSRI (i.e., Fluoxetina, Sertralina, Amitriptilina)	3 (8.1%)
SNRI (i.e., Duloxetina)	1 (2.7%)
Assunzione psicofarmaci (al bisogno), <i>N (%)</i>	
Benzodiazepine (i.e., Alprazolam, Bromazepam)	5 (13.5%)

Specificatamente considerando la raccolta di informazioni anamnestiche di tipo psicologico, è emerso che una persona su tre riteneva di avere problemi mentali di entità lieve (35,1%). Quattro persone su trentasette (10,8%) risultavano già in carico presso uno specialista della salute mentale. Quattordici persone ha riportato di avere consultato uno psicologo od uno psichiatra negli anni precedenti per una consulenza (37,8%) ed altre quattordici persone riferivano di avere già effettuato un trattamento di tipo psicologico o farmacologico (37,8%). A tale riguardo, circa la metà del campione ha riportato eventi di vita particolarmente significativi sia nel periodo antecedente la pandemia (56.8%) che quello seguente (29.6%).

Tabella 4. Anamnesi psicologica del campione di operatori sanitari (N=37).

Gravità percepita dei sintomi, <i>N (%)</i>	
Nessuna	20 (54.1%)
Lieve	13 (35.1%)

Tabella 4. Anamnesi psicologica del campione di operatori sanitari (N=37).

Moderata	4 (10.8%)
Grave	0 (0%)
Eventi di vita stressanti o traumatici <i>N (%)</i>	
Remoti (pre-2020)	21 (56.8%)
Recenti (post-2020)	11 (29.6%)
Progresso trattamento psicologico, <i>N (%)</i>	
Visita	14 (37.8%)
Passato e concluso	14 (37.8%)
In atto	4 (10.8%)

3.1.2. ANALISI DESCRITTIVE

Guardando la Tabella 5, si può osservare che il gruppo degli operatori sanitari lamentava sintomi ansiosi accompagnati da somatizzazioni ed alterazioni del tono dell'umore, sia in senso depressivo che irritabile, come evidenziato dal *Symptom Questionnaire*.

Tabella 5. Analisi descrittive (media e deviazione standard) dei punteggi al *Symptom Questionnaire* ed al *Symptom Checklist-90-Revised* del campione di operatori sanitari (N=37).

	M	SD
<i>Symptom Questionnaire</i>		
Ansia	6.11	5.02
Depressione	5.19	3.88
Somatizzazione	8.36	5.62
Ostilità	4.25	3.86
<i>Symptom Checklist-90-Revised</i>		
Somatizzazione	58.11	13.69
Ossessioni Compulsioni	61.44	12.87
Sensibilità interpersonale	57.65	8.84

Depressione	58.76	9.02
Ansia	55.00	10.64
Ostilità	50.01	6.68
Ansia fobica	52.97	10.44
Ideazione paranoide	55.35	10.16
Psicoticismo	57.00	10.16
Indice di severità globale	58.46	10.11

La Figura 1 mostra il superamento del cut-off clinico (pari a 4) di tutti i punteggi medi delle scale cliniche.

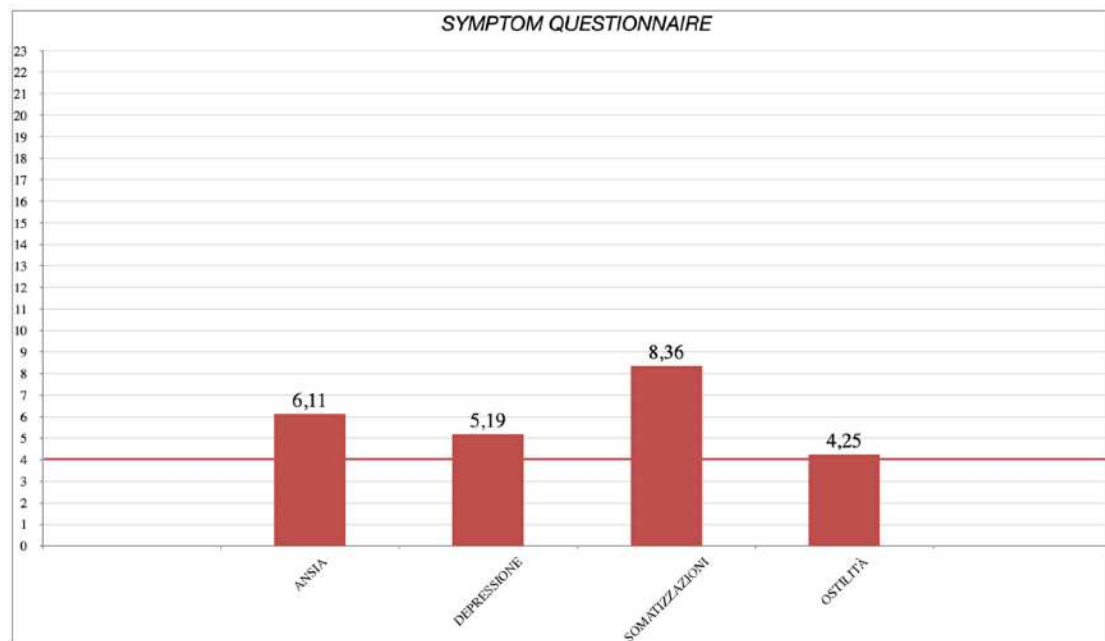


Figura 1. Media dei punteggi delle scale del *Symptom Questionnaire*. La linea rossa rappresenta il cut-off clinico.

La somministrazione del *Symptom Checklist-90-Revised* ha confermato quanto precedentemente rilevato. Nello specifico, sebbene nessuna scala abbia superato le 2 deviazioni standard rispetto la norma (> 70 punti T), punteggi che possono essere

definiti moderatamente elevati erano relativi le somatizzazioni, le ossessioni e le compulsioni, la sensibilità nei rapporti interpersonali, la depressione, l'ansia, l'ideazione paranoide e lo psicoticismo. Anche considerando l'indicatore di complessità del problema, il GSI, il punto T pari a 58 segnalava la presenza di un generale stato di disagio psicologico. La Figura 2 evidenzia che i punteggi medi del campione totale erano superiori a 1 deviazione standard (> 60 punti T) soltanto nella scala relativa le ossessioni e le compulsioni.

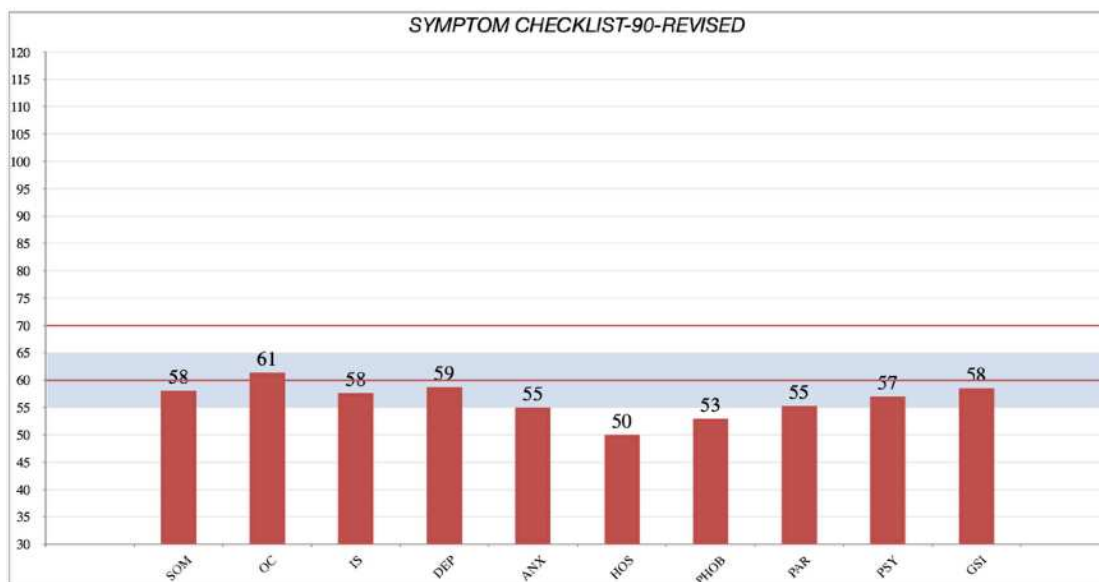


Figura 2. Media dei punteggi delle scale del *Symptom Checklist-90-Revised*. Le linee rosse rappresentano 1 deviazione standard e 2 deviazioni standard rispetto la popolazione normativa. La fascia blu indica l'area in cui i punteggi possono essere considerati moderati.

Per quanto riguarda le caratteristiche individuali, e soprattutto quelle legate alla messa in atto di comportamenti a rischio per lo stress lavoro-correlato, nessuna delle dimensioni indagate dal *P Stress Questionnaire* è emersa come clinicamente rilevante (Figura 3).

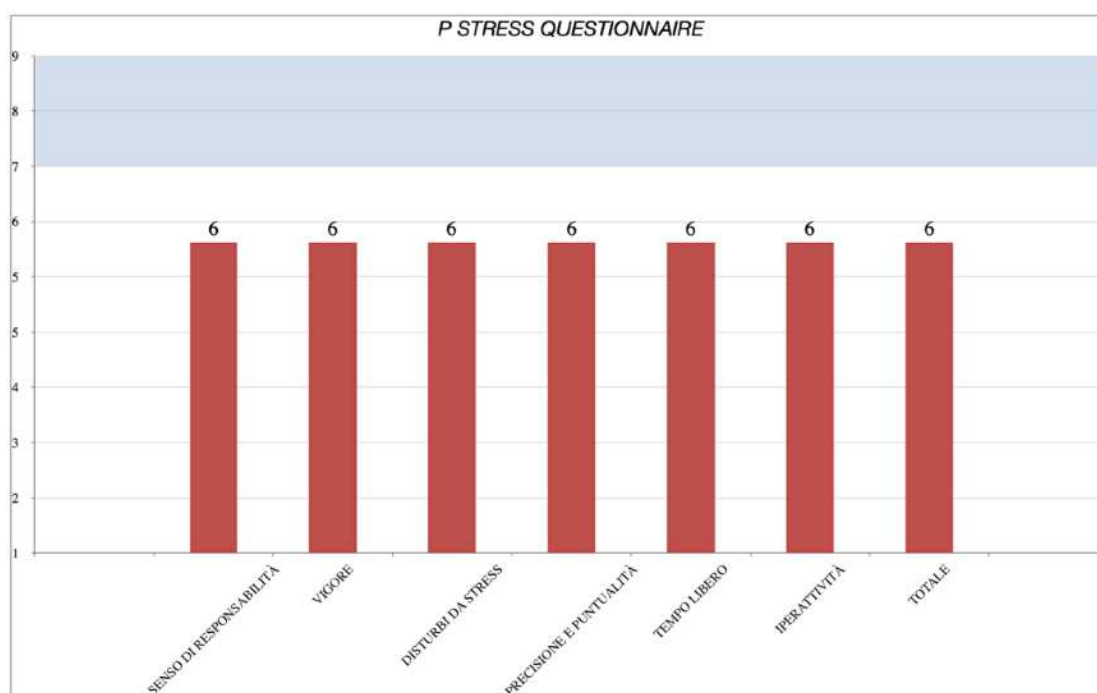


Figura 3. Media dei punteggi stanine delle scale del *P Stress Questionnaire*. La fascia blu indica l'area in cui i punteggi possono essere considerati alti.

La Tabella 6 riporta anche i punteggi medi del *16-Personality Factors Questionnaire* dell'intero campione e nella Figura 4 sono meglio rappresentati in stanine (in scala con range da 1 a 9), in cui si può notare come la maggior parte delle dimensioni si collochi entro il range dei valori tipici compreso tra 3 e 7. Particolarmente elevato risulta il punteggio al fattore Q4 mentre un punteggio basso è stato registrato per il fattore Q2 e medio-basso per i fattori E ed N.

Tabella 6. Analisi descrittive (media, deviazione standard e stanine) dei punteggi al *P Stress Questionnaire* e del *16-Personality Factors Questionnaire* del campione di operatori sanitari (N=37).

	M	SD	Stanine
<i>P Stress Questionnaire</i>			
Senso di responsabilità	7.49	2.77	6

Vigore	2.97	2.09	6
Disturbi da Stress	3.32	1.96	6
Precisione e puntualità	4.76	1.55	6
Tempo Libero	2.14	1.97	6
Iperattività	5.00	1.63	6
Totale	28.42	7.33	6
<i>16-Personality Factors Questionnaire</i>			
A Freddo - Caldo	6.57	2.23	5
B Debole - Brillante	4.89	1.73	6
C Emotivo - Maturo	7.62	2.07	5
E Sottomesso - Aggressivo	4.00	1.87	3
F Riservato - Espansivo	6.78	2.70	5
G Incostante - Scrupoloso	7.05	2.52	4
H Timido - Audace	5.84	1.99	4
I Duro - Sensibile	6.54	1.94	7
L Fiducioso - Sospettoso	6.43	2.39	5
M Conformista - Eccentrico	6.70	1.76	5
N Semplice - Sofisticato	6.27	2.24	3
O Sicuro - Insicuro	6.41	2.41	6
Q1 Conservatore - Sperimentatore	5.78	1.36	4
Q2 Dipendente - Autosufficiente	6.46	2.28	2
Q3 Indolente - Controllato	8.16	2.33	4
Q4 Rilassato - Teso	6.59	2.34	9

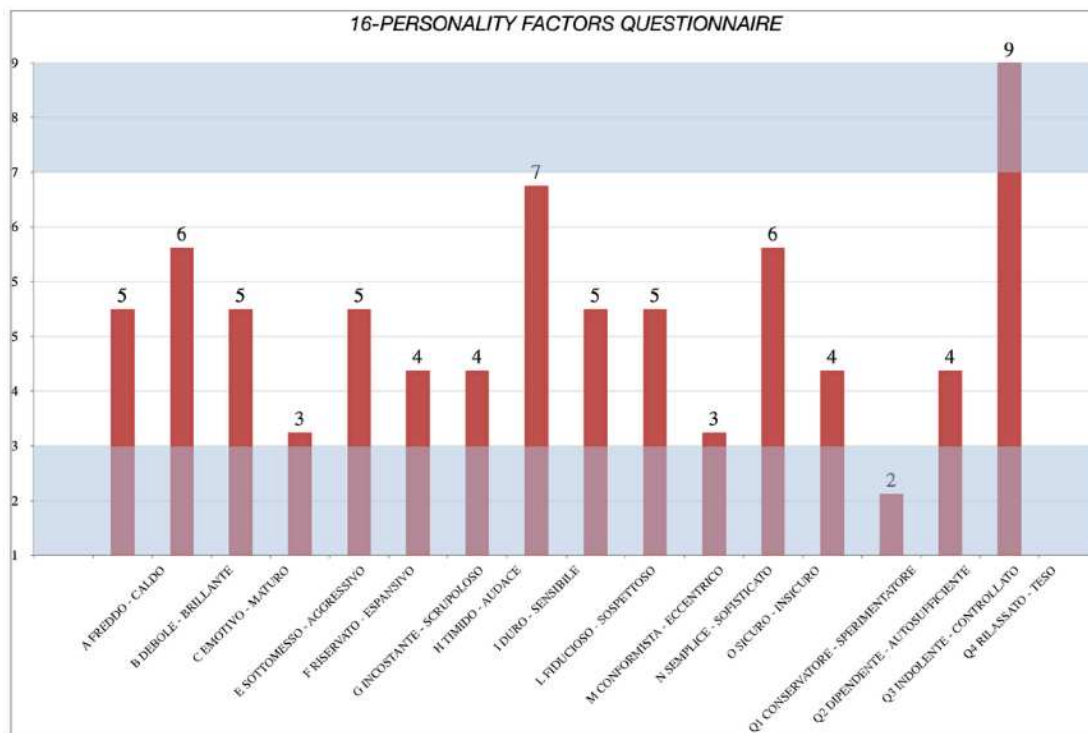


Figura 4. Media dei punteggi stanine delle scale del *16 Personality Factors Questionnaire*. Le fasce blu indicano l'area in cui i punteggi possono essere considerati bassi oppure alti.

Per quanto riguarda i parametri psicofisiologici al basale, si può notare come questi rientrino tutti all'interno dei range dei valori considerati tipici, ad eccezione della tensione muscolare misurata mediante elettromiogramma di superficie a livello del muscolo frontale. Nello specifico, se valori tipici cadono entro il range $3-5\mu\text{V}$, il valore pari a $7,17\mu\text{V}$ del gruppo dei partecipanti suggerisce un livello di tensione muscolare elevato. Ad un'analisi più dettagliata anche della frequenza cardiaca, si evidenzia una media ai limiti superiori del range 70-75 bpm con una notevole variabilità interindividuale apprezzabile considerando l'ampiezza della deviazione standard (Tabella 7).

Tabella 7. Analisi descrittive (media, deviazione standard) dei valori dei parametri psicofisiologici durante la fase di baseline del *Profilo Psicofisiologico da Stress* (N=37).

	Range	M	SD
Conduttanza Cutanea (μS)	2-4	2.11	1.49
Frequenza Respiratoria (b/min)	12-16	13.60	2.30
Ampiezza Respiratoria	-	0.17	0.14
Frequenza Cardiaca (bpm)	70-75	74.43	13.20
Aritmia Sinusale Respiratoria (($\text{HR}_{\text{Max}} - \text{HR}_{\text{Min}}$)/b)	-	11.27	10.86
Elettromiografia di superficie (μV)	3-5	7.17	4.35

I valori derivanti dall'analisi della *Heart Rate Variability*, per quanto rientrano tutti nei range tipici indicati da Nunan et al. (2018), evidenziano valori medio bassi nella banda di frequenza delle LF, sia in scala logaritmica che normalizzata, ad indicare una bassa attività dei barocettori e, di conseguenza, un bilancio simpato-vagale non ottimale (Tabella 8).

Tabella 8. Analisi descrittive (media, deviazione standard) dei valori della *Heart Rate Variability* durante la fase di baseline del *Profilo Psicofisiologico da Stress* (N=37).

	Range	M	SD
LF (ms^2)	193-1009	368.74	539.23
HF (ms^2)	82-3630	400.02	909.01
LF/HF ratio (ms^2)	1.1-11.6	1.97	1.66
log-LF (ms^2)	2.05-7.31	2.19	0.62
log-HF (ms^2)	0.08-6.95	2.01	0.75
log-LF/HF ratio (ms^2)	-0.16-1.98	1.97	1.66
LF% (nu)	30-65	40.50	16.67
HF% (nu)	16-60	29.33	13.68

La Tabella 9 include le analisi descrittive dei valori della reattività e del recupero per ogni parametro psicofisiologico rilevato mentre la Tabella 10 include quelli derivanti dall'analisi dell'HRV.

Tabella 9. Analisi descrittive (media, deviazione standard) dei valori della reattività e del recupero dei parametri psicofisiologici del *Profilo Psicofisiologico da Stress* (N=37).

	M	SD
Elettromiografia di superficie (μV)		
Reattività 1	1.78	4.80
Recupero 1	-1.72	4.51
Reattività 2	5.22	6.20
Recupero 2	-4.96	5.89
Reattività 3	7.01	7.75
Recupero 3	-4.91	6.94
Conduttanza Cutanea (μS)		
Reattività 1	1.17	1.20
Recupero 1	-0.22	0.44
Reattività 2	2.18	2.44
Recupero 2	-0.49	0.74
Reattività 3	2.33	2.75
Recupero 3	-0.32	0.51
Frequenza Respiratoria (b/min)		
Reattività 1	-1.38	2.44
Recupero 1	1.08	2.38
Reattività 2	-0.96	2.57
Recupero 2	0.97	3.85
Reattività 3	-1.64	2.58
Recupero 3	1.21	1.89
Ampiezza Respiratoria		
Reattività 1	0	0.08
Recupero 1	0	0.05
Reattività 2	-0.01	0.10
Recupero 2	0	0.06
Reattività 3	0.01	0.11

Recupero 3	-0.03	0.07
Frequenza Cardiaca (bpm)		
Reattività 1	9.72	9.75
Recupero 1	-10.01	7.73
Reattività 2	12.93	10.70
Recupero 2	-12.87	9.35
Reattività 3	10.94	9.09
Recupero 3	-7.75	6.76
Aritmia Sinusale Respiratoria ((HR _{Max} -HR _{Min})/b)		
Reattività 1	4.79	12.57
Recupero 1	-4.06	11.09
Reattività 2	12.88	20.32
Recupero 2	-9.43	17.45
Reattività 3	26.21	25.49
Recupero 3	-20.49	21.19

3.1.3. CORRELAZIONI TRA VARIABILI DI INTERESSE

Al fine di esplorare le associazioni esistenti tra le variabili, sono state calcolate le correlazioni parziali tra i punteggi dei questionari standardizzati somministrati ed i valori della valutazione psicofisiologica effettuata. Le correlazioni sono state tutte controllate per le variabili confondenti di genere ed età. Nello specifico, i valori della conduttanza cutanea sono stati ulteriormente controllati per l'assunzione di psicofarmaci aventi un effetto *rebound* sul sistema nervoso autonomo. Similmente, i valori della frequenza cardiaca e della HRV sono stati analizzati inserendo come covariate il fumo, l'attività fisica e l'assunzione di farmaci con effetto sul sistema cardiocircolatorio oltre al genere ed all'età. Ognuna di queste variabili è stata decodificata dicotomizzando con valore pari a 0 oppure a 1 a seconda che fosse presente oppure no.

Considerando i valori psicofisiologici di base, sono emerse numerose correlazioni significative tra i parametri relativi la frequenza cardiaca ma soprattutto la variabilità di essa. Nello specifico, il valore relativo la banda delle LF (sia in scala logaritmica che normalizzata) correlava con le somatizzazioni e le manifestazioni depressive indagate sia tramite il SQ che il SCL-90-R. Altre condizioni di disagio psicologico (come ansia, sia generalizzata che fobica, ossessioni e compulsioni) sono emerse come associate alle ridotte oscillazioni simpato-vagali rappresentate dal valore delle LF in *baseline*. Al contrario, un incremento del tono vagale in termini di maggiori valori nella banda delle HF può essere osservato in relazione a sintomi psicologici di ansia, depressione e somatizzazioni (Tabella 11).

Nonostante il punteggio totale del PSQ non abbia evidenziato associazioni significative con i parametri psicofisiologici, diverse correlazioni sono state osservate considerando le sotto-scale del questionario (Tabella 12). Ad esempio, una significativa correlazione è stata rilevata associando i valori della conduttanza cutanea con la precisione-puntualità e con il tempo libero. Ridotte oscillazioni simpato-vagali ma maggior tono vagale sono stati osservati come significativamente associati alla predisposizione a sviluppare sintomi fisici stress-correlati.

Rispetto i tratti della personalità legati a maggiore vulnerabilità allo stress ed alla predisposizione ai disturbi ansiosi, l'apprensività (fattore O) risulta come quella più frequentemente associata ad un incremento dei valori di HRV. Similmente, anche il fattore della sottomissione-dominanza (fattore E) risulta correlare positivamente con i valori di HF e negativamente sia con i valori di LF che con la conduttanza cutanea (Tabella 12).

Le tabelle dalla 13 alla 24 mostrano le correlazioni tra i punteggi dei questionari standardizzati e i valori di reattività e di recupero di ogni parametro psicofisiologico rilevato, con differenti configurazioni a seconda dei valori osservati. Nello specifico, il valore del recupero della conduttanza cutanea (intesa come differenza tra il valore raggiunto durante la fase di stress indotto e quella seguente) ha evidenziato associazioni significative con la maggior parte dei sintomi psicologici, soprattutto osservando il valore espresso in percentuale (Tabella 13). Anche in questo caso, i fattori della precisione-puntualità del PSQ e del fattore O del 16PF sono emersi come significativamente associati alla psicofisiologia dello stress: maggiori punteggi di apprensività correlavano positivamente con i valori di recupero della conduttanza cutanea. Simili risultati possono essere osservati anche per il fattore G inerente la coscienziosità (Tabella 14).

Come si può apprezzare in Tabella 15, un minore valore di recupero della frequenza respiratoria era significativamente associato a sintomi psicologici di depressione, ostilità e ideazione paranoide e, più in generale, con lo stato di disagio globale misurato dal GSI del SCL-90-R. L'ostilità era anche significativamente correlata con una ridotta ampiezza respiratoria durante la seconda e la terza fase di stress.

Un risultato simile è stato ottenuto anche considerando i punteggi del PSQ. In particolare, correlazioni negative sono state rilevate tra i valori della reattività dell'ampiezza respiratoria e la scala del tempo libero mentre correlazioni negative emergono considerando la reattività agli stress (Tabella 16).

La Tabella 17 mostra un maggiore aumento del battito cardiaco in presenza di più alti livelli di ostilità. In generale, una maggiore fluttuazione della frequenza

cardiaca in funzione della respirazione (RSA) è significativamente associata alla maggior parte dei sintomi psicologici.

Considerando i tratti della personalità in rapporto alla frequenza cardiaca ed al suo rapporto con la frequenza respiratoria (Tabella 18), è stato osservato che l'Apprensività, ancora una volta, correla con una maggiore reattività in risposta alla presentazione di stimoli che prevedono un'elaborazione di tipo emozionale. Un simile andamento riguarda anche la tensione nervosa (fattore Q4).

Numerosi parametri dell'HRV sono emersi come significativamente associati ai sintomi psicologici indagati mediante i questionari SQ e SCL-90-R. Nello specifico, la reattività agli stimoli stressanti manifestata da un incremento nei valori delle LF (sia in scala logaritmica che normalizzata) correlava positivamente con la maggior parte dei sintomi psicologici, ad indicare una moderata associazione tra lo stato di distress percepito e quello manifestato a livello psicofisiologico. Una riduzione nei valori di recupero è stata osservata soprattutto a seguito del primo stimolo stressante con una moderata correlazione con ansia, depressione e somatizzazioni (Tabella 19).

Come si può apprezzare osservando la Tabella 20, sono stati registrati valori di reattività di LF più elevati in associazione alle sotto-scale del vigore ed ai disturbi da stress del PSQ come anche ai fattori C (Stabilità emozionale), E (Dominanza) e Q4 (Tensione) del 16PF.

La Tabella 21 mostra i valori della reattività e del recupero delle HF in associazione alle manifestazioni di disagio mentale. Tutti i sintomi psicologici indagati mediante il SCL-90-R correlavano con i valori della reattività di log-HF e la

maggior parte dei sintomi connessi ad ansietà ed alterazioni dell'umore risultavano associati ai valori della reattività di log-HF.

I fattori C, O e Q4 della personalità, anche in questo caso, correlavano con i valori della reattività 3 del parametro log-HF (Tabella 22).

Come documentato dalla Tabella 23, maggiori sintomi di ansia, depressione e somatizzazioni sono emersi come associati a ridotti valori di LF/HF ratio nelle reattività 1, 2 e 3. Nondimeno, è stata rilevata una maggiore reattività 2 in associazione a più alti livelli di ostilità e paranoia. I valori di reattività 2 e 3 sono stati trovati in correlazione con anche i fattori O e Q4 del 16PF (Tabella 24).

Infine, minori valori nel recupero del parametro del sEMG sono stati osservati in associazione alle somatizzazioni ed all'ideazione paranoide (Tabella 23).

Tabella 11. Correlazioni parziali tra i valori basali dei parametri psicofisiologici, inclusi quelli dell'*Heart Rate Variability*, ed i punteggi del *Symptom Questionnaire* e del *Symptom Checklist-90-Revised*.

	SCL	SCL%	FR	AR	FC	RSA	log-LF	LF%	log-HF	HF%	log-LF/HF	sEMG
SQ-A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-D	-	-	-	-	-	-	-	.36*	.36*	.40*	.40*	-
SQ-S	-.30*	-.30*	-	-	-	-.39*	-.30*	-	.38*	-	.34*	-
SQ-O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - SOM	-.37*	-.37*	-	-	-	-	-.39*	.32*	.39*	-	-	-
SCL-90-R - O-C	-	-	-	-	-	-	-.30*	-	-	-	-	-
SCL-90-R - I-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - DEP	-.31*	-.31*	-	-	-	-.29*	-.42**	-	.44**	-	-	-
SCL-90-R - ANX	-	-	-	-	-	-	-.31*	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	-	-	.28*	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	-	-	-	-	-	-.36*	-	.32*	-	-	-
SCL-90-R - PAR	-.33*	-.33*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PSY	-	-	-	-	-.29*	-	-.32**	-	.30*	-	-	-
SCL-90-R - GSI	-.30*	-.30*	-	-	-	-	-.38*	-	.33*	-	-	-

Legenda: sEMG = surface Electromyography; SCL = Skin Conductance Level; SCL% = Skin conductance Level in percentuale; FR = Frequenza Respiratoria; AR = Ampiezza Respiratoria; FC = Frequenza Cardiaca; RSA = Aritmia Sinusale Respiratoria ((HR_{max}-HR_{min})/b); log-LF = Low Frequencies band, scala logaritmica; LF% = Low Frequencies band, valore normalizzato; log-HF = High Frequencies band, scala logaritmica; HF% = High Frequencies band, valore normalizzato; log-LF/HF = rapporto tra Low Frequencies band e High Frequencies band, scala logaritmica; SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - HOS = Ostilità; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01.

Tabella 12. Correlazioni parziali tra i valori basali dei parametri psicofisiologici, inclusi quelli dell'Heart Rate Variability, ed i punteggi del P Stress Questionnaire e del 16 Personality Factors Questionnaire.

	SCL	SCL%	FR	AR	FC	RSA	log-LF	LF%	log-HF	HF%	log-LF/HF	sEMG
PSQ - SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - DS	-	-	-	-	-	-.42**	-.44**	-	.31*	-	-	-
PSQ - PP	-.36*	-.36*	-.30*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TL	.37*	.37*	-	.29*	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - C	-	-	-	-	-	-	.32*	-	-	-	-	-
16PF - E	-.50**	-.45*	-	-	-	-.43**	-.50**	-	.46**	-	-	-
16PF - G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - O	-	-	-	-	-	-.37*	-	.37*	.40*	-	.36*	-
16PF - Q4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: SCL = Skin Conductance Level; SCL% = Skin conductance Level in percentuale; FR = Frequenza Respiratoria; AR = Ampiezza Respiratoria; FC = Frequenza Cardiaca; RSA = Aritmia Sinusale Respiratoria ((HR_{max}-HR_{min})/b); log-LF = Low Frequencies band, scala logaritmica; LF% = Low Frequencies band, valore normalizzato; log-HF = High Frequencies band, scala logaritmica; HF% = High Frequencies band, valore normalizzato; log-LF/HF = rapporto tra Low Frequencies band e High Frequencies band, scala logaritmica; sEMG = surface Electromyography; PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01.

Tabella 13. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero della conduttanza cutanea ed i punteggi del *Symptom Questionnaire* e del *Symptom Checklist-90-Revised*.

	Conduttanza cutanea (SCR, μ S)						Conduttanza cutanea in percentuale (SCR%)					
	Reattività		Recupero		Reattività		Recupero		Reattività		Recupero	
	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
SQ-A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-D	-	-	-	-	.35*	-.29*	.45**	-	-	.44**	-	.30*
SQ-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - SOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - O-C	-	-	-	-	-	-	-.47**	-	-	.37*	-	-
SCL-90-R - I-S	-	-	-	-	.32*	-	.54***	-	-	.46**	-	-
SCL-90-R - DEP	-	-	-	-	.41*	-	.45**	-	-	.34*	-	.29*
SCL-90-R - ANX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	.32*	-	-	-	-	.45**	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.29*	-	-
SCL-90-R - PAR	-.30*	-	-	-	.41*	-.30*	.47**	-	-	.37*	-	.35*
SCL-90-R - PSY	-	-	-	-	.30*	-.35*	.54***	-	-	.56***	-	-
SCL-90-R - GSI	-	-	-	-	.30*	-	.44**	-	-	.36*	-	-

Legenda: SCR = Skin Conductance Response; SCR% = Skin conductance Response in percentuale; SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - HOS = Ostilità; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Tabella 14. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero della conduttanza cutanea ed i punteggi del *P Stress Questionnaire* e del *16 Personality Factors Questionnaire*.

	Conduttanza cutanea (SCR, μ S)									
	Reattività			Recupero			Conduttanza cutanea in percentuale (SCR%)			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
PSQ - SR	-	-	-	-	-	.37*	-	-	-	.29*
PSQ - V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - DS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - PP	-.45**	-	-.54*	-	-.44**	.33*	-.41*	-.42**	-	-.54***
PSQ - TL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - I	-	-	-	-	-	-	.38*	-	-	-
PSQ - TOT	-	-	-	-	-	.44**	-	-	-	.27*
16PF - C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - G	-	-	-	-	-	.36*	.31*	-	-	.33*
16PF - L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - O	-	-	-	-	-	-	.35*	-	.38*	-
16PF - Q4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: SCR = Skin Conductance Response; SCR% = Skin conductance Response in percentuale; PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Tabella 15. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero della frequenza e dell'ampiezza respiratoria ed i punteggi del *Symptom Questionnaire* e del *Symptom Checklist-90-Revised*.

	Frequenza respiratoria (FR, b/min)									Ampiezza respiratoria (AR)									
	Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
SQ-A	-	-	-	-	-	-	-	-	-.31*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - SOM	-	.29*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.33*	-	-	-	-
SCL-90-R - O-C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.30*	-
SCL-90-R - I-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - DEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - ANX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.35*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.36*	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.38*	-
SCL-90-R - PAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PSY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.34*	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.31*	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

Tabella 16. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero della frequenza e dell'ampiezza respiratoria ed i punteggi del *P Stress Questionnaire* e del *16 Personality Factors Questionnaire*.

	Frequenza respiratoria (FR, b/min)						Ampiezza respiratoria (AR)								
	1		2		3		1		2		3				
	Reattività	Recupero	Reattività	Recupero	Reattività	Recupero	Reattività	Recupero	Reattività	Recupero	Reattività	Recupero			
PSQ - SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - V	-	-	-	-	.30*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.29*
PSQ - DS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - PP	-	-	-	-	-	-.40*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TL	-	-	-	-	-	-	-.56***	-	-	-.61***	-	-.50**	-	-.41**	-
PSQ - I	-	-	.30*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TOT	-	-	-	-	-	-.38*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - C	.29*	-.30*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - G	-	-	-	.34*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - O	-	-	-	-	-.36*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - Q4	-	-.36*	.32*	-	-	-	-.30*	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tenstone.
 Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001.

