

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

**Corso di Laurea in Scienze psicologiche dello sviluppo, della personalità e delle relazioni
interpersonali**

Tesi di Laurea Triennale

Stress, indici psicofisiologici e applicazioni in ambito lavorativo

Stress, psychophysiological indices and work related applications

Relatrice:

Dott.ssa Elisabetta Patron

Laureanda: Alice Reggiani

Matricola: 1220685

A.A. 2021-22

INDICE

1. STRESS.....	4
1.1 Risposta da stress.....	4
1.1.1 Risposta da stress e sistema nervoso autonomo.....	5
1.1.2 Risposta da stress e asse neuroendocrino.....	7
1.1.3 Risposta da stress e asse endocrino.....	9
1.2 Allostasi e carico allostatico	10
1.3 Stress lavoro correlato.....	12
1.3.1 Conseguenze dello stress lavoro correlato.....	15
1.3.2 Valutazione dello stress lavoro correlato.....	16
2. METODI DI MISURAZIONE DELLO STRESS E STRESS	
LAVORO CORRELATO.....	17
2.1 Misurazione del livello di stress dell'individuo.....	17
2.1.1 Il biosegnale.....	18
2.3 Biosegnali per rilevare la risposta da stress.....	19
2.3.1 HRV e risposta da stress.....	21
2.3.2 HRV e stress lavoro correlato.....	22
2.3.3 Indici periferici e risposta da stress.....	23
3. APPLICAZIONE DEI DISPOSITIVI INDOSSABILI SUL LAVORO.....	26
CONCLUSIONI.....	29

CAPITOLO 1

STRESS

1.1 LA RISPOSTA DA STRESS

Lo stress è la reazione del corpo a fronte di uno stressor (agente che può innescare la risposta da stress) finalizzata a riportare il corpo ad una situazione di omeostasi. La risposta è generale e aspecifica, qualunque sia la natura dell'agente stressante (fisica o psichica) e i meccanismi di adattamento che vengono innescati sono sempre gli stessi.

La risposta da stress è una risposta di natura biologica caratterizzata da una serie di modificazioni psicofisiche e comportamentali atte a consentire all'organismo una reazione di difesa. Walter Cannon ed Hans Selye, rispettivamente fisiologo e medico furono tra i primi a studiare la risposta da stress. Cannon qualche anno prima di Selye approfondì i suoi studi sulla famosa risposta fight-or-flight (letteralmente “combatti o fuggi”) di attivazione del sistema nervoso autonomo (SNA). Successivamente Selye (1956), concettualizzò la risposta da stress come una “sindrome generale di adattamento” (general adaptation syndrome, GSA) suddivisa in tre fasi. Quindi il soggetto a fronte di uno o più stressor si scontra con una prima fase di allarme (che corrisponde alla risposta fight or flight di Cannon), una seconda di resistenza e, se lo stress persiste, l'individuo può raggiungere l'esaurimento, e in casi estremi anche alla morte.

Selye a questo proposito riconobbe due tipologie di stress, uno positivo chiamato “eustress” e uno negativo “distress”. Con eustress si intende una risposta adattativa ottimale dell'organismo all'ambiente e alle sue richieste. Vi è un livello di attivazione adeguato che permette all'individuo di raggiungere gli obiettivi prefissati. Al contrario con distress Selye intende una risposta compromessa

da un'attivazione psico-fisica eccessiva. Quest'ultimo può essere dannoso e può avere ripercussioni negative sulla salute dell'individuo (Selye, 1956).

Protagonista della risposta da stress è il sistema nervoso autonomo (SNA). Il SNA, definito tale perché non prevede controllo volontario, si divide in due branche, quella simpatica e parasimpatica. Queste due branche partendo dal cervello innervano diversi tessuti e organi del corpo (ad esempio, il cuore, i polmoni, il fegato, l'intestino ecc.) che si occupano di funzioni vitali, regolandone il funzionamento. Le due branche del SNA agiscono spesso, ma non sempre in maniera reciproca in un'ottica omeostatica e allostatica (finalizzata cioè a ristabilire nuovamente l'equilibrio nel corpo a seguito di una stimolazione da parte di uno stressor).

La risposta da stress attivata si differenzia, sulla base della permanenza e dell'intensità percepita dello stressor. Lo stress acuto, riguarda periodi di breve esposizione allo stress e coinvolge la risposta immediata della branca simpatica del SNA con una attivazione della risposta definita da Cannon "fight-or-flight". Diverso è lo stress episodico, stress che si presenta in maniera più frequente del precedente, associato ad una vita molto caotica, ma che non è continuo (Colligan & Higgins, 2006). Lo stress cronico invece sembra essere il più pericoloso per la salute dell'individuo, si verifica quando gli stressor permangono in maniera prolungata e continuativa nel tempo. Esempi di stress cronico possono riguardare problemi familiari, un eccessivo carico lavorativo o problemi economici. Dal punto di vista biologico lo stress induce diverse risposte in diversi sistemi. Nello specifico vengono attivate una risposta a livello neurale automatica e rapida, una risposta neuroendocrina e una endocrina più lenta (Colligan & Higgins, 2006; Schneiderman et al., 2005).

1.1.1 RISPOSTA DA STRESS E SISTEMA NERVOSO AUTONOMO

La risposta da stress a livello neurale è la prima che si attiva nel momento in cui uno stimolo viene percepito come minaccioso, è immediata, coinvolge in particolare l'azione del SNA simpatico. Il

SNA simpatico agisce per mobilitare le energie del corpo in modo da permettere una reazione da parte del corpo. L'attivazione parte dall'ipotalamo, scorre lungo il midollo spinale fino ad innervare gli organi target. Il SNA simpatico si compone di fibre pregangliari che decorrono lungo il canale midollare che rilasciano il neurotrasmettitore acetilcolina (ACh) e fibre postgangliari che rilasciano il neurotrasmettitore noradrenalina (NA) direttamente sull'organo bersaglio. La NA si diffonde molto rapidamente nei tessuti e agisce sui diversi organi ad esempio dilatando la pupilla, inibendo la salivazione, dilatando le vie aeree, restringendo i vasi sanguigni, accelerando la frequenza cardiaca, aumentando la pressione arteriosa, stimolando la produzione e il rilascio di glucosio da parte del fegato, inibendo la digestione. Il fatto che questo sistema sia sotto il controllo nervoso consente una risposta rapida ed immediata dell'organismo alla situazione d'emergenza. Inoltre, contemporaneamente, l'ipotalamo rilascia betaendorfine, gli antidolorifici propri dell'organismo che consentono, tramite l'innalzamento della soglia del dolore, di resistere a tensioni emotive, traumi fisici o sforzi più intensi di quanto sarebbe normalmente sopportabile così da fornire la possibilità di reagire al meglio allo stimolo (Bears et al., 2017; Everly & Lating, 2019).

Al termine della stimolazione stressante, generalmente l'attivazione della branca simpatica si riduce e si attiva la branca parasimpatica che agisce in maniera opposta alla prima, principalmente per mezzo dell'azione di innervazione del nervo vago. Nello specifico l'attivazione della branca parasimpatica, rallenta il battito cardiaco, determina la costrizione delle vie respiratorie, promuove la digestione, stimola il rilascio pancreatico di insulina ed enzimi digestivi. L'attivazione della branca parasimpatica garantisce il recupero delle energie e il ripristino dell'omeostasi.

Non tutti i tessuti sono innervati da entrambi i sistemi, nel caso dei vasi sanguigni della cute e le ghiandole sudoripare si parla di sola attivazione simpatica. Mentre le ghiandole lacrimali sono innervate solamente da fibre parasimpatiche. Volendo fare il paragone, il sistema simpatico e quello parasimpatico costituiscono rispettivamente l'acceleratore e il freno del nostro organismo, e sono elementi centrali alla base della regolazione affettiva dell'individuo (Porges, 2011; Figura 1.1).