Tabella 17. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero della frequenza cardiaca e dell'aritmia sinusale respiratoria ed i punteggi del *Symptom Questionnaire* e del *Symptom Checklist-90-Revised*.

	Frequenza cardiaca (FC, bpm)						Aritmia Sinusale Respiratoria (RSA, (HR _{Max} -HR _{Min})/b)						
	Recupero		Reattività		Recupero		Reattività		Recupero		Reattività		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
SQ-A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.33*
SQ-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-O	-	.30*	-	.31*	-	.39*	-	.33*	-	.33*	-	.41*	-
SCL-90-R - SOM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - O-C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - I-S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - DEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - ANX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PSY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - HOS = Ostilità; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01.

Tabella 18. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero della frequenza cardiaca e dell'aritmia sinusale respiratoria ed i punteggi del *P Stress Questionnaire* e del *16 Personality Factors Questionnaire*.

	Frequenza cardiaca (FC, bpm)						Aritmia Sinusale Respiratoria (RSA, (HR _{Max} -HR _{Min})/b)						
	Reattività		Recupero		Reattività		Recupero		Reattività		Recupero		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
PSQ - SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - DS	-	-	-	-	.33*	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - PP	-	-	-	-	-	-	-	.31*	-	-	-	-	-
PSQ - TL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - E	-	-	-	-	-	.33*	-	-	-	-	-	-	-
16PF - G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - L	-	.29*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - O	-	-	-	-	-	.41*	-	.31*	-	-	-	.38*	-
16PF - Q4	-	-	-	-	-	.29*	-	.34*	-	-	-	-	-

Legenda: PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01.

Tabella 19. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero dei valori della banda delle basse frequenze dell'Heart Rate Variability ed i punteggi del *Symptom Questionnaire* e del *Symptom Checklist-90-Revised*.

	Low-Frequency band (log-LF)									Low-Frequency band (LF%)									
	Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
SQ-A	-	-	.38*	-	-	-	-.42**	-.40*	-.40*	.54***	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-D	-	-	-	-	-	-	-.45**	-.48**	-.40*	.39*	-	-	-	-	-	-	-	-.62***	.40*
SQ-S	-	-	.38*	-	-	-	-.40*	-.40*	-.40*	.42*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SQ-O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - SOM	-	-	.39*	-	-	-	-.36*	-.57***	-.57***	.50**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - O-C	.37*	.34*	-	-	-	-	-	-.34*	-.34*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - I-S	.40*	.32*	-	-	.35*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.43**	-	-	.34*
SCL-90-R - DEP	.47**	.33*	.40*	-	-	-	-	-.50**	-.50**	-	-	-	-	-	-	-.46**	-	-	-
SCL-90-R - ANX	.29*	.40*	.32*	-	-	-	-	-.39*	-.39*	.34*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	-	-	-	-	-	-	-.45**	-.45**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	.35*	-	-	.31*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PAR	.32*	-	-	-	-	-	-	-.39*	-.39*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.30*
SCL-90-R - PSY	.42*	.34*	-	-	.42**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - GSI	.41*	.39*	.34*	-	-	-	-	-.46**	-.46**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.33*

Legenda: log-LF = Low Frequency band, scala logaritmica; LF% = Low Frequency band, valore normalizzato; SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - HOS = Ostilità; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Tabella 20. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero dei valori della banda delle basse frequenze dell'Heart Rate Variability ed i punteggi del P Stress Questionnaire e del 16 Personality Factors Questionnaire.

	Low-frequency band (log-LF)									Low-frequency band (LF%)									
	Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
PSQ - SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - V	-	-	-	-	-	-	.34*	-	-	.36*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - DS	.35*	.38*	-	-	-	.47**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - PP	-	-.32*	.40*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TL	-.31*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - C	-.41*	-	-	-	-	-.45**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - E	-	-	.30*	-	-	.37*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - G	-	-	-	-	-	-	-	.38*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - O	-	-.31*	-	-	-	-	-.43**	-	-	-.51**	-	-	-	-	-	-	-	-.52***	-
16PF - Q4	-	.35*	-	-	.40*	-	-	-	-	.35*	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: log-LF = Low Frequency band, scala logaritmica; LF% = Low Frequency band, valore normalizzato; PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01.

Tabella 21. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero dei valori della banda delle alte frequenze dell' *Heart Rate Variability* ed i punteggi del *Symptom Questionnaire* e del *Symptom Checklist-90-Revised*.

	High-Frequency band (log-HF)						High-Frequency band (HF%)						
	Reattività		Recupero		Reattività		Recupero		Reattività		Recupero		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
SQ-A	-	-	-	-	.48**	-.31*	.38*	-	-	-	-	.50**	-.40*
SQ-D	.40*	-	-	-	.45**	-	-	-.33*	.37*	-	-	.62***	-.40*
SQ-S	-	-	-	-	.43**	-.34*	-	-	-	-	-	.30*	-
SQ-O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - SOM	-	.46*	-	-.34*	.36*	-	-	-	.37*	-	-.30*	-	-
SCL-90-R - O-C	.33*	.40*	-.37*	-	-	-	-	-.40*	-	-	-	-	-.34*
SCL-90-R - I-S	.30*	.41*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.31*
SCL-90-R - DEP	.43**	.53**	-	-	.49**	-	-	-	.33*	-	-	.46**	-.41*
SCL-90-R - ANX	-	.48*	-	-	.31*	-	-	-.33*	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	-	-.32*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	.34*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PAR	.32*	.35*	-.38*	-	-	-	-	-	.32*	-	-	.34*	-
SCL-90-R - PSY	.40*	.39*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - GSI	.32*	.52**	-.30*	-	.37*	-	-	-.32*	.32*	-	-	.32*	-.32*

Legenda: log-HF = High Frequency band, scala logaritmica; HF% = High Frequency band, valore normalizzato; SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - HOS = Ostilità; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001.

Tabella 22. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero dei valori della banda delle alte frequenze dell'Heart Rate Variability ed i punteggi del *P Stress Questionnaire* e del *16 Personality Factors Questionnaire*.

	High-frequency band (log-HF)									High-frequency band (HF%)									
	Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			Reattività			Recupero			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
PSQ - SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.31*	-	-	-
PSQ - V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - DS	-	.41*	-	-	-.30*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - PP	-	-.37*	-	-	.41*	-	-	-	-	.33*	-.43**	-	-	.34*	-	-.31*	-	-	-
PSQ - TL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.35*	-	-	-	.30*	-	-	-	-	-
PSQ - I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSQ - TOT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - C	-.30*	.34*	-	-	-.44*	-	-	.33*	-	-	-	-	-	-	-	-.32*	-	.46**	-
16PF - E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.33*	-
16PF - G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16PF - L	-	-	-	-	-	-	-	-.36*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.41*
16PF - O	.49**	-	-	-	.43**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.38*	-.30**
16PF - Q4	-	.45**	-	-	.34*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: log-HF = High Frequency band, scala logaritmica; HF% = High Frequency band, valore normalizzato; PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.
Note: * = p < 0.05; ** = p < 0.01.

Tabella 23. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero del rapporto tra LF e HF dell'Heart Rate Variability e l'elettrogramma di superficie ed i punteggi del Symptom Questionnaire e del Symptom Checklist-90-Revised.

	log-LF/HF ratio											
	Reattività						Recupero					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
SQ-A	-	.31*	-.32*	-	-.44**	.33*	-	-	-	-	-	-
SQ-D	-.42*	.35*	-.49**	-	-.61***	.39*	-	-	-	-	-	-
SQ-S	-.35*	.30*	-	-	-.38*	-	-	-	-	-	-	-
SQ-O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - SOM	-	.38*	-.47**	-	-	-	-	-	-	-.30*	-	-.32*
SCL-90-R - O-C	-	.30*	-	-	-	.32*	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - I-S	-	-	-.37*	-	-.34*	.36*	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - DEP	-	-	-.47**	-	-.44**	.36*	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - ANX	-	-	-.30*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - HOS	-	-	-.31*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PHOB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - PAR	-	.33*	-.39*	-	-.30*	.31*	-	-	-	-.30*	-	-
SCL-90-R - PSY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-90-R - GSI	-	-	-.40*	-	-.31*	.32*	-	-	-	-	-	-

Legenda: log-LF/HF ratio = rapporto tra Low Frequencies band e High Frequencies band, scala logaritmica; sEMG = surface Electromyography; SQ-A = Ansia; SQ-D = Depressione; SQ-S = Somatizzazioni; SQ-O = Ostilità; SCL-90-R - SOM = Somatizzazioni; SCL-90-R - O-C = Ossessioni e compulsioni; SCL-90-R - I-S = Sensibilità interpersonale; SCL-90-R - DEP = Depressione; SCL-90-R - ANX = Ansia; SCL-90-R - HOS = Ostilità; SCL-90-R - PHOB = Ansia fobica; SCL-90-R - PAR = Ideazione paranoide; SCL-90-R - PSY = Psicoticismo; SCL-90-R - GSI = Indice di gravità globale.

Note: * = p < 0.05.

Tabella 24. Correlazioni parziali tra i valori della reattività e del recupero del rapporto tra LF e HF dell'*Heart Rate Variability* e l'elettrogramma di superficie ed i punteggi del *P Stress Questionnaire* e del *16 Personality Factors Questionnaire*.

	log-LF/HF ratio											
	Reattività						Elettromiografia di superficie (sEMG, μ V)					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
PSQ - SR	-											
PSQ - V												
PSQ - DS												
PSQ - PP												
PSQ - TL												
PSQ - I												
PSQ - TOT												
16PF - C												
16PF - E												
16PF - G												
16PF - L												
16PF - O												
16PF - Q4												

Legenda: log-LF/HF ratio = rapporto tra Low Frequencies band e High Frequencies band, scala logaritmica; sEMG = surface Electromyography; PSQ - SR = Senso di Responsabilità; PSQ - V = Vigore; PSQ - DS = Disturbi da Stress; PSQ - PP = Precisione e puntualità; PSQ - TL = Tempo Libero; PSQ - I = Iperattività; PSQ - TOT = Totale; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

3.2. RISULTATI DELLA SECONDA FASE DELLO STUDIO

3.2.1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Alla seconda fase dello studio hanno aderito venti persone, di cui quattro uomini (20%) e sedici donne (80%). L'età media era pari a 48,5 anni (DS=12,95), in un range di età compreso tra i 24 ed i 67 anni. Tra gli operatori sanitari vi erano tre medici (15%), tre psicologi (15%), due fisioterapisti (10%), due impiegati (10%), cinque operatrici socio-sanitarie (20%) e tre tirocinanti (15%). Tutti hanno portato a termine il protocollo sperimentale di CCT aderendo alle dieci sedute programmate a cadenza settimanale.

Tra i partecipanti due avevano una qualifica professionale (10%), tre la licenza media (15%), tre il diploma superiore (15%), altri sei una laurea (30%) ed una qualifica post-laurea (30%).

Sette persone erano single (35%), dieci erano sposate o conviventi (50%) e tre separate o vedove (15%). Il 60% (12 su 20) dei partecipanti aveva figli.

Per quanto riguarda la descrizione degli aspetti lavorativi, tutte le persone che hanno aderito alla seconda fase dello studio avevano un contratto *full time* (17 persone su 17, se si escludono i tirocinanti), la maggior parte di loro aveva un orario unico (14 su 17 ossia l'82,4%) mentre tre persone rispettavano un orario lavorativo su turni (mattino o pomeriggio) (17,6%). Tra gli operatori sanitari, cinque erano abbastanza soddisfatti della loro mansione lavorativa (29,4%), otto avevano spuntato la casella "molto soddisfatto" (47,1%), tre la casella "moltissimo" (17,6%) e solo una persona invece aveva indicato di essere poco gratificata (5,1%).

I rapporti con i colleghi sono stati descritti come positivi dal 82,4% dei partecipanti (14 su 17), in parte positivi ed in parte negativi dall'11,2% (2 su 17) e prevalentemente negativi dal 5,1% (1 su 17).

Considerando alcuni aspetti inerenti lo stile di vita, l'85% (18 su 20) delle persone riferiva appetito regolare e solo il 15% (2 su 20) invece segnalava alterazioni per eccesso o per difetto. Inoltre, il 20% segnalava difficoltà all'addormentamento con segni di insonnia precoce (4 su 20), il 25% lamentava risvegli notturni con incubi e/o fatica a recuperare il sonno (5 su 20) e il 15% aveva riportato insonnia tardiva con risvegli precoci (3 su 20).

Per quanto riguarda altri fattori inerenti lo stile di vita e, in particolare, lo svolgimento di attività con possibile effetto sulla reattività simpatica del sistema nervoso autonomo si registrava tabagismo nel 25% delle persone (5 su 20) e regolare attività fisica nel 40% del campione (8 su 20).

Tra le comorbilità mediche elencate da ogni persona nella scheda anamnestica del CBA2.0 sono da segnalare dolori articolari nel 15% (3 su 20), ipertensione nel 10% delle persone (2 su 20), emicrania in un altro 10% (2 su 20), diabete (5%, 1 su 20), Morbo di Crohn (5%, 1 su 20) e ipotiroidismo (5%, 1 su 20). Sei persone assumevano farmaci con possibile interferenza sul sistema cardiocircolatorio (30%).

Per quanto riguarda l'assunzione di psicofarmaci, tra le venti persone che hanno aderito al protocollo di CCT vi era una persona che assumeva abitualmente *Duloxetina* (5%) e due persone che assumevano *Alprazolam* (una persona abitualmente (5%) ed una solamente al bisogno (5%)).

Specificatamente in riferimento alla percezione del proprio livello di benessere/malessere psicologico, il 30% delle persone (6 su 20) riteneva di avere

problemi mentali di lieve entità mentre il 10% (2 su 20) considerava la propria condizione di moderata entità.

Considerando l'anamnesi psicologica, sette persone avevano riportato un evento di vita significativo (stressante o traumatico) prima della pandemia (35%) ed altre sette ne avevano descritto almeno uno a seguito risalente al periodo seguente il 2020 (35%).

Infine, nove persone (45%) avevano già effettuato una visita psicologica o psichiatrica in passato ed avevano anche intrapreso un trattamento presso uno specialista della salute mentale. Una persona (5%) risultava in carico per psicoterapia nello stesso periodo in cui è stata condotta la ricerca.

3.2.2. DIFFERENZE PRE-POST INTERVENTO

I risultati dell'intervento di CCT proposto sono stati misurati sia considerando le dimensioni soggettive che quelle oggettive. In altre parole, il confronto pre-post trattamento è stato valutato sia considerando i sintomi psicologici indagati mediante i questionari standardizzati SQ e SCL-90-R che i parametri psicofisiologici rilevati durante la valutazione psicofisiologica. Nello specifico, è stato condotto un confronto tra tutte le sotto-scale di SQ e SCL-90-R e tra tutti i valori di reattività e di recupero della conduttanza cutanea (SCL in μ S, SCL%, SCR in μ S, SCR%), della frequenza (FR) e dell'ampiezza respiratoria (AR), della frequenza cardiaca e del rapporto tra frequenza cardiaca e respiratoria (ossia una misura dell'aritmia sinusale respiratoria, RSA) e di tutti i parametri dell'HRV (log-LF, LF%, log-HF, HF%, log-LF/HF ratio).

3.2.2.1. CONFRONTO PRE-POST DEI SINTOMI PSICOLOGICI

Come si può osservare in Tabella 25, è stata documentata una significativa riduzione dei sintomi di ansia e di depressione. Nondimeno, il *D di Cohen* evidenzia un effetto di medio-bassa entità per l'ansia ma di elevata entità per la depressione.

Tabella 25. Confronto pre-post intervento dei punteggi al *Symptom Questionnaire* (N=20).

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
Ansia	6.55	5.08	4.90	3.49	1.80	0.04	0.40
Depressione	5.55	3.03	3.60	2.72	3.56	0.001	0.80
Somatizzazioni	5.25	3.95	6.55	4.58	-1.42	0.08	-0.32
Ostilità	3.10	3.16	2.95	2.39	0.27	0.40	0.06

La Tabella 26 mostra il confronto prima e dopo l'intervento delle manifestazioni psicologiche misurate tramite il SCL-90-R. Oltre a essere stato confermato come significativo il miglioramento nei sintomi depressivi, una differenza pre-post trattamento è stata osservata per le somatizzazioni, le ossessioni e le compulsioni e l'ostilità, con un *D di Cohen* di media entità. Anche l'indicatore di distress generale (il GSI) era significativamente ridotto a T1.

Tabella 26. Confronto pre-post intervento dei punteggi al *Symptom Checklist-90-Revised* (N=20).

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
SOM	58.11	13.69	52.14	10.92	1.98	0.03	0.44
O-C	61.44	12.87	56.67	13.53	2.00	0.03	0.45
IS	57.66	8.84	54.50	9.90	1.21	0.12	0.27

DEP	58.76	9.02	53.88	10.06	2.18	0.02	0.49
ANX	55.00	10.64	51.62	8.83	1.59	0.07	0.36
HOS	50.01	6.68	46.90	5.96	1.89	0.04	0.42
PHOB	52.97	10.44	49.73	7.82	1.66	0.06	0.37
PAR	55.35	10.16	53.64	10.64	0.80	0.22	0.18
PSY	57.00	10.16	53.20	9.50	1.58	0.07	0.35
GSI	58.46	10.11	53.34	10.54	2.32	0.02	0.52

Legenda: SOM = Somatizzazioni; O-C = Ossessioni e compulsioni; I-S = Sensibilità interpersonale; DEP = Depressione; ANX = Ansia; HOS = Ostilità; PHOB = Ansia fobica; PAR = Ideazione paranoide; PSY = Psicoticismo; GSI = Indice di gravità globale.

Coerentemente con quanto appena descritto, il calcolo del RCI era significativo, ossia superiore a 1.96 (>2 deviazioni standard rispetto la popolazione generale) per il GSI, attestando un miglioramento significativo per il 60% delle persone trattate. Nondimeno, una riduzione dei sintomi somatici connessi allo stress è stata segnalata dal 25% del campione; il 20% delle persone ha riportato una riduzione di ossessioni e compulsioni, un altro 25% ha segnalato una riduzione nella sensibilità interpersonale, il 40% ha descritto minori sintomi depressivi, il 25% delle persone ha riportato un cambiamento rilevante per ansia, ostilità e psicoticismo, un 10% ha notato minore ansia fobica ed il 15% un cambiamento significativo nell'ideazione paranoide.

Tabella 27. Calcolo del *Reliable change index* (RCI) del *Symptom Checklist-90-Revised* (SCL-90-R) (N=20).

	Campione sperimentale		Campione normativo		RCI	Cambiamento, N(%)	
	M _{T0}	M _{T1}	SD	Alpha		Non rilevante	Rilevante
SOM	0.70	0.45	0.42	0.83	-1.02	13 (65)	7 (35)
O-C	0.91	0.69	0.45	0.82	-0.80	26 (80)	4 (20)
IS	0.59	0.47	0.39	0.83	-0.54	13 (65)	7 (35)

DEP	0.75	0.53	0.44	0.87	-0.96	12 (60)	8 (40)
ANX	0.49	0.36	0.37	0.84	-0.60	15 (75)	5 (25)
HOS	0.30	0.18	0.40	0.80	-0.49	15 (75)	5 (25)
PHOB	0.22	0.12	0.31	0.68	-0.41	18 (90)	2 (10)
PAR	0.58	0.50	0.44	0.76	-0.25	17 (85)	3 (15)
PSY	0.32	0.22	0.25	0.77	-0.56	15 (75)	5 (25)
GSI	0.57	0.41	0.31	0.97	-2.09	8 (40)	12 (60)

Legenda: SOM = Somatizzazioni; O-C = Ossessioni e compulsioni; I-S = Sensibilità interpersonale; DEP = Depressione; ANX = Ansia; HOS = Ostilità; PHOB = Ansia fobica; PAR = Ideazione paranoide; PSY = Psicoticismo; GSI = Indice di gravità globale.

3.2.2.2. CONFRONTO PRE-POST DEI PARAMETRI PSICOFISIOLOGICI

Il confronto pre-post intervento dei parametri psicofisiologici rilevati in base di baseline sia a T0 che a T1 ha restituito una significatività statistica per i valori della conduttanza cutanea, sia per il punteggio grezzo espresso in μS (SCL μS) che in percentuale (SCL%), della frequenza e ampiezza respiratoria, oltre che della frequenza cardiaca. Nello specifico, il valore del *D di Cohen* era di entità moderata per la variazione della conduttanza cutanea nel tempo mentre per frequenza ed ampiezza respiratoria e frequenza cardiaca l'*effect size* può essere addirittura definito come ampio.

Tabella 28. Confronto pre-post intervento dei valori dei parametri psicofisiologici durante la fase di baseline del *Profilo Psicofisiologico da Stress* (N=20).

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
Conduttanza Cutanea (μS)	1.98	1.27	1.20	0.47	1.90	0.04	0.43
Conduttanza Cutanea (%)	39.58	25.50	24.04	29.34	1.90	0.04	0.43
Frequenza Respiratoria (b/min)	13.52	2.11	10.73	3.16	3.76	<0.001	0.84
Ampiezza Respiratoria	0.16	0.10	0.82	0.72	-4.06	<0.001	-0.91

Frequenza Cardiaca (bpm)	76.40	1.83	69.80	8.92	3.10	<0.003	0.69
Aritmia Sinusale Respiratoria (HR _{Max} -HR _{Min})/b	9.40	8.49	10.39	8.45	-0.47	0.32	-0.10
Elettromiografia di superficie (μ V)	6.71	4.04	5.86	2.82	1.06	0.15	0.24

Considerando i parametri della variabilità della frequenza cardiaca, è stato osservato un incremento significativo dei valori relativi la banda delle alte frequenze dell'HRV, ossia il parametro LF, sia in scala logaritmica che normalizzato in percentuale di varianza. Anche in questo caso il *D di Cohen* evidenziava un *effect size* di media entità.

Tabella 29. Confronto pre-post intervento dei valori della *Heart Rate Variability* durante la fase di baseline del *Profilo Psicofisiologico da Stress* (N=20).

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
log-LF (ms ²)	2.02	0.63	2.32	0.77	-1.90	0.04	-0.42
LF% (nu)	41.55	17.50	52.45	24.25	-1.95	0.03	-0.44
log-HF (ms ²)	1.76	0.69	1.85	0.80	-0.52	0.31	-0.12
HF% (nu)	24.16	11.54	23.55	16.66	0.14	0.44	0.03
log-LF/HF ratio (ms ²)	0.23	0.39	0.47	0.65	-1.56	0.07	-0.36

Il calcolo della reattività e del recupero di ogni parametro del profilo psicofisiologico da stress, condotto sia per i valori rilevati in T0 che a T1, ha consentito di evidenziare le differenze nell'andamento dell'attivazione psicofisiologica tra i due momenti di registrazione.

Il miglioramento maggiormente evidente riguarda la riduzione della frequenza respiratoria in ogni fase della registrazione psicofisiologica, con un *effect size* stimato

di media-elevata entità. È anche stata apprezzata una significativa riduzione della frequenza cardiaca, evidente nella reattività e nel recupero al primo ed al secondo stressor oggettivo. Un andamento leggermente differente è stato osservato nel parametro della conduttanza cutanea, in quanto il miglioramento era apprezzabile analizzando i valori del recupero post-stress, sia seguente allo stressor oggettivo che a quello soggettivo.

Tabella 30. Confronto pre-post intervento dei valori della reattività e del recupero dei parametri psicofisiologici del Profilo Psicofisiologico da Stress (N=20).

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
Elettromiografia di superficie (μV)							
Reattività 1	2.52	5.45	3.58	4.31	-1.37	0.09	-0.31
Recupero 1	-1.79	5.61	-2.65	3.92	0.76	0.23	0.17
Reattività 2	4.55	6.43	6.44	5.98	-1.45	0.08	-0.33
Recupero 2	-4.56	6.39	-4.83	5.48	0.17	0.43	0.04
Reattività 3	5.89	7.87	6.27	4.97	-0.25	0.40	-0.06
Recupero 3	-3.75	6.63	-4.17	4.41	0.24	0.40	0.06
Conduttanza Cutanea (μS)							
Reattività 1	0.84	0.86	0.98	1.66	-0.64	0.27	-0.14
Recupero 1	-0.25	0.37	-0.29	0.45	0.38	0.36	0.09
Reattività 2	1.64	2.28	1.41	2.03	1.47	0.08	0.33
Recupero 2	-0.45	0.75	-0.22	0.43	-1.74	0.05	-0.39
Reattività 3	1.65	1.95	1.62	2.26	0.14	0.45	0.03
Recupero 3	-0.32	0.43	-0.12	0.34	-1.80	0.04	-0.40
Conduttanza Cutanea (%)							
Reattività 1	16.76	17.15	19.70	33.24	-0.64	0.27	-0.14
Recupero 1	-5.09	7.34	-5.77	9.02	0.37	0.36	0.08
Reattività 2	32.89	45.62	28.31	40.60	1.46	0.08	0.33
Recupero 2	-8.90	14.94	-4.35	8.48	-1.75	0.05	-0.39
Reattività 3	33.01	39.03	32.50	45.15	0.14	0.45	0.03
Recupero 3	-7.45	9.86	-2.46	6.72	-1.96	0.03	-0.44
Frequenza Respiratoria (b/min)							
Reattività 1	-1.40	2.40	0.63	3.12	-2.83	0.005	-0.63
Recupero 1	1.25	2.17	-0.40	3.02	3.91	<0.001	0.88

Reattività 2	-0.76	2.48	1.25	3.21	-2.73	0.007	-0.61
Recupero 2	0.54	2.00	-1.04	2.94	3.54	0.001	0.79
Reattività 3	-1.44	2.32	0.86	3.08	-3.10	0.003	-0.69
Recupero 3	0.68	1.54	-0.70	2.77	2.36	0.02	0.53
Ampiezza Respiratoria							
Reattività 1	-0.01	0.07	-0.13	0.57	0.94	0.18	0.21
Recupero 1	0.01	0.06	0.19	0.58	-1.40	0.09	-0.31
Reattività 2	-0.01	0.07	-0.18	0.54	1.45	0.08	0.32
Recupero 2	0.01	0.05	0.13	0.43	-1.32	0.10	-0.30
Reattività 3	0.02	0.10	-0.02	0.76	0.25	0.40	0.06
Recupero 3	-0.04	0.06	0.04	0.58	-0.59	0.28	-0.13
Frequenza Cardiaca (bpm)							
Reattività 1	9.94	10.75	6.47	5.81	2.16	0.02	0.48
Recupero 1	-10.23	9.03	-6.01	5.29	-3.65	<0.001	-0.82
Reattività 2	12.63	11.94	8.29	6.77	1.97	0.03	0.44
Recupero 2	-12.98	9.61	-7.74	6.45	-3.61	<0.001	-0.81
Reattività 3	9.71	8.54	11.50	9.41	-0.72	0.24	-0.16
Recupero 3	-7.77	6.25	-9.28	9.37	0.66	0.26	0.15
Aritmia Sinusale Respiratoria (HR _{Max} -HR _{Min})/b							
Reattività 1	3.38	11.39	2.21	7.05	0.38	0.36	0.08
Recupero 1	-1.54	8.96	-1.61	6.80	0.04	0.49	0.01
Reattività 2	4.83	12.96	4.21	11.43	0.18	0.43	0.04
Recupero 2	-1.04	10.22	-4.09	10.31	1.08	0.15	0.24
Reattività 3	20.09	22.94	22.50	32.74	-0.26	0.40	-0.06
Recupero 3	-15.08	20.04	-14.2 4	26.04	-0.11	0.46	-0.03

Dall'analisi della variabilità della frequenza cardiaca è emerso che i partecipanti allo studio hanno beneficiato dell'intervento soprattutto in termini di un migliore recupero psicofisico a seguito della reattività allo stress. Più specificatamente, l'analisi del parametro delle LF evidenzia una minore reattività cardiaca durante la somministrazione del secondo stressor oggettivo ed una migliore oscillazione simpato-vagale nel recupero a seguito dello stressor soggettivo.

Tabella 31. Confronto pre-post intervento dei valori della reattività e del recupero dei valori della *Heart Rate Variability* del Profilo Psicofisiologico da Stress (N=20).

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
log-LF (ms ²)							
Reattività 1	-0.08	0.84	-0.09	0.70	0.08	0.47	0.02
Recupero 1	0.13	0.79	-0.01	0.63	0.85	0.20	0.19
Reattività 2	0.14	0.74	-0.17	0.85	1.48	0.08	0.33
Recupero 2	0.08	0.74	0.13	0.71	-0.25	0.40	-0.06
Reattività 3	0.37	0.87	0.28	0.76	0.38	0.36	0.08
Recupero 3	-0.13	0.89	0.16	0.58	-1.80	0.04	-0.40
LF% (nu)							
Reattività 1	-3.00	22.30	-3.87	27.82	0.14	0.45	0.03
Recupero 1	0.28	22.09	3.75	25.94	-0.76	0.23	-0.17
Reattività 2	1.01	16.85	-10.40	25.30	1.95	0.03	0.44
Recupero 2	-2.24	22.67	6.61	27.19	-1.36	0.10	-0.30
Reattività 3	-3.98	19.03	-11.65	27.79	0.86	0.20	0.19
Recupero 3	1.20	20.04	12.54	26.13	-1.50	0.08	-0.33
log-HF (ms ²)							
Reattività 1	0.03	0.90	0.10	0.55	-0.29	0.39	-0.06
Recupero 1	0.21	0.79	-0.23	0.53	1.91	0.04	0.43
Reattività 2	0.20	0.84	0.14	0.92	0.22	0.42	0.05
Recupero 2	0.08	0.83	-0.14	0.83	0.90	0.19	0.20
Reattività 3	0.54	1.14	0.72	0.96	-0.51	0.31	-0.11
Recupero 3	-0.12	1.09	-0.29	0.75	0.64	0.26	0.14
HF% (nu)							
Reattività 1	8.12	14.56	3.22	19.91	0.91	0.19	0.20
Recupero 1	0.08	18.87	-6.51	18.65	1.41	0.09	0.32
Reattività 2	3.78	15.50	4.08	16.57	-0.05	0.48	-0.01
Recupero 2	0.04	17.44	-5.21	17.16	1.04	0.16	0.23
Reattività 3	9.41	20.16	12.32	21.16	-0.39	0.35	-0.09
Recupero 3	-1.61	22.82	-11.60	16.87	1.51	0.07	0.34
log-LF/HF ratio (ms ²)							
Reattività 1	-0.11	0.41	-0.19	0.66	0.51	0.31	0.11
Recupero 1	0.01	0.43	0.22	0.61	-1.82	0.04	-0.41
Reattività 2	-0.03	0.38	-0.30	0.56	1.68	0.06	0.38
Recupero 2	0	0.48	0.26	0.64	-1.52	0.07	-0.34
Reattività 3	-0.14	0.48	-0.44	0.66	1.52	0.07	0.34
Recupero 3	0.01	0.54	0.43	0.58	-2.52	0.01	-0.56

I valori medi di tutti i parametri psicofisiologici rilevati in ogni fase del profilo psicofisiologico sono riassunti nelle Figure dalla 5 alla 16.

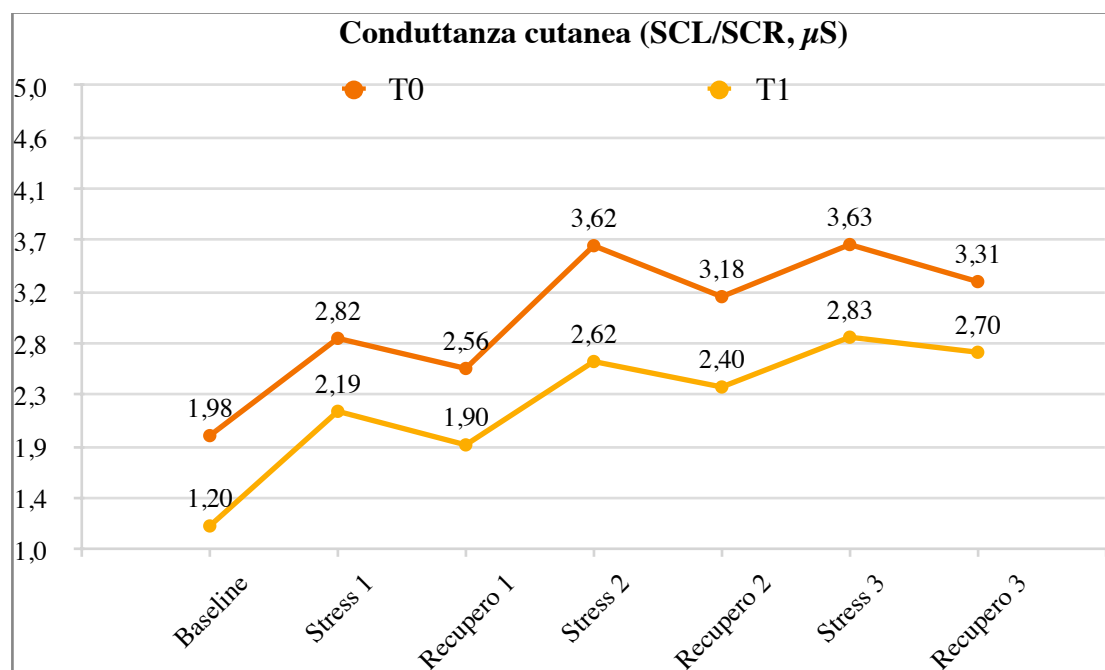


Figura 5. Andamento dei valori della conduzzanza cutanea (in μS) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

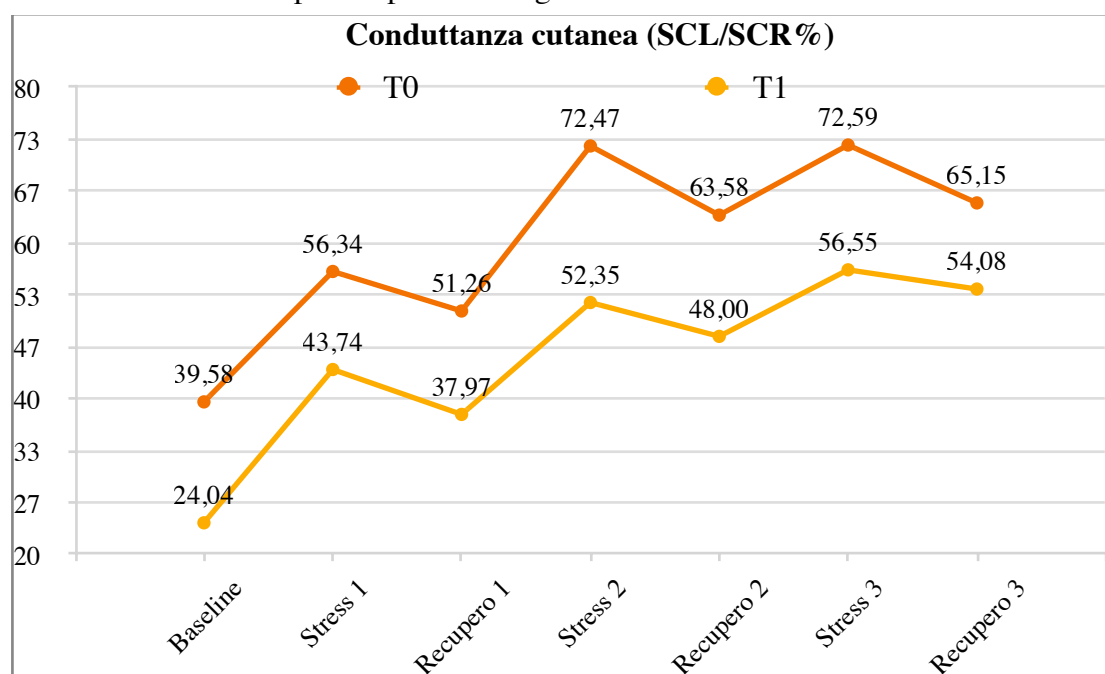


Figura 6. Andamento dei valori della conduzzanza cutanea (in percentuale) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

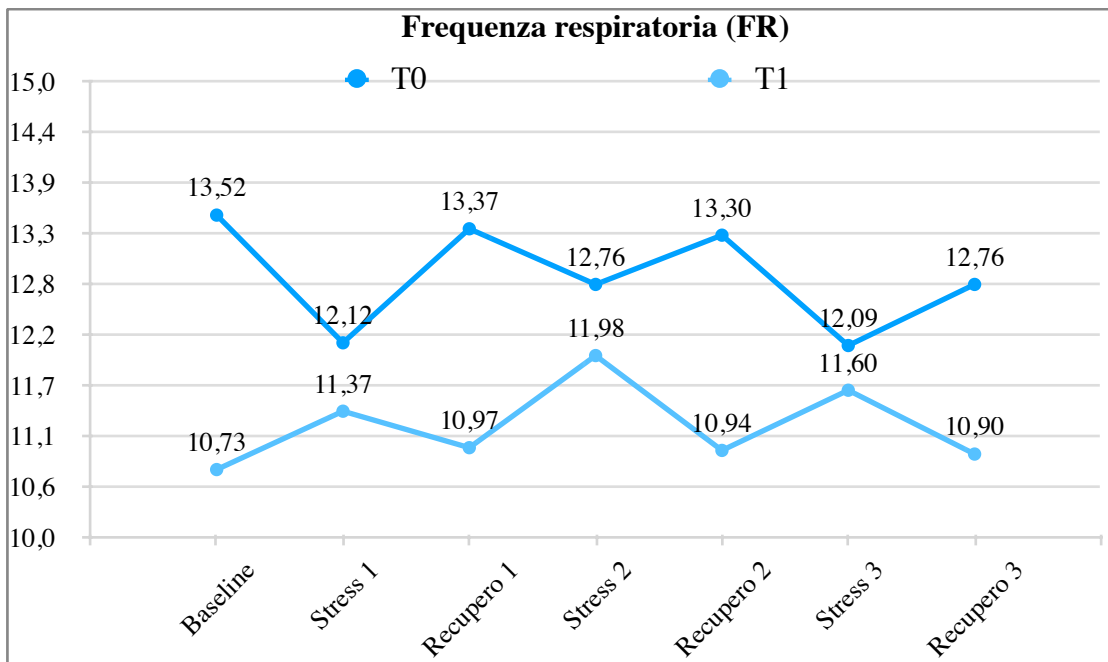


Figura 7. Andamento dei valori della frequenza respiratoria nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

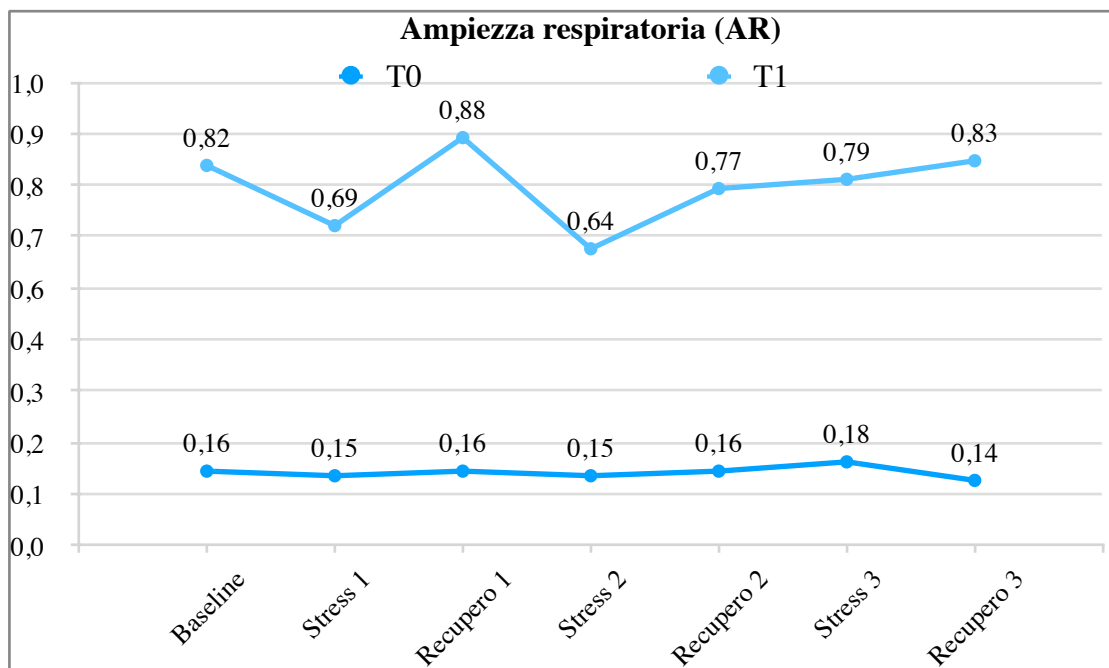


Figura 8. Andamento dei valori dell'ampiezza respiratoria nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

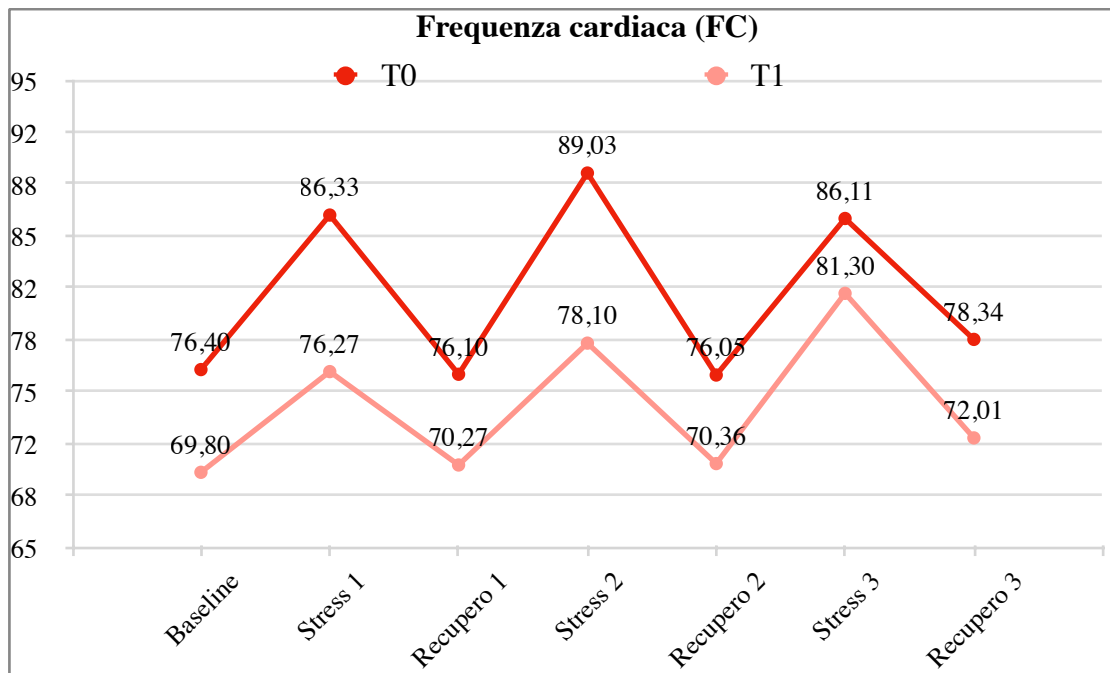


Figura 9. Andamento dei valori della frequenza cardiaca nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

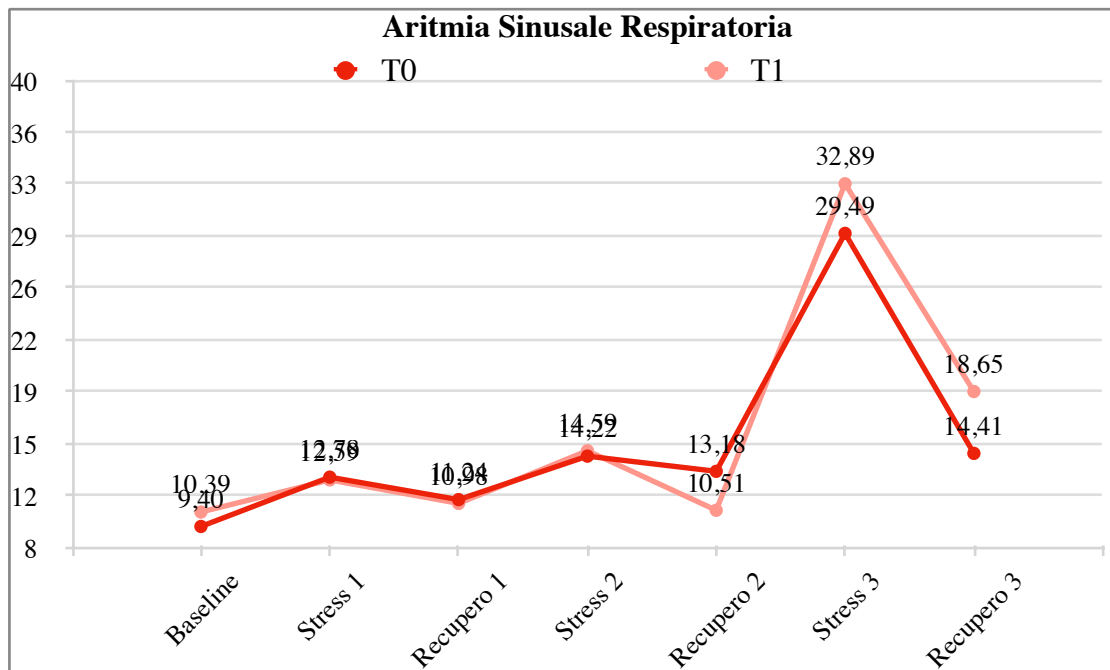


Figura 10. Andamento dei valori dell'aritmia sinusale respiratoria nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

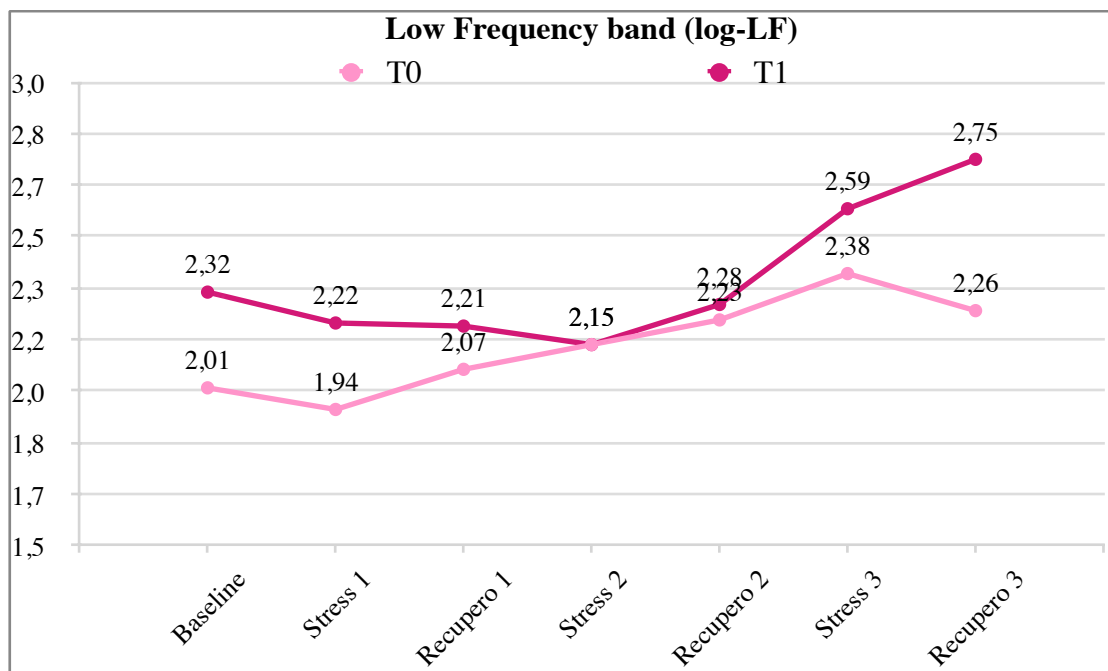


Figura 11. Andamento dei valori delle LF-HRV (in scala logaritmica) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

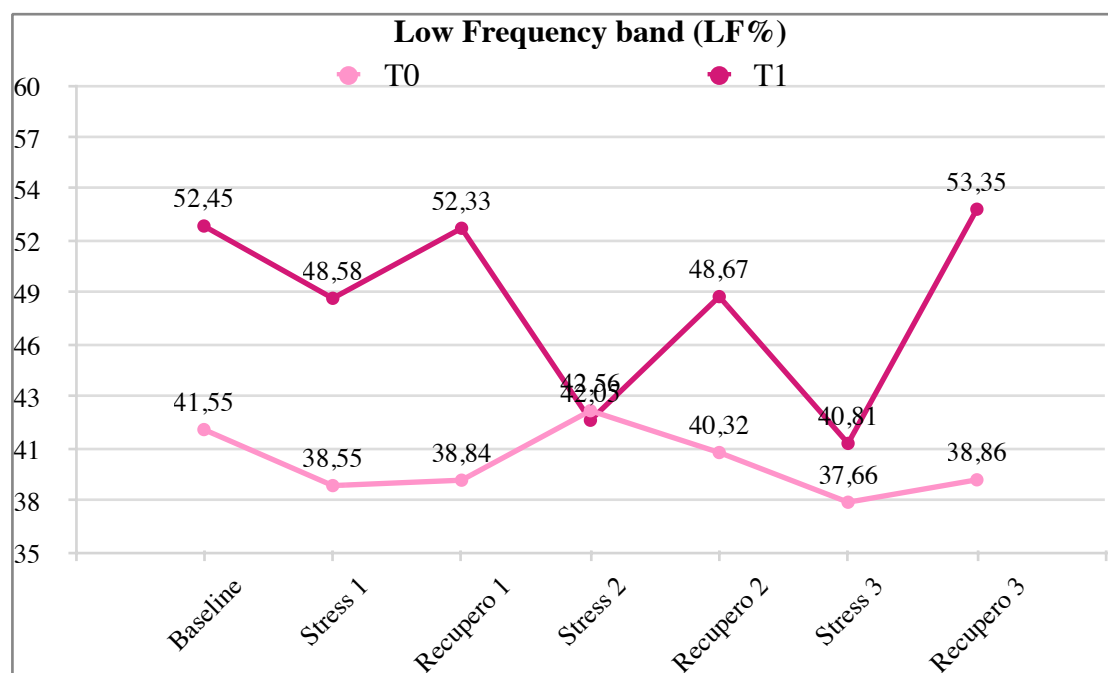


Figura 12. Andamento dei valori delle LF-HRV (in percentuale della varianza) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

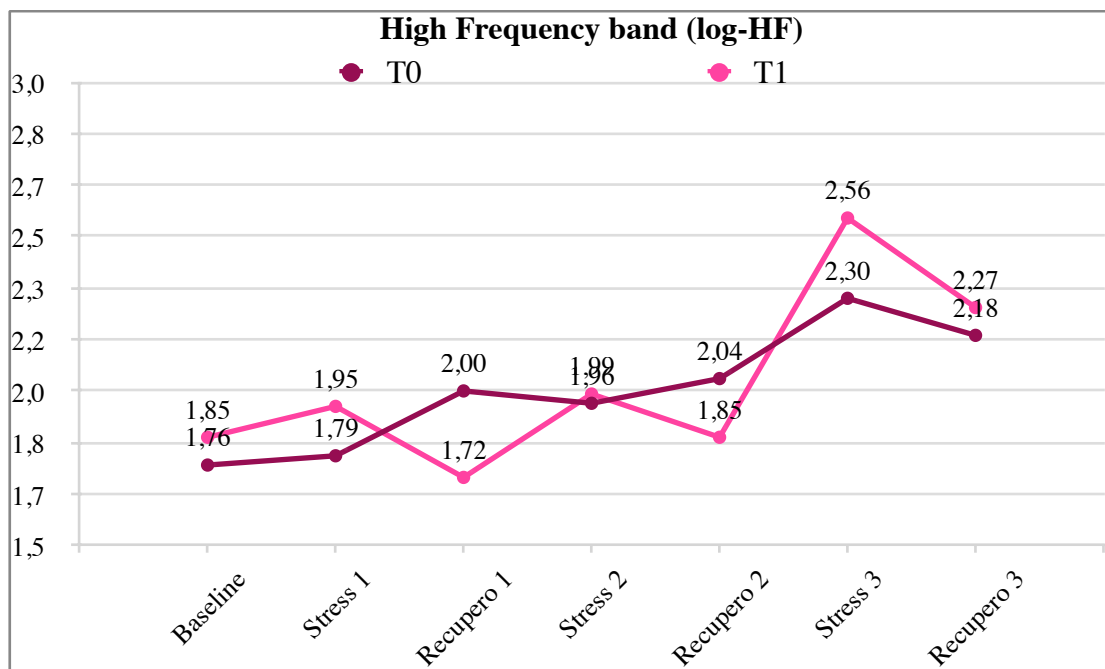


Figura 13. Andamento dei valori delle HF-HRV (in scala logaritmica) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

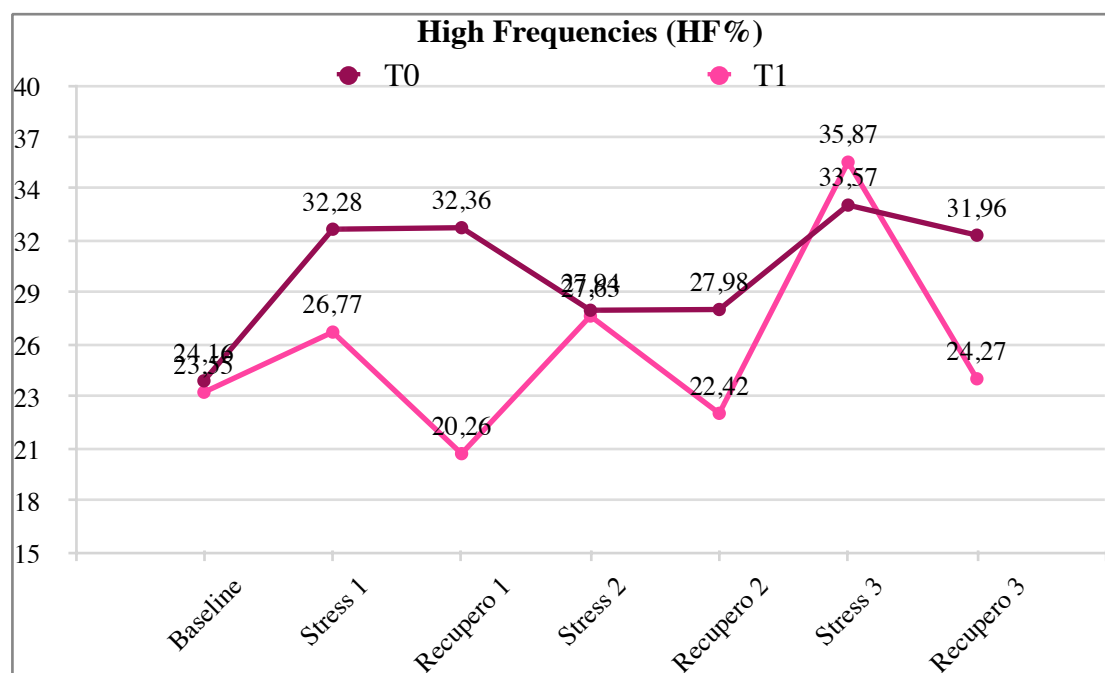


Figura 14. Andamento dei valori delle HF-HRV (in percentuale della varianza) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

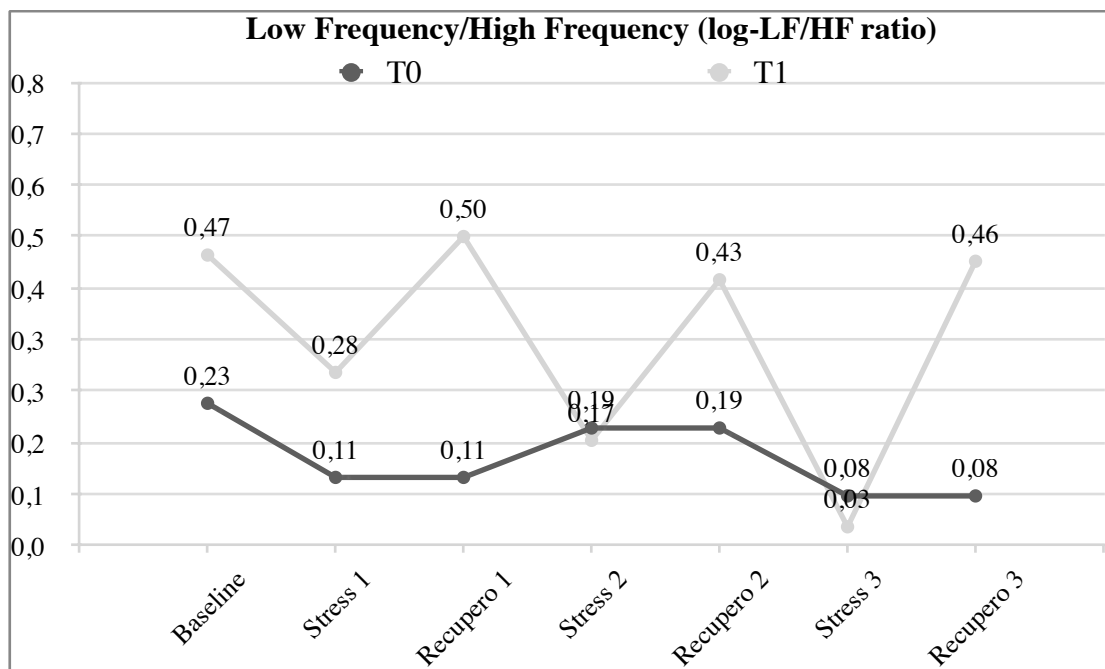


Figura 15. Andamento dei valori della log-LF/HF ratio (in scala logaritmica) nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

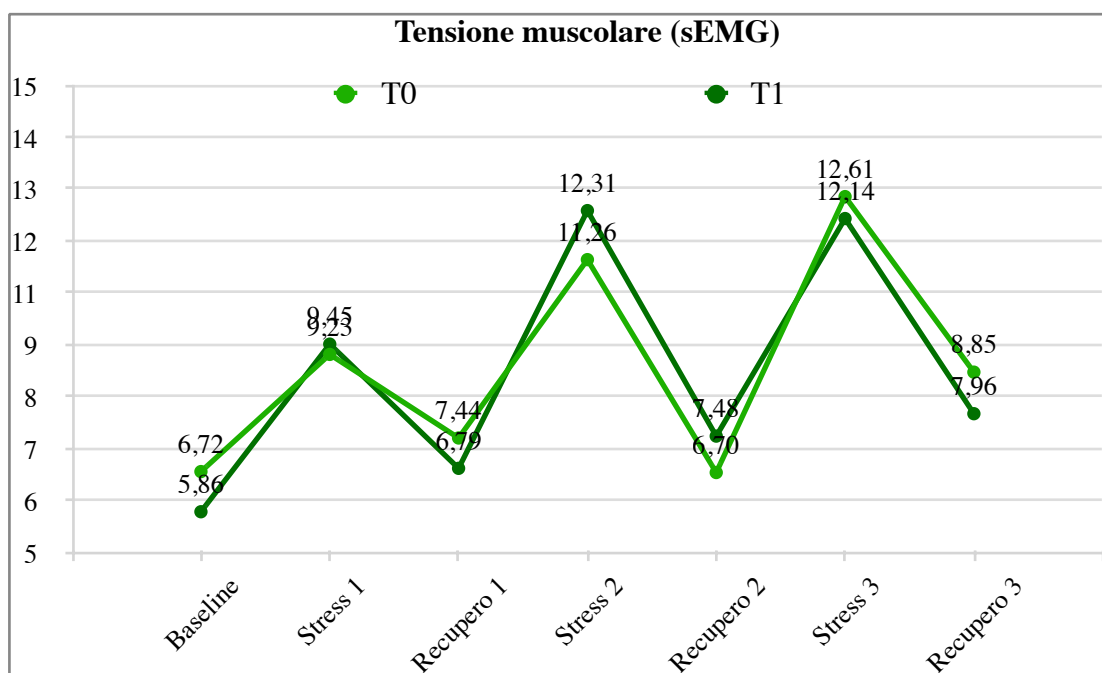


Figura 16. Andamento dei valori della tensione muscolare di superficie nelle diverse fasi del profilo psicofisiologico da stress a T0 ed a T1.

3.2.2.3. CONFRONTO PRE-POST DELLA COERENZA CARDIACA

Per quanto riguarda i valori rilevati con il software *HeartMath*, sono stati presi in considerazione il CI e l'AS (Tabella 32).

Tabella 32. Confronto pre-post intervento degli indicatori di coerenza cardiorespiratoria del software *HeartMath*.

	T0		T1		t	p	Cohen's D
	M	SD	M	SD			
CI INIZIALE / OTTIMALE	1.29	0.57	3.10	1.05	-8.67	<0.001	-2.24
CI TOTALE							
Coherence Coach	2.88	1.21	3.55	1.38	-1.67	0.06	0.38
Cardiac Coherence	2.69	1.20	3.25	1.42	-1.70	0.05	0.38
AS TOTALE							
Coherence Coach	153.55	83.81	185.26	83.39	-1.33	0.10	-0.30
Cardiac Coherence	94.30	64.41	200.80	173.81	-2.96	0.004	-0.66
%CI INIZIALE							
Coherence Coach	13.10	29.51	137.34	73.71	0.32	0.38	0.08
Cardiac Coherence	-3.80	54.26	42.40	79.99	-1.81	0.04	-0.40
%AS INIZIALE							
Coherence Coach	63.59	179.29	46.80	88.96	0.67	0.26	0.16
Cardiac Coherence	92.37	101.01	145.87	231.03	-1.04	0.16	-0.23
%CI OTTIMALE							
Coherence Coach	-3.80	46.59	14.08	33.44	-1.03	0.16	0.24
Cardiac Coherence	-9.44	50.53	5.07	35.35	-1.01	0.16	-0.23
FREQUENZA CARDIACA							
Coherence Coach	77.00	7.90	73.32	8.20	1.75	0.05	0.40
Cardiac Coherence	75.20	7.88	72.00	9.11	1.61	0.06	0.36

Come precedentemente descritto nel Capitolo 2, durante la prima seduta dell'intervento veniva calcolata la frequenza di risonanza, ossia la frequenza respiratoria corrispondente al maggior CI individuale. Nonostante il CI fosse

mediamente pari a 3,10 (SD=1,05) e la frequenza respiratoria maggiormente associata ad elevata coerenza fosse pari a 6,75 atti in un minuto (SD=1,52), la coerenza durante la respirazione normale scendeva a 1,29 (SD=0,59) e gli atti respiratori si collocavano mediamente su 10,73 (SD=3,63). Tra il CI ottimale e quello rilevato a baseline, infatti, vi era una differenza significativa a T0.

Nel corso delle varie sedute proposte, entrambi gli indici del software *HeartMath* (il CI e l'AS) hanno subito un incremento significativo, sebbene sia maggiormente evidente nelle attività di *Cardiac Coherence* (Figure 17 e 18) piuttosto che nell'esercizio del *Coherence Coach* (Figure 19 e 20).

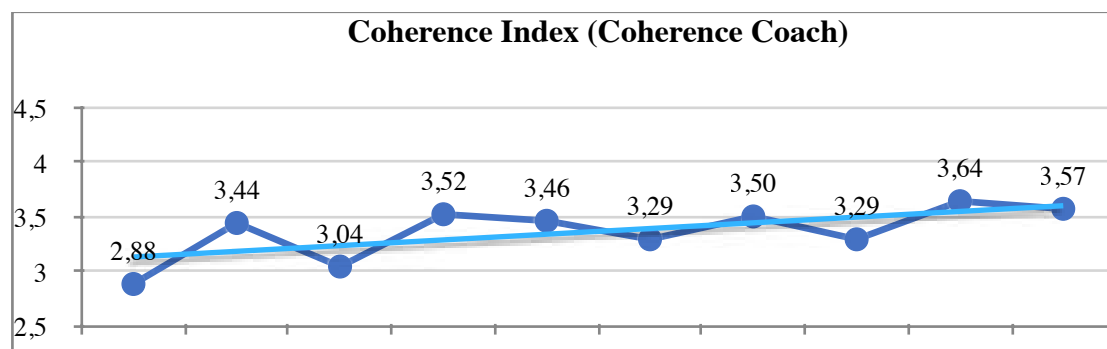


Figura 17. Andamento dei valori del *Coherence Index* durante l'esercizio del *Coherence Coach* nelle varie sedute.

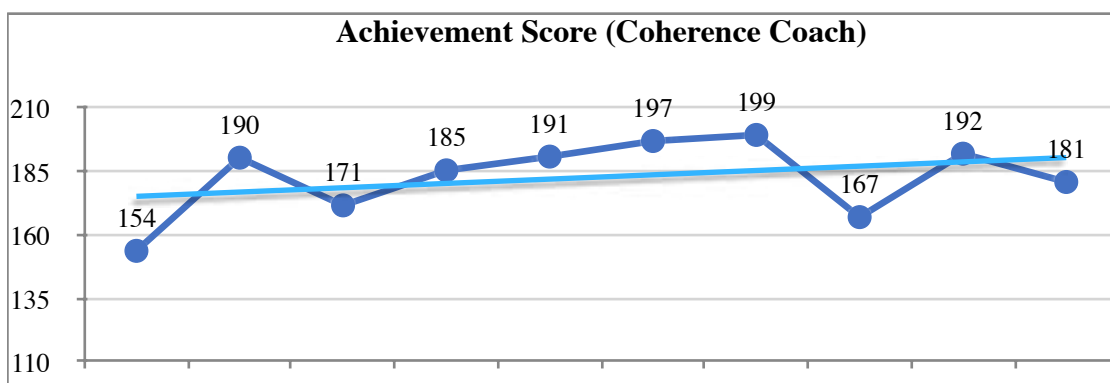


Figura 18. Andamento dei valori dell'*Achievement Score* durante l'esercizio del *Coherence Coach* nelle varie sedute.

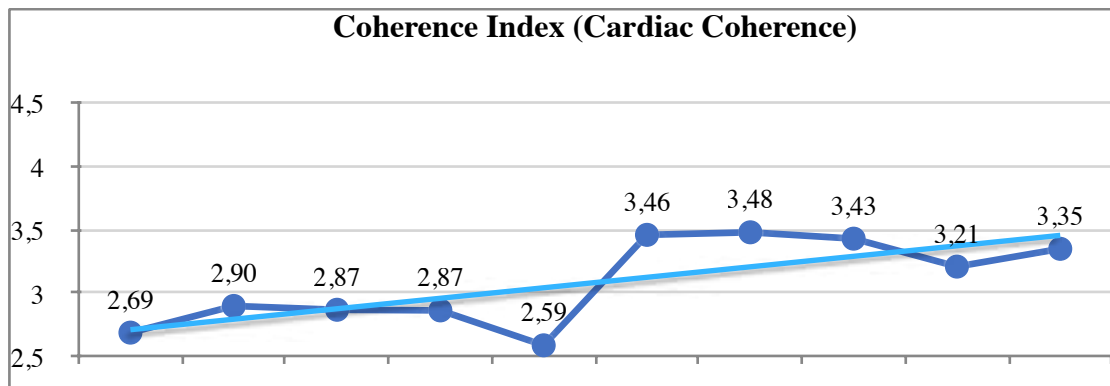


Figura 19. Andamento dei valori del *Coherence Index* durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* nelle varie sedute.