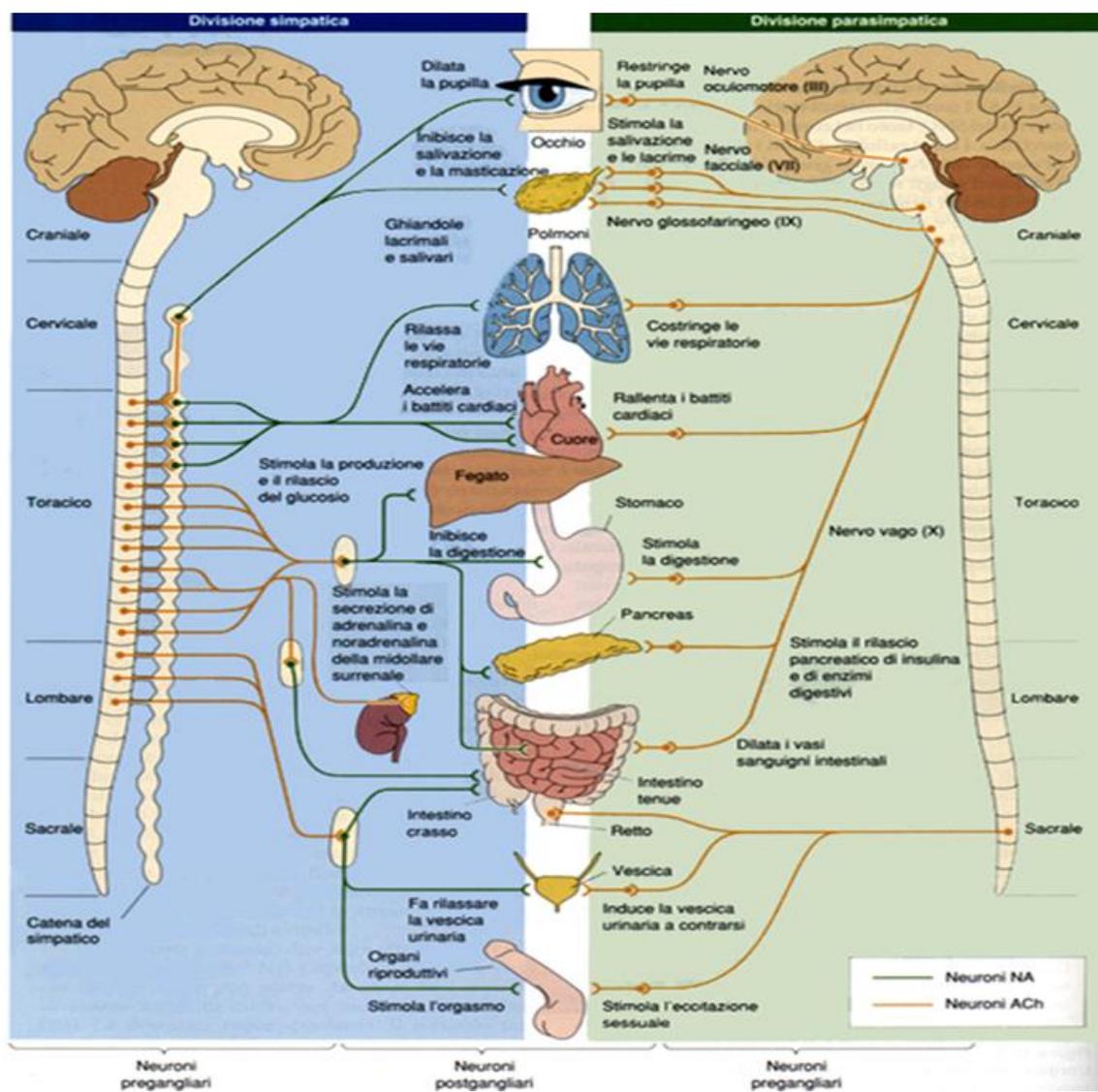


Figura 1.1 Mostra l'attivazione del sistema nervoso autonomo, in merito ad una reazione da stress. Tratto da Bears et al., (2017).

1.1.2 RISPOSTA DA STRESS E ASSE NEUROENDOCRINO

A rinforzo dell'azione neurale simpatica si attiva la risposta neuroendocrina. Tale risposta ha lo scopo di mobilitare ulteriormente le risorse dell'organismo, in una situazione d'emergenza. Con attivazione

dell'asse neuroendocrino si intende la stimolazione della midollare del surrene, ad opera del sistema nervoso simpatico, al rilascio di noradrenalina e adrenalina che prolunga la reazione da stress. Questa risposta è attivata da diversi stimoli di influenza psicologica e psicosociale sia piacevoli (ad esempio il matrimonio, una competizione sportiva, la nascita di un figlio, un nuovo lavoro) che spiacevoli (ad esempio la morte di una persona cara, un grande litigio, situazioni di paura e d'ansia legate agli eventi di vita quotidiana; Everly et al., 2019).

La risposta emozionale infatti è fortemente e inestricabilmente associata all'attivazione corporea, le emozioni sono diverse ma comportano tutte una risposta fisiologica che abilita il corpo all'azione. Tutto questo avviene a partire dall'azione del sistema limbico che si occupa di integrare le informazioni socio-emozionali, ossia delle informazioni che riceviamo per mezzo delle relazioni interpersonali e ambientali, con quelle fisio-emozionali, provenienti dal corpo. Tra le aree maggiormente coinvolte alla risposta emozionale e a stimoli stressanti, l'amigdala (che fa parte del sistema limbico) è stata riconosciuta come una struttura di particolare rilievo poiché funge da "sistema di allarme", essendo coinvolta nella percezione pre-coscienza di stimoli minacciosi e potenzialmente pericolosi (Porges, 2011).

Si attiva così la risposta da stress per via neuroendocrina a partire dalla regione dorsomediale dell'amigdala che a sua volta attiva la regione posteriore e anteriore dell'ipotalamo. Da qui l'impulso neurale arriva alle ghiandole surrenali, seguendo la via del midollo spinale. A questo punto, dopo circa 20/30 s dalla sua stimolazione, la regione midollare del surrene inizia la secrezione di noradrenalina e adrenalina. Queste catecolamine agiscono di concerto aumentando la frequenza, la forza di contrazione e l'eccitabilità cardiaca, aumentano la vasocostrizione periferica per apportare maggior sangue (vasodilatazione) a livello di muscoli, cuore e polmoni dove è necessaria maggior energia. Il loro rilascio aumenta inoltre la frequenza respiratoria e aumentano il tono e la forza muscolare per garantire la prontezza dei muscoli all'azione. A livello metabolico la produzione di catecolamine induce glicogenolisi (mobilizzazione del glicogeno accumulato nel fegato e successivo

aumento degli zuccheri nel sangue) e, lipolisi (mobilizzazione delle riserve energetiche dell'organismo). L'incremento dell'attività metabolica genera calore che viene disperso per mantenere equilibrio per mezzo della sudorazione, così da mantenere costante la temperatura corporea (Everly et al., 2019).

1.1.3 RISPOSTA DA STRESS ED ASSE ENDOCRINO

Se lo stress permane per un lungo periodo di tempo, come avviene ad esempio nello stress cronico, il corpo avvia una risposta di tipo prettamente endocrino. Questo tipo di risposta coinvolge l'azione dei neuroni neurosecretori parvocellulari, posti nella parte ultima dell'ipotalamo più vicina all'ipofisi (ipotalamo periventricolare), che rilasciano il fattore stimolante la secrezione di corticotropina (Corticotropin-Releasing Hormone, CRH). Il CRH a sua volta percorre un breve tragitto verso l'ipofisi anteriore (adenipofisi) dove, dopo circa 15s stimola la secrezione dell'ormone adrenocorticotropo (Adreno Cortico Tropic Hormone, ACTH). L'ACTH entra nella circolazione e raggiunge la seconda regione del surrene ovvero la corticale del surrene, dove nel giro di pochi minuti stimola il rilascio di mineralcorticoidi e glucocorticoidi tra cui il più importante, è il cortisolo. Questo insieme di strutture e processi è definito asse ipotalamo-ipofisi-surrene (Hypothalamic-Pituitary-Adrenal, HPA; si veda la Figura 1.2).

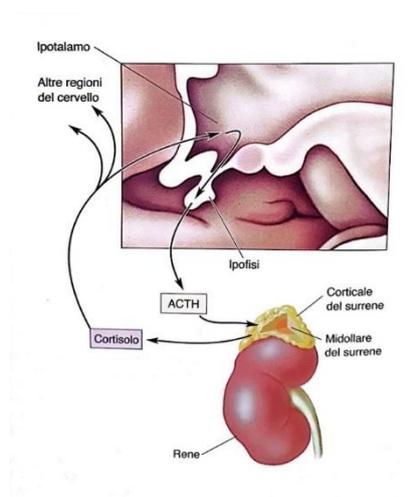


Figura 1.2 In figura la rappresentazione dell'asse endocrino. Tratto da Bears et al., (2017).