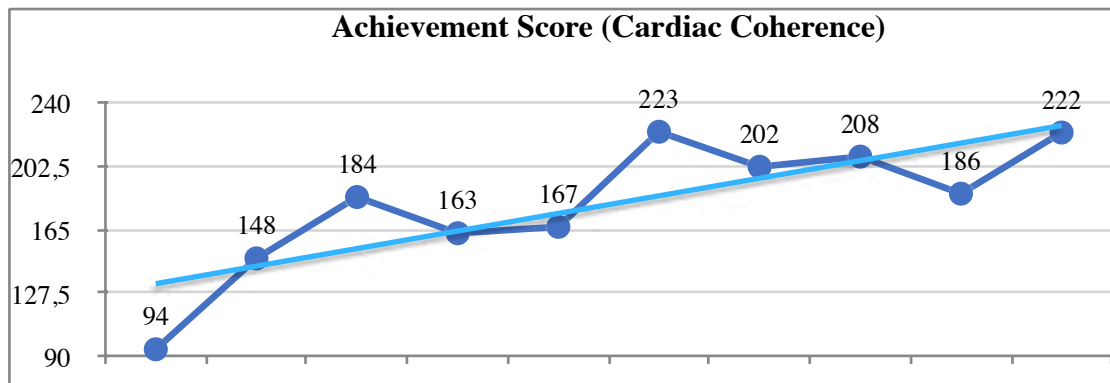


Figura 20. Andamento dei valori dell'*Achievement Score* durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* nelle varie sedute.

Coerentemente, la frequenza cardiaca è diminuita da T0 a T1, sia durante il *Coherence Coach* (Figura 21) che gli esercizi di *Cardiac Coherence* (Figura 22), nonostante in questo ultimo caso il *p-value* si sia solamente avvicinato al limite della significatività (Tabella 32).

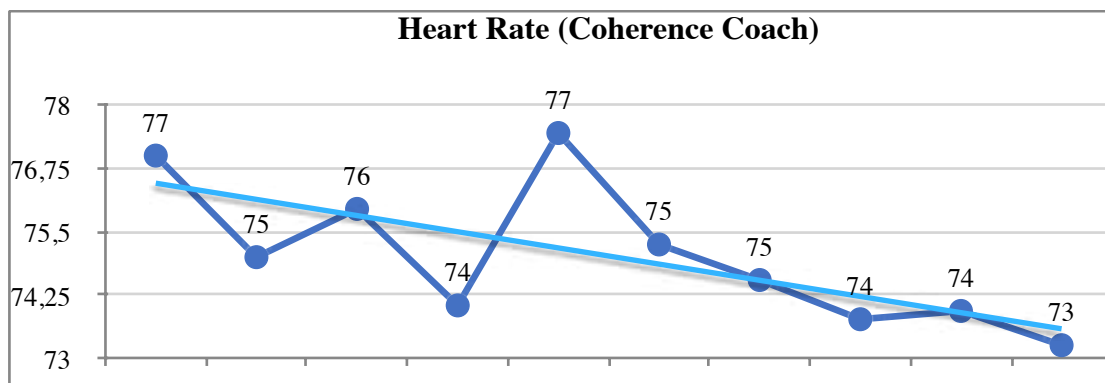


Figura 21. Andamento dei valori della frequenza cardiaca durante l'esercizio del *Coherence Coach* nelle varie sedute.

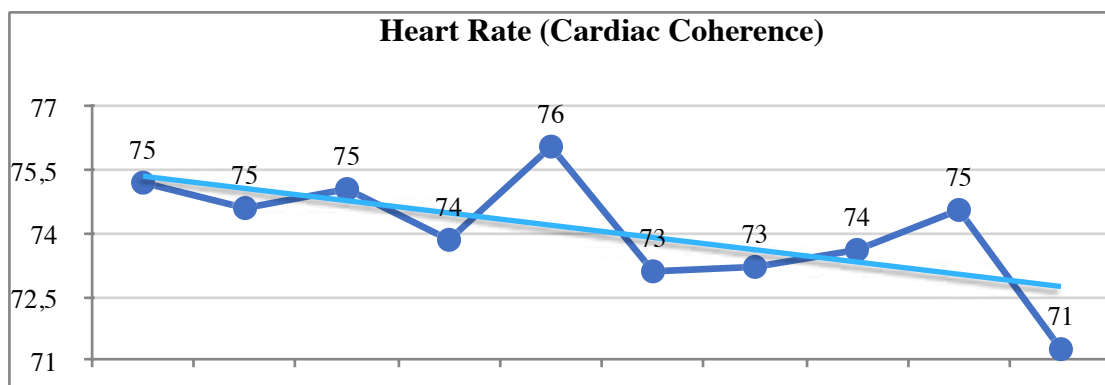


Figura 22. Andamento dei valori della frequenza cardiaca durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* nelle varie sedute.

Un incremento significativo a favore della coerenza cardiorespiratoria è anche stato confermato considerando la percentuale di cambiamento di CI. In particolare, un miglioramento dal CI iniziale a quello finale (% CI INIZIALE) è stato osservato sia mediante l'attività del *Coherence Coach* (Figura 23) che durante quelle di *Cardiac Coherence* (Figura 24), sebbene la significatività statistica sia stata raggiunta solamente nel secondo caso (Tabella 32).

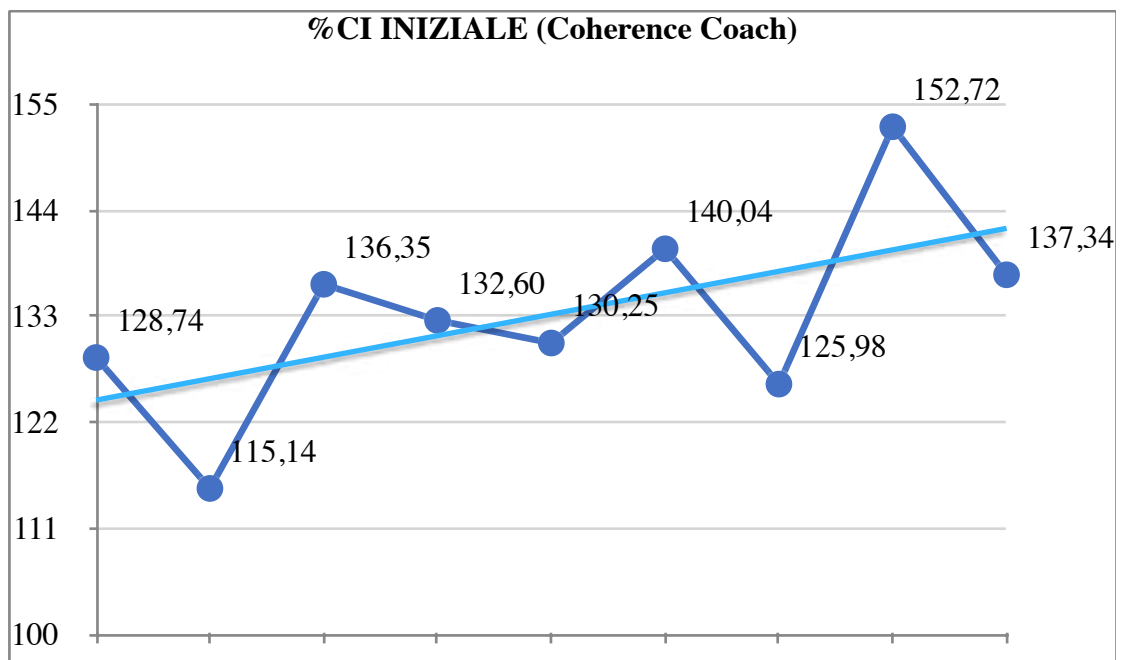


Figura 23. Andamento della variazione in percentuale del CI INIZIALE durante l'esercizio del *Coherence Coach* nelle varie sedute.

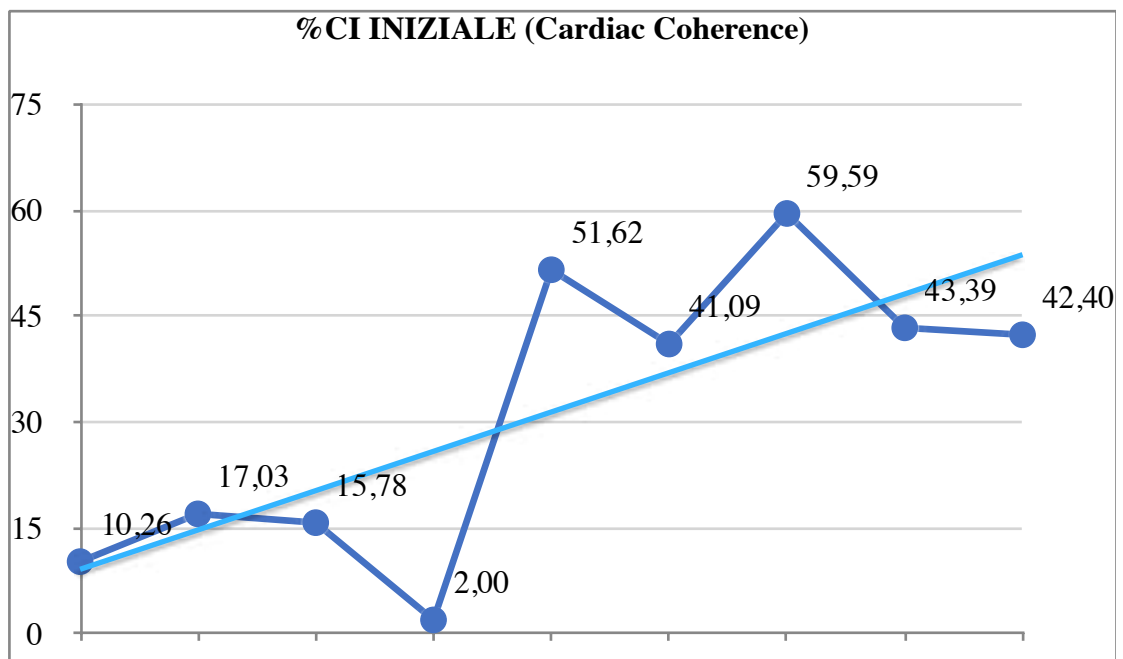


Figura 24. Andamento della variazione in percentuale del CI INIZIALE durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* nelle varie sedute.

Per quanto riguarda l'incremento in percentuale dell'indicatore AS non è stata riportata una differenza significativa tra la percentuale di cambiamento ottenuta in un'ultima seduta rispetto alla prima. Tale dato risulta di più facile interpretazione se si osservano i grafici riportati nelle Figure 25 e 26.

Il trend rappresentato evidenzia un andamento scarsamente lineare. Al contrario, si evidenzia un forte scadimento del valore %AS INIZIALE soprattutto nelle prime sedute ed un netto incremento dalla quinta in poi, seduta nella quale venivano proposti esercizi di immaginazione guidata rispetto a ricordi positivi e gratificanti.

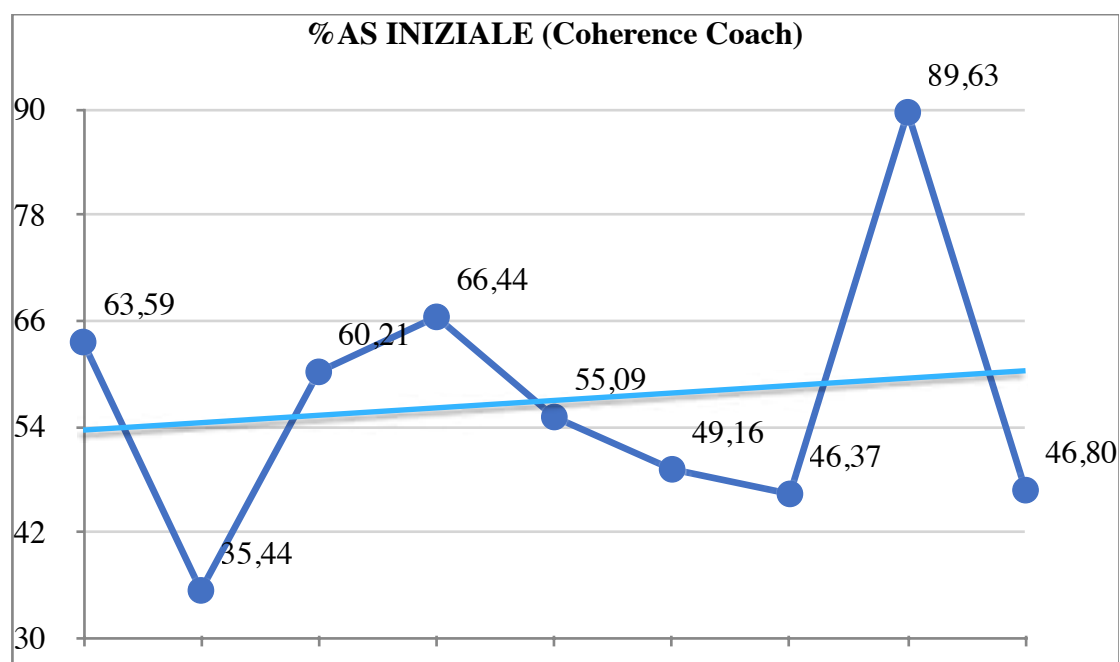


Figura 25. Andamento della variazione in percentuale dell'AS INIZIALE durante l'esercizio del *Coherence Coach* nelle varie sedute.

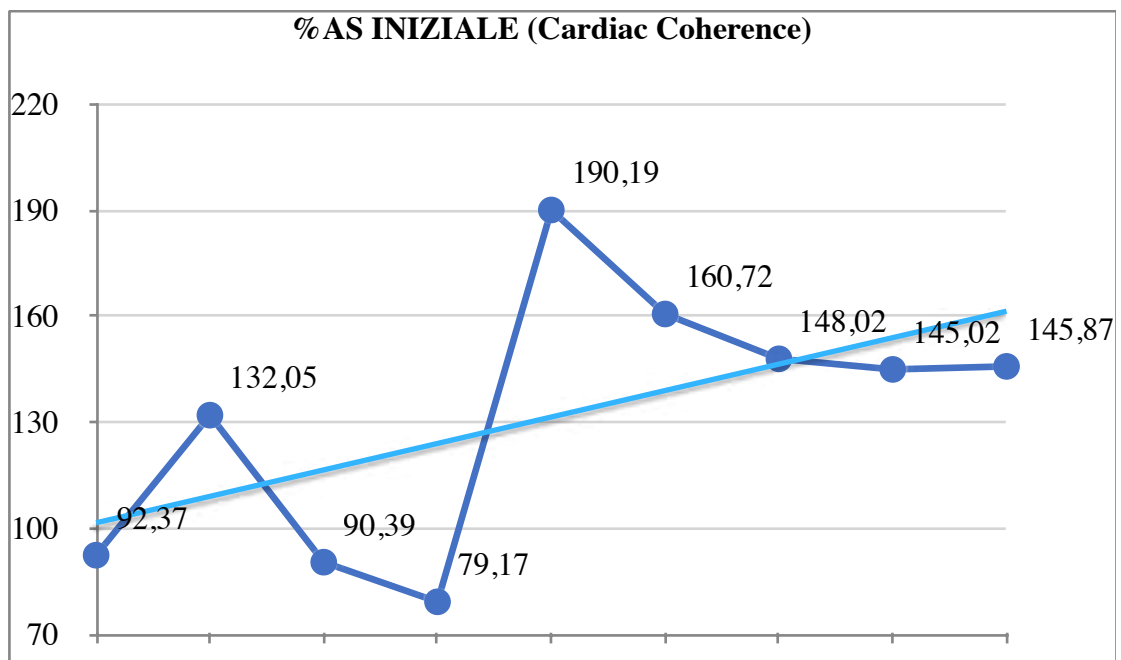


Figura 26. Andamento della variazione in percentuale dell'AS INIZIALE durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* nelle varie sedute.

In ultimo, si può notare un trend positivo considerando il parametro del %CI OTTIMALE, che risulta più marcato durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* (Figura 27) che non durante il *Coherence Coach* (Figura 28).

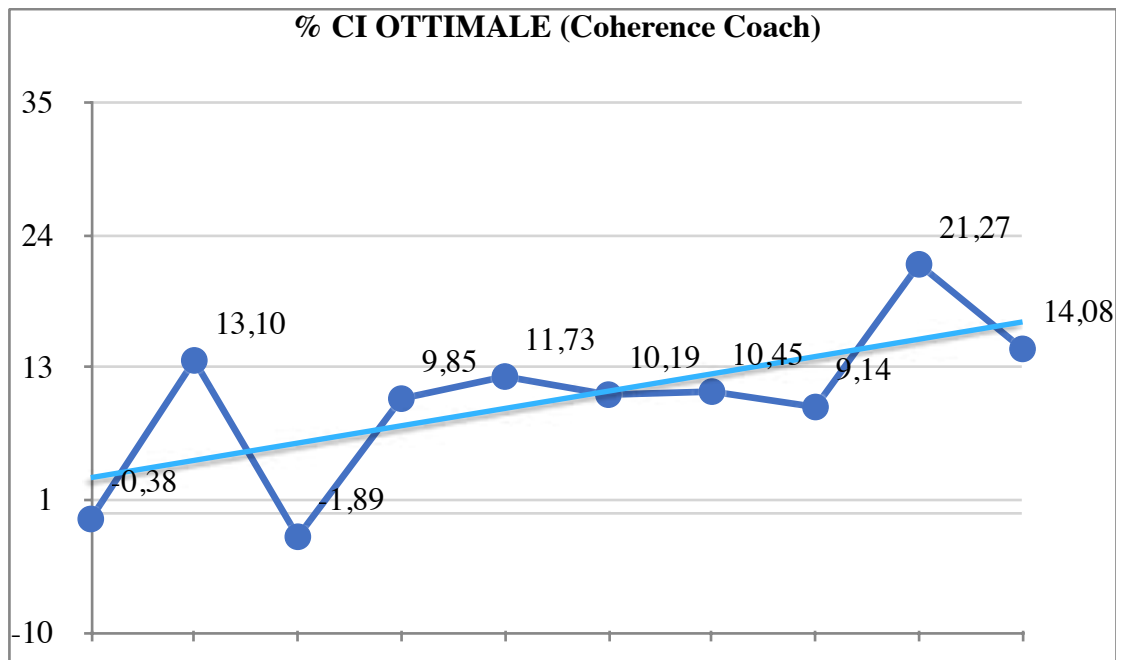


Figura 27. Andamento della variazione in percentuale del CI OTTIMALE durante l'esercizio del *Coherence Coach* nelle varie sedute.

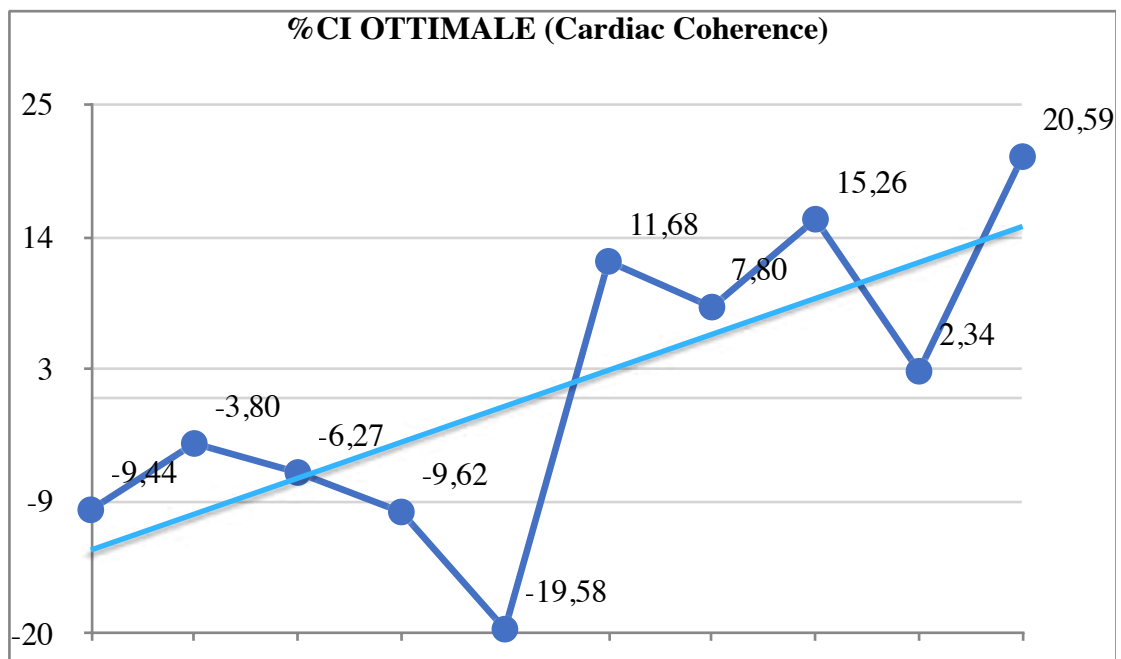


Figura 28. Andamento della variazione in percentuale del CI OTTIMALE durante gli esercizi di *Cardiac Coherence* nelle varie sedute.

L'assenza di differenza significativa tra il CI OTTIMALE calcolato in prima seduta e la percentuale di variazione ottenuta nell'ultima seduta (%CI OTTIMALE) è a conferma del fatto che la CI ottimale sia stata raggiunta al termine del protocollo sperimentale.

3.3. ANALISI DEI PREDITTORI DI EFFICACIA DELL'INTERVENTO

L'analisi dei predittori di efficacia dell'intervento è stata condotta considerando i valori di CI e AS. Più specificatamente, sono state considerate come variabili dipendenti:

- il cambiamento nel tempo in percentuale di CI corrispondente alla frequenza di risonanza (%CI OTTIMALE), sia durante il *Coherence Coach* che durante le attività di *Cardiac Coherence*;
- il cambiamento nel tempo in percentuale di CI iniziale (%CI INIZIALE), sia durante il *Coherence Coach* che durante le attività di *Cardiac Coherence*;
- il cambiamento nel tempo in percentuale di AS iniziale (%AS INIZIALE), sia durante il *Coherence Coach* che durante le attività di *Cardiac Coherence*;
- il numero di sedute necessarie a raggiungere spontaneamente il CI corrispondente alla frequenza di risonanza, sia durante il *Coherence Coach* che durante le attività di *Cardiac Coherence*.

Poiché era stato ipotizzato che alcune caratteristiche psicologiche potessero essere connesse all'efficacia dell'intervento di CCT, tra le variabili indipendenti sono state inserite:

- il fattore *Caseness*: è stato associato un punteggio di 1 a persone che risultavano positive al SCL-90-R, ossia avevano un punteggio T pari o superiore a 63 in almeno due scale cliniche o al GSI, rilevati a T0;
- il punteggio totale del PSQ rilevati a T0;
- i fattori C, E, G, L, O e Q4 di personalità del 16PF rilevati a T0;
- i valori di baseline, di reattività e di recupero della conduttanza cutanea, sia μS che in percentuale, rilevati a T0.

Tutte le correlazioni erano parziali e controllate per le seguenti variabili: genere (il punteggio di 0 corrispondeva a maschio ed 1 a femmina), età, fumo (il punteggio di 1 corrispondeva a tabagismo), attività fisica (il punteggio di 1 corrispondeva a svolgimento di sport almeno abituale), farmaci (il punteggio di 1 corrispondeva ad assunzione di farmaci con effetti sul sistema autonomo) e psicofarmaci (il punteggio di 1 corrispondeva ad assunzione di psicofarmaci con effetti sul sistema autonomo).

I risultati hanno evidenziato che il %CI OTTIMALE durante il *Coherence Coach* correla negativamente con i fattori A, B, L e Q4 del 16PF. In altre parole, l'incremento nel CI rispetto quello ottimale risulta ostacolato dalla tendenza all'emotività espressa, al ragionamento astratto, da elevati livelli di vigilanza e di tensione ansiosa.

Per quanto riguarda il valore %CI INIZIALE durante il *Coherence Coach*, ossia il cambiamento nel tempo del CI calcolato dalla prima seduta, è stato notato che esso incrementa al decrescere del fattore N del 16PF, ad indicare una migliore coerenza in persone scarsamente smaliziate.

La %AS INIZIALE durante il *Coherence Coach*, ossia il cambiamento nel tempo espresso in percentuale dell'AS in prima seduta, correlava negativamente con il punteggio totale del PSQ ed il fattore N del 16PF ed era positivamente associato con i fattori A ed O, ad indicare un migliore incremento della coerenza cardiaca in presenza di tratti della personalità che predispongono all'internalizzazione del coping nonché la disponibilità all'autoapertura.

Infine, il numero di sedute necessarie per raggiungere il CI OTTIMALE calcolato in prima seduta durante il *Coherence Coach* era positivamente associato ai fattori F e Q3 del 16PF nonché al valore della reattività al secondo stressor della conduttanza cutanea.

Tabella 33. Correlazioni parziali tra gli indicatori di coerenza cardiorespiratoria del software *HeartMath* registrati durante il *Coherence Coach* e le variabili psicologiche e psicofisiologiche selezionate.

	%CI OTTIMALE	%CI INIZIALE	% AS INIZIALE	NUM. SEDUTE PER RAGGIUNGERE CI OTTIMALE
SCL-90-R - Caseness	-	-	-	-
PSQ - Totale	-	-	-0.50*	-
16PF - C	-	-	-	-
16PF - E	-	-	-	-
16PF - G	-	-	-	-
16PF - L	-0.51*	-	-	-
16PF - O	-	-	0.67**	-
16PF - Q4	-0.59*	-	-	-
SCL, μ S	-	-	-	-
SCR, μ S Reattività 1	-	-	-	-
SCR, μ S Recupero 1	-	-	-	-
SCR, μ S Reattività 2	-	-	-	-
SCR, μ S Recupero 2	-	-	-	0.77**
SCR, μ S Reattività 3	-	-	-	-
SCR, μ S Recupero 3	-0.47*	-	-	-

Tabella 33. Correlazioni parziali tra gli indicatori di coerenza cardiorespiratoria del software *HeartMath* registrati durante il *Coherence Coach* e le variabili psicologiche e psicofisiologiche selezionate.

	%CI OTTIMALE	%CI INIZIALE	% AS INIZIALE	NUM. SEDUTE PER RAGGIUNGERE CI OTTIMALE
SCL%	-	-	-	-
SCR% Reattività 1	-	-	-	-
SCR% Recupero 1	-	-	-	-
SCR% Reattività 2	-	-	-	-
SCR% Recupero 2	-	-	-	0.77**
SCR& Reattività 3	-	-	-	-
SCR% Recupero 3	-	-	-	-

Legenda: CI = Coherence Index; AS = Achievement Score; SCL90-R = Symptom Checklist-90-Revised; PSQ = P Stress Questionnaire; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = < 0.001 .

Per quanto riguarda i medesimi indicatori rilevati durante gli esercizi di *Cardiac Coherence*, le analisi hanno evidenziato che il valore di %CI INIZIALE, ossia il cambiamento nel tempo del CI calcolato dalla prima seduta, era significativamente correlato al fattore C del 16PF nonchè ai valori del recupero in seguito al primo stressor oggettivo ed allo stressor soggettivo della conduttanza cutanea. In altri termini, le abilità di autoregolazione delle emozioni, evidenti sia a livello di tratti stabili della personalità che di recupero psicofisico in seguito ad uno stimolo stressante, possono facilitare l'incremento di CI rispetto la seduta iniziale.

La %AS INIZIALE, intesa come il cambiamento nel tempo espresso in percentuale dell'AS rispetto la prima seduta, era positivamente associato ai fattori C e G del 16PF e negativamente correlato al Q2. In altre parole, adeguate abilità di autoregolazione delle emozioni e di autocontrollo, insieme ad un buon livello di autonomia ed indipendenza, favorivano l'incremento del valore cumulativo del CI.

Nondimeno, anche in questo caso si è osservato che il valore del recupero della conduttanza cutanea è positivamente associato a tale indicatore.

Infine, i fattori G e Q2 del 16PF erano anche associati al numero di sedute necessarie per raggiungere il CI OTTIMALE calcolato in prima seduta durante le attività di *Cardiac Coherence*.

Tabella 34. Correlazioni parziali tra gli indicatori di coerenza cardiorespiratoria del software *HeartMath* registrati durante le attività di *Cardiac Coherence* e le variabili psicologiche e psicofisiologiche selezionate.

	%CI OTTIMALE	%CI INIZIALE	% AS INIZIALE	NUM. SEDUTE PER RAGGIUNGERE CI OTTIMALE
SCL-90-R - Caseness	-	-	-	-
PSQ - Totale	-	-	-	-
16PF - C	-	0.65**	0.50*	-
16PF - E	-	-	-	-
16PF - G	-	-	0.48*	0.52*
16PF - L	-	-	-	-
16PF - O	-	-	-	-
16PF - Q4	-	-	-	-
SCL, μ S	-	-	-	-
SCR, μ S Reattività 1	-	-	-	-
SCR, μ S Recupero 1	-	0.66**	0.66**	-
SCR, μ S Reattività 2	-	-	-	-
SCR, μ S Recupero 2	-	-	-	-
SCR, μ S Reattività 3	-	-	-	-
SCR, μ S Recupero 3	-	-	0.56*	-
SCL%	-	-	-	-
SCR% Reattività 1	-	-	-	-
SCR% Recupero 1	-	0.65**	0.66**	-
SCR% Reattività 2	-	-	-	-
SCR% Recupero 2	-	-	-	-
SCR& Reattività 3	-	-	-	-
SCR% Recupero 3	-	0.47*	0.63*	-

Legenda: CI = Coherence Index; AS = Achievement Score; SCL90-R = Symptom Checklist-90-Revised; PSQ = P Stress Questionnaire; 16PF-C = Stabilità emozionale; 16PF-E = Dominanza; 16PF-G = Coscienziosità; 16PF-L = Vigilanza; 16PF-O = Apprensività; 16PF-Q4 = Tensione.

Note: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = < 0.001 .

4. DISCUSSIONI

Lo studio condotto ha coinvolto un gruppo di professionisti sanitari, lavoratori dipendenti presso l'*Ospedale Privato Accreditato San Giacomo* di Ponte dell'Olio in provincia di Piacenza. La maggior parte dei partecipanti era di genere femminile, aveva una laurea, era sposata e con figli. Specificatamente considerando le caratteristiche lavorative, essi rispettavano un contratto *full-time* con orario unico e si ritenevano abbastanza o molto gratificati dalla loro mansione, mediamente soddisfatti del compenso economico e ritenevano di godere di un buon supporto sociale grazie alla rete dei colleghi.

Alcune caratteristiche emerse mediante l'analisi della scheda anamnestica del CBA2.0 riguardavano la qualità del sonno e la propria percezione di salute mentale. Nello specifico, era emerso che circa una persona su cinque lamentava segni di insonnia precoce, che sempre una persona su cinque soffriva di risvegli notturni ed una minor parte segnalava risvegli precoci verosimilmente riconducibili ad insonnia tardiva. Coerentemente con quanto rilevato, vi era una percentuale tra il 13 ed il 14% di persone che faceva uso di benzodiazepine per facilitare il sonno mentre alcune di queste assumevano SSRI o SNRI per regolare l'umore e facilitare il mantenimento di una discreta qualità della vita. È interessante anche il dato riguardante la percezione di avere disturbi mentali: il 35% del campione riteneva di avere problemi di lieve entità ed un 30% riferiva di avere vissuto eventi stressanti o traumatici nel periodo seguente la pandemia. Nondimeno, il 10% dei partecipanti era in carico presso uno specialista della salute mentale.

Per quanto riguarda la rilevazione dei sintomi psicologici, il questionario SQ ha evidenziato punteggi al di sopra della soglia di significatività clinica per l'ansia, la depressione, le somatizzazioni e l'ostilità. Coerentemente con quanto appena riportato, anche le scale delle somatizzazioni e della depressione del SCL-90-R avevano un punteggio definibile come moderato (punti T > 55), nonostante sia un questionario dotato di spiccata specificità clinica. In aggiunta, anche la scala delle ossessioni e delle compulsioni era elevata e superava una deviazione standard rispetto la popolazione normativa. Il punteggio del GSI al di sopra dei 55 punti T evidenziava una condizione di generale distress percepito.

Infine, per quanto riguarda lo stato di attivazione psicofisiologica, è emerso che la media del battito cardiaco a riposo era ai limiti superiori del range di normalità mentre il rapporto LF/HF al polo opposto, ad indicare uno stato di lieve iperattivazione simpatica associato a ridotta variabilità della frequenza cardiaca.

L'associazione tra i sintomi psicologici e l'attivazione psicofisiologica evidenziava una condizione coerente con il concetto di stress psicofisico, facilmente comprensibile alla luce del periodo in cui è stata effettuata la rilevazione e della categoria professionale coinvolta.

La comunità scientifica è concorde nel ritenere lo stress un fenomeno complesso, innescato da un elemento interno o esterno che rappresenta una minaccia fisica o psicologica all'omeostasi dell'individuo (De Witte et al., 2019). Una valutazione multidimensionale è fondamentale per cogliere le risposte dell'organismo che coinvolgono tanto il piano cognitivo-verbale, quanto quello comportamentale-motorio e quello emotivo-psicofisiologico (Bali & Jaggi 2015). Lo stress lavoro-correlato, come anche quello dovuto a condizioni familiari o associato a malattie

mediche o fisiche (come il dolore cronico), può rappresentare uno degli elementi stressanti maggiormente rilevanti nella vita delle persone.

Come già accennato nel corso del primo capitolo, lo stress psicofisico sul posto di lavoro è oggetto di numerosi ed approfonditi studi. Ricerche precedenti hanno dimostrato che molteplici aspetti dell'ambiente di lavoro possono essere percepiti come stressanti, tra cui lo scarso controllo sulla propria mansione, l'assenza di contributo al processo decisionale o la sensazione che le interazioni e le decisioni quotidiane manchino di equità (Duijts et al., 2007; Harter et al., 2002; Jarczoka et al., 2013). Sebbene queste caratteristiche possano influenzare la soddisfazione lavorativa e portare a una riduzione della produttività (Harter et al., 2002), a un aumento dell'assenteismo e del turnover dei lavoratori (Duijts et al., 2007) e avere conseguenze economiche sostanziali per il datore di lavoro (Kirsten, 2010), altri studi hanno descritto il ruolo di specifici moderatori, tra i quali figurano le caratteristiche psicosociali che evidenziano la capacità della rete sociale di allentare la tensione ansiosa (Elovainio et al., 2006; Karasek, 1979).

L'aspetto primariamente evidenziato dalla *American Psychiatric Association* (2016) è il rischio sostanziale per la salute, rappresentato dalla presenza di alti livelli di stress, ai quali non fa seguito un recupero sufficientemente efficace. Infatti, vivere uno stress acuto o lieve non è di per sé disadattivo o malsano, poiché sono le esperienze ad elevata intensità emotiva o le risposte prolungate di stress ad esercitare un impatto negativo, sia sulla salute mentale che su quella fisica con, di nuovo, rilevanti costi economici ad essi associati (Cooper & Dewe 2008).

I livelli di stress sono incrementati significativamente negli ultimi anni e soprattutto a seguito della pandemia da Sars-Cov-19. A titolo di esempio, già un

sondaggio condotto dalla *American Psychological Association* nel 2017 aveva mostrato che il 75% degli americani aveva sperimentato almeno un sintomo di stress (ad esempio, nervosismo, irritabilità o faticabilità ed astenia) nel mese precedente l'indagine, con un incremento del 4% rispetto alla misurazione condotta nell'anno precedente (De Witte et al., 2019).

Come già evidenziato precedentemente e documentato dal presente lavoro, le situazioni stressanti possono evocare cambiamenti in diversi parametri psicofisiologici tutti connessi alla risposta allo stress, ossia la frequenza cardiaca, la variabilità della frequenza cardiaca, la pressione sanguigna, l'attività elettrodermica e la frequenza respiratoria (Chrousos & Gold 1992; Jarczok et al., 2013; Lin et al., 2011), giusto per citarne alcuni. La valutazione degli indici fisiologici dello stress può, quindi, rappresentare un utile indicatore dello stato di benessere o di malessere della persona, poiché non soffre dei *bias* di segnalazione o di desiderabilità sociale, come invece accade con i questionari di auto-somministrazione.

Più recentemente, la comunità scientifica che si occupa di psicofisiologia clinica sta focalizzando la propria attenzione sullo studio delle funzioni del nervo vago, che ricopre un ruolo significativo nella salute psicofisica e nelle malattie organiche (Darwin, 1872; Porges, 2007), in quanto è stato costantemente dimostrato che le misure dell'HRV hanno associazioni indipendenti con la mortalità e la morbilità (Porges, 2007; Thayer et al., 2010). È stato ormai più volte documentato che una significativa riduzione del tono vagale, una misura affidabile e non invasiva del controllo neurale del cuore (Thayer et al., 2012), rappresentato da vari indici della HRV sia nei domini del tempo che della frequenza, sia associato allo stress sul lavoro (Chandola et al., 2010).

La letteratura sull'argomento rimane controversa, in quanto vi sono studi che non hanno riscontrato associazioni significative tra le misure di stress lavoro-correlato e l'HRV. Ciononostante, altre ricerche ancora hanno evidenziato come le ragioni dei risultati contrastanti possano essere ricondotte alle differenze di genere oppure anche all'età (Kivimäki et al., 2006; Jarczok et al., 2013). Nondimeno, vi sono fattori, quali specifiche malattie (come le coronaropatie, l'ipertensione e il diabete), comportamenti correlati allo stile di vita (come fumo, assunzione di alcol e caffeina (Koenig et al., 2013)) oppure ancora lo svolgimento di attività fisica, in grado di esercitare un effetto rilevante sul tono vagale cardiaco (Takada et al., 2010). Pertanto, secondo una revisione sistematica della letteratura, la definizione precisa dei criteri di inclusione e di esclusione nonché delle covariate è fondamentale per l'individuazione ed il controllo dei potenziali fattori confondenti.

Una volta tenute in considerazione le covariate, la letteratura scientifica ha già evidenziato le correlazioni esistenti tra i sintomi psicologici ed i parametri dell'HRV. Ad esempio, uno studio, che aveva come obiettivo quello di indagare la possibilità di considerare l'HRV come fattore diagnostico per distinguere tra pazienti depressi e controlli sani prima di un trattamento antidepressivo, aveva riscontrato differenze significative tra i gruppi di pazienti e gli individui eutimici. Nello specifico, il campione rappresentato da pazienti con depressione mostrava valori di potenza HF inferiori rispetto ai controlli sani. Gli autori avevano interpretato il risultato come una ridotta capacità del sistema nervoso parasimpatico di regolare la frequenza cardiaca tramite la sua attività vagale (Hartmann et al., 2019).

Risultati interessanti erano ancora emersi dallo studio della reattività e del recupero psicofisico. L'assenza di reattività, ossia una ridotta flessibilità fisiologica

(Fisher et al., 2010; Hoehn-Saric & McLeod, 2000; Hoehn-Saric et al., 2004), si riferisce all'assenza della variabilità prevista ed attesa. In altri termini, ci si attende un'alterazione dell'omeostasi a seguito della presentazione di uno stimolo stressante, generalmente osservabile dall'andamento dei parametri psicofisiologici quali frequenza cardiaca (Hoehn-Saric et al., 1989; Thayer et al., 1996) e attività elettrodermica (Hoehn-Saric et al., 1989, 2004), nonché catecolamine (Forsman, 1980), cortisolo (Hubert & de Jong-Meyer, 1992) ed elettroencefalografia (Inz, 1991). Si è visto che l'assenza di flessibilità fisiologica è facilmente osservabile in pazienti con ansia generalizzata (Brown et al., 1998). Mentre alcuni autori hanno ipotizzato che questo fenomeno derivi dall'inibizione del sistema nervoso simpatico (Hoehn-Saric et al., 1989), altri hanno, invece, sostenuto che potrebbe essere dovuto a riduzioni croniche del tono parasimpatico (Lyonfields et al., 1995). Si è ipotizzato che la maggiore attenzione rivolta all'attivazione psicofisiologica e l'aumentata percezione dei sintomi somatici ad essa connessa sarebbe superiore e spiegherebbe la relazione contraddittoria tra il livello di attivazione riferito e l'arousal psicofisiologico effettivo. In altre parole, l'esperienza di elevata attivazione riportata da individui con ansia generalizzata potrebbe riflettere distorsioni cognitive e attenzionali in presenza di valori di parametri psicofisiologici che rientrano nel range atteso. Un'altra spiegazione possibile per questo pattern di risposta allo stress farebbe riferimento all'elevata sensibilità nei confronti dell'attivazione ansiosa. Gli individui con ansia generalizzata, quindi, potrebbero sperimentare sia un livello di arousal psicofisiologico cronicamente elevato sia una ridotta flessibilità in risposta a stressor acuti (Fisher et al., 2010).

Anche considerando sindromi caratterizzate da una risposta acuta a stimoli traumatici, come il *post-traumatic stress disorder* (PTSD), vi sono risultati interessanti. Un lavoro di Schneider e Schwerdtfeger (2020) ha enfatizzato le differenze nel tono vagale tra pazienti con PTSD e controlli. Nello specifico, considerando i valori di RMSSD e delle HF dell'HRV era stata confermata una minore attività parasimpatica nel gruppo sperimentale nonchè una frequenza cardiaca significativamente più elevata. Nondimeno, la presentazione di uno stimolo stressante determinava un incremento del battito cardiaco ed una riduzione del tono vagale, nonostante le dimensioni dell'effetto fossero ridotte.

L'incremento della frequenza cardiaca in condizioni stressanti o traumatiche è in linea con l'ipotesi della reattività di Obrist (1976), secondo la quale l'accumulo di risposte cardiovascolari disregolate può portare al mantenimento di indici cardiovascolari costantemente elevati anche a riposo (Lee et al., 2022). Coerentemente, la marcata reattività allo stress è un marcatore di rischio per lo sviluppo e la progressione delle malattie cardiovascolari (Chida & Steptoe, 2010; Matthews et al., 2004b). Poiché anche il recupero psicofisico a seguito di uno stress è un altro meccanismo importante nella regolazione autonoma, si ritiene che il PTSD possa essere un fattore di rischio cardiovascolare proprio in considerazione del fatto che il ripristino dei valori di base (pre-stress) è scarso se non assente (González et al., 2019; Norte et al., 2013). Uno studio di Lee e colleghi condotto nel 2022 ha descritto interessanti relazioni tra i sintomi psicologici e la reattività cardiaca. In particolare, gli autori avevano notato che la tendenza a mettere in atto comportamenti di evitamento era associata a una predominanza parasimpatica (un rapporto tra LF ed HF più basso)

mentre il contrario (un rapporto tra LF ed HF più alto) era osservabile in associazione a minori sintomi cognitivi e minore alterazione dell'umore.

Rispetto lo studio della reattività psicofisiologica, alcuni ricercatori hanno dimostrato che le caratteristiche individuali possono influenzare la risposta allo stress (Matthews et al., 2001; Meurs et al., 2022). Ad esempio, per quanto riguarda le malattie cardiovascolari, si è osservato che alcune persone sono iper-reattive alle stimolazioni ambientali (Nabi et al., 2013; Yao et al., 2019). In questi casi, quindi, sarebbe l'interazione della persona con il suo contesto a modulare la risposta allo stress. Spunti interessanti sono stati offerti proprio da Cattell (1966) e da Spielberger (1966), i quali sono stati tra i primi a distinguere tra ansia di stato e ansia di tratto. La prima componente dell'ansia sarebbe uno stato emotivo transitorio e spiacevole con intensità variabile nel tempo, mentre l'ansia di tratto descriverebbe una propensione a sperimentare frequentemente ansia di stato (Saviola et al., 2020; Spielberger, 1983). Un individuo, quindi, può sperimentare ansia di stato ed essere costituzionalmente ansioso o meno. Numerosi ricercatori si sono interessati allo studio di come gli individui che sperimentano stress cronico rispondono quando si trovano di fronte a uno stressor acuto e, nel complesso, i dati raccolti hanno restituito risultati contrastanti. Alcuni ricercatori hanno sostenuto che lo stress cronico produce livelli di eccitazione persistentemente elevati e iper-reattività alle richieste ambientali ed altri ricercatori ancora hanno supportato queste argomentazioni (Fleming et al., 1987; Lepore et al., 1997; McEwen & Stellar, 1993; McEwen, 2006) scoprendo che le persone che sperimentano stress cronico avevano risposte elevate della pressione sanguigna sistolica e diastolica e un recupero ritardato della pressione sanguigna diastolica agli stressor acuti di laboratorio. Tuttavia, un altro gruppo di ricercatori ha

sostenuto ciò che apparentemente sembra essere il contrario. Nel 1993, Schaubroeck e Ganster avevano trovato prove a sostegno delle loro ipotesi di ridotta reattività e recupero agli stressor acuti per coloro con esposizione cronica a richieste stressanti. Specificatamente considerando lo stress lavoro-correlato, gli autori avevano notato che i dipendenti che sperimentavano uno stato di distress cronico associato ad elevate e costanti richieste occupazionali avevano una minore reattività cardiovascolare e della temperatura cutanea alle stimolazioni indotte. Un altro studio aveva documentato ridotte risposte fisiologiche durante un compito stressante negli individui con stress cronico, come evidenziato dalla misurazione della pressione sanguigna e dei livelli di epinefrina (Matthews et al., 2001). Altri ricercatori avevano già offerto un'interpretazione a favore dell'ipo-reattività agli stimoli emozionali. In particolare, McGonagle e Kessler (1990) avevano argomentato risultati preliminari ipotizzando che l'esposizione a fattori di stress cronici riduce gli effetti di quelli acuti, probabilmente rendendo l'interpretazione di questi ultimi più benigna.

Il meccanismo neurobiologico che caratterizza tali stati, detti di *exhaustion*, è ben dettagliato nel modello di integrazione neuroviscerale, la cui spiegazione riparte dalla valutazione dello stress acuto che provoca, tramite l'influenza diretta dei circuiti corticali e limbici sul sistema nervoso autonomo, una dominanza temporale del sistema nervoso simpatico sul sistema nervoso parasimpatico. Tale meccanismo, di nuovo, sarebbe adattivo in quanto in grado di favorire e supportare la mobilitazione di energia per fronteggiare e superare (ossia valutare, combattere o fuggire) le richieste ambientali presenti (Wekenborg et al., 2022). Tuttavia, in caso di esperienze di stress durature (come, ad esempio, lo stress cronico), questa dinamica inizialmente adattiva si sposta verso uno stato di disregolazione consolidata, in cui l'influenza del sistema

simpatico è costantemente dominante mentre l'attività della branca parasimpatica è ridotta e/o inefficace (Thayer & Lane, 2009). L'aspetto cruciale nella spiegazione dell'*exhaustion* sarebbe legata al fatto che la disregolazione del parasimpatico determinerebbe un esaurimento energetico, rendendo impossibile, a quel punto, per l'individuo soddisfare le richieste ambientali (Thayer et al., 2012). Lo stress cronico porterebbe, conseguentemente, ad una riduzione del tono vagale e sarebbe visibile mediante una riduzione dei parametri connessi al cosiddetto *vagally-mediated HRV* (vmHRV) (Chandola et al., 2008).

Uno studio interessante è quello condotto da Wekenborg e colleghi (2022), i quali hanno esaminato la direzionalità e la specificità dell'associazione tra sintomi di esaurimento, tipici del *burnout*, anche lavorativo, ed i valori del vmHRV. I sintomi di esaurimento ed i valori del vmHRV sono stati monitorati per mezzo di quattro rilevazioni condotte nel periodo compreso tra il 2015 ed il 2018. I risultati, controllati per le covariate di età, sesso e BMI, hanno rivelato che la vmHRV prediceva significativamente i sintomi di esaurimento e non viceversa, evidenziando una forte associazione con il modello di integrazione neuroviscerale (Thayer & Lane, 2009), il quale propone che la disregolazione autonoma e, in particolare, del funzionamento vagale, sia in grado di tracciare una significativa relazione tra lo stress psicofisico cronico ed i sintomi soggettivi di esaurimento (Kemp et al., 2017). Gli stessi autori avevano anche notato che un miglioramento degli indici di vmHRV consentivano, viceversa, una riduzione dei sintomi di esaurimento (Bergmann et al., 2014).

Come già in precedenza accennato, è stato più volte notato che i fattori di personalità contribuiscono ad esperire maggiormente il distress cronico. Jackson et al. (2002) avevano scoperto che il pessimismo è un fattore in grado di moderare la

relazione tra stress percepito e malattia organica. Simili risultati erano stati osservati considerando l'affettività negativa (ossia la tendenza a sperimentare frequentemente sintomi psicologici e con importanti livelli di intensità) (Zellars et al., 2009). Nondimeno, una meta-analisi condotta da Chida e Hamer nel 2008 aveva già rivelato che l'ansia, il nevroticismo e l'affettività negativa riducevano il recupero cardiovascolare a seguito dello stress acuto.

Diversi ricercatori sono quindi concordi nel considerare la disregolazione autonoma come uno dei fattori coinvolti nella fisiopatologia di condizioni psichiatriche quali la depressione, l'abuso di sostanze, il disturbo di panico, l'ansia e persino la schizofrenia (Alvares et al., 2016; Shaffer & Ginsberg, 2017). Inoltre, il grado di disfunzione autonoma nelle sindromi psichiatriche può essere correlato ad una maggiore gravità dei sintomi e a peggiori esiti sulla salute in generale (Ramesh et al., 2023). Nonostante l'utilizzo dell'HRV come strumento diagnostico possa essere ancora controverso a causa delle numerose variazioni in base alla singola persona, la comprensione delle differenze interindividuali può essere facilitata alla luce delle variabili note per essere influenti e rappresentare un intervento proattivo (Gunnell et al., 2018).

Un esempio di strategia di intervento basata sulla regolazione dei processi psicofisiologici connessi allo stress è ben rappresentato dal *biofeedback*, tecnica che favorisce la gestione delle emozioni mediante l'acquisizione del controllo volontario dell'andamento degli indici psicofisiologici in tempo reale (Dillon et al., 2016). Allo stato attuale, l'avanzamento della *mHealth*, ossia dei dispositivi indossabili per il monitoraggio della salute, ha consentito di bypassare il grande svantaggio degli interventi basati sulla psicofisiologia, rappresentato dalla necessità di dispositivi di

grandi dimensioni oltre che costosi che riducevano la mobilità al di fuori del laboratorio (De Witte et al., 2019).

Il biofeedback sull'HRV maggiormente accreditato è quello basato sulla frequenza di risonanza (*resonant frequency-heart rate variability*, RF-HRV), che regola la respirazione a circa cinque-sei respiri al minuto. Tale ritmo corrisponde alla velocità associata alla frequenza di risonanza del sistema cardiovascolare, che corrisponde a circa 0,1 Hz (Hassett et al., 2007). Diversi studi hanno confermato che il RF-HRV può migliorare i sintomi di ansia (Reiner, 2008), le manifestazioni depressive (Karavidas, 2005) e alcune sindromi psicofisiologiche quali la fibromialgia (Hassett et al., 2007) e la broncopneumopatia cronica ostruttiva (Giardino et al., 2004).

Una delle tecniche che sta riscuotendo maggior successo per la gestione dello stress psicofisico mediante le tecniche di HRVB si basa sulle nozioni inerenti la coerenza cardiaca (Sarabia-Cobo, 2015). Dagli anni Ottanta, l'*Institute of HeartMath* esplora i meccanismi fisiologici tramite cui il cuore comunica con il cervello, esamina le modalità con cui si influenzano ed influenzano reciprocamente e tramite cui supportano l'elaborazione delle informazioni, delle percezioni, delle emozioni e, in generale, le condizioni di salute che caratterizzano l'integrazione mente-corpo. Gli autori di questo sistema affermano che "i ritmi cardiaci associati a emozioni positive sono chiaramente più coerenti, organizzati secondo uno schema stabile di onde sinusoidali ripetute". Un ritmo cardiaco coerente può, quindi, essere definito come un segnale relativamente armonico (simile a un'onda sinusoidale, appunto) con un picco molto stretto e di ampiezza elevata nella regione delle LF dell'HRV (circa 0,1 Hz)

(McCraty & Zayas, 2014). Il grado di coerenza cardiaca raggiunto viene convertito in un *feedback* per il paziente.

Il HRVB secondo il metodo *HeartMath*, oggetto della ricerca descritta in questo lavoro di tesi, si concentra sul cambiamento dell'affettività negativa, includendo anche esercizi di respirazione. Henriques e colleghi (2011) hanno testato la tecnica *Freeze-Frame* proposta dai ricercatori dell'istituto americano. Come formulata originariamente, la tecnica era un metodo strutturato in cinque fasi utile a trasformare la valenza dello stato di attivazione psicofisiologica da negativa in positiva. Nello specifico, ai soggetti era stato richiesto di fare quanto segue: (1) Riconoscere la sensazione stressante e prendersi una pausa; (2) Impegnarsi di spostare l'attenzione dalla mente o dalle emozioni all'area attorno al cuore; (3) Ricordare una sensazione o un momento positivo e gratificante e tentare di riviverli; (4) Utilizzare intuito, buon senso e sincerità per chiedere al proprio cuore quale sarebbe una risposta più adeguata alla situazione; e (5) Ascoltare la risposta del cuore alla domanda (Tiller et al., 1996).

Il modello della coerenza cardiaca assume che: (1) è lo stato funzionale dei sistemi psicofisiologici sottostanti l'omeostasi a determinare la gamma delle risposte utili all'adattamento, all'autoregolazione ed al coinvolgimento sociale. La sana variabilità fisiologica consente il reclutamento di energie per adattarsi in modo appropriato alle richieste ambientali; (2) l'attività oscillatoria tipica della frequenza cardiaca riflette le interazioni tra le diverse strutture neurali coinvolte nella regolazione del funzionamento del sistema nervoso centrale ed autonomo; (3) il processamento emozionale è in grado di riflettersi sul battito cardiaco indipendentemente dai cambiamenti nella quantità di HRV; (4) specifiche strutture

sottocorticali confrontano costantemente le informazioni derivanti dai sistemi sensoriali interni ed esterni con l'esperienza passata per valutare la presenza di stimoli di minaccia o di sicurezza nell'ambiente circostante; (5) la coerenza fisiologica o cardiaca si evidenzia mediante un modello di ritmo cardiaco più ordinato, simile a un'onda sinusoidale, associato a un aumento della HRV mediata dal vago, all'interazione tra ritmo respiratorio, pressione sanguigna e frequenza cardiaca e ad una maggiore sincronizzazione tra vari ritmi nel tracciato elettroencefalografico e nel ciclo cardiaco; (6) il vmHRV rappresenta un indice delle risorse cognitive ed emotive necessarie per un funzionamento efficiente in ambienti in cui la risposta ritardata e l'inibizione comportamentale sono fondamentali nella modulazione del comportamento; (7) le informazioni contenute negli intervalli inter-battito vengono comunicate attraverso più sistemi e aiutano a sincronizzare il sistema nel suo insieme; (8) i modelli dell'attività afferente cardiovascolare possono influenzare in modo significativo le prestazioni cognitive, l'esperienza emotiva e la capacità di autoregolamentazione tramite input al talamo, all'amigdala e ad altre strutture sottocorticali deputate al processamento emozionale; (9) l'aumento del "tasso di cambiamento" nei neuroni sensoriali cardiaci (trasduzione della pressione arteriosa, ritmo, ecc.) durante gli stati di coerenza cardiaca è in grado di inibire le vie talamiche del dolore talamico; (10) le emozioni positive auto-indotte possono favorire una migliore armonia dei sistemi psicofisiologici, con prestazioni migliorate e benessere generale.

Il modello della coerenza cardiaca, o psicofisiologica, attinge alla teoria dei sistemi dinamici validando l'importanza della sana variabilità fisiologica, dei meccanismi di *feedback* ed inibitori che favoriscono le interazioni reciproche tra i

sistemi neurali che sono alla base della stabilità dell'omeostasi e dell'adattabilità dell'organismo (Porges, 2007).

Lo stato mentale positivo caratterizzato da una buona coerenza cardiaca favorirebbe prestazioni elevate in risposta ad una attivazione psicofisiologica ottimale associata a percezione di minore stress e maggiore stabilità emotiva (Sarabia-Cobo, 2015).

Henriques e colleghi (2011) hanno validato l'efficacia del CCT in uno studio pilota e, successivamente, in uno studio più ampio. Lo studio pilota ha utilizzato il software di *biofeedback Freeze-Framer 2.0* (2005) di *HeartMath* rispettando i tre passaggi per quella che viene chiamata *Quick Coherence*: ossia (1) *Heart Focus*: “Sposta la tua attenzione sull'area del cuore”; (2) *Heart Breathing*: “Fai finta che il tuo respiro scorra dentro e fuori attraverso l'area del tuo cuore. Respira lentamente e delicatamente. Trova un ritmo interiore naturale che ti faccia sentire bene”; e (3) *Heart Feeling*: “Continua a respirare attraverso l'area del cuore. Ricorda una sensazione positiva e rivivila. Senti la sensazione di apprezzamento e di cura e mantienila”. Durante il secondo studio, è stato utilizzato il software *emWave PC 1.0 Quick Coherence* fornendo l'istruzione di respirare attraverso il cuore a una velocità di cinque o sei respiri al minuto. Questa frequenza respiratoria è la stessa utilizzata nei programmi di RF-BFB. Pertanto, Henriques e colleghi (2011) avevano combinato due fattori, ossia l'alimentazione di affetti positivi e la respirazione ritmata volta a raggiungere la frequenza di risonanza. I risultati dello studio pilota sono stati promettenti in quanto era stata riportata una riduzione dei livelli auto-riferiti di ansia ed alterazione dell'umore. Lo studio che è stato condotto successivamente dai medesimi autori era volto a superare le varie limitazioni, quali la ridotta dimensione

campionaria, la selettività del campione e l'assenza di un gruppo di controllo, tutti aspetti che sollevano dubbi sulla generalizzabilità dei risultati. La ricerca che ha coinvolto 35 persone aveva restituito diminuzioni significative nei sintomi psicologici (quali l'ansia) ma nessun cambiamento nel livello di coerenza.

Al contrario, uno studio di Sarabia-Cobo (2015) aveva riscontrato un'elevata coerenza cardiaca al termine dell'intervento di BFB nell'86,4% dei partecipanti, con differenze significative rispetto ai valori basali. Lo studio, che era stato condotto coinvolgendo sia professionisti che familiari di pazienti con demenza per favorire una migliore gestione dei sintomi connessi al burnout, aveva riscontrato benefici simili per entrambi i gruppi di partecipanti.

Uno studio rilevante è quello di Lin e collaboratori, condotto nel 2019, che ha evidenziato i benefici del BFB sull'HRV mediante uno studio randomizzato e controllato i cui benefici sono stati descritti prendendo in considerazione diverse dimensioni. Nello specifico, considerando i sintomi psicologici ed alcuni indicatori dell'attivazione neurovegetativa, come l'insonnia, sono stati descritti miglioramenti significativi nel gruppo sperimentale sia per quanto riguarda i sintomi di ansia e depressione che per la qualità del sonno e l'*arousal* pre-addormentamento. Nondimeno, è stata anche descritta una minore frequenza respiratoria e maggiori indici di HRV sia al post-test che al follow-up condotto a distanza di un mese dal termine del trattamento.

Già nel 2014 una revisione della letteratura effettuata da Schoenberg e David aveva effettivamente mostrato che il BFB può essere considerato un intervento efficace per il trattamento di diversi sintomi psichiatrici. Il BFB può essere considerato il trattamento d'elezione per la regolazione di meccanismi fisiologici

alterati, come nel caso dei disturbi stress correlati (Wheat & Larkin, 2010). Diverse ricerche, infatti, hanno riportato benefici fisiologici rilevanti paragonando il gruppo sperimentale a quello di controllo (Hallman et al., 2011; Sutarto et al., 2012; Whited et al., 2014). Il parametro maggiormente interessante era l'HRV, i cui valori nella fase di riposo (Hallman et al., 2011) ed in quella di recupero post-stress mostravano un decremento rilevante (Hallman et al., 2011; Nolan et al., 2005; Sutarto et al., 2012; Whited et al., 2014).

Nonostante i risultati promettenti fin qui descritti, De Witte e colleghi hanno sottolineato, nella loro revisione del 2019, che i meccanismi di cambiamento che sottendono gli interventi psicofisiologici sono ancora in gran parte sconosciuti. Gli autori hanno, infatti, enfatizzato i pochi studi che hanno indagato la relazione esistente tra i risultati fisiologici e quelli psicologici. Uno studio di Lemaire et al. del 2011, ad esempio, ha descritto la presenza di risultati psicologici a seguito dell'intervento di BFB, rispetto alla condizione di controllo. Altri studi ancora sono quelli di Berry et al. (2014), Dillon et al. (2016) e Kotozaki et al. (2014), i quali hanno notato benefici significativi sia sul piano fisiologico che psicologico. Ciononostante, De Witte et al. (2019) hanno calcolato che nel 38% degli studi che riportavano benefici a livello fisiologico venivano riscontrati anche livelli inferiori di stress. Ciononostante, nel 75% degli studi che rilevavano una riduzione significativa del livello di stress percepito si osservavano qualitativamente benefici sul piano psicofisiologico senza, tuttavia, raggiungere la significatività statistica.

I risultati ottenuti dalla presente ricerca hanno evidenziato benefici sia dal punto di vista psicofisiologico che psicologico, con differenze rilevanti sulle scale dell'ansia, della depressione, dell'ostilità e delle ossessioni e delle compulsioni.

Oltretutto, anche l'indicatore del GSI del SCL-90-R documentava una generale riduzione del disagio psicologico sperimentato, con un RCI superiore a 1.96 ed un decremento significativo per il 60% delle persone. Parallelamente, è stata anche documentata una migliore coerenza cardiaca, come mostrato dal parametro della *coherence index* dalla prima all'ultima seduta. Un'ulteriore evidenza a supporto di ciò è il raggiungimento della CI ottimale (ossia corrispondente alla frequenza di risonanza) al termine degli incontri proposti.

Vi sono poi alcune controversie anche per quanto riguarda l'identificazione dei parametri psicofisiologici utili ad una valutazione pre-post trattamento con BFB. La maggior parte degli studi in letteratura, ad esempio, riporta l'utilizzo dello stesso parametro sia per l'intervento che per la valutazione di efficacia. Per esempio, diversi studi di questo genere si sono focalizzati sull'andamento nel tempo della tensione muscolare del muscolo frontale (Allen & Blanchard, 1980; Murphy, 1984), della conduttanza cutanea (Teufel et al., 2013), della frequenza respiratoria (Mackay et al., 2015) e della HRV in diverse condizioni, quali lo stato di riposo, la risposta allo stress o la condizione di rilassamento (Berry et al., 2014; Hallman et al., 2011; Nolan et al., 2005; Siepmann et al., 2014; Sutarto et al., 2012; Whited et al., 2014). Altri studi hanno, invece, utilizzato indicatori fisiologici diversi da quelli trattati durante l'intervento di BFB. Ad esempio, Dillon et al. (2016) hanno valutato l'effetto del BFB della conduttanza cutanea misurando la frequenza cardiaca, Kotozaki et al. (2014) hanno rilevato il cortisolo salivare e i volumi di materia grigia come misure di esito per il BFB della frequenza cardiaca e del flusso sanguigno cerebrale, mentre Lemaire et al. (2011) e McCraty et al. (2009) hanno misurato l'efficacia dell'HRVB

analizzando le differenze pre-post intervento sulla frequenza cardiaca, sulla pressione sanguigna e sui livelli di cortisolo.

Anche in questo caso, considerando i valori dei parametri psicofisiologici rilevati nelle diverse fasi di registrazione, sono stati osservati benefici sul piano autonomico a seguito dell'intervento di HRVB. La riduzione dell'attivazione simpatica era evidente osservando i valori della conduttanza cutanea, sia a riposo pre- che post-stress. Inoltre, è stata registrata anche una minor frequenza cardiaca a riposo nonché una minore reattività alle stimolazioni ambientali. In aggiunta, un miglioramento dei parametri delle LF era evidente sia in termini di reattività che di recupero, ad evidenziare migliori oscillazioni simpato-vagali. Infine, un generale miglioramento dell'HRV è stato osservato, in quanto sia il valore delle log-HF che delle log-LF/HF ratio risultavano significativamente differenti rispetto al T0. Nondimeno, un generale rallentamento della frequenza respiratoria è stata attestata, come dimostrato dai valori registrati nelle diverse fasi.

In ultimo, un punto fondamentale di questa ricerca è rappresentato dalla ricerca di indicatori predittivi l'efficacia del trattamento con CCT. Ciò che è emerso è che l'incremento in percentuale degli indici di CI e AS correlava positivamente con alcune misure della personalità oltre che parametri psicofisiologici rilevati in fase di baseline a T0. In altre parole, una volta controllati gli indici di %CI INIZIALE e %AS INIZIALE per le varie covariate (genere, età, malattie cardiovascolari, uso di farmaci, fumo e attività fisica), vi erano specifiche caratteristiche individuali in grado di influenzare l'efficacia del trattamento.

Nello specifico, soprattutto considerando gli esercizi di *Cardiac Coherence*, il dato maggiormente interessante riguarda il fatto che la stabilità emozionale favoriva

un migliore incremento in percentuale del parametro del CI. Il medesimo tratto, insieme alla coscienziosità, consentiva il raggiungimento di migliori punteggi in percentuali di AS, il cumulativo di CI, ad indicare una buona capacità di mantenere costante nel tempo la coerenza cardiaca. Similmente, il valore del recupero della conduttanza cutanea misurata a T0 risultava significativamente associato ad entrambe le misure di outcome.

Particolarmente interessante è l'associazione tra conduttanza cutanea e HRV poiché, generalmente, il primo parametro si ritiene rifletta l'attività simpatica mentre il secondo quella parasimpatica. A mia conoscenza, vi è solo uno studio che ha analizzato la relazione tra questi due indici fisiologici, ed è quello di Huang e collaboratori del 2022, i quali hanno coinvolto quasi un centinaio di pazienti con disturbo da sintomi somatici in comorbilità con depressione e ansia ed un centinaio di soggetti di controllo da confrontare. Il risultato interessante di questo studio era la correlazione riscontrata negli individui sani quando venivano calcolati i coefficienti tra il rapporto LF/HF, il valore LF% e la conduttanza cutanea nella condizione di riposo e durante la somministrazione di uno stress mentale (ossia un compito cognitivo). Al contrario, la correlazione non veniva confermata calcolando i medesimi coefficienti nel gruppo dei pazienti con somatizzazioni e sintomi di ansia e depressione. L'unico dato rilevante era una correlazione significativa tra il valore HF% e la SC durante gli esercizi di respirazione lenta e guidata, probabilmente evidenziando una qualche forma di attivazione simpatica per via della stimolazione del nervo vago che genera una sensazione di distensione indotta.

Questo studio, per quanto abbia descritto risultati distanti da quelli ottenuti dalla presente ricerca, evidenzia una connessione tra conduttanza cutanea e HRV. Più

in particolare, l'incremento della conduttanza in pazienti con sintomi psicologici clinicamente significativi in risposta ad un esercizio di respirazione lenta e profonda, potrebbe evidenziare l'attivazione di un processo riconducibile al coinvolgimento di risorse attentive necessarie all'apprendimento di nuove informazioni ed abilità. A tale riguardo, quindi, la conduttanza cutanea potrebbe essere un indice di *arousal* emozionale in grado di predire l'efficacia degli interventi di CCT.