I glucocorticoidi tra cui il cortisolo sono prodotti con un meccanismo di autoregolazione a feedback negativo, che permette di mantenere un livello degli ormoni nel sangue funzionale all'attività che compie il corpo. Il rilascio di ACTH da parte dell'adenipofisi è modulato anche dai ritmi circadiani. Nel corso delle 24h della giornata il livello di ACTH risulta elevato al risveglio e tende a decrescere con la sera (Russel & Lightman, 2019).

Inoltre, l'ipotalamo rilascia il fattore stimolante la secrezione di somatotropina nell'adenipofisi stimolandone il rilascio di somatotropina, anche detto "ormone della crescita", che a sua volta porta alla secrezione di mineralcorticoidi responsabili dell'aumento del livello di zuccheri nel sangue. L'ipotalamo inoltre determina il rilascio da parte dell'ipofisi anteriore dell'ormone tiro-stimolante (Thyroid Stimulating Hormone, TSH) che stimola la tiroide al rilascio di due ormoni: tiroxina e triiodotironina. Questi due ormoni agiscono sull'organismo aumentando il metabolismo, incrementano la frequenza cardiaca, aumentano la pressione del sangue e la sensibilità di alcuni tessuti alle catecolammine (Bears et al., 2017; Everly et al., 2019).

1.1.4 ALLOSTASI E CARICO ALLOSTATICO

La risposta da stress è definita allostatica, ovvero prevede una iniziale modifica dei parametri fisiologici per far fronte alle richieste poste dall'ambiente ed una successiva ricalibrazione di questi parametri su livelli funzionali diversi da quelli di partenza. L'allostasi è un meccanismo fondamentale alla sopravvivenza. La risposta allo stress (allostasi) risulta di per sé benefica e necessaria per aumentare la performance e aiutare il corpo a fronte di un pericolo. D'altro canto, se la risposta da stress è protratta nel tempo o se è particolarmente impegnativa, il tentativo di rendere l'organismo capace di rispondere efficacemente alle richieste porta ad un sovraccarico (carico allostatico) e un'usura dei sistemi di adattamento, con comparsa di disturbi funzionali e, successivamente, problematiche agli organi. Le malattie stress correlate si ritiene siano associate a condizioni stressanti

particolarmente intense o protratte nel tempo e alle quali non sia possibile rispondere con la reazione attiva di attacco-fuga. L'ansia in questo, può essere un sintomo che funge da campanello d'allarme di una situazione di carico allostatico (McEwen, 1998; Maron et al., 2019).

Un carico allostatico eccessivo, cioè una iperattivazione simpatica dell'asse HPA, ha impatto anche sul cervello. Un'area particolarmente colpita è l'ippocampo, poiché questa struttura ha un'ingente quantità di recettori per mineralcorticoidi e glucocorticoidi. Quindi un aumento del livello di questi ormoni nel sangue dovuto ad un aumento del livello di stress dell'individuo può portare a disfunzioni dell'ippocampo (Gulyaeva, 2019). Alcuni studi hanno dimostrato che alcuni disturbi stress correlati, come il disturbo post traumatico da stress sono associati ad una atrofia dell'ippocampo e a conseguenti difficoltà di apprendimento e memoria (Kunimatsu et al., 2020; Szeszko et al., 2018).

Inoltre, è stato mostrato come la percezione o tolleranza allo stress sia fortemente influenzata dalle risorse individuali (come, ad esempio, la resilienza) e dall'esperienza che un individuo ha maturato affrontando diverse situazioni durante il corso della vita. (Walker et al., 2017; Bennett et al., 2018; Oken et al., 2015).

A lungo andare la risposta da stress continua ed elevata può avere conseguenze negative sullo stato di salute dell'individuo. Ad esempio, conseguono ad una risposta cronica di stress un aumento della pressione arteriosa, che a lungo termine accelera il processo aterosclerotico e aumenta il rischio di infarto miocardico a cui si associano spesso disturbi metabolici come l'obesità, diabete. (McEwen, 1998; Tabella 1.1).

Recenti studi hanno suggerito il carico allostatico come un paradigma per una comprensione integrata dell'importanza di stress psicosociali e il suo impatto sullo sviluppo e il mantenimento di disturbi cardiovascolari. Sottolineando l'influenza di stressor psicosociali nell'insorgenza e mantenimento di

ipertensione ed infiammazione, fino a determinare morbidità cardiovascolari e in casi estremi, morte (Yaribeygi et al., 2017; Maron et al., 2019).

Sistema	Risposta da stress acuto	Problemi associati ad una risposta da stress cronico
Cardiovascolare	Mantenimento della postura eretta (evitando il « blocco cardiaco») Sforzo fisico	Ipertensione, potenziale per ictus, MI
Metabolico	Attivazione e mantenimento delle riserve energetiche, compresa la fornitura di energia al cervello	Obesità, diabete, aterosclerosi
Immunitario	Risposta ai patogeni Sorveglianza per i tumori	Infiammatori, disturbi autoimmuni Immunodepressione
Sistema nervoso centrale, SNC	Apprendimento, memoria Regolazione neuroendocrina e autonoma	Atrofia neuronale, morte delle cellule nervose

Tabella 1.1 Riassume gli effetti che la risposta acuta e cronica da stress hanno sul corpo. Modificato da McEwen (1998).

1.3 STRESS LAVORO CORRELATO

Lo stress assume vaste proporzioni nei diversi settori lavorativi, coinvolge le più svariate categorie professionali e supera i confini dei luoghi di lavoro influenzando la vita privata dei lavoratori, la famiglia, le responsabilità personali e i differenti contesti di vita (Sarchielli & Fraccaroli, 2017).

Con stress lavoro correlato in particolare ci si riferisce ad una condizione fisica o psichica che insorge in una persona quando si trova ad affrontare situazioni lavorative percepite come minacciose, che richiedono risorse interne o esterne superiori a quelle che si ritiene di avere. La valutazione di pericolosità innesca varie risposte di adattamento fisico, biologico, psicologico e comportamentale che coinvolgono l'intera persona e i suoi vissuti esperienziali. Se queste risposte si protraggono nel

tempo la loro azione diviene disadattiva e può provocare conseguenze negative, anche gravi, sulla salute dell'individuo.

Gli stressor a livello lavorativo possono essere di diversa natura: individuali, di gruppo organizzativi o extraorganizzativi, legati perciò a valori, aspettative, ambiente fisico e sociale, contesto familiare (Sarchielli & Fraccaroli, 2017).

Diversi sono i modelli che cercano di spiegare la motivazione alla base dello stress lavoro correlato, due hanno ottenuto particolare interesse:

- “Job Demands-Control Model (JDC)” di Karasek (1979)
- “Effort/Reward Imbalance Model (ERI)” di Siegrist (1996).

Il modello “Job Demands-Control Model” di Karasek (1979) ipotizza una relazione tra le richieste lavorative e la percezione di controllo del lavoratore. In particolare, uno sbilanciamento tra queste due dimensioni (un carico eccessivo di richieste lavorative e una bassa percezione di controllo da parte del lavoratore) può innescare stress lavorativo (con conseguenti reazioni fisiologiche, comportamentali e psicologiche). Tale risposta di stress, se protratta nel tempo, può diventare cronica. Nello specifico, Karasek propone che dall'incrocio di queste dimensioni emergono 4 stili differenti modalità lavorativa:

- lavori ad alto strain (alta domanda e basso controllo),
- lavori a basso strain (bassa domanda e alto controllo),
- lavori attivi (alto controllo e alta domanda)
- ed infine lavori passivi (bassa domanda e basso controllo).

La condizione che comporta un maggior rischio è quella in cui all'elevata domanda lavorativa corrisponde una scarsa discrezionalità e possibilità decisionale, è la più impattante nel lungo periodo sul benessere psicologico e fisico dell'individuo.

Il modello Effort Reward Imbalance (ERI; 1996), ipotizza che lo strain derivi dalla percezione di squilibrio tra sforzi profusi nel lavoro (intrinseci, motivazionali ed estrinseci) e ricavi ricevuti (ad esempio, stipendio, stima e possibilità di controllo della posizione). Tale squilibrio andrebbe, ad incidere sul benessere soggettivo con conseguenze di strain fino al burnout. Con la parola “burnout” si intende una condizione di esaurimento emotivo e fisico e perdita di motivazione causata da un’esposizione prolungata (cronica per la precisione) a stressor emotivi ed interpersonali sul lavoro (Maslach & Leiter 2006).

Sia il JDC di Karasek (1979) che il modello ERI di Siegrist (1996) sono oggetto di ricerca per poter investire poi su strategie di intervento (Sarchielli et al., 2017).