Nonostante i dati raccolti abbiano restituito risultati di notevole interesse, è importante che vengano interpretati alla luce delle limitazioni che hanno caratterizzato questo studio. Innanzitutto, è fondamentale tenere a mente che l'HRV è la semplificazione di un esercizio di bioingegneria e che potrebbe essere facile adottare un atteggiamento riduzionistico nei confronti della complessità. Più specificamente, l'interpretazione della componente LF è la più controversa. Pomeranz e colleghi (1985) hanno dimostrato come la componente LF fosse influenzata dalla posizione del corpo (ad esempio, supina o eretta), mentre altri ricercatori hanno messo in dubbio l'approccio iniziale di suddivisione dell'intervallo di frequenza (Malliani et al., 1994), evidenziando che l'oscillazione LF corrisponde all'attività vasomotoria mentre quella delle HF sarebbe maggiormente associata all'attività respiratoria. Altri studi come quelli condotti dal gruppo di lavoro di Malliani (1991), invece, rassicuravano sul fatto che LF è un indicatore principale dell'attività simpatica in individui sani, modificabile dall'inclinazione e dall'esercizio fisico moderato, ma anche dallo stress mentale (Brovelli et al., 1983). Tuttavia, alcuni studi elettrofisiologici hanno suggerito di adottare un atteggiamento caratterizzato da cautela nell'interpretazione delle oscillazioni LF e HF, poiché entrambi i relativi segnali sono influenzati dalle fibre efferenti simpatiche e vagali che partecipano all'innervazione cardiaca, non

consentendo di limitare l'interpretazione dei valori di LF e di HF ad uno specifico circuito neurale. Studi futuri potrebbero anche voler superare i limiti connessi all'utilizzo del fotoplethysmografo nella rilevazione dell'HRV (Lohani et al., 2019). Innanzitutto, il fotoplethysmografo registra la risposta cardiaca in un sito lontano dal muscolo miocardico, effettuando una misurazione verosimilmente ritardata. Nonostante la comunità scientifica sia concorde nel raccomandare l'utilizzo dei tracciati di elettrocardiografia per la misurazione della frequenza cardiaca e della sua variabilità, altri ricercatori hanno dimostrato una buona correlazione tra quanto restituito dall'elettrocardiogramma precordiale (ritenuto essere lo strumento *gold standard* per l'analisi dell'HRV) e dal fotoplethysmografo (Rinne et al., 2023). Emblematico è uno studio pubblicato agli atti di un congresso di Tarniceriu e colleghi (2018), i quali hanno monitorato un gruppo di pazienti ricoverati con ritmo sinusale e fibrillazione atriale dopo un intervento chirurgico e rilevato i relativi valori degli intervalli inter-battito misurati con il fotoplethysmografo per confrontarli con l'elettrocardiogramma precordiale. L'errore assoluto medio dell'IBI era di 7,34 ms, mostrando una correlazione ragionevole tra le due misure. Un altro studio, precedentemente condotto su soggetti sani da Parak et al. (2015), aveva già calcolato che l'errore assoluto medio di IBI dopo l'applicazione di un algoritmo di correzione degli artefatti era di 5,94 ms, indicando una migliore accuratezza ancora. Nondimeno, è stato anche dimostrato che la fotoplethysmografia valuta in modo affidabile la reattività allo stress acuto (Ceccarelli et al., 2019; Charlton et al., 2018).

Futuri studi potranno, inoltre, prendere in considerazione di creare un campione più ampio ed eventualmente di validare l'efficacia dell'intervento di CCT creando sotto-categorie di professionisti sanitari. Infatti, nonostante siano state tenute

sotto controllo le covariate in grado di spiegare una significativa percentuale della varianza delle misure psicofisiologiche, non sono state adeguatamente considerate le variabili strettamente connesse alle caratteristiche lavorative (es. istruzione, mansione, orario di lavoro, ecc.). Il focus di questa ricerca era, infatti, quello di analizzare le differenze interindividuali ed evidenziare quei fattori influenti sulla risposta allo stress.

Infine, future ricerche potrebbero coinvolgere un gruppi di controllo ed effettuare uno studio randomizzato controllato. Un aspetto interessante del presente lavoro era quello di avere documentato miglioramenti significativi sia a livello sintomatologico che psicofisiologico. A tale riguardo, si ritiene utile una precisazione. Avere calcolato la percentuale di variazione di CI e di AS può essere considerato un punto di forza, in quanto teneva in considerazione il valore di base individuale e di analizzarne il relativo incremento o decremento. Questa, quindi, potrebbe essere una metodologia utile che evidenzerebbe miglioramenti significativi della coerenza cardiaca dove i punteggi grezzi non sono in grado di restituire questo dato.

Inoltre, nonostante non vada trascurata l'assenza del gruppo di controllo, dimostrare l'efficacia del CCT non era il principale obiettivo di questa ricerca. Piuttosto, l'ipotesi sperimentale mirava ad individuare possibili predittori in grado di predire una maggiore coerenza cardiaca al termine dell'intervento.

Le implicazioni cliniche della presente ricerca sono notevoli, in quanto si evidenzia la possibilità di implementare programmi di CCT nelle professioni sanitari al fine di facilitare il recupero psicofisico. La metodologia implementata ha consentito di validare la possibilità di raggiungere la cosiddetta *peak experience*, costruito tramite il quale ci si riferisce a un sentimento di gioia intensa o di estrema felicità

caratteristico di un'esperienza ottimale, spesso associata ad emozioni positive di soddisfazione (Privette & Bundrick, 1991). Quello che ne deriva è il raggiungimento del *flow*, del cosiddetto stato di flusso, uno stato psicologico estremamente positivo in cui la coerenza cardiaca a livello psicofisiologico si riverbera in uno stato di piacevole attivazione emozionale esperita sul piano soggettivo, con positive ripercussioni sul funzionamento personale ed interpersonale nei termini di una migliore prestazioni fisica, cognitiva e di coinvolgimento sociale.

In ultimo, non è da trascurare la continua correlazione osservata tra le caratteristiche individuali, sia inerenti l'assetto psicologico (esplicito) che psicofisiologico (implicito), che influenzano la risposta allo stress. Infatti, sia per quanto riguarda la valutazione multidimensionale che l'efficacia del trattamento, è emerso che la reattività ed il recupero allo stress, come anche la coerenza cardiaca durante gli esercizi di BFB, sono significativamente associati a tratti della personalità. Più nello specifico, le caratteristiche osservate richiamavano alcuni concetti chiave della psicologia clinica, storicamente connessi alla psicanalisi. Per esempio, il fattore Q4 della personalità, denominato tensione nervosa, era correlato alla frequenza respiratoria ed al battito cardiaco oltre che ad alcuni valori dell'HRV, evidenziando una maggiore reattività simpatica, oltretutto accompagnata dal meccanismo di compenso del tono vagale. Il manuale del 16PF assimila la tensione nervosa all'*Es* di Freud. Esso sarebbe impersonale, poiché comune a tutti, e caratterizzato dalle pulsioni, quelle "spinte elementari ed irriducibili" che si collocano, appunto, "ai confini tra il somatico e lo psichico" poiché hanno origine dall'interno dell'individuo e si manifestano sul corpo. Secondo l'autore, quindi, la pulsione produrrebbe sull'individuo uno stato di eccitazione percepito come sofferenza. La mobilità dei

cosiddetti “investimenti pulsionali” sarebbe equivalente all’“energia libera” (oggi definita ansia generalizzata) che ricorda dal molto vicino l’attivazione psicofisiologica, o *arousal*, anch’essa tipicamente aspecifica se si ritorna sul concetto di sindrome generale di adattamento di Selye.

D’altra parte, di fondamentale importanza è anche l’*Io*, che secondo Freud sarebbe il principale responsabile dell’attivazione delle resistenze e dei meccanismi di difesa, utili a controllare ed affrontare le componenti pulsionali dell’*Es*. L’*Io*, secondo questa prospettiva, non disporrebbe di un’energia propria ma userebbe quella dell’*Es*. Emblematica è l’immagine del cavaliere che doma il suo cavallo per poterne sfruttare la forza: il cavallo è l’*Es*, dotato di energia pulsionale, e il cavaliere che usa l’energia del suo cavallo per i suoi scopi, imbrigliandola opportunamente, è l’*Io*. La metafora vuole propriamente rappresentare la funzione di questa componente psichica la quale, per le sue funzioni percettive e cognitive, ha l’obiettivo di superare gli ostacoli che inevitabilmente una persona può incontrare nel corso della propria vita mentre cerca di soddisfare i propri bisogni. In altri termini, la funzione dell’*Io* sarebbe quella di favorire il miglior livello di adattamento, mettendo a disposizione abilità di *problem-solving* e sfruttando la resilienza della persona nel trarre soddisfacimento ai propri bisogni con le risorse disponibili a livello ambientale. Anche in questo caso vi è un parallelismo con la psicofisiologia clinica in quanto, mentre il fattore Q4 era frequentemente associato alla reattività allo stress misurata mediante la valutazione psicofisiologica, il fattore C (definito dagli autori del 16PF, appunto, *Forza dell’Io*) è emerso essere un predittore significativo della coerenza cardiaca individuale raggiunta al termine dell’intervento proposto. Si potrebbe, quindi, ipotizzare che una maggiore *Forza dell’Io* sia associata ad una maggiore capacità di sfruttare l’*arousal*

psicofisiologico (il livello di attivazione emozionale), verosimilmente accumulato durante la pandemia ed a valenza prevalentemente negativa, per il raggiungimento dello stato di coerenza cardiaca. Quest'ultimo, a sua volta, sarebbe caratterizzato, quindi, da un livello ottimale di attivazione emozionale a valenza positiva. In generale, proporre esercizi di respirazione lenta e profonda come anche attività di coerenza cardiaca possono essere interpretate dall'organismo come ulteriori richieste ambientali alle quali rispondere ed adattarsi e, per questo, rappresentare una difficoltà o, al contrario, motivo di crescita ed apprendimento. Nondimeno, anche i livelli di base della conduttanza cutanea rilevati prima del trattamento erano in grado di predire la coerenza cardiaca ottenuta grazie al protocollo, ad indicare che una generale attivazione psicofisiologica connessa ai processi di apprendimento può essere indicativa della capacità di accrescere le proprie capacità di recupero psicofisico tramite il CCT.

Infine, va anche citato il ruolo del *Super-Io*, rappresentato, in questa analisi, dal fattore G del 16PF. Questa componente psichica si ritiene comprenda la coscienza morale e che sia sintonica con le esigenze di autoconservazione. Secondo gli autori del 16PF, il fattore G rappresenterebbe proprio la *Forza del Super-Io* e, quando elevato, sarebbe tipico di persone responsabili e determinate nonché perseveranti. Infatti, la correlazione positiva tra il fattore G e l'AS evidenziava proprio una maggiore capacità di mantenere costante nel tempo l'indice di AS nelle persone con maggiore *Forza del Super-Io*.

In conclusione, i risultati di questo lavoro di tesi inerente l'ambito della psicofisiologia clinica richiamano alcuni aspetti peculiari della psicanalisi, come ad esempio il concetto che “tra corpo e mente vi è un'unità inscindibile, una sostanziale

continuità” e che tra “il livello di realtà manifesto e quello latente vi è uno spazio percorribile fatto di espressioni verbali, segni e sintomi” nonché di reazioni autonome, oggi misurabili.

Peraltro, già Freud riteneva di possedere un'impostazione biologista, sostenendo che tutto quanto appartiene alla dimensione mentale, dai pensieri alle emozioni, potesse essere spiegato deterministicamente. Tale prospettiva ha, finalmente, trovato conferma nelle odierne neuroscienze ed alcuni insegnamenti psicanalitici risultano sempre più attuali.

5. CONCLUSIONI

Lo stress lavoro-correlato rappresenta un problema di salute pubblica in quanto può essere causa di una serie di ripercussioni sulla salute psichica e fisica. Vi sono diverse malattie, soprattutto di natura cardiovascolare, che evidenziano una forte associazione tra il carico di lavoro, il numero di ore spese in attività lavorative ed i sintomi psicologici e psicosomatici del *burnout*, nonché fattori oggettivi, quali il tipo di mansione e l'appartenenza ad una specifica categoria professionale. Ad esempio, si è visto che gli operatori sanitari sono fortemente esposti al rischio di *burnout* a causa delle continue richieste che sollecitano le capacità di adattamento del loro organismo. Infatti, lo stress psicofisico sembra essere il risultato delle richieste ambientali e delle risorse messe in atto dalla persona per farvi fronte. Si ritiene che la pandemia da Sars-Cov-19 possa avere rappresentato un ulteriore fattore stressante, generando richieste maggiori nonché diverse da quelle generalmente associate alle mansioni lavorative dei vari operatori sanitari. La letteratura scientifica ha già evidenziato varie volte le associazioni tra i sintomi psicologici evidenti a livello soggettivo e le manifestazioni autonome, misurabili attraverso la rilevazione di parametri psicofisiologici connessi alla risposta allo stress. Ciononostante, non sempre questa relazione è stata osservata a seguito di interventi di gestione dello stress che mirano ad implementare le abilità di autoregolazione emotiva applicando i principi della psicofisiologia clinica. A tale riguardo, interventi di *biofeedback* basati sulla variabilità della frequenza cardiaca hanno come obiettivo quello di favorire una migliore flessibilità

del sistema nervoso autonomo in funzione della respirazione. Numerose evidenze scientifiche esistono a supporto del recente ma crescente filone di studi riguardante la coerenza cardiaca (ossia il *cardiac coherence training*, CCT). Tuttavia, a mia conoscenza, non vi sono studi che hanno indagato il ruolo predittivo di fattori psicologici o psicofisiologici sull'efficacia di interventi di CCT.

Con lo scopo di perseguire tale obiettivo, un gruppo di 37 operatori sanitari (medici, infermieri, operatori socio-sanitari, ecc.), dipendenti dell'Ospedale di *Medicina Fisica e Riabilitativa San Giacomo* di Ponte dell'Olio (Piacenza, Italia) è stato coinvolto per effettuare una valutazione multidimensionale dello stress. Successivamente, 20 di loro sono stati sottoposti a 10 sedute di CCT tramite il software *emWave Pro Plus* (*HeartMath Institute, Boulder Creek, California, USA*).

Durante una prima fase dello studio, è stata svolta una valutazione psicofisiologica dello stress mediante la conduzione di un colloquio psicologico, la somministrazione di questionari e la rilevazione di valori di base, della reattività e del recupero di diversi parametri psicofisiologici. Nello specifico, ogni partecipante ha compilato (1) la scheda anamnestica del *Cognitive Behavioral Assessment* (CBA2.0), utile per una raccolta di informazioni relative l'anamnesi prossima e remota della persona nonché fattori inerenti lo stile di vita (alimentazione, sonno, attività fisica, uso di sostanze, ecc.); (2) il *Symptom Questionnaire* (SQ) ed (3) il *Symptom Checklist-90-Revised* (SCL-90-R), per una descrizione dello stato di benessere o di malessere mediante analisi dei sintomi psicologici presenti nell'ultima settimana; (4) il *P Stress Questionnaire* (PSQ), per la rilevazione di comportamenti e stile di vita che

predispongono a disturbi fisici stress-correlati; (5) ed il *16 Personality Factors Questionnaire* (16PF), per la misurazione di caratteristiche di tratto che possono predisporre a disturbi psicosomatici ed in generale alla manifestazioni di sintomi da stress ed ansia. Nondimeno, è stato effettuato un *Profilo Psicofisiologico da Stress* (PPS) per la registrazione dell'andamento di parametri connessi alla risposta allo stress e all'elaborazione di stimoli che prevedono un coinvolgimento di tipo emozionale. Mediante il *Software ProComp5 Infiniti* (*Though Technology Ltd., Canada*), sono stati rilevati differenti parametri psicofisiologici, quali (1) conduttanza cutanea (SCL/SCR); (2) Frequenza ed Ampiezza Respiratoria (FR/AR); (3) Frequenza cardiaca, Intervallo inter battito, Variabilità della Frequenza Cardiaca (HR/IBI/HRV), con analisi nel dominio della frequenza (LF-HRV, HF-HRV, LF/HF ratio) ed (4) Elettromiogramma di superficie (sEMG), simultaneamente durante una registrazione di 14 minuti suddivisa in 7 fasi da 2 minuti ciascuna. Nello specifico, le fasi erano: Baseline, Stressor Oggettivo 1 [*Stroop Test*], Riposo 1; Stressor Oggettivo 2 [*Mental Arithmetic Task*], Riposo 2; Stressor Soggettivo [*Racconto di un evento significativo*], Riposo 3. Per ogni parametro sono stati calcolati i valori delta di reattività e recupero allo stress, calcolando la differenza tra ogni fase dello stress e la baseline, per il primo caso, e la differenza tra la fase di riposo e quella precedente di stress, per il secondo caso. Durante la seconda fase dello studio, sono state proposte le 10 sedute di CCT mediante la metodologia offerta dai ricercatori dell'*HeartMath Institute* (*Boulder Creek, California, USA*) ed il *software emWave Pro Plus*.

Dopo avere descritto alcune condizioni relative lo stile di vita e l'anamnesi psicologica, sono stati confrontati i punteggi dei questionari con la relativa standardizzazione italiana. Similmente, i valori basali dei parametri psicofisiologici sono stati confrontati con i riferimenti normativi esistenti in letteratura. Successivamente, è stata valutata l'efficacia del CCT nel migliorare i sintomi psicologici e l'assetto autonomico sia tramite confronto pre-post dei punteggi dei questionari psicologici SQ ed SCL-90-R che dei valori di base, della reattività e del recupero del PPS di ogni parametro psicofisiologico rilevato. Nondimeno, sono stati utilizzati i valori forniti dal *software emWave* relativi la coerenza cardiaca per evidenziare il miglioramento nel tempo. Nello specifico, sono stati considerati il *coherence index* (CI), relativo la variabilità della frequenza cardiaca in funzione della respirazione, nonché il relativo punteggio cumulativo, ossia l'*achievement score* (AS). Infine, è stata calcolata la percentuale di variazione di CI rispetto la seduta iniziale (%CI INIZIALE) e rispetto la CI ritenuta ottimale perchè associata alla frequenza di risonanza (%CI OTTIMALE), seduta per seduta. Il punteggio di %AS INIZIALE corrisponde, quindi, all'incremento in percentuale di AS rispetto il valore ottenuto in prima seduta. Infine, i valori di %CI INIZIALE, %CI OTTIMALE e %AS INIZIALE dell'ultima seduta, sia durante gli esercizi di respirazione lenta e profonda (*Coherence Coach*) che durante gli esercizi di coerenza cardiaca (*Emotional Visualizer* e *Games*), sono stati messi in relazione con alcuni fattori psicologici e psicofisiologici inerenti il distress psicologico (SCL-90-R), il punteggio totale dei comportamenti predisponenti lo stress (PSQ), alcuni fattori della personalità connessi alle capacità di adattamento

(16PF) nonchè i valori della conduttanza cutanea, essendo considerato un parametro associato al *problem-solving* ed all'apprendimento.

I risultati hanno evidenziato la presenza di sintomi psicologici di ansia, depressione e somatizzazioni oltre i limiti della significatività statistica, nonchè la presenza di ossessioni e compulsioni e di ostilità a livelli clinicamente rilevanti. Ciononostante, i valori di base dei parametri psicofisiologici cadevano tutti entro i range tipici, ad eccezione della tensione muscolare di superficie. Ai limiti superiori della norma si collocava il battito cardiaco mentre ai limiti inferiori il rapporto LF/HF, ad indicare una ridotta HRV.

I valori di reattività e di recupero dei vari parametri sono stati messi in relazione con le diverse variabili psicologiche ed hanno consentito di evidenziare numerose associazioni tra lo stato di disagio percepito e la risposta allo stress.

Per quanto riguarda la valutazione dell'efficacia del CCT, è stato dimostrato un miglioramento significativo di ansia e di depressione, nonchè di ossessioni e compulsioni e di somatizzazioni ed ostilità, nonostante la letteratura recente non abbia sempre riscontrato benefici sul piano soggettivo e psicologico a seguito di interventi di psicofisiologia. Per quanto riguarda l'assetto autonomico, la maggior parte dei valori basali dei parametri psicofisiologici (conduttanza cutanea, frequenza ed ampiezza respiratoria e frequenza cardiaca) era minore a T1 rispetto a T0. Inoltre, si è osservato un incremento di attività delle LF-HRV, parametro assimilabile all'attività del sistema baroriflesso, responsabile del bilancio simpato-vagale. Nondimeno, è stato documentato un miglioramento di reattività (minori valori di frequenza respiratoria e

cardiaca) e di recupero (minori valori di conduttanza cutanea e di frequenza cardiaca) psicofisico. La variabilità della frequenza cardiaca (log-LF/HF ratio) era, anch'essa, migliore a T1. Per quanto riguarda i parametri calcolati tramite il *software* fornito dall'*HeartMath*, si è osservato un incremento di CI e di AS nonché il raggiungimento della CI ottimale che in prima seduta si era stimato fosse corrispondente all'attivazione del sistema baroriflesso, in grado di generare una riduzione della frequenza cardiaca ed una migliore modulazione simpato-vagale. Infine, il valore di %CI INIZIALE dell'ultima seduta di CCT correlava positivamente con il valore del recupero post-stress della conduttanza cutanea a T0, nonché con alcune misure della personalità in grado di evidenziare la presenza di risorse utili alla gestione degli eventi avversi. Nello specifico, il fattore C del 16PF correlava positivamente con il valore di %CI INIZIALE e di %AS INIZIALE negli esercizi di *Cardiac Coherence*. Il punteggio cumulativo della coerenza, l'AS, oltretutto, era significativamente associato al fattore G del 16PF, che evidenzia la presenza di perseveranza e determinazione nel perseguimento degli obiettivi.

In sintesi, i risultati emersi dalla prima fase inerente la valutazione multidimensionale hanno evidenziato una condizione di distress psicologico caratterizzata da sintomi di somatizzazioni, ansia, depressione, ossessioni e compulsioni clinicamente significative. Nondimeno, la frequenza cardiaca, ai limiti superiori del range di normalità, ed il valore della LF/HF ratio, ai limiti inferiori, evidenziavano una lieve iperattivazione simpatica. Alla luce di ciò, la proposta del CCT per modulare il bilancio simpato-vagale e ridurre il rischio di sviluppare sintomi

fisici stress-correlati, anche gravi come quelli a carico del sistema cardiocircolatorio, risultava particolarmente adeguata. L'associazione tra i sintomi psicologici e la reattività ed il recupero nella risposta allo stress indagata mediante valutazione psicofisiologica mettevano in luce una certa corrispondenza tra il vissuto soggettivo e lo stato psicofisico oggettivabile. La rilevazione del profilo psicofisiologico da stress, infatti, è in grado di simulare la cosiddetta sindrome generale di adattamento, secondo la quale una qualsiasi richiesta ambientale può elicitare l'attivazione psicofisiologica dell'organismo che tenta di adattarsi. A tale riguardo, di particolare interesse è l'associazione con i fattori dell'ansietà del 16PF, questionario della personalità che ha evidenziato come, non solo i sintomi psicologici siano associati ai valori dei parametri psicofisiologici, ma anche caratteristiche individuali, frutto del temperamento innato e della relativa interazione con le esperienze di vita, siano in grado di modulare la messa in atto di capacità utili a fronteggiare uno stress.

Inizialmente, era stato ipotizzato che anche l'acquisizione di modalità utili alla gestione dello stress potessero essere influenzate dai medesimi meccanismi deputati all'adattamento, considerato che l'apprendimento, prima, ed il cambiamento del comportamento, poi, richiedono la canalizzazione di energie psicofisiche nonché un iniziale investimento di risorse emozionali.

A tale scopo è stato proposto un intervento di CCT, che mira a raggiungere la coerenza cardiaca non solo tramite esercizi di respirazione lenta e profonda ma anche mediante esercizi cognitivi che prevedono la rievocazione di esperienze cariche emotivamente ma a valenza positiva, in grado di bilanciare il sistema nervoso

autonomo favorendo il raggiungimento di uno stato di ottimale attivazione accompagnato da benessere. I risultati sono stati confrontati con la letteratura esistente ed hanno documentato un miglioramento dei sintomi psicologici. Tale dato non è stato frequentemente riscontrato dalla comunità scientifica, soprattutto considerando i protocolli di *biofeedback* della variabilità della frequenza cardiaca che, quindi, non prevedono l'uso del "pensare positivo" o meglio, del "pensare esperienze positive". In generale, non tutti gli studi di CCT hanno potuto apprezzare effetti positivi sul piano soggettivo e non tutte le ricerche condotte precedentemente hanno dimostrato un miglioramento della coerenza cardiaca. Il lavoro di tesi qui discusso ha attestato miglioramenti significativi sia sul piano soggettivo che oggettivo, utilizzando, peraltro, misure psicofisiologiche a T0 ed a T1 diverse da quelle sulle quali si è concentrato l'intervento di *biofeedback*. Nonostante l'assenza del gruppo di controllo vada segnalata come limite della presente ricerca, si vuole enfatizzare che indagare l'efficacia del protocollo non rientrava tra gli obiettivi principali della ricerca, considerate le già presenti evidenze scientifiche, seppur parzialmente discordanti.

L'analisi dei fattori predittivi l'efficacia del CCT era, piuttosto, l'obiettivo principale di questo lavoro in cui alcune misure a T0 sono state utilizzate per l'analisi di correlazione con la percentuale di variazione dei parametri di CI e di AS al termine dell'intervento. Tra i predittori significativi sono stati inclusi, oltre ad una misura dello stato di distress psicologico e dei comportamenti predisponenti disturbi fisici stress-correlati, alcune misure psicofisiologiche e di personalità connesse alla

modalità di fronteggiamento dei problemi ed alla modulazione della risposta allo stress.

Il valore del recupero della conduttanza cutanea a T0 era significativamente associato alla coerenza cardiaca ottenuta nell'ultima seduta del CCT, ad indicare una possibile correlazione tra uno dei parametri più frequentemente associati allo stato di attivazione psicofisiologica che consente l'adattamento alle richieste ambientali supportando le abilità di soluzione dei problemi.

Per quanto riguarda i tratti della personalità, è emerso che la stabilità emotionale correlava positivamente sia con gli indici di CI che di AS, evidenziando che la capacità di mediare tra il soddisfacimento dei bisogni e le richieste ambientali, nonché le risorse a disposizione, consente l'acquisizione di abilità utili alla regolazione autonoma. Nondimeno, la coscienziosità consentiva il raggiungimento di elevati punteggi cumulativi di CI, mostrando come la perseveranza nel mantenere adeguati livelli di energie nei confronti del raggiungimento di un obiettivo possa favorire il mantenimento di livelli costanti di coerenza cardiaca nel tempo.

Stabilità emotionale e coscienziosità possono essere lette alla luce delle prime ipotesi avanzate nell'ambito della psicologia clinica e della psicopatologia per la spiegazione del comportamento umano. Nello specifico, il primo tratto può essere tradotto in *Forza dell'Io* mentre il secondo in *Forza del Super-Io*, andando a richiamare quelle istanze descritte dal pioniere della psicanalisi, Sigmund Freud. Il medico austriaco aveva offerto un'interpretazione grossolana, ma evidentemente intuitiva ed assimilabile, ad oggi, alle odierne neuroscienze. In particolare, se

l'attivazione psicofisiologica, intesa come reazione aspecifica dell'organismo di fronte a qualsiasi richiesta posta ad esso, può essere considerata energia libera potenzialmente da canalizzare, alcune dimensioni psicologiche possono sfruttarla per la messa in atto di comportamenti nuovi ma funzionali. L'apprendimento di tecniche per la gestione dello stress, quindi, può essere agevolata dalla presenza di un livello di attivazione psicofisiologica ottimale soprattutto se rinforzato da esperienze positive e gratificanti in grado di alimentarla. Tratti della personalità che supportano il costante investimento di energie psicofisiche, da una parte, e la modulazione del soddisfacimento dei bisogni rispetto il contesto creato dall'operatore, possono condurre verso il raggiungimento dello stato di coerenza ottimale per la persona e favorirne l'adattamento.

I programmi che vogliono favorire l'integrazione mente-corpo si pongono come obiettivo proprio quello di agevolare la comunicazione tra gli aspetti emotivo-psicofisiologici, propri delle esperienze corporee, e quelli cognitivo-verbali, propri del vissuto soggettivo. Lo scambio di informazioni, pertanto, dovrebbe essere bidirezionale per recepire, in un primo momento, i segnali di stress dell'organismo e, conseguentemente, la messa in atto di comportamenti utili alla riduzione dello stato di disagio. Identificare e riconoscere segni e sintomi di disagio diventa, quindi, parte del vissuto cognitivo, che, evidentemente, è tanto potente nel generare stati di distensione e di rilassatezza quando allenato al raggiungimento della coerenza.

Una citazione emblematica di Sigmund Freud si rivela particolarmente appropriata nel richiamare i vari concetti di attivazione, disagio ed adattamento:

“Se davvero la sofferenza impartisse lezioni, il mondo sarebbe popolato da soli saggi. E invece il dolore non ha nulla da insegnare a chi non trova il coraggio e la forza di starlo ad ascoltare”.

BIBLIOGRAFIA

- Ahola, K., Väänänen, A., Koskinen, A., Kouvonen, A., & Shirom, A. (2010). Burnout as a predictor of all-cause mortality among industrial employees: a 10-year prospective register-linkage study. *Journal of psychosomatic research*, 69(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2010.01.002>
- Alabdulgader A. A. (2012). Coherence: a novel nonpharmacological modality for lowering blood pressure in hypertensive patients. *Global advances in health and medicine*, 1(2), 56–64. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2012.1.2.011>
- Allen, J. K., & Blanchard, E. B. (1980). Biofeedback-based stress management training with a population of business managers. *Biofeedback and Self-Regulation*, 5(4), 427–438
- Alvares, G. A., Quintana, D. S., Hickie, I. B., & Guastella, A. J. (2016). Autonomic nervous system dysfunction in psychiatric disorders and the impact of psychotropic medications: a systematic review and meta-analysis. *Journal of psychiatry & neuroscience: JPN*, 41(2), 89–104. <https://doi.org/10.1503/jpn.140217>
- American Psychiatric Association. (2016). Stress in America: the impact of discrimination. Stress in America™ Survey.
- American Psychological Association. (2017). *Stress in America: The State of Our Nation*. Stress in America™ Survey.
- An, E., Nolty, A.A.T., Amano, S.S., Rizzo, A.A., Buckwalter, J.G., & Rensberger, J. (2020). Heart rate variability as an index of resilience. *Military Medicine*, 185(3–4), 363–369. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz325>
- Ang, R., Abramowitz, J., Birnbaumer, L., Gourine, A.V., & Tinker, A. (2016). The role of GαO-mediated signaling in the rostral ventrolateral medulla oblongata in cardiovascular reflexes and control of cardiac ventricular excitability. *Physiological Reports*, 4(15), Article e12860. <https://doi.org/10.14814/phy2.12860>
- Arora, S., Sevdalis, N., Nestel, D., Woloshynowych, M., Darzi, A., & Kneebone, R. (2010). The impact of stress on surgical performance: a systematic review of the literature. *Surgery*, 147(3), 318–330.e3306. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2009.10.007>
- Arias, J.A., Williams, C., Raghvani, R., Aghajani, M., Baez, S., Belzung, C., Booij, L., Busatto, G., Chiarella, J., Fu, C.H., Ibanez, A., Liddell, B.J., Lowe, L., Penninx, B.W.J.H., Rosa, P., Kemp, A.H. (2020). The neuroscience of sadness: A multidisciplinary synthesis and collaborative review. *Neurosci Biobehav Rev*, 111:199-228. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.006>.
- Asahina, M., Suzuki, A., Mori, M., Kanesaka, T., & Hattori, T. (2003). Emotional sweating response in a patient with bilateral amygdala damage. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 47(1), 87–93. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(02\)00123-x](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(02)00123-x)

- Bansevicus, D., Westgaard, R. H., & Jensen, C. (1997). Mental stress of long duration: EMG activity, perceived tension, fatigue, and pain development in pain-free subjects. *Headache*, 37(8), 499–510. <https://doi.org/10.1046/j.1526-4610.1997.3708499.x>
- Bartter, F. C., Liddle, G. W., Duncan, L. E., Jr, Barber, J. K., & Delea, C. (1956). The regulation of aldosterone secretion in man: the role of fluid volume. *The Journal of Clinical Investigation*, 35(11), 1306–1315. <https://doi.org/10.1172/JCI103386>
- Basmajian, J.V. (1985). *Biofeedback aspetti teorici ed applicazioni pratiche*. Piccin-Nuova Libreria.
- Becker, W. G., Ellis, H., Goldsmith, R., & Kaye, A. M. (1983). Heart rates of surgeons in theatre. *Ergonomics*, 26(8), 803–807. <https://doi.org/10.1080/00140138308963401>
- Bergmann, N., Gyntelberg, F., & Faber, J. (2014). The appraisal of chronic stress and the development of the metabolic syndrome: a systematic review of prospective cohort studies. *Endocrine connections*, 3(2), R55–R80. <https://doi.org/10.1530/EC-14-0031>
- Bernburg, M., Vitzthum, K., Groneberg, D. A., & Mache, S. (2016). Physicians' occupational stress, depressive symptoms and work ability in relation to their working environment: a cross-sectional study of differences among medical residents with various specialties working in German hospitals. *BMJ open*, 6(6), e011369. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011369>
- Berntson, G.G., Cacioppo, J.T., & Quigley, K.S. (1993). Respiratory sinus arrhythmia: Autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*, 30(2), 183–196. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb01731.x>
- Berntson, G.G., Bigger, J.T.Jr., Eckberg, D.L., Grossman, P., Kaufmann, P.G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S.W., Saul, J.P., Stone, P.H., & van der Molen, M.W. (1997). Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623–648. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x>
- Berry, M. E., Chapple, I. T., Ginsberg, J. P., Gleichauf, K. J., Meyer, J. A., & Nagpal, M. L. (2014). Non-pharmacological Intervention for Chronic Pain in Veterans: A Pilot Study of Heart Rate Variability Biofeedback. *Global advances in health and medicine*, 3(2), 28–33. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2013.075>
- Bertolotti, G., Zotti, A. M., Michielin, P., Vidotto, G., & Sanavio, E. (1990). A computerized approach to cognitive behavioural assessment: An introduction to CBA-2.0 primary scales. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 21(1), 21–27. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(90\)90045-m](https://doi.org/10.1016/0005-7916(90)90045-m)
- Bhoja, R., Guttman, O.T., Fox, A.A., Melikman, E., Kosemund, M., & Gingrich, K.J. (2020). Psychophysiological stress indicators of heart rate variability and electrodermal activity with application in healthcare simulation research. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 15(1), 39–45. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000402>