Va considerato inoltre che nella percezione di stress e strain entrano in gioco fattori individuali, differenti risorse individuali che possono far variare la percezione di minacciosità o di gravità degli eventi stessi rispetto a sé, così come diverse caratteristiche che inducono a diversi livelli di resistenza allo stress (McEwen, 1998). Ci sono ad esempio personalità coraggiose, audaci, caratterizzate da convinzione nel controllo, nell’impegno e nella sfida, tipicamente una personalità manageriale. La loro resistenza allo stress gli permette di vedere gli ostacoli come sfide da affrontare. Sono definite personalità di tipo A, competitive a livelli estremi, non sono motivate per interesse personale, ma nutrono agonismo per il successo, aggressività repressa con sforzo, fretta, impazienza, attività incessante, ipervigilanza, alterazioni del tono della voce, tensione nella muscolatura facciale. Ricerche sperimentali hanno evidenziato una forte incidenza su questi individui nel tempo d’insorgenza di patologie cardiovascolari (Kobasa et al., 1983; Bishop, 2016).

1.3.1 CONSEQUENZE DELLO STRESS LAVORO CORRELATO

Dal punto di vista psicologico livelli eccessivi di stress si associano ad alterazioni del funzionamento cognitivo con riduzione dell'attenzione e concentrazione sui compiti (Liston et al., 2006), disfunzioni mnestiche (McEwen & Sapolsky, 1995), ansia legata alla prestazione (Cheng & McCarthy, 2018), disturbi del sonno correlati ad eccessive preoccupazioni (Estrela et al., 2021; Lewis et al., 2018), connotazioni emozionali negative (Yuan, 2022) e nei casi estremi, burnout (Patel et al., 2018).

Il burnout, in particolare, viene specificatamente studiato in relazione al work engagement nell'ambito del modello teorico Job Demands Resources Model (2001), che evidenzia come le richieste lavorative (job demands) siano le antecedenti del burnout, mentre le risorse del lavoratore (job resources) contribuiscano ad una costruzione positiva della dimensione lavorativa (work engagement; Sarchielli et al., 2017). Uno dei sintomi più frequentemente riscontrati come dimostrazione di burnout riguarda la presenza di disturbi del sonno. Infatti, bassa qualità o insufficienza di sonno rappresentano fattori di rischio per la salute dell'individuo, in modo particolare per l'insorgenza di diabete, obesità e disturbi cardiovascolari (Metlaine et al., 2018).

Già Selye (1956) aveva individuato diverse malattie causate da stress cronico; ancora oggi le ricerche confermano che lo stress cronico può condurre ad insorgenza di malattie cardiovascolari e bronchiali, disfunzioni gastrointestinali, diabete, disturbi neuropsichici, disturbi cutanei, tiroidei, muscolo scheletrici, d'asma, obesità e a difetti del sistema immunitario oltre a cefalee, emicrania e colite ulcerosa (Bosnjak et al., 2019; Satsangi & Brugnoli, 2018).

A livello lavorativo invece lo stress cronico si manifesta come assenteismo, rotture e interruzione dei comportamenti di ruolo, sviluppo di reazioni aggressive, verbali e fisiche, oltre che squilibri nella vita personale e sociale dell'individuo. Le conseguenze di tipo psichico o fisico dell'individuo hanno grandi ripercussioni anche sui costi sociali e organizzativi dell'azienda (Hassard et al., 2014).

1.3.2 VALUTAZIONE DELLO STRESS LAVORO CORRELATO

Per la misura dello stress oggi le aziende spesso si avvalgono di specifici questionari, tra cui alcuni self-report per una valutazione dello stress di tipo soggettiva. A questo proposito nel Settembre 2017 il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale dell'INAIL (Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro), ha pubblicato un libro dal titolo: "Metodologia per la valutazione e gestione del rischio stress lavoro-correlato" con l'obiettivo di identificare eventuali criticità relative a fattori di contenuto e contesto del lavoro presenti in ogni tipologia di azienda e organizzazione, che se mal gestiti possono far emergere condizioni di stress lavoro correlato dei lavoratori spiegando in tappe il processo metodologico di valutazione di questi, ed è reso disponibile sul web come strumento utilizzabile.

Anche se ad oggi, la metodologia di valutazione dello stress tramite questionari, è la più utilizzata, questa revisione si avvale della letteratura scientifica per valorizzare come la misurazione del livello di stress soggettivamente percepito debba essere accompagnato dall'utilizzo di misurazioni quantitative attraverso la rilevazione di indicatori psicofisiologici.

CAPITOLO 2

METODI DI MISURAZIONE DELLO STRESS E STRESS LAVORO CORRELATO

2.1 MISURAZIONE DEL LIVELLO DI STRESS DELL'INDIVIDUO

Come precedentemente accennato la modalità comunemente più diffusa per ottenere una misurazione dello stress lavoro correlato si basa sulla somministrazione di questionari self-report, alcuni tra i più utilizzati:

- “Effort Reward Imbalance, ERI” di Siegrist (1996),
- “Job Demands Control Model, JDC” di Karasek (1979),
- “Perceived Stress Scale, PSS” di Cohen et al., (1994),
- “Job Stress Questionnaire, JSQ” di Caplan et al., (1975).

I questionari o le interviste come valutazione dello stress percepito soggettivamente dalla persona non sono l'unica via per la misurazione dello stress. Seppur siano maggiormente utilizzati, non forniscono una misura oggettiva come gli indici psicofisiologici. Questi ultimi sono indici che ci permettono di registrare il livello di attivazione fisiologica del nostro corpo. La psicofisiologia non si basa sull'utilizzo di strumenti invasivi ma si concentra sull'utilizzo di specifici sensori in grado di rilevare specifici biosegnali (Trapanotto, 2001).

2.1.1 IL BIOSEGNALE

Con biosegnale si intende qualsiasi informazione prodotta da un organismo vivente e connessa al funzionamento delle strutture anatomiche. I segnali possono essere bioelettrici o di altra origine. I segnali bioelettrici sono risultanti dall'attività elettrica di gruppi di cellule in punti diversi del corpo, organi, sistemi o apparati, come l'elettroencefalogramma (EEG) che registra l'attività elettrica prodotta dalla corteccia cerebrale, l'elettrocardiogramma (ECG) che registra l'attività elettrica del muscolo miocardico, l'elettromiogramma (EMG) che registra l'attività elettrica muscolare, infine la conduttanza cutanea (skin conductance, SC). I segnali non elettrici invece sono di tipo biofisico e biochimico, come ad esempio la pressione sanguigna o la frequenza respiratoria (Trapanotto, 2001).

I biosegnali di natura non elettrica devono essere convertiti in potenziale elettrico per essere captato dalle apparecchiature di registrazione (Trapanotto, 2001).

Il biosegnale viene captato da specifici sensori chiamati elettrodi di superficie, elettrodi nel caso dei segnali bioelettrici e trasduttori nel caso di biosegnali di natura non elettrica (Trapanotto, 2001).

Il biosegnale inoltre deve essere amplificato per essere rilevabile dalle strumentazioni, significa cioè aumentare l'ampiezza e la potenza (o intensità), portando il voltaggio in uscita a circa 1V. In Figura 2.1 sono descritti i passaggi dall'applicazione degli elettrodi alla registrazione del segnale.

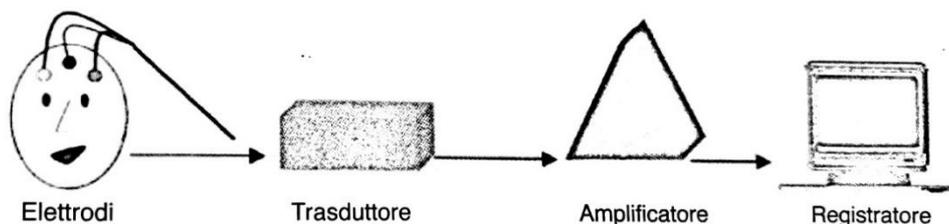


Figura 2.1 La figura mostra i passaggi: applicazione degli elettrodi, trasduzione, amplificazione, filtraggio, e registrazione analogica e digitale. Tratto da Pennisi e Sarlo (1998).

2.3 BIOSEGNALI PER RILEVARE LA RISPOSTA DA STRESS

Tra gli indici maggiormente utilizzati in letteratura per rilevare la risposta da stress ci sono l'attività cardiaca (frequenza cardiaca, FC) e la variabilità di frequenza cardiaca (heart rate variability, HRV). Un cuore sano non è un metronomo, l'andamento del battito cardiaco non è lineare ma è costantemente accelerato o rallentato rispettivamente dall'azione della branca simpatica e da quella parasimpatica del SNA e da altri fattori quali: pressione arteriosa (Blood Pressure, BP) e l'influenza del respiro. Le fluttuazioni della FC definiscono la HRV. Una HRV elevata riflette un cuore sano e capace di adattarsi in modo flessibile alle situazioni, ossia in grado di regolare il proprio andamento per rispondere in maniera adattiva agli stressors così da ripristinare l'omeostasi (Shaffer et al., 2014). Al contrario, una scarsa HRV è correlata a difficoltà nella regolazione emozionale a fronte di stressors, ritardo nel recupero cardiovascolare, endocrino e immunitario (Tsuji et al., 1996; Weber et al., 2010; Jarczok et al., 2019). L'HRV è influenzata da fattori: innati e non modificabili (ad esempio genetica, sesso, età e ritmi circadiani), dalla presenza di disturbi nell'individuo (ad esempio metabolici, cardiovascolari e psichiatrici), fattori comportamentali (ad esempio attività fisica, peso corporeo, fumo e abuso di alcool) e fattori esterni (ad esempio turni lavorativi non costanti, sostanze dannose, rumore; Böckelmann & Sammito, 2016).

Nello specifico la distanza tra un battito cardiaco e l'altro è chiamata intervallo inter-battito (Inter Beat Interval, IBI) e viene registrata tramite ECG (più affidabile), oppure per mezzo dell'utilizzo di un fotoplethismografo (Photoplethysmograph, PPG; Figura 2.2). Il fotoplethismografo è un sensore invia raggi infrarossi al tessuto cutaneo e successivamente rileva la luce riflessa dal tessuto. La luce riflessa sarà proporzionale al grado di vascolarizzazione del tessuto ad ogni momento (Castaneda et al., 2018).

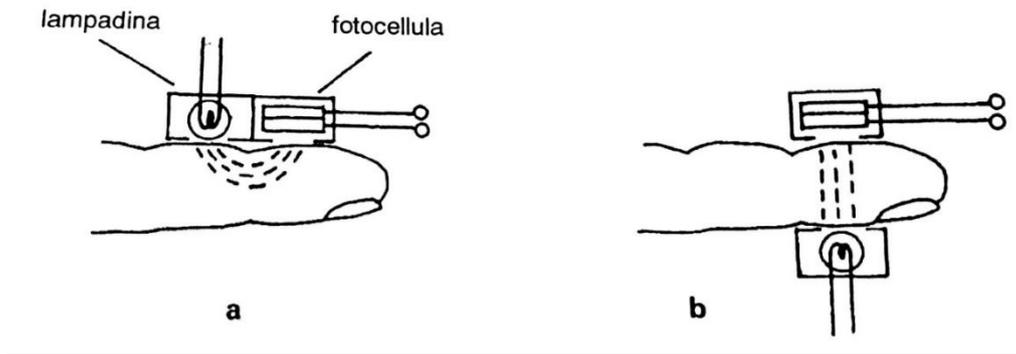


Figura 2.2 In figura è presente una rappresentazione del fotopleletismografo a luce riflessa (a) e uno a luce trasmessa (b). Adattato da Nencini e Pasquali (1982).

Di base maggiore è la distanza tra i battiti e minore è la velocità a cui il cuore sta pompando il sangue, e questo riflette un'attivazione della branca parasimpatica e/o una disattivazione della branca simpatica. Al contrario, minori sono gli IBI, più velocemente il cuore sta pompando sangue, ciò indica un'attivazione della branca simpatica e/o disattivazione della branca parasimpatica (Shaffer et al., 2014).

L' HRV può essere misurata in 24 ore (Long-term, LT, metodo che la letteratura classifica come gold standard), o a breve termine (Short-term, ST, 5min) oppure in un periodo molto breve (Ultra short-term, UST, <5min). Si fa riferimento ad indici appartenenti al dominio di tempo (Time-domain) che quantificano la variabilità a partire dalle misurazioni dell'IBI, alcuni i più utilizzati: l'indice SDNN (the Standard Deviation of the NN beats, ovvero la deviazione standard dei picchi R-R normali), RMSSD (the Root Mean Square of successive Difference between heartbeats, ovvero la radice quadrata della media tra tutte le distanze normali interbattito, NN), pNN50 (The percentage of adjacent NN intervals that differ from each other by more than 50 ms, ovvero la percentuale di differenze tra due intervalli NN adiacenti oltre i 50ms). Tra gli indici nel dominio delle frequenze (Frequency-domain) i più utilizzati sono: very-low-frequency (VLF, 0.0033-0.04 Hz), low-frequency (LF, 0.04-0.15 Hz) e high-frequency (HF, 0.15-0.4 Hz). VLF ed LF sembra possano essere fortemente

influenzate sia dall'attività simpatica che parasimpatica, come anche dai processi circadiani, di termoregolazione e di regolazione pressoria. Le HF invece sembrano riflettere in maniera quasi pura l'attività parasimpatica del nervo vago (Shaffer & Ginsberg, 2017).

2.3.1 HRV E RISPOSTA DA STRESS

La letteratura evidenzia un numero crescente di studi in merito alla relazione HRV e stress, in particolare studi sulla reattività umana a stressors psicologici, i quali suggeriscono come ad un incremento di stress seguano: un incremento della FC, una riduzione delle HF (che riflette una riduzione dell'attività parasimpatica) e un incremento del rapporto LF/HF che potrebbe essere parzialmente imputabile ad un aumento dell'attività simpatica. Gli studi raccolti sono costituiti da un'ampia varietà di diversi compiti stressanti (come task, ad esempio il TSST, Trial Social Stress Test, Grafico 2.1; oppure tramite questionari soggettivi di vario genere) dai quali emergono risultati contrastanti circa la relazione stress-HRV. Le evidenze più frequenti associano lo stress ad una minor attività parasimpatica, quindi ad un decremento delle HF (Grafico 2.2; Kim et al., 2018; Mizuno et al., 2011; Chang et al., 2020).

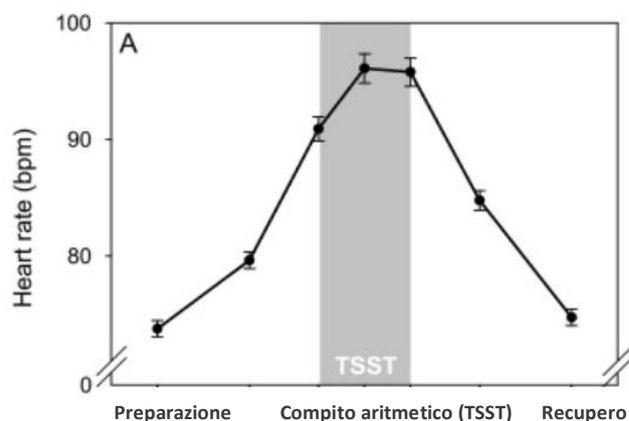


Grafico 2.1 È possibile osservare l'andamento dell'HR nelle varie fasi di preparazione, svolgimento del compito e recupero. Modificato da Schubert e Hellhammer (2016).

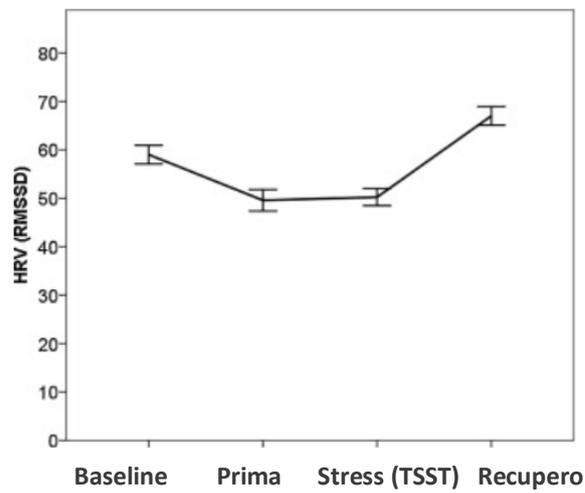


Grafico 2.2 La figura mostra l'andamento dell'HRV in fase di baseline, in posizione di orientamento, in fase di stress indotto da TSST e in fase di recupero. Modificato da Pulpulos et al., (2018).