- Billman G. E. (2020). Homeostasis: The Underappreciated and Far Too Often Ignored Central Organizing Principle of Physiology. *Frontiers in physiology*, *11*, 200. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00200>
- Birmaher, B., Ryan, N. D., Williamson, D. E., Brent, D. A., Kaufman, J., Dahl, R. E., Perel, J., & Nelson, B. (1996). Childhood and adolescent depression: a review of the past 10 years. Part I. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *35*(11), 1427–1439. <https://doi.org/10.1097/00004583-199611000-00011>
- Böhm, B., Rötting, N., Schwenk, W., Grebe, S., & Mansmann, U. (2001). A prospective randomized trial on heart rate variability of the surgical team during laparoscopic and conventional sigmoid resection. *Archives of surgery (Chicago, Ill.: 1960)*, *136*(3), 305–310. <https://doi.org/10.1001/archsurg.136.3.305>
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity* (2nd ed.). New York: Springer Science & Business Media.
- Boucsein, W., Fowles, D. C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., Roth, W. T., Dawson, M. E., Filion, D. L., & Society for Psychophysiological Research Ad Hoc Committee on Electrodermal Measures (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, *49*(8), 1017–1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x>
- Braithwaite, J.J., Watson, D.G., Jones, R. and Rowe, M. (2013). A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRS) for Psychological Experiments. *Psychophysiology*, *49*, 1017-1034.
- Brovelli, M., Baselli, G., Cerutti, S., Guzzetti, S., Liberati, D., Lombardi, F., Malliani, A., Pagani, M., Pizzinelli, P. (1983). Computerized analysis for an experimental validation of neurophysiological models of heart rate control. *Computing in Cardiology*, 205–208.
- Brown, T. A., Chorpita, B. F., & Barlow, D. H. (1998). Structural relationships among dimensions of the DSM-IV anxiety and mood disorders and dimensions of negative affect, positive affect, and autonomic arousal. *Journal of abnormal psychology*, *107*(2), 179–192. <https://doi.org/10.1037//0021-843x.107.2.179>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, *5*, Article 73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Cacioppo, J.T., Tassinary, L.G., & Bernston, G.L. (2007). *The Handbook of Psychophysiology*, 3rd ed. Cambridge University Press.
- Cannon, W. B. (1914). The interrelations of emotions as suggested by recent physiological researches. *The American Journal of Psychology*, *25*(2), 256–282. <https://doi.org/10.2307/1413414>
- Carey, I. M., Shah, S. M., DeWilde, S., Harris, T., Victor, C. R., & Cook, D. G. (2014). Increased risk of acute cardiovascular events after partner bereavement: a matched cohort study. *JAMA Internal Medicine*, *174*(4), 598–605. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.14558>

- Caspi, A., Hariri, A. R., Holmes, A., Uher, R., & Moffitt, T. E. (2010). Genetic sensitivity to the environment: the case of the serotonin transporter gene and its implications for studying complex diseases and traits. *The American journal of psychiatry*, *167*(5), 509–527. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.09101452>
- Cattell, R.B. (1966). Patterns of change: Measurement in relation to state dimension, trait change, liability, and process concepts. In R. B. Cattell (Ed.), *Handbook of multivariate experimental psychology* (pp. 288–329). Rand McNally.
- Ceccarelli, L. A., Giuliano, R. J., Glazebrook, C. M., & Strachan, S. M. (2019). Self-Compassion and Psycho-Physiological Recovery From Recalled Sport Failure. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1564. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01564>
- Chandola, T., Britton, A., Brunner, E., Hemingway, H., Malik, M., Kumari, M., Badrick, E., Kivimaki, M., & Marmot, M. (2008). Work stress and coronary heart disease: what are the mechanisms? *European Heart Journal*, *29*(5), 640–648. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehm584>
- Charlton, P. H., Celka, P., Farukh, B., Chowienczyk, P., & Alastruey, J. (2018). Assessing mental stress from the photoplethysmogram: a numerical study. *Physiological measurement*, *39*(5), 054001. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aabe6a>
- Cherniss, C. (1986). *La sindrome del burn-out. Lo stress lavorativo degli operatori dei servizi socio sanitari*. CST. Centro Scientifico.
- Chew, N. W. S., Lee, G. K. H., Tan, B. Y. Q., Jing, M., Goh, Y., Ngiam, N. J. H., Yeo, L. L. L., Ahmad, A., Ahmed Khan, F., Napoleon Shanmugam, G., Sharma, A. K., Komalkumar, R. N., Meenakshi, P. V., Shah, K., Patel, B., Chan, B. P. L., Sunny, S., Chandra, B., Ong, J. J. Y., Paliwal, P. R., ... Sharma, V. K. (2020). A multinational, multicentre study on the psychological outcomes and associated physical symptoms amongst healthcare workers during COVID-19 outbreak. *Brain, behavior, and immunity*, *88*, 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.04.049>
- Chida, Y., & Hamer, M. (2008). Chronic psychosocial factors and acute physiological responses to laboratory-induced stress in healthy populations: a quantitative review of 30 years of investigations. *Psychological Bulletin*, *134*(6), 829–885. <https://doi.org/10.1037/a0013342>
- Chida, Y., & Steptoe, A. (2010). Greater cardiovascular responses to laboratory mental stress are associated with poor subsequent cardiovascular risk status: a meta-analysis of prospective evidence. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, *55*(4), 1026–1032. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.146621>
- Chrousos, G. P., & Gold, P. W. (1992). The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. *JAMA*, *267*(9), 1244–1252.

- Cloninger C. R. (1988). A unified biosocial theory of personality and its role in the development of anxiety states: a reply to commentaries. *Psychiatric developments*, 6(2), 83–120.
- Colzato, L.S., & Steenbergen, L. (2017). High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading. *Neuropsychologia*, 106, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.08.030>
- Cooper, C., & Dewe, P. (2008). Well-being--absenteeism, presenteeism, costs and challenges. *Occupational medicine (Oxford, England)*, 58(8), 522–524. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqn124>
- Cooper, C., & Dewe, P. (2008). Well-being—Absenteeism, presenteeism, costs and challenges. *Occupational Medicine*, 58(8), 522– 524. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqn124>
- Cosentino, C., Sgromo, D., Merisio, C., Berretta, R., & Pruneti, C. (2018). Psychophysiological adjustment to ovarian cancer: Preliminary study on Italian women condition. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 43(2), 161–168. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9395-3>
- Cosentino, C., & Pruneti, C.A. (2015). Towards an integrated model of defense in gynecological cancer. Psychoneuroimmunological and psychological factors, between risk and protection in cancer: A review. *Integrative Cancer Science and Therapy*, 2(2), 112–117. <https://doi.org/10.15761/ICST.1000125>
- Crider, A., Kremen, W. S., Xian, H., Jacobson, K. C., Waterman, B., Eisen, S. A., Tsuang, M. T., & Lyons, M. J. (2004). Stability, consistency, and heritability of electrodermal response lability in middle-aged male twins. *Psychophysiology*, 41(4), 501–509. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00189.x>
- Crider A. (2008). Personality and electrodermal response lability: an interpretation. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 33(3), 141–148. <https://doi.org/10.1007/s10484-008-9057-y>
- Curtis, J. R., & Puntillo, K. (2007). Is there an epidemic of burnout and post-traumatic stress in critical care clinicians?. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 175(7), 634–636. <https://doi.org/10.1164/rccm.200702-194ED>
- Dahl, R. E., Birmaher, B., Williamson, D. E., Dorn, L., Perel, J., Kaufman, J., Brent, D. A., Axelson, D. A., & Ryan, N. D. (2000). Low growth hormone response to growth hormone-releasing hormone in child depression. *Biological psychiatry*, 48(10), 981–988. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(00\)00932-x](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(00)00932-x)
- Dall'Ora, C., Ball, J., Reinius, M., & Griffiths, P. (2020). Burnout in nursing: a theoretical review. *Human resources for health*, 18(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12960-020-00469-9>
- Darwin, C.R. (1872/1999). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, 3rd ed. Harper Collins.
- De Bellis, M. D., Chrousos, G. P., Dorn, L. D., Burke, L., Helmers, K., Kling, M. A., Trickett, P. K., & Putnam, F. W. (1994). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis

- dysregulation in sexually abused girls. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 78(2), 249–255. <https://doi.org/10.1210/jcem.78.2.8106608>
- De Witte, N. A. J., Buyck, I., & Van Daele, T. (2019). Combining Biofeedback with Stress Management Interventions: A Systematic Review of Physiological and Psychological Effects. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 44(2), 71–82. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-09427-7>
- Del Rio, G. (1990). *Stress e lavoro nei servizi: sintomi cause e rimedi del burnout*. La Nuova Italia Scientifica.
- Demerouti, E., Peeters, M. C., & van der Heijden, B. I. (2012). Work-family interface from a life and career stage perspective: the role of demands and resources. *International journal of psychology: Journal international de psychologie*, 47(4), 241–258. <https://doi.org/10.1080/00207594.2012.699055>
- Demerouti, E., Shimazu, A., Bakker, A. B., Shimada, K., & Kawakami, N. (2013). Work-self balance : a longitudinal study on the effects of job demands and resources on personal functioning in Japanese working parents. *Work and Stress*, 27(3), 223-243. <https://doi.org/10.1080/02678373.2013.812353>
- Demirtas, Y., Tulmac, M., Yavuzer, R., Yalcin, R., Ayhan, S., Latifoglu, O., & Atabay, K. (2004). Plastic surgeon's life: marvelous for mind, exhausting for body. *Plastic and reconstructive surgery*, 114(4), 923–933. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000133166.50279.7c>
- Dewa, C. S., Jacobs, P., Thanh, N. X., & Loong, D. (2014a). An estimate of the cost of burnout on early retirement and reduction in clinical hours of practicing physicians in Canada. *BMC health services research*, 14, 254. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-14-254>
- Dewa, C. S., Loong, D., Bonato, S., Thanh, N. X., & Jacobs, P. (2014b). How does burnout affect physician productivity? A systematic literature review. *BMC health services research*, 14, 325. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-14-325>
- Dewa, C. S., Loong, D., Bonato, S., & Trojanowski, L. (2017). The relationship between physician burnout and quality of healthcare in terms of safety and acceptability: a systematic review. *BMJ open*, 7(6), e015141. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015141>
- Dillon, A., Kelly, M., Robertson, I. H., & Robertson, D. A. (2016). Smartphone Applications Utilizing Biofeedback Can Aid Stress Reduction. *Frontiers in psychology*, 7, 832. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00832>
- Dincer, B., & Inangil, D. (2021). The effect of Emotional Freedom Techniques on nurses' stress, anxiety, and burnout levels during the COVID-19 pandemic: A randomized controlled trial. *Explore (New York, N.Y.)*, 17(2), 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.explore.2020.11.012>
- Dragano, N., Siegrist, J., Nyberg, S. T., Lunau, T., Fransson, E. I., Alfredsson, L., Bjorner, J. B., Borritz, M., Burr, H., Erbel, R., Fahlén, G., Goldberg, M., Hamer, M., Heikkilä, K., Jöckel, K. H., Knutsson, A., Madsen, I. E. H., Nielsen, M. L., Nordin, M., Oksanen, T., ... IPD-Work consortium (2017). Effort-Reward Imbalance at Work and Incident Coronary Heart Disease: A Multicohort Study

- of 90,164 Individuals. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 28(4), 619–626. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000666>
- Duijts, S.F.A., Kant, I., Swaen, G.M.H., Van den Brandt, P.A., Zeegers, M.P.A., 2007. A meta-analysis of observational studies identifies predictors of sickness absence. *Journal of Clinical Epidemiology* 60, 1105–1115.
- Dyrbye, L. N., Massie, F. S., Jr, Eacker, A., Harper, W., Power, D., Durning, S. J., Thomas, M. R., Moutier, C., Satele, D., Sloan, J., & Shanafelt, T. D. (2010). Relationship between burnout and professional conduct and attitudes among US medical students. *JAMA*, 304(11), 1173–1180. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1318>
- Elenkov, I. J., Papanicolaou, D. A., Wilder, R. L., & Chrousos, G. P. (1996). Modulatory effects of glucocorticoids and catecholamines on human interleukin-12 and interleukin-10 production: clinical implications. *Proceedings of the Association of American Physicians*, 108(5), 374–381.
- Elenkov, I. J., & Chrousos, G. P. (1999). Stress Hormones, Th1/Th2 patterns, Pro/ Anti-inflammatory Cytokines and Susceptibility to Disease. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 10(9), 359–368. [https://doi.org/10.1016/s1043-2760\(99\)00188-5](https://doi.org/10.1016/s1043-2760(99)00188-5)
- Eller, N. H., Netterstrøm, B., Gyntelberg, F., Kristensen, T. S., Nielsen, F., Steptoe, A., & Theorell, T. (2009). Work-related psychosocial factors and the development of ischemic heart disease: a systematic review. *Cardiology in review*, 17(2), 83–97. <https://doi.org/10.1097/CRD.0b013e318198c8e9>
- Elovainio, M., Kivimäki, M., Puttonen, S., Lindholm, H., Pohjonen, T., & Sinervo, T. (2006). Organisational injustice and impaired cardiovascular regulation among female employees. *Occupational and environmental medicine*, 63(2), 141–144. <https://doi.org/10.1136/oem.2005.019737>
- Ernst, G. (2017). Hidden signals-the history and methods of heart rate variability. *Frontiers in Public Health*, 5, Article 265.
- European Agency for Safety and Health at Work, Howard, A., Antczak, R., & Albertsen, K. (2022). Third European survey of enterprises on new and emerging risks (ESENER 2019) – How European workplaces manage safety and health – Overview report, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2802/881291>
- Fahrenkopf, A. M., Sectish, T. C., Barger, L. K., Sharek, P. J., Lewin, D., Chiang, V. W., Edwards, S., Wiedermann, B. L., & Landrigan, C. P. (2008). Rates of medication errors among depressed and burnt out residents: prospective cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 336(7642), 488–491. <https://doi.org/10.1136/bmj.39469.763218.BE>
- Faragher, E. B., Cass, M., & Cooper, C. L. (2005). The relationship between job satisfaction and health: a meta-analysis. *Occupational and environmental medicine*, 62(2), 105–112. <https://doi.org/10.1136/oem.2002.006734>
- Farrington, B. (1952). *The Medical Works of Hippocrates A new translation from the original Greek made especially for English readers by the collaboration of John*

- Chadwick and W. N. Mann. Pp. vii + 301. Oxford: Blackwell. 20s. *The Journal of Hellenic Studies*, 72, 132–133. <https://doi.org/10.2307/628019>
- Fiani, D., Campbell, H., Solmi, M., Fiedorowicz, J. G., & Calarge, C. A. (2023). Impact of antidepressant use on the autonomic nervous system: A meta-analysis and systematic review. *European neuropsychopharmacology: the journal of the European College of Neuropsychopharmacology*, 71, 75–95. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2023.03.013>
- Fisher, A. J., Granger, D. A., & Newman, M. G. (2010). Sympathetic arousal moderates self-reported physiological arousal symptoms at baseline and physiological flexibility in response to a stressor in generalized anxiety disorder. *Biological psychology*, 83(3), 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.12.007>
- Fleming, I., Baum, A., Davidson, L. M., Reitan, E., & McArdle, S. (1987). Chronic stress as a factor in physiologic reactivity to challenge. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 6(3), 221–237. <https://doi.org/10.1037//0278-6133.6.3.221>
- Forsman L. (1980). Habitual catecholamine excretion and its relation to habitual distress. *Biological psychology*, 11(2), 83–97. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(80\)90045-9](https://doi.org/10.1016/0301-0511(80)90045-9)
- Forte, G., Favieri, F., & Casagrande, M. (2019). Heart rate variability and cognitive function: A systematic review. *Frontiers in Neuroscience*, 13, Article 710. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00710>
- Fransson, E. I., Heikkilä, K., Nyberg, S. T., Zins, M., Westerlund, H., Westerholm, P., Väänänen, A., Virtanen, M., Vahtera, J., Theorell, T., Suominen, S., Singh-Manoux, A., Siegrist, J., Sabia, S., Rugulies, R., Pentti, J., Oksanen, T., Nordin, M., Nielsen, M. L., Marmot, M. G., ... Kivimäki, M. (2012). Job strain as a risk factor for leisure-time physical inactivity: an individual-participant meta-analysis of up to 170,000 men and women: the IPD-Work Consortium. *American journal of epidemiology*, 176(12), 1078–1089. <https://doi.org/10.1093/aje/kws336>
- Fransson, E. I., Stadin, M., Nordin, M., Malm, D., Knutsson, A., Alfredsson, L., & Westerholm, P. J. (2015). The Association between Job Strain and Atrial Fibrillation: Results from the Swedish WOLF Study. *BioMed research international*, 2015, 371905. <https://doi.org/10.1155/2015/371905>
- Freudenberger, H. (1974) Staff Burnout. *Journal of Social Issues*, 30, 159-165. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-4560.1974.tb00706.x>
- Frewen, J., Finucane, C., Savva, G.M., Boyle, G., Coen, R.F., & Kenny, R.A. (2013). Cognitive function is associated with impaired heart rate variability in ageing adults: The Irish longitudinal study on ageing wave one results. *Clinical Autonomic Research*, 23(6), 313–323. <https://doi.org/10.1007/s10286-013-0214-x>
- Fuller, G. D. (1979). *Biofeedback methods and procedures in clinical practice*. Biofeedback Press.

- Ganne, C., Talkad, S. N., Srinivas, D., & Somanna, S. (2016). Ruptured blebs and racing hearts: autonomic cardiac changes in neurosurgeons during microsurgical clipping of aneurysms. *British journal of neurosurgery*, 30(4), 450–452. <https://doi.org/10.3109/02688697.2016.1159656>
- Gerada C. (2018). Doctors, suicide and mental illness. *BJPsych Bulletin*, 42(4), 165–168. <https://doi.org/10.1192/bjb.2018.11>
- Gianaros, P.J., Derbyshire, S.W., May, J.C., Siegle, G.J., Gamalo, M.A., & Jennings, J.R. (2005). Anterior cingulate activity correlates with blood pressure during stress. *Psychophysiology*, 42(6), 627–635. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00366.x>
- Giardino, N. D., Chan, L., & Borson, S. (2004). Combined heart rate variability and pulse oximetry biofeedback for chronic obstructive pulmonary disease: preliminary findings. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 29(2), 121–133. <https://doi.org/10.1023/b:apbi.0000026638.64386.89>
- Gillie, B.L., Vasey, M.W., & Thayer, J.F. (2014). Heart rate variability predicts control over memory retrieval. *Psychological Science*, 25(2), 458–465. <https://doi.org/10.1177/0956797613508789>
- Goh, J., Pfeffer, J., & Zenios, S. A. (2015). Workplace stressors & health outcomes: Health policy for the workplace. *Behavioral Science & Policy*, 1(1), pp. 43–52
- Gold, P. W., & Chrousos, G. P. (1999). The endocrinology of melancholic and atypical depression: relation to neurocircuitry and somatic consequences. *Proceedings of the Association of American Physicians*, 111(1), 22–34. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1381.1999.09423.x>
- González, J. L., Alonso-Fernández, M., Matías-Pompa, B., Carretero, I., Nieto-Bona, M. P., & López-López, A. (2019). Cardiovascular Responses of Women with Fibromyalgia to a Laboratory Stressor: Does Post-traumatic Stress Disorder Comorbidity Matter?. *Pain medicine (Malden, Mass.)*, 20(5), 988–999. <https://doi.org/10.1093/pm/pny210>
- Gottesman, I. I., & Hanson, D. R. (2005). Human development: biological and genetic processes. *Annual review of psychology*, 56, 263–286. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070208>
- Greenberg, N., Docherty, M., Gnanapragasam, S., & Wessely, S. (2020). Managing mental health challenges faced by healthcare workers during covid-19 pandemic. *BMJ (Clinical research ed.)*, 368, m1211. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1211>
- Groscurth P. (2002). Anatomy of sweat glands. *Current problems in dermatology*, 30, 1–9. <https://doi.org/10.1159/000060678>
- Gunnell, D., Kidger, J., & Elvidge, H. (2018). Adolescent mental health in crisis. *BMJ (Clinical research ed.)*, 361, k2608. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2608>
- Habib, K. E., Gold, P. W., & Chrousos, G. P. (2001). Neuroendocrinology of stress. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, 30(3), 695–viii. [https://doi.org/10.1016/s0889-8529\(05\)70208-5](https://doi.org/10.1016/s0889-8529(05)70208-5)

- Hadley, M. E. (1992). Neurohypophysial hormones. In: *Endocrinology*, pp.153–78. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hallman, D. M., Olsson, E. M., von Schéele, B., Melin, L., & Lyskov, E. (2011). Effects of heart rate variability biofeedback in subjects with stress-related chronic neck pain: a pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(2), 71–80. <https://doi.org/10.1007/s10484-011-9147-0>
- Hamilton, J. L., & Alloy, L. B. (2016). Atypical reactivity of heart rate variability to stress and depression across development: Systematic review of the literature and directions for future research. *Clinical psychology review*, 50, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2016.09.003>
- Harter, J. K., Schmidt, F. L., & Hayes, T. L. (2002). Business-unit-level relationship between employee satisfaction, employee engagement, and business outcomes: a meta-analysis. *The Journal of applied psychology*, 87(2), 268–279. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.2.268>
- Hartmann, R., Schmidt, F. M., Sander, C., & Hegerl, U. (2019). Heart Rate Variability as Indicator of Clinical State in Depression. *Frontiers in psychiatry*, 9, 735. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00735>
- Harvey, S. B., Epstein, R. M., Glozier, N., Petrie, K., Strudwick, J., Gayed, A., Dean, K., & Henderson, M. (2021). Mental illness and suicide among physicians. *Lancet (London, England)*, 398(10303), 920–930. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01596-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01596-8)
- Hassett, A. L., Radvanski, D. C., Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Sigal, L. H., Karavidas, M. K., Buyske, S., & Lehrer, P. M. (2007). A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 32(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10484-006-9028-0>
- Henriques, G., Keffer, S., Abrahamson, C., & Horst, S. J. (2011). Exploring the effectiveness of a computer-based heart rate variability biofeedback program in reducing anxiety in college students. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(2), 101–112. <https://doi.org/10.1007/s10484-011-9151-4>
- Herane-Vives, A., Fischer, S., de Angel, V., Wise, T., Cheung, E., Chua, K.C., Arnone, D., Young, A.H., Cleare, A.J. (2018). Elevated fingernail cortisol levels in major depressive episodes. *Psychoneuroendocrinology*, 88:17-23. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.10.026>
- Hoareau, V., Godin, C., Dutheil, F., & Trousselard, M. (2021). The Effect of Stress Management Programs on Physiological and Psychological Components of Stress: The Influence of Baseline Physiological State. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 46(3), 243–250. <https://doi.org/10.1007/s10484-021-09508-0>
- Hoehn-Saric, R., & McLeod, D. R. (2000). Anxiety and arousal: physiological changes and their perception. *Journal of affective disorders*, 61(3), 217–224. [https://doi.org/10.1016/s0165-0327\(00\)00339-6](https://doi.org/10.1016/s0165-0327(00)00339-6)
- Hoehn-Saric, R., McLeod, D. R., Funderburk, F., & Kowalski, P. (2004). Somatic symptoms and physiologic responses in generalized anxiety disorder and panic

- disorder: an ambulatory monitor study. *Archives of general psychiatry*, 61(9), 913–921. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.61.9.913>
- Huang, W. L., Ko, L. C., & Liao, S. C. (2022). The association between heart rate variability and skin conductance: a correlation analysis in healthy individuals and patients with somatic symptom disorder comorbid with depression and anxiety. *The Journal of international medical research*, 50(9), 3000605221127104. <https://doi.org/10.1177/03000605221127104>
- Hubert, W., & de Jong-Meyer, R. (1992). Saliva cortisol responses to unpleasant film stimuli differ between high and low trait anxious subjects. *Neuropsychobiology*, 25(2), 115–120. <https://doi.org/10.1159/000118819>
- Iacono W. G. (1998). Identifying psychophysiological risk for psychopathology: examples from substance abuse and schizophrenia research. *Psychophysiology*, 35(6), 621–637
- İnce, R., Adanır, S. S., & Sevmez, F. (2021). The inventor of electroencephalography (EEG): Hans Berger (1873-1941). *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*, 37(9), 2723–2724. <https://doi.org/10.1007/s00381-020-04564-z>
- International Classification of Diseases, Eleventh Revision (ICD-11). (). World Health Organization (WHO) 2019/2021 <https://icd.who.int/browse11>
- Inz, J.M. (1991). EEG activity in generalized anxiety disorder. *Dissertation Abstracts International*, 52 (4-B), 2282.
- Jackson, B., Sellers, R., & Peterson, C. (2002). Pessimistic explanatory style moderates the effect of stress on physical illness. *Personality and Individual Differences*, 32, 567–573. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(01\)00061-7](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(01)00061-7)
- Jarczok, M. N., Jarczok, M., Mauss, D., Koenig, J., Li, J., Herr, R. M., & Thayer, J. F. (2013). Autonomic nervous system activity and workplace stressors--a systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 37(8), 1810–1823. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.07.004>
- Johnson, J. V., & Hall, E. M. (1988). Job strain, work place social support, and cardiovascular disease: a cross-sectional study of a random sample of the Swedish working population. *American journal of public health*, 78(10), 1336–1342. <https://doi.org/10.2105/ajph.78.10.1336>
- Karasek Jr., R. A. (1979). Job Demands, Job Decision Latitude, and Mental Strain: Implications for Job Redesign. *Administrative Science Quarterly*, 24, 285-308. <http://dx.doi.org/10.2307/2392498>
- Karasek R. & Theorell T. (1990). *Health work, stress, productivity, and the reconstruction of working life*. Basic Book, Inc., New York.
- Karavidas, M. (2005). Heart rate variability biofeedback in the treatment of major depressive disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 30, 397–423.

- Karemaker, J.M. (2009). Counterpoint: Respiratory sinus arrhythmia is due to the baroreflex mechanism. *Journal of Applied Physiology*, 106(5), 1742–1743. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91107.2008a>
- Kashdan, T. B., & Rottenberg, J. (2010). Psychological flexibility as a fundamental aspect of health. *Clinical psychology review*, 30(7), 865–878. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2010.03.001>
- Kemp, A. H., Koenig, J., & Thayer, J. F. (2017). From psychological moments to mortality: A multidisciplinary synthesis on heart rate variability spanning the continuum of time. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 83, 547–567. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.09.006>
- Kim, D.H., Lipsitz, L.A., Ferrucci, L., Varadhan, R., Guralnik, J.M., Carlson, M.C., et al. (2006). Association between reduced heart rate variability and cognitive impairment in older disabled women in the community: Women’s health and aging study I. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(11), 1751–1757. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2006.00940.x>
- Kirsten W. (2010). Making the link between health and productivity at the workplace--a global perspective. *Industrial health*, 48(3), 251–255. <https://doi.org/10.2486/indhealth.48.251>
- Kivimäki, M., Vahtera, J., Pentti, J., & Ferrie, J. E. (2000). Factors underlying the effect of organisational downsizing on health of employees: longitudinal cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 320(7240), 971–975. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7240.971>
- Kivimäki, M., Virtanen, M., Elovainio, M., Kouvonen, A., Väänänen, A., & Vahtera, J. (2006). Work stress in the etiology of coronary heart disease--a meta-analysis. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 32(6), 431–442. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1049>
- Kivimäki, M., Jokela, M., Nyberg, S. T., Singh-Manoux, A., Fransson, E. I., Alfredsson, L., Bjorner, J. B., Borritz, M., Burr, H., Casini, A., Clays, E., De Bacquer, D., Dragano, N., Erbel, R., Geuskens, G. A., Hamer, M., Hoofman, W. E., Houtman, I. L., Jöckel, K. H., Kittel, F., ... IPD-Work Consortium (2015). Long working hours and risk of coronary heart disease and stroke: a systematic review and meta-analysis of published and unpublished data for 603,838 individuals. *Lancet (London, England)*, 386(10005), 1739–1746. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60295-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60295-1)
- Kivimäki, M., Nyberg, S. T., Batty, G. D., Kawachi, I., Jokela, M., Alfredsson, L., Bjorner, J. B., Borritz, M., Burr, H., Dragano, N., Fransson, E. I., Heikkilä, K., Knutsson, A., Koskenvuo, M., Kumari, M., Madsen, I. E. H., Nielsen, M. L., Nordin, M., Oksanen, T., Pejtersen, J. H., ... IPD-Work consortium (2017). Long working hours as a risk factor for atrial fibrillation: a multi-cohort study. *European Heart Journal*, 38(34), 2621–2628. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx324>
- Kivimäki, M., & Steptoe, A. (2018). Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease. *Nature reviews. Cardiology*, 15(4), 215–229. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2017.189>

- Koenig, J., Jarczok, M.N., Kuhn, W., Morsch, K., Schäfer, A., Hillecke, T., Thayer, J.F. (2013). Impact of caffeine on heart rate variability: a systematic review. *Journal of Caffeine Research* 3, 22–37.
- Kotozaki, Y., Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Yamamoto, Y., Shinada, T., Araki, T., Takahashi, K., Taki, Y., Ogino, T., Kiguchi, M., & Kawashima, R. (2014). Biofeedback-based training for stress management in daily hassles: an intervention study. *Brain and behavior*, 4(4), 566–579. <https://doi.org/10.1002/brb3.241>
- Laborde, S., Mosley, E., & Mertgen, A. (2018). Vagal Tank Theory: The Three Rs of Cardiac Vagal Control Functioning - Resting, Reactivity, and Recovery. *Frontiers in neuroscience*, 12, 458. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00458>
- Lacey, J. I., & Lacey, B. C. (1958). The relationship of resting autonomic activity to motor impulsivity. *Research publications - Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 36, 144–209.
- Lai, J., Ma, S., Wang, Y., Cai, Z., Hu, J., Wei, N., Wu, J., Du, H., Chen, T., Li, R., Tan, H., Kang, L., Yao, L., Huang, M., Wang, H., Wang, G., Liu, Z., & Hu, S. (2020). Factors Associated With Mental Health Outcomes Among Health Care Workers Exposed to Coronavirus Disease 2019. *JAMA network open*, 3(3), e203976. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.3976>
- Lalanza, J. F., Lorente, S., Bullich, R., García, C., Losilla, J. M., & Capdevila, L. (2023). Methods for Heart Rate Variability Biofeedback (HRVB): A Systematic Review and Guidelines. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 48(3), 275–297. <https://doi.org/10.1007/s10484-023-09582-6>
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03352.x>
- Lee, G. P., Arena, J. G., Meador, K. J., Smith, J. R., Loring, D. W., & Flanigin, H. F. (1988). Changes in autonomic responsiveness following bilateral amygdalotomy in humans. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, 1(2), 119-129.
- Lee, S., Colditz, G. A., Berkman, L. F., & Kawachi, I. (2003). Caregiving and risk of coronary heart disease in U.S. women: a prospective study. *American journal of preventive medicine*, 24(2), 113–119. [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(02\)00582-2](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(02)00582-2)
- Lee, S. Y., Park, C. L., Cilhoroz, B. T., & Pescatello, L. S. (2022). PTSD symptom clusters and cardiovascular responses to stress: Reactivity and recovery. *Journal of psychosomatic research*, 161, 110996. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2022.110996>
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for

- training. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 25(3), 177–191. <https://doi.org/10.1023/a:1009554825745>
- Lemaire, J. B., Wallace, J. E., Lewin, A. M., de Groot, J., & Schaefer, J. P. (2011). The effect of a biofeedback-based stress management tool on physician stress: a randomized controlled clinical trial. *Open medicine : a peer-reviewed, independent, open-access journal*, 5(4), e154–e163.
- Lepore, S. J., Miles, H. J., & Levy, J. S. (1997). Relation of chronic and episodic stressors to psychological distress, reactivity, and health. *International journal of behavioral medicine*, 4(1), 39–59. https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm0401_3
- Liang, C. S., Lee, J. F., Chen, C. C., & Chang, Y. C. (2015). Reactive heart rate variability in male patients with first-episode major depressive disorder. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry*, 56, 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2014.08.004>
- Lin, H., Lin, H., Lin, W., & Huang, A. (2011). Effects of stress, depression, and their interaction on heart rate, skin conductance, finger temperature, and respiratory rate: Sympathetic-parasympathetic hypothesis of stress and depression. *Journal of Clinical Psychology*, 67(10), 1080–1091. <https://doi.org/10.1002/jclp.20833>
- Lin, I. M., Fan, S. Y., Yen, C. F., Yeh, Y. C., Tang, T. C., Huang, M. F., Liu, T. L., Wang, P. W., Lin, H. C., Tsai, H. Y., & Tsai, Y. C. (2019). Heart Rate Variability Biofeedback Increased Autonomic Activation and Improved Symptoms of Depression and Insomnia among Patients with Major Depression Disorder. *Clinical psychopharmacology and neuroscience: the official scientific journal of the Korean College of Neuropsychopharmacology*, 17(2), 222–232. <https://doi.org/10.9758/cpn.2019.17.2.222>
- Linzer M. (2018). Clinician Burnout and the Quality of Care. *JAMA internal medicine*, 178(10), 1331–1332. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.3708>
- Lloyd, C., King, R., & Chenoweth, L. (2002). Social work, stress and burnout: A review. *Journal of Mental Health*, 11(3), 255–265. <https://doi.org/10.1080/09638230020023642>
- Lohani, M., Payne, B. R., & Strayer, D. L. (2019). A Review of Psychophysiological Measures to Assess Cognitive States in Real-World Driving. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 57. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00057>
- Lombardi, F., Malliani, A., Pagani, M., & Cerutti, S. (1996). Heart rate variability and its sympatho-vagal modulation. *Cardiovascular research*, 32(2), 208–216. [https://doi.org/10.1016/0008-6363\(96\)00116-2](https://doi.org/10.1016/0008-6363(96)00116-2)
- Luijckx, R., Hermens, H. J., Bodar, L., Vossen, C. J., Van Os, J., & Lousberg, R. (2014). Experimentally induced stress validated by EMG activity. *PloS one*, 9(4), e95215. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095215>
- Lund, T. D., Munson, D. J., Haldy, M. E., & Handa, R. J. (2004). Androgen inhibits, while oestrogen enhances, restraint-induced activation of neuropeptide neurones in the paraventricular nucleus of the hypothalamus. *Journal of*