L'HRV può fornire un indice indiretto della valutazione della minaccia percepita in quanto può riflettere l'attivazione di un circuito cerebrale di controllo dell'attività parasimpatica (Mulcahy et al., 2019). Tali strutture (tra cui la corteccia prefrontale ventromediale ed orbitofrontale) sono associate anche ad una maggior capacità di regolazione emozionale, ovvero l'abilità di modulare flessibilmente i processi affettivi e percettivi del cervello in risposta a cambiamenti del cervello (Hill, 2015). Una riduzione dell'HRV in risposta a stress è stata associata a minore regolazione emozionale (Cattaneo et al., 2021; Min et al., 2022). Quindi l'HRV si dimostra essere un indice affidabile di stress e di salute dell'individuo (Thayer et al., 2012).

2.3.2 HRV E STRESS LAVORO CORRELATO

Servendosi delle associazioni precedentemente descritte, la letteratura approfondisce gli studi in ambito di stress lavoro correlato. Numerosi di questi studi mostrano come ad un aumento del livello di stress lavoro correlato corrisponda una diminuzione dell'HRV. Nello specifico si parla di una riduzione dell'attività parasimpatica visibile tramite una riduzione degli indici HF e RMSSD

affiancata da un aumento del rapporto LF/HF (Jarvelin-Pasanen et al., 2018; De Looft et al., 2018; Reijmerink et al., 2018; Garza et al., 2015).

Un'analisi condotta su un campione di uomini lavoratori e sani ai quali è stata registrata l'HRV tramite ECG, per una durata di 24 ore, dimostra una relazione tra la percezione dello stress misurata tramite Job Stress Questionnaire e un decremento dell'attività parasimpatica. L'indice di stress lavorativo percepito è significativamente associato a basso livello di HF e incremento del rapporto LF/HF (Clays et al., 2011). Altri studi, riportano una diminuzione del SDNN in una situazione di alto strain lavorativo (Borchini et al., 2014; Chandola et al., 2008; Kang et al., 2004; Hernández-Gaytan et al., 2013; Garza et al., 2014; Lennartsson et al., 2016; Giannakakis et al., 2019).

Pochi sono gli studi che si sono focalizzati sull'indice LF, alcuni dei quali riportano risultati contrastanti. Alcuni riportano un'associazione positiva tra stress lavorativo e indici LF dell'HRV (Lee et al., 2010; Lo et al., 2020) mentre altri hanno riscontrato un'associazione negativa (Hernandez-Gaytan et al., 2013).

2.3.3 INDICI PERIFERICI E RISPOSTA DA STRESS

Tra gli indici periferici utilizzati per rilevare la risposta da stress i più comuni sono la conduttanza cutanea (SC), l'elettromiogramma (EMG), la pressione arteriosa e la temperatura cutanea. La conduttanza cutanea è un indice dell'attivazione delle ghiandole sudoripare responsabili della termoregolazione ovvero le ghiandole eccrine, poste nello strato profondo della pelle (ipoderma). L'innervazione di queste ghiandole avviene esclusivamente ad opera della divisione simpatica del SNA. Le misure toniche di SC rilevate in condizioni basali, sembrano riflettere in modo piuttosto accurato il livello di vigilanza così come il globale stato di attivazione (arousal) dell'individuo. Al contrario si definisce attività fasica quella registrata in risposta ad uno stimolo preciso e ben identificabile, si parla in questo caso di risposta di conduttanza cutanea, (Skin Conductance Response,

SCR). Le risposte di tipo fasico riflettono le richieste sia emozionali che implicite nella stimolazione: stimoli nuovi, intensi, emotigeni o significativi sono in grado di evocare un'ampia risposta di conduttanza o di potenziale cutaneo (Dawson et al., 2017). Infine, si parla di attività spontanea quando ci si riferisce a fluttuazioni spontanee, ovvero non specifiche e non associate a stimoli esterni identificabili. Stati emozionali e condizioni stressanti influiscono in modo drammatico su questi indici, la SC sembra quindi essere un indice predittivo del livello di attivazione dell'individuo, associato in particolare alla reattività emozionale (Dawson et al., 2017; Trapanotto, 2001; Boucsein, 2012).

La SC tonica è stata riportata come un indice di arousal dell'organismo che riflette la risposta da stress (Giannakakis et al., 2019).

La letteratura riporta pochi studi condotti sull'utilizzo esclusivo di misure di conduttanza cutanea nel rilevamento del livello di stress, uno tra questi è lo studio di Setz et al. (2010) che riportano un'accuratezza della SC nel discriminare l'attivazione legata allo stress lavorativo dell'attivazione legata al carico cognitivo.

Più recentemente è stato suggerito che il metodo più accurato per la rilevazione dell'attivazione fisiologica associata allo stress lavoro correlato sia dato dall'integrazione di diversi indici (Shanmugasundaram et al., 2019), come ad esempio SC e HRV (Posada-Quintero et al., 2019; Posada-Quintero et al., 2018; Soni & Rawal, 2020; Sriramprakash et al., 2017; Alberdi et al., 2016; Aristizabal et al., 2020) e/o elettromiogramma (EMG), frequenza respiratoria e temperatura cutanea (Gjoreski et al., 2016; Palanisamy et al., 2013; Deng et al., 2013; Ghaderi et al., 2015; Healey & Picard, 2005).

L'EMG permette di rilevare l'attivazione di un gruppo di motoneuroni, ovvero l'attività elettrica di un gruppo di fibre muscolari. In psicofisiologia si parla di "sEMG", ovvero elettromiogramma superficiale. Diverse sono le applicazioni in studi sperimentali che confermano che lo stress può aumentare l'attività muscolare. Infatti, la letteratura dimostra che in caso di attività che richiedono

sforzo mentale l'attività EMG aumenta e questo è stato rilevato da diversi gruppi muscolari come ad esempio il muscolo trapezio (Wijsman et al., 2013; Grantz et al., 2014; Taib et al., 2016) e i muscoli erettori della spina dorsale (sinistro e destro; Pourmohammadi & Maleki, 2018).

In ambito lavorativo sono stati condotti degli studi a partire dalle evidenze del ruolo dei fattori psicosociali lavorativi nell'insorgenza di diversi disturbi muscoloscheletrici. Un eccessivo carico lavorativo percepito e lavori ripetitivi portano a stress con conseguenze sulla salute dal punto di vista muscoloscheletrico (Bongers et al., 1993; Lundberg et al., 1999). Un altro studio ha riscontrato le stesse evidenze e una correlazione positiva tra stress e EMG (Rissén et al., 2000).

Tra gli indici per la rilevazione dello stress coinvolge anche l'analisi della pressione sanguigna. Con pressione sanguigna si intende la pressione che il sangue esercita sulle pareti dei vasi che varia ad ogni battito cardiaco e ha inoltre una variabilità interindividuale e nelle diverse fasi della giornata. La pressione sanguigna risulta aumentare durante situazioni di stress (Hjortskov et al., 2004; Carroll et al., 2003; Ring et al., 2002).

Un altro indice frequentemente citato dalla letteratura e correlato alla pressione sanguigna è la temperatura cutanea. Cambiamenti di temperatura corrispondono a cambiamenti del flusso sanguigno in quella specifica area in cui la si misura, questo a sua volta si modifica in base alla pressione arteriosa e alla frequenza cardiaca. La temperatura cutanea è stata rilevata in numerosi studi, le evidenze sono contrastanti, alcuni affermano che la temperatura aumenta al crescere del livello di stress (Kaklauskas et al., 2011; Palanisamy et al., 2013), altri affermano invece che la temperatura diminuisce all'aumentare dello stress (Shahina et al., 2006). Altri studi più recenti dimostrano che la temperatura in alcune aree del viso aumenta quando il soggetto è stressato (Norzali et al., 2014; Levine et al., 2009; Chen et al., 2014; Sharma et al., 2014).

CAPITOLO TERZO

APPLICAZIONE DEI DISPOSITIVI INDOSSABILI SUL LAVORO

Negli ultimi anni la ricerca ha sviluppato dei dispositivi indossabili dotati di sensori in grado di rilevare gli indici psicofisiologici più significativi del livello di stress al di fuori del setting di laboratorio, i dispositivi sono molteplici e diversi gli uni dagli altri (come ad esempio smartwatches, occhiali, magliette, anelli, bande per il petto etc.), applicabili in ambito, clinico, lavorativo e nella normale vita quotidiana per il monitoraggio della propria salute psicofisica (Daisy et al., 2021). Tra le più diffuse ci sono le bande al petto in grado di registrare l'attività cardiaca, la respirazione e in alcuni casi anche la temperatura corporea, eventualmente utilizzabili durante tutta la durata della notte per un monitoraggio continuo degli indici (Cinaz et al., 2013; Salai et al., 2016; Muaremi et al., 2013; Vaishali et al., 2020).

Ad oggi il mercato digitale offre un'ingente quantità di apps su smartphones che rilevano il livello di stress percepito dalla persona sottoponendola a questionari quotidiani, servendosi in alcuni casi anche di informazioni sulla posizione (Global Positioning System, GPS), sull'interazione sociale dell'individuo ed informazioni derivate da chiamate e messaggi come segnali di stress. Alcune di queste apps sono utilizzate in accompagnamento al segnale registrato dagli smartwatches per visualizzare e monitorare i valori psicofisiologici da questo rilevati. Gli smartwatches sono orologi da polso che oltre ad essere in grado di rilevare il numero di passi svolti e le calorie bruciate sono dotati di PPG (che mostra IBI, HRV e pressione sanguigna) e di sensori per la rilevazione della SC, della ST e in alcuni casi anche per il livello di saturazione del sangue, se indossati anche durante il corso della notte forniscono informazioni più complete sul livello di benessere della persona (Maxhuni et al., 2020; Ueafuea et al., 2021). Gli smartwatches possono essere applicati e indossati

ogni giorno durante qualsiasi attività, compreso anche il lavoro, e si rivelano utili anche per la misurazione dello stress nei lavoratori (Garcia-Ceja et al., 2016).

Androutsou et al., (2021), hanno proposto un mouse in grado di rilevare la SC per mezzo dei sensori posti sul palmo (nelle eminenze tenar e ipotenar) e il PPG posto sulla parte laterale del mouse sulla quale poggia il pollice, applicabile a qualsiasi ambito lavorativo. (Figura 3.1)



Figura 3.1 In figura è rappresentato un esempio di mouse dotato di sensori psicofisiologici. Tratto da Androutsou et al., (2021).

Diversamente da Androutsou et al., (2021), Sabbadini et al., (2021) hanno collaudato in riferimento alle regole sanitarie indotte dalla pandemia da COVID-19 un nuovo dispositivo indossabile utilizzabile per registrare il livello salute nei lavoratori, un dispositivo composto da una maschera per il viso con sensori in grado di rilevare la HRV e la frequenza respiratoria.

Un'altra modalità di misurazione dell'HRV e dei suoi parametri è stata elaborata invece da Tiwari et al. (2019), i quali hanno lavorato alla preparazione di una maglietta progettata per un'applicazione sugli infermieri, contenente i sensori per l'ECG, accompagnata dai parametri registrati tramite uno smartwatch dotato di sensore PPG e in grado di rilevare anche la quantità e qualità del sonno.

Anche Yu et al., (2019) hanno collaudato un dispositivo molto interessante, una sedia contenente un sensore in grado di misurare i cambiamenti di pressione dovuto ai movimenti del corpo e la HRV durante tutta la durata dell'orario lavorativo, con l'obiettivo di rimuovere gli artefatti da movimento che potrebbero fornire gli smartwatches, i mouse o le tastiere con sensori.

Per far fronte allo stress la letteratura suggerisce come ad esempio la mindfulness e la meditazione possano indurre a risultati notevoli di rilassamento fisiologico. Recentemente la ricerca ha proposto sul mercato una serie di apps che, consapevoli della limitata disponibilità di tempo di un lavoratore in orario lavorativo, propongono degli esercizi rapidi per il benessere (es. Pause, ispirata all'arte del Tai Chi, HeartMath e tante altre apps che propongono esercizi per la respirazione; Can et al., 2019).

CONCLUSIONI

Lo stress è una condizione intrinseca alla vita, se è disfunzionale e continuo si parla di stress cronico, ovvero stress che può portare a conseguenze sulla salute psicofisica e in ambito lavorativo a conseguenze legate ad un aumento dei costi di lavoro.

La modalità più completa di procedere circa la misurazione del livello dello stress e lo stress lavoro correlato comprende la somministrazione di questionari di valutazione dello stress in accompagnamento alla registrazione di indici psicofisiologici. Numerose e diverse sono le evidenze che indagano quali di questi indici possono essere coinvolti nella risposta da stress, da queste emerge che per quando riguarda lo stress lavoro correlato gli indici di HRV, SC e/o EMG, frequenza respiratoria e temperatura corporea riflettono al meglio il livello di stress oggettivamente rilevato nell'individuo (Shanmugasundaram et al., 2019; Posada-Quintero et al., 2019; Posada-Quintero et al., 2018; Soni & Rawal, 2020; Sriramprakash et al., 2017; Alberdi et al., 2016; Aristizabal et al., 2020; Gjoreski et al., 2016; Palanisamy et al., 2013; Deng et al., 2013; Ghaderi et al., 2015; Healey & Picard, 2005). Nella realtà quotidiana oltre che clinica e lavorativa questi studi si concretizzano nella progettazione e nell'utilizzo di dispositivi indossabili (smartwatches, bande per petto, magliette, mascherine per il viso etc.) dotati di sensori appositi in grado di fornire le misurazioni relative agli indici di: HRV (IBI, HR, pressione sanguigna), SC, attività elettromiografica, frequenza respiratoria e anche di temperatura. Il lavoro di valutazione del livello di stress nei lavoratori può rivelarsi uno strumento utile per l'assessment e per la progettazione di possibili interventi in ambito preventivo con l'obiettivo di migliorare la qualità di benessere psicofisica dei lavoratori così da ridurre i costi e migliorare la performance lavorativa.

BIBLIOGRAFIA

- Alberdi, A., Aztiria, A., & Basarab, A. (2016). Towards an automatic early stress recognition system for office environments based on multimodal measurements: A review. *Journal of biomedical informatics*, 59, 49-75. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.11.007>
- Aristizabal, S., Byun, K., Wood, N., Mullan, A. F., Porter, P. M., Campanella, C., ... & Bauer, B. A. (2021). The feasibility of wearable and self-report stress detection measures in a semi-controlled lab environment. *IEEE Access*, 9, 102053-102068.
- Bakker, J., Pechenizkiy, M., & Sidorova, N. (2011). What's your current stress level? Detection of stress patterns from GSR sensor data. *In 2011 IEEE 11th international conference on data mining workshops* (pp. 573-580). IEEE.
- Bear Mark F., Connors Berry W., Paradiso Michael A. (2017). *Neuroscienze Esplorando il Cervello*, IV Edizione, Trento, Edra S.p.a.
- Begum, S., Ahmed, M. U., Funk, P., Xiong, N., & Von Schéele, B. (2006). Using calibration and fuzzification of cases for improved diagnosis and treatment of stress. *In 8th European Workshop on Case-based Reasoning in the Health Sciences* (pp. 113-122).
- Bennett, J. M., Rohleder, N., & Sturmborg, J. P. (2018). Biopsychosocial approach to understanding resilience: Stress habituation and where to intervene. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 24(6), 1339-1346. <https://doi.org/10.1111/jep.13052>
- Bishop, G. D. (2016). Personality and cardiovascular disease: Overview. *In: Alvarenga, M., Byrne, D. (eds) Handbook of Psychocardiology*. pp(631-643) Springer, Singapore.

- Bongers, P. M., de Winter, C. R., Kompier, M. A., & Hildebrandt, V. H. (1993). Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 297-312. <https://www.jstor.org/stable/40966152>

- Borchini, R., Ferrario, M. M., Bertu, L., Veronesi, G., Bonzini, M., Dorso, M., & Cesana, G. (2014). Prolonged job strain reduces time-domain heart rate variability on both working and resting days among cardiovascular-susceptible nurses. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 1-10. <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0289-1>

- Bosnjak, M. C., Dobovski-Poslon, M., Bibic, Z., & Bosnjak, K. (2019). The influence of chronic stress on health and coping mechanisms. *Sanamed*, 14(1), 97-101. <http://dx.doi.org/10.24125/sanamed.v14i1.293>

- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity*. Springer Science & Business Media.

- Can, Y. S., Arnrich, B., & Ersoy, C. (2019). Stress detection in daily life scenarios using smart phones and wearable sensors: A survey. *Journal of biomedical informatics*, 92, 103139. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103139>

- Caplan, R. D. (1975). *Job demands and worker health: Main effects and occupational differences*. US Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health.

- Carroll, D., Ring, C., Hunt, K., Ford, G., & Macintyre, S. (2003). Blood pressure reactions to stress and the prediction of future blood pressure: effects of sex, age, and socioeconomic position. *Psychosomatic medicine*, 65(6), 1058-1064.