- neuroendocrinology*, 16(3), 272–278. <https://doi.org/10.1111/j.0953-8194.2004.01167.x>
- Lyonfields, J.D., Borkovec, T.D., & Thayer, J.F. (1995). Vagal tone in generalized anxiety disorder and the effects of aversive imagery and worrisome thinking. *Behavior Therapy* 26 (3), 457–466.
- Ma, Y., & McCraty, R. (2016). Heart rate variability in mind-body interventions. *Complementary therapies in medicine*, 29, A1–A2. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2016.05.003>
- Mache, S., Vitzthum, K., Klapp, B. F., & Danzer, G. (2014). Surgeons' work engagement: influencing factors and relations to job and life satisfaction. *The surgeon : journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland*, 12(4), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2013.11.015>
- Mackay, A. M., Buckingham, R., Schwartz, R. S., Hodgkinson, S., Beran, R. G., & Cordato, D. J. (2015). The Effect of Biofeedback as a Psychological Intervention in Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Study. *International journal of MS care*, 17(3), 101–108. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2014-006>
- Mahinrad, S., Jukema, J.W., van Heemst, D., Macfarlane, P.W., Clark, E.N., de Craen, A.J.M., et al. (2016). 10-Second heart rate variability and cognitive function in old age. *Neurology*, 86, 1120–1127. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002499>
- Mahmud, S., Mohsin, M., Dewan, M. N., & Muyeed, A. (2023). The Global Prevalence of Depression, Anxiety, Stress, and Insomnia Among General Population During COVID-19 Pandemic: A Systematic Review and Meta-analysis. *Trends in Psychology*, 31(1), 143–170. <https://doi.org/10.1007/s43076-021-00116-9>
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84(2), 482–492. <https://doi.org/10.1161/01.cir.84.2.482>
- Malliani, A., Pagani, M., & Lombardi, F. (1994). Physiology and clinical implications of variability of cardiovascular parameters with focus on heart rate and blood pressure. *The American journal of cardiology*, 73(10), 3C–9C. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(94\)90617-3](https://doi.org/10.1016/0002-9149(94)90617-3)
- Mangina, C. A., & Beuzeron-Mangina, J. H. (1996). Direct electrical stimulation of specific human brain structures and bilateral electrodermal activity. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 22(1-2), 1–8. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(96\)00022-0](https://doi.org/10.1016/0167-8760(96)00022-0)
- Mann, S.L., Selby, E.A., Bates, M.E., & Contrada, R.J. (2015). Integrating affective and cognitive correlates of heart rate variability: A structural equation modeling approach. *International Journal of Psychophysiology*, 98(1), 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.07.003>

- Manning, S. K., & Melchiori, M. P. (1974). Words that upset urban college students: measured with GSRS and rating scales. *The Journal of social psychology, 94*(2nd half), 305–306. <https://doi.org/10.1080/00224545.1974.9923225>
- Masi, G., Favilla, L., Mucci, M., Poli, P., Romano, R. (2001). Depressive symptoms in children and adolescents with dysthymic disorder. *Psychopathology, 34*(1):29-35. <https://doi: 10.1159/000049277>
- Maslach, C. (2017). Finding solutions to the problem of burnout. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research, 69*(2), 143–152. <https://doi.org/10.1037/cpb0000090>
- Maslach, C., Schaufeli, W. B., & Leiter, M. P. (2001). Job burnout. *Annual review of psychology, 52*, 397–422. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397>
- Maslach, C., & Leiter, M. P. (2016). Understanding the burnout experience: recent research and its implications for psychiatry. *World psychiatry: official journal of the World Psychiatric Association (WPA), 15*(2), 103–111. <https://doi.org/10.1002/wps.20311>
- Mata, D. A., Ramos, M. A., Bansal, N., Khan, R., Guille, C., Di Angelantonio, E., & Sen, S. (2015). Prevalence of Depression and Depressive Symptoms Among Resident Physicians: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA, 314*(22), 2373–2383. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.15845>
- Matthews, K. A., Gump, B. B., & Owens, J. F. (2001). Chronic stress influences cardiovascular and neuroendocrine responses during acute stress and recovery, especially in men. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association, 20*(6), 403–410.
- Matthews, S.C., Paulus, M.P., Simmons, A.N., Nelesen, R.A., & Dimsdale, J.E. (2004a). Functional subdivisions within anterior cingulate cortex and their relationship to autonomic nervous system function. *Neuroimage, 22*(3), 1151–1156. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.03.005>
- Matthews, K. A., Katholi, C. R., McCreath, H., Whooley, M. A., Williams, D. R., Zhu, S., & Markovitz, J. H. (2004b). Blood pressure reactivity to psychological stress predicts hypertension in the CARDIA study. *Circulation, 110*(1), 74–78. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000133415.37578.E4>
- McCraty R. (2017). New Frontiers in Heart Rate Variability and Social Coherence Research: Techniques, Technologies, and Implications for Improving Group Dynamics and Outcomes. *Frontiers in public health, 5*, 267. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00267>
- McCraty, R., Atkinson, M., & Tomasino, D. (2003). Impact of a Workplace Stress Reduction Program on Blood Pressure and Emotional Health in Hypertensive Employees. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 9*(3), 355–369. <https://doi.org/10.1089/107555303765551589>
- McCraty, R., Atkinson, M., Lipsenthal, L., & Arguelles, L. (2009). New hope for correctional officers: an innovative program for reducing stress and health

- risks. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 34(4), 251–272. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9087-0>
- McCraty, R., & Childre, D. (2010). Coherence: bridging personal, social, and global health. *Alternative therapies in health and medicine*, 16(4), 10–24.
- McCraty, R., & Zayas, M. A. (2014). Cardiac coherence, self-regulation, autonomic stability, and psychosocial well-being. *Frontiers in psychology*, 5, 1090. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01090>
- McCraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk. *Global advances in health and medicine*, 4(1), 46–61. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2014.073>
- McEwen, B. S., Biron, C. A., Brunson, K. W., Bulloch, K., Chambers, W. H., Dhabhar, F. S., Goldfarb, R. H., Kitson, R. P., Miller, A. H., Spencer, R. L., & Weiss, J. M. (1997). The role of adrenocorticoids as modulators of immune function in health and disease: neural, endocrine and immune interactions. *Brain research. Brain research reviews*, 23(1-2), 79–133. [https://doi.org/10.1016/s0165-0173\(96\)00012-4](https://doi.org/10.1016/s0165-0173(96)00012-4)
- McEwen, B. S., & Stellar, E. (1993). Stress and the individual. Mechanisms leading to disease. *Archives of internal medicine*, 153(18), 2093–2101.
- McEwen B. S. (1998). Stress, adaptation, and disease. Allostasis and allostatic load. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 840, 33–44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x>
- McGonagle, K. A., & Kessler, R. C. (1990). Chronic stress, acute stress, and depressive symptoms. *American journal of community psychology*, 18(5), 681–706. <https://doi.org/10.1007/BF00931237>
- McLeod, D. R., & Zimmerli, W. D. (1989). Somatic manifestations in women with generalized anxiety disorder. Psychophysiological responses to psychological stress. *Archives of general psychiatry*, 46(12), 1113–1119. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1989.01810120055009>
- Melis, C., & Van Boxtel, A. (2001). Differences in autonomic physiological responses between good and poor inductive reasoners. *Biological Psychology*, 58(2), 121–146. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(01\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(01)00112-0)
- Meurs, J. A., Rossi, A. M., Perrewé, P. L., & Kolinski, M. J. (2022). Physiological reactions to and recovery from acute stressors: the roles of chronic anxiety and stable resources. *Health psychology report*, 11(3), 223–240. <https://doi.org/10.5114/hpr/153968>
- Michelini, L.C., & Stern, J.E. (2009). Exercise-induced neuronal plasticity in central autonomic networks: Role in cardiovascular control. *Experimental Physiology*, 94(9), 947–960. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2009.047449>
- Moraes, J.L., Rocha, M.X., Vasconcelos, G.G., Vasconcelos Filho, J.E., de Albuquerque, V.H.C., & Alexandria, A.R. (2018). Advances in photoplethysmography signal analysis for biomedical applications. *Sensors*, 18(6), Article 1894. <https://doi.org/10.3390/s18061894>

- Morrison, J. S. (1949). Ancilla to the Pre-Socratic Philosophers: a Complete Translation of the Fragments in Diels, *Fragmente der Vorsokratiker*. By K. Freeman. Pp. x + 162. Oxford: Blackwell, 1948. 8s. 6d. *The Journal of Hellenic Studies*, 69, 92–92. <https://doi.org/10.2307/629489>
- Møhlhave, M., Agergaard, J., & Wejse, C. (2022). Clinical Management of COVID-19 Patients - An Update. *Seminars in nuclear medicine*, 52(1), 4–10. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2021.06.004>
- Mundy-Castle, A. C., & Mckiever, B. L. (1953). The psychophysiological significance of the galvanic skin response. *Journal of Experimental Psychology*, 46(1), 15–24. <https://doi.org/10.1037/h0060100>
- Murphy L. R. (1984). Stress management in highway maintenance workers. *Journal of occupational medicine*. : official publication of the Industrial Medical Association, 26(6), 436–442. <https://doi.org/10.1097/00043764-198406000-00016>
- Myles, L.A.M., Connolly, J., & Stanulewicz, N. (2020). The Mediating Role of Perceived Control and Desire for Control in the Relationship between Personality and Depressive Symptomology. *Mediterranean Journal of Clinical Psychology*, 8(3) <https://doi.org/10.6092/2282-1619/mjcp-2589>
- Nabi, H., Kivimäki, M., Batty, G. D., Shipley, M. J., Britton, A., Brunner, E. J., Vahtera, J., Lemogne, C., Elbaz, A., & Singh-Manoux, A. (2013). Increased risk of coronary heart disease among individuals reporting adverse impact of stress on their health: the Whitehall II prospective cohort study. *European heart journal*, 34(34), 2697–2705. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/eh216>
- Noble, D. J., & Hochman, S. (2019). Hypothesis: Pulmonary Afferent Activity Patterns During Slow, Deep Breathing Contribute to the Neural Induction of Physiological Relaxation. *Frontiers in physiology*, 10, 1176. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01176>
- Nolan, R. P., Kamath, M. V., Floras, J. S., Stanley, J., Pang, C., Picton, P., & Young, Q. R. (2005). Heart rate variability biofeedback as a behavioral neurocardiac intervention to enhance vagal heart rate control. *American heart journal*, 149(6), 1137. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2005.03.015>
- Norte, C. E., Souza, G. G., Vilete, L., Marques-Portella, C., Coutinho, E. S., Figueira, I., & Volchan, E. (2013). They know their trauma by heart: an assessment of psychophysiological failure to recover in PTSD. *Journal of affective disorders*, 150(1), 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2012.11.039>
- Nunan, D., Sandercock, G. R., & Brodie, D. A. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing and clinical electrophysiology: PACE*, 33(11), 1407–1417. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>
- Obrist P. A. (1976). Presidential Address, 1975. The cardiovascular-behavioral interaction--as it appears today. *Psychophysiology*, 13(2), 95–107. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1976.tb00081.x>

- Orth-Gomér, K., Wamala, S. P., Horsten, M., Schenck-Gustafsson, K., Schneiderman, N., & Mittleman, M. A. (2000). Marital stress worsens prognosis in women with coronary heart disease: The Stockholm Female Coronary Risk Study. *JAMA*, *284*(23), 3008–3014. <https://doi.org/10.1001/jama.284.23.3008>
- Ormel, J., Riese, H., & Rosmalen, J. G. (2012). Interpreting neuroticism scores across the adult life course: immutable or experience-dependent set points of negative affect?. *Clinical psychology review*, *32*(1), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.10.004>
- Nakao M. (2010). Work-related stress and psychosomatic medicine. *BioPsychoSocial medicine*, *4*(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1751-0759-4-4>
- Pappa, S., Ntella, V., Giannakas, T., Giannakoulis, V. G., Papoutsis, E., & Katsaounou, P. (2020). Prevalence of depression, anxiety, and insomnia among healthcare workers during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *Brain, behavior, and immunity*, *88*, 901–907. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.05.026>
- Parak, J., Tarniceriu, A., Renevey, P., Bertschi, M., Delgado-Gonzalo, R., & Korhonen, I. (2015). Evaluation of the beat-to-beat detection accuracy of PulseOn wearable optical heart rate monitor. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2015*, 8099–8102. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7320273>
- Payne, R. L., & Rick, J. T. (1986). Heart rate as an indicator of stress in surgeons and anaesthetists. *Journal of psychosomatic research*, *30*(4), 411–420. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(86\)90080-2](https://doi.org/10.1016/0022-3999(86)90080-2)
- Penttila, J., Helminen, A., Jartti, T., Kuusela, T., Huikuri, H.V., Tulppo, M.P., Coffeng, R., & Scheinin, H. (2001). Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: Effects of various respiratory patterns. *Clinical Physiology*, *21*, 365–376. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2001.00337.x>
- Peper, E., Ancoli, S., & Quinn, M. (1979). *Mind/Body Integration. Essential Readings in Biofeedback*. Springer New York, NY. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2898-8>
- Perlman, B., & Hartman, E. A. (1982). Burnout: Summary and future research. *Human Relations*, *35*(4), 283–305. <https://doi.org/10.1177/001872678203500402>
- Pierini, D., Rolandi, S., & Bertolotti, G. (2013). L'assessment psicofisiologico nel contesto clinico. *Psicoterapia Cognitiva e Comportamentale*, *19*(3), 355-380.
- Pines, A., & Aronson, E. (1988). *Career burnout: Causes and cures*. Free Press.
- Plews, D.J., Laursen, P.B., Stanley, J., Kilding, A.E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, *43*(9), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>

- Pohl, R., Botscharow, J., Böckelmann, I., & Thielmann, B. (2022). Stress and strain among veterinarians: a scoping review. *Irish veterinary journal*, 75(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s13620-022-00220-x>
- Pomeranz, B., Macaulay, R. J., Caudill, M. A., Kutz, I., Adam, D., Gordon, D., Kilborn, K. M., Barger, A. C., Shannon, D. C., & Cohen, R. J. (1985). Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *The American journal of physiology*, 248(1 Pt 2), H151–H153. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1985.248.1.H151>
- Porges, S.W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology*, 74(2), 116–143. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2006.06.009>
- Porges, S.W. (2021). Polyvagal theory: A biobehavioral journey to sociality. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, 7, Article 100069. <https://doi.org/10.1016/j.cpniec.2021.100069>
- Porges, S.W. (2022). Polyvagal theory: A science of safety. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 16, Article 871227. <https://doi.org/10.3389/fnint.2022.871227>
- Privette, G., & Bundrick, C. M. (1991). Peak experience, peak performance, and flow. *Journal of Social Behavior and Personality*, 6, 169–188.
- Prunas, A., Sarno, I., Preti, E., Madeddu, F., & Perugini, M. (2012). Psychometric properties of the Italian version of the SCL-90-R: A study on a large community sample. *European Psychiatry: The Journal of the Association of European Psychiatrists*, 27(8), 591–597. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2010.12.006>
- Pruneti, C. (2011). The P Stress Questionnaire: a new tool for the evaluation of stress-related behaviors. *European Journal of Clinical Psychology and Psychiatry*, 3: 1-37.
- Pruneti, C. (2017). *Rilassamento e gestione dello stress: Storia, Medicina, Psicologia, Sport e vita quotidiana*. Società Editrice Esculapio.
- Pruneti, C., Vanello, N., Paterni, M., Landini, L., Guidotti, S., & Ferdeghini, E. M. (2021). Combined functional magnetic resonance imaging and skin conductance to detect localized neural response to psychological stress: a pilot study. *Archives italiennes de biologie*, 159(1), 21–27. <https://doi.org/10.12871/00039829202112>
- Pruneti, C. (2024). *Gestire lo stress, non combatterlo*. Società Editrice Esculapio.
- Pruneti, C., Fiduccia A., & Guidotti, S. (2023). Electrodermal activity moderates the relationship between depression and suicidal ideation in a group of patients with anxiety and depressive symptoms. *Journal of Affective Disorders Reports*, 14, 100673, <https://doi.org/10.1016/j.jadr.2023.100673>.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., La Mantia, A. S., & McNamara, J. O. (Eds.) (1997). *Neuroscience*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Ramesh, A., Nayak, T., Beestrum, M., Quer, G., & Pandit, J. A. (2023). Heart Rate Variability in Psychiatric Disorders: A Systematic Review. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 19, 2217–2239. <https://doi.org/10.2147/NDT.S429592>

- Rau, R., Gebele, N., Morling, K., & Rösler, U. (2010). Untersuchung arbeitsbedingter Ursachen für das Auftreten von depressiven Störungen. *Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*.
- Reiner R. (2008). Integrating a portable biofeedback device into clinical practice for patients with anxiety disorders: results of a pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 33(1), 55–61. <https://doi.org/10.1007/s10484-007-9046-6>
- Rinne, J. K. A., Miri, S., Oksala, N., Vehkaoja, A., & Kössi, J. (2023). Evaluation of a wrist-worn photoplethysmography monitor for heart rate variability estimation in patients recovering from laparoscopic colon resection. *Journal of clinical monitoring and computing*, 37(1), 45–53. <https://doi.org/10.1007/s10877-022-00854-w>
- Ruitenbunrg, M. M., Frings-Dresen, M. H., & Sluiter, J. K. (2012). The prevalence of common mental disorders among hospital physicians and their association with self-reported work ability: a cross-sectional study. *BMC health services research*, 12, 292–298. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-12-292>
- Rushton, Cynda H. (2018). *Moral resilience: transforming moral suffering in health care*. New York, NY: Oxford University Press.
- Russo, S., Ronchetti, M., Di Tecco, C., Valenti, A., Jain, A., Mennini, F. S., Leka, S., & Iavicoli, S. (2021). Developing a cost-estimation model for work-related stress: An absence-based estimation using data from two Italian case studies. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 47(4), 318–327. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3948>
- Sahebi, A., Nejati-Zarnaqi, B., Moayedi, S., Yousefi, K., Torres, M., & Golitaleb, M. (2021). The prevalence of anxiety and depression among healthcare workers during the COVID-19 pandemic: An umbrella review of meta-analyses. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry*, 107, 110247. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2021.110247>
- Sakaki, M., Yoo, H. J., Nga, L., Lee, T. H., Thayer, J. F., & Mather, M. (2016). Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *NeuroImage*, 139, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.05.076>
- Salyers, M. P., Bonfils, K. A., Luther, L., Firmin, R. L., White, D. A., Adams, E. L., & Rollins, A. L. (2017). The Relationship Between Professional Burnout and Quality and Safety in Healthcare: A Meta-Analysis. *Journal of general internal medicine*, 32(4), 475–482. <https://doi.org/10.1007/s11606-016-3886-9>
- Sapolsky, R. (1992). Neuroendocrinology of the stress response. In J. B. Becker, S. M. Breedlove, & D. Crews (Eds.), *Behavioral Endocrinology* (pp. 287–324). Cambridge, MA: MIT Press.
- Sarabia-Cobo C. M. (2015). Heart coherence: a new tool in the management of stress on professionals and family caregivers of patients with dementia. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 40(2), 75–83. <https://doi.org/10.1007/s10484-015-9276-y>

- Sarchiapone, M., Gramaglia, C., Iosue, M., Carli, V., Mandelli, L., Serretti, A., Marangon, D., & Zeppegno, P. (2018). The association between electrodermal activity (EDA), depression and suicidal behavior: A systematic review and narrative synthesis. *BMC psychiatry*, *18*(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s12888-017-1551-4>
- Saviola, F., Pappaianni, E., Monti, A., Grecucci, A., Jovicich, J., & De Pisapia, N. (2020). Trait and state anxiety are mapped differently in the human brain. *Scientific reports*, *10*(1), 11112. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68008-z>
- Schaubroeck, J., & Ganster, D. C. (1993). Chronic demands and responsivity to challenge. *The Journal of applied psychology*, *78*(1), 73–85. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.78.1.73>
- Schneider, M., & Schwerdtfeger, A. (2020). Autonomic dysfunction in posttraumatic stress disorder indexed by heart rate variability: a meta-analysis. *Psychological medicine*, *50*(12), 1937–1948. <https://doi.org/10.1017/S003329172000207X>
- Schäfer, S.K., Ihmig, F.R., Lara, H.K.A., Neurohr, F., Kiefer, S., Staginnus, M., Lass-Hennemann, J., & Michael, T. (2018). Effects of heart rate variability biofeedback during exposure to fear-provoking stimuli within spider-fearful individuals: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, *19*(1), Article 184. <https://doi.org/10.1186/s13063-018-2554-2>
- Schiweck, C., Piette, D., Berckmans, D., Claes, S., & Vrieze, E. (2019). Heart rate and high frequency heart rate variability during stress as biomarker for clinical depression. A systematic review. *Psychological medicine*, *49*(2), 200–211. <https://doi.org/10.1017/S0033291718001988>
- Selye H. (1998). A syndrome produced by diverse nocuous agents. 1936. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, *10*(2), 230–231. <https://doi.org/10.1176/jnp.10.2.230a>
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C.L. (2014). A healthy heart is not a metronome: An integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, *5*, Article 1040. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in public health*, *5*, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Shanafelt, T. D., Hasan, O., Dyrbye, L. N., Sinsky, C., Satele, D., Sloan, J., & West, C. P. (2015). Changes in Burnout and Satisfaction With Work-Life Balance in Physicians and the General US Working Population Between 2011 and 2014. *Mayo Clinic proceedings*, *90*(12), 1600–1613. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.08.023>
- Shanafelt, T. D., West, C. P., Sinsky, C., Trockel, M., Tutty, M., Satele, D. V., Carlasare, L. E., & Dyrbye, L. N. (2019a). Changes in Burnout and Satisfaction With Work-Life Integration in Physicians and the General US Working Population Between 2011 and 2017. *Mayo Clinic proceedings*, *94*(9), 1681–1694. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2018.10.023>

- Shanafelt, T. D., Sinsky, C., Dyrbye, L. N., Trockel, M., & West, C. P. (2019b). Burnout Among Physicians Compared With Individuals With a Professional or Doctoral Degree in a Field Outside of Medicine. *Mayo Clinic proceedings*, 94(3), 549–551. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2018.11.035>
- Siepmann, M., Hennig, U. D., Siepmann, T., Nitzsche, K., Mück-Weymann, M., Petrowski, K., & Weidner, K. (2014). The effects of heart rate variability biofeedback in patients with preterm labour. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 39(1), 27–35. <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9238-1>
- Sirigatti, S., & Stefanile, C. (2001). *Il 16PF-5 Adattamento italiano*. Firenze: OS Organizzazioni Speciali.
- Smyth, A., O'Donnell, M., Yusuf, S., & INTERHEART Investigators (2017). Response by Smyth et al to Letters Regarding Article, "Physical Activity and Anger or Emotional Upset as Triggers of Acute Myocardial Infarction: The INTERHEART Study". *Circulation*, 135(10), e644–e645. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.026954>
- Sohn, J. H., Choi, H. C., & Jun, A. Y. (2013). Differential patterns of muscle modification in women with episodic and chronic tension-type headache revealed using surface electromyographic analysis. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 23(1), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.08.001>
- Solernò, J.I., Pérez Chada, D., Guinjoan, S.M., Pérez Lloret, S., Hedderwick, A., Vidal, M.F., et al. (2012). Cardiac autonomic activity predicts dominance in verbal over spatial reasoning tasks: Results from a preliminary study. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 167(1–2), 78–80. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2011.10.008>
- Spielberger, C. D. (1966). Theory and research on anxiety. In C. Spielberger (Ed.), *Anxiety: Current trends in theory and research* (pp. 481–492). Academic Press.
- Spielberger, C. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (form Y)*. Mind Garden.
- Stewart, M.E., Ebmeier, K.P., & Deary, I.J. (2005). Personality correlates of happiness and sadness: EPQ-R and TPQ compared. *Personality and Individual Differences*, 38:1085–1096.
- Sutarto, A. P., Wahab, M. N., & Zin, N. M. (2012). Resonant breathing biofeedback training for stress reduction among manufacturing operators. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE*, 18(4), 549–561. <https://doi.org/10.1080/10803548.2012.11076959>
- Takada, M., Ebara, T., & Kamijima, M. (2010). Heart rate variability assessment in Japanese workers recovered from depressive disorders resulting from job stress: measurements in the workplace. *International archives of occupational and environmental health*, 83(5), 521–529. <https://doi.org/10.1007/s00420-009-0499-1>

- Tanner, G., Bamberg, E., Kozak, A., Kersten, M., & Nienhaus, A. (2015). Hospital physicians' work stressors in different medical specialities: a statistical group comparison. *Journal of occupational medicine and toxicology (London, England)*, *10*, 7. <https://doi.org/10.1186/s12995-015-0052-y>
- Tarniceriu, A., Harju, J., Vehkaoja, A., Parak, J., Delgado-Gonzalo, R., Renevey, P., Yli-Hankala, A., Korhonen, I. (2018). Detection of beat-to-beat intervals from wrist photoplethysmography in patients with sinus rhythm and atrial fibrillation after surgery. US: IEEE.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, *93*(5), 1043–1065. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Tawfik, D. S., Scheid, A., Profit, J., Shanafelt, T., Trockel, M., Adair, K. C., Sexton, J. B., & Ioannidis, J. P. A. (2019). Evidence Relating Health Care Provider Burnout and Quality of Care: A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, *171*(8), 555–567. <https://doi.org/10.7326/M19-1152>
- Teufel, M., Stephan, K., Kowalski, A., Käsberger, S., Enck, P., Zipfel, S., & Giel, K. E. (2013). Impact of biofeedback on self-efficacy and stress reduction in obesity: a randomized controlled pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, *38*(3), 177–184. <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9223-8>
- Thayer, J. F., Friedman, B. H., & Borkovec, T. D. (1996). Autonomic characteristics of generalized anxiety disorder and worry. *Biological psychiatry*, *39*(4), 255–266. [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(95\)00136-0](https://doi.org/10.1016/0006-3223(95)00136-0)
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *33*(2), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.004>
- Thayer, J. F., & Sternberg, E. M. (2010). Neural aspects of immunomodulation: focus on the vagus nerve. *Brain, behavior, and immunity*, *24*(8), 1223–1228. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2010.07.247>
- Thayer, J. F., Ahs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., 3rd, & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *36*(2), 747–756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>
- Thielmann, B., & Boeckelmann, I. (2016). Herzfrequenzvariabilität als Beanspruchungsindikator für psychische Belastungen bei Chirurgen – ein Literaturüberblick [Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Stress in Surgeons - A Review of the Literature]. *Zentralblatt fur Chirurgie*, *141*(5), 577–582. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1396295>
- The Lancet (2019). ICD-11. *Lancet (London, England)*, *393*(10188), 2275. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31205-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31205-X)

- The Lancet (2020). COVID-19: protecting health-care workers. *Lancet (London, England)*, 395(10228), 922. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30644-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30644-9)
- Thielmann, B., Pohl, R., & Böckelmann, I. (2021). Heart rate variability as a strain indicator for psychological stress for emergency physicians during work and alert intervention: a systematic review. *Journal of occupational medicine and toxicology (London, England)*, 16(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s12995-021-00313-3>
- Thurber, M.R., McCraty, R., Kabaker, B., Sawyer, S. (2017). *HeartMath® Interventions Program for Health Professionals. Establishing a New Baseline for Sustained Behavioral Change*. Heartmath LLC.
- Tiller, W. A., McCraty, R., & Atkinson, M. (1996). Cardiac coherence: a new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. *Alternative therapies in health and medicine*, 2(1), 52–65.
- Toppinen-Tanner, S., Ojajärvi, A., Väänänen, A., Kalimo, R., & Jäppinen, P. (2005). Burnout as a predictor of medically certified sick-leave absences and their diagnosed causes. *Behavioral medicine (Washington, D.C.)*, 31(1), 18–27. <https://doi.org/10.3200/BMED.31.1.18-32>
- Torén, K., Schiöler, L., Söderberg, M., Giang, K. W., & Rosengren, A. (2015). The association between job strain and atrial fibrillation in Swedish men. *Occupational and environmental medicine*, 72(3), 177–180. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102256>
- Tsagareli M. G. (2012). Ivane Tarkhishvili (Tarchanoff): a major Georgian figure from the Russian physiological school. *Journal of the history of the neurosciences*, 21(4), 393–408. <https://doi.org/10.1080/0964704X.2012.670097>
- van der Veen, F.M., van der Molen, M.W., Sahibdin, P.P., & Franken, I.H. (2014). The heart-break of social rejection versus the brain wave of social acceptance. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(9), 1346–1351. <https://doi.org/10.1093/scan/nst120>
- Vahey, R., & Becerra, R. (2015). Galvanic Skin Response in Mood Disorders: A Critical Review. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 15(2), 275-304
- Vahtera, J., Kivimäki, M., Pentti, J., Linna, A., Virtanen, M., Virtanen, P., & Ferrie, J. E. (2004). Organisational downsizing, sickness absence, and mortality: 10-town prospective cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 328(7439), 555. <https://doi.org/10.1136/bmj.37972.496262.0D>
- Valderrama, M., Navarro, V., & Le Van Quyen, M. (2010). Heart rate variability as a measurement of heart-brain interactions. *Epilepsies*, 22(3), 194–200. <https://doi.org/10.1684/epi.2010.0323>
- Virtanen, M., Jokela, M., Nyberg, S. T., Madsen, I. E., Lallukka, T., Ahola, K., Alfredsson, L., Batty, G. D., Bjorner, J. B., Borritz, M., Burr, H., Casini, A., Clays, E., De Bacquer, D., Dragano, N., Erbel, R., Ferrie, J. E., Fransson, E. I., Hamer, M., Heikkilä, K., ... Kivimäki, M. (2015). Long working hours and alcohol use: systematic review and meta-analysis of published studies and

- unpublished individual participant data. *BMJ (Clinical research ed.)*, 350, g7772. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7772>
- Wang, H. X., Wahlberg, M., Karp, A., Winblad, B., & Fratiglioni, L. (2012). Psychosocial stress at work is associated with increased dementia risk in late life. *Alzheimer's & dementia: the journal of the Alzheimer's Association*, 8(2), 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.001>
- Watson, D., & Clark, L. A. (1992). On traits and temperament: general and specific factors of emotional experience and their relation to the five-factor model. *Journal of personality*, 60(2), 441–476. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1992.tb00980.x>
- Weiniger, C. F., Shalev, A. Y., Ofek, H., Freedman, S., Weissman, C., & Einav, S. (2006). Posttraumatic stress disorder among hospital surgical physicians exposed to victims of terror: a prospective, controlled questionnaire survey. *The Journal of clinical psychiatry*, 67(6), 890–896. <https://doi.org/10.4088/jcp.v67n0605>
- Wekenborg, M. K., Schwerdtfeger, A., Rothe, N., Penz, M., Walther, A., Kirschbaum, C., Thayer, J. F., Wittling, R. A., & Hill, L. K. (2022). Determining the direction of prediction of the association between parasympathetic dysregulation and exhaustion symptoms. *Scientific reports*, 12(1), 10648. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14743-4>
- West, C. P., Dyrbye, L. N., Erwin, P. J., & Shanafelt, T. D. (2016). Interventions to prevent and reduce physician burnout: a systematic review and meta-analysis. *Lancet (London, England)*, 388(10057), 2272–2281. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31279-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31279-X)
- West, C. P., Dyrbye, L. N., & Shanafelt, T. D. (2018). Physician burnout: contributors, consequences and solutions. *Journal of internal medicine*, 283(6), 516–529. <https://doi.org/10.1111/joim.12752>
- Wetzel, L., Halfmann, M., Castioni, N., Kiefer, F., König, S., Schmieder, A., & Koopmann, A. (2023). The impact of COVID-19 pandemic on mental burden and quality of life in physicians: Results of an online survey. *Frontiers in psychiatry*, 14, 1068715. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1068715>
- Wheat, A. L., & Larkin, K. T. (2010). Biofeedback of heart rate variability and related physiology: a critical review. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 35(3), 229–242. <https://doi.org/10.1007/s10484-010-9133-y>
- Whited, A., Larkin, K. T., & Whited, M. (2014). Effectiveness of emWave biofeedback in improving heart rate variability reactivity to and recovery from stress. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 39(2), 75–88. <https://doi.org/10.1007/s10484-014-9243-z>
- Wilberforce, N., Wilberforce, K., & Aubrey-Bassler, F. K. (2010). Post-traumatic stress disorder in physicians from an underserved area. *Family practice*, 27(3), 339–343. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmq002>
- Wu, P., Fang, Y., Guan, Z., Fan, B., Kong, J., Yao, Z., Liu, X., Fuller, C. J., Susser, E., Lu, J., & Hoven, C. W. (2009). The psychological impact of the SARS epidemic

- on hospital employees in China: exposure, risk perception, and altruistic acceptance of risk. *Canadian journal of psychiatry. Revue canadienne de psychiatrie*, 54(5), 302–311. <https://doi.org/10.1177/070674370905400504>
- Yamamoto, A., Hara, T., Kikuchi, K., Hara, T., & Fujiwara, T. (1999). Intraoperative stress experienced by surgeons and assistants. *Ophthalmic surgery and lasers*, 30(1), 27–30.
- Yao, B. C., Meng, L. B., Hao, M. L., Zhang, Y. M., Gong, T., & Guo, Z. G. (2019). Chronic stress: a critical risk factor for atherosclerosis. *The Journal of international medical research*, 47(4), 1429–1440. <https://doi.org/10.1177/0300060519826820>
- Zellars, K. L., Meurs, J. A., Perrewé, P. L., Kacmar, C. J., & Rossi, A. M. (2009). Reacting to and recovering from a stressful situation: the negative affectivity-physiological arousal relationship. *Journal of occupational health psychology*, 14(1), 11–22. <https://doi.org/10.1037/a0013823>



La borsa di dottorato è stata cofinanziata con risorse del *Programma Operativo Nazionale Ricerca e Innovazione 2014-2020*, risorse *FSE REACT-EU*, Azione IV.4 “*Dottorati e contratti di ricerca su tematiche dell’innovazione*” e Azione IV.5 “*Dottorati su tematiche Green*”.