- Castaneda, D., Esparza, A., Ghamari, M., Soltanpur, C., & Nazeran, H. (2018). A review on wearable photoplethysmography sensors and their potential future applications in health care. *International journal of biosensors & bioelectronics*, 4(4), 195. <https://doi.org/10.15406/ijbsbe.2018.04.00125>

- Cattaneo, L. A., Franquillo, A. C., Grecucci, A., Beccia, L., Caretti, V., & Dadomo, H. (2021). Is Low Heart Rate Variability Associated with Emotional Dysregulation, Psychopathological Dimensions, and Prefrontal Dysfunctions? An Integrative View. *Journal of Personalized Medicine*, 11(9), 872. <https://doi.org/10.3390/jpm11090872>

- Chandola, T., Britton, A., Brunner, E., Hemingway, H., Malik, M., Kumari, 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>

- Chang, H. A., Fang, W. H., Wan, F. J., Tzeng, N. S., Liu, Y. P., Shyu, J. F., ... & Chang, C. C. (2020). Attenuated vagally-mediated heart rate variability at rest and in response to postural maneuvers in patients with generalized anxiety disorder. *Psychological Medicine*, 50(9), 1433-1441. <https://doi.org/10.1017/S0033291719001302>

- Chen, T., Yuen, P., Richardson, M., Liu, G., & She, Z. (2014). Detection of psychological stress using a hyperspectral imaging technique. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 5(4), 391-405.

- Cheng, B. H., & McCarthy, J. M. (2018). Understanding the dark and bright sides of anxiety: A theory of workplace anxiety. *Journal of Applied Psychology, 103(5), 537*.
<https://doi.org/10.1037/apl0000266>

- Clays, E., De Bacquer, D., Crasset, V., Kittel, F., De Smet, P., Kornitzer, M., ... & De Backer, G. (2011). The perception of work stressors is related to reduced parasympathetic activity. *International archives of occupational and environmental health, 84(2), 185-191*. <https://doi.org/10.1007/s00420-010-0537-z>

- Cinaz, B., Arnrich, B., La Marca, R., & Tröster, G. (2013). Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Personal and ubiquitous computing, 17(2), 229-239*.
<https://doi.org/10.1007/s00779-011-0466-1>

- Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1994). *Perceived stress scale*. *Measuring stress: A guide for health and social scientists, 10(2), 1-2*.

- Colligan, T. W., & Higgins, E. M. (2006). Workplace stress: Etiology and consequences. *Journal of workplace behavioral health, 21(2), 89-97*. https://doi.org/10.1300/J490v21n02_07

- Da Estrela, C., McGrath, J., Booij, L., & Gouin, J. P. (2021). Heart rate variability, sleep quality, and depression in the context of chronic stress. *Annals of Behavioral Medicine, 55(2), 155-164*.
<https://doi.org/10.1093/abm/kaaa039>

- Daisy, I. J., Sibiyana, P., Raj, S. S., Varshni, A. K., Anurekha, R., & Neha, S. (2021, October). Review On Current Trends Of Stress Monitoring Using Wearable Electronics. *In 2021 International*

Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA) (pp. 1-6). IEEE

- Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2017). The electrodermal system. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 217–243). Cambridge University Press.
- De Looff, P. C., Cornet, L. J. M., Embregts, P. J. C. M., Nijman, H. L. I., & Didden, H. C. M. (2018). Associations of sympathetic and parasympathetic activity in job stress and burnout: A systematic review. *PLoS One*, *13*(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205741>
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied psychology*, *86*(3), 499.
- Deng, Y., Wu, Z., Chu, C. H., Zhang, Q., & Hsu, D. F. (2013). Sensor feature selection and combination for stress identification using combinatorial fusion. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, *10*(8), 306. <https://doi.org/10.5772/56344>
- Everly, G. S., & Lating, J. M. (2019). The anatomy and physiology of the human stress response. In *A clinical guide to the treatment of the human stress response* (pp. 19-56). Springer, New York, NY.
- Garcia-Ceja, E., Osmani, V., & Mayora, O. (2015). Automatic stress detection in working environments from smartphones' accelerometer data: a first step. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, *20*(4), 1053-1060.

- Garza, J. L., Cavallari, J. M., Eijkelhof, B. H., Huysmans, M. A., Thamsuwan, O., Johnson, P. W., ... & Dennerlein, J. T. (2015). Office workers with high effort–reward imbalance and overcommitment have greater decreases in heart rate variability over a 2-h working period. *International archives of occupational and environmental health*, 88(5), 565-575. <https://doi.org/10.1007/s00420-014-0983-0>

- Ghaderi, A., Frounchi, J., & Farnam, A. (2015, November). Machine learning-based signal processing using physiological signals for stress detection. *In 2015 22nd Iranian Conference on Biomedical Engineering (ICBME)* (pp. 93-98). IEEE.

- Giannakakis, G., Grigoriadis, D., Giannakaki, K., Simantiraki, O., Roniotis, A., & Tsiknakis, M. (2019). Review on psychological stress detection using biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(1), 440-460.

- Gjoreski, M., Gjoreski, H., Luštrek, M., & Gams, M. (2016, September). Continuous stress detection using a wrist device: in laboratory and real life. *In proceedings of the 2016 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing: Adjunct* (pp. 1185-1193).

- Gulyaeva, N. V. (2019). Functional neurochemistry of the ventral and dorsal hippocampus: stress, depression, dementia and remote hippocampal damage. *Neurochemical Research*, 44(6), 1306-1322. <https://doi.org/10.1007/s11064-018-2662-0>

- Hassard, J., Teoh, K., Cox, T., Cosmar, M., Gründler, R., Flemming, D., ... & Van den Broek, K. (2014, Giugno). Calculating the cost of work-related stress and psychosocial risks. <https://eprints.bbk.ac.uk/id/eprint/20923>

- Healey, J. A., & Picard, R. W. (2005). Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 6(2), 156-166.

- Hellhammer, J., & Schubert, M. (2012). The physiological response to Trier Social Stress Test relates to subjective measures of stress during but not before or after the test. *Psychoneuroendocrinology*, 37(1), 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.05.012>

- Hernández-Gaytan, S. I., Rothenberg, S. J., Landsbergis, P., Becerril, L. C., De León-León, G., Collins, S. M., & Díaz-Vásquez, F. J. (2013). Job strain and heart rate variability in resident physicians within a general hospital. *American journal of industrial medicine*, 56(1), 38-48. <https://doi.org/10.1002/ajim.22098>

- Hill D., (2015). *Teoria della regolazione affettiva*, I Edizione, Milano, Raffaello Cortina Editore.

- Hjortskov, N., Rissén, D., Blangsted, A. K., Fallentin, N., Lundberg, U., & Søgaard, K. (2004). The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *European journal of applied physiology*, 92(1), 84-89. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1055-z>

- Inail Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (2017, Settembre). *La metodologia per la valutazione e gestione del rischio stress lavoro-correlato*. <https://www.inail.it>

- Jarczok, M. N., Koenig, J., Wittling, A., Fischer, J. E., & Thayer, J. F. (2019). First evaluation of an index of low vagally-mediated heart rate variability as a marker of health risks in human adults: proof of concept. *Journal of clinical medicine*, 8(11), 1940. <https://doi.org/10.3390/jcm8111940>

- Järvelin-Pasanen, S., Sinikallio, S., & Tarvainen, M. P. (2018). Heart rate variability and occupational stress—systematic review. *Industrial health, 56(6)*, 500-511. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0190>

- Kang, M. G., Koh, S. B., Cha, B. S., Park, J. K., Woo, J. M., & Chang, S. J. (2004). Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers. *Yonsei medical journal, 45(5)*, 838-846. <https://doi.org/10.3349/ymj.2004.45.5.838>

- Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., Seniut, M., Dzemyda, G., Stankevic, V., Simkevičius, C., ... & Gribniak, V. (2011). Web-based biometric computer mouse advisory system to analyze a user's emotions and work productivity. *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 24(6)*, 928-945. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2011.04.006>

- Karasek Jr, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative science quarterly, 285-308*. <https://doi.org/10.2307/2392498>

- Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S., Lee, Y. H., & Koo, B. H. (2018). Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry investigation, 15(3)*, 235. <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>

- Krantz, G., Forsman, M., & Lundberg, U. (2004). Consistency in physiological stress responses and electromyographic activity during induced stress exposure in women and men. *Integrative Physiological & Behavioral Science, 39(2)*, 105-118. <https://doi.org/10.1007/BF02734276>

- Kobasa, S. C., Maddi, S. R., & Zola, M. A. (1983). Type A and hardiness. *Journal of behavioral medicine, 6(1)*, 41-51. <https://doi.org/10.1007/BF00845275>

- Kunitatsu, A., Yasaka, K., Akai, H., Kunitatsu, N., & Abe, O. (2020). MRI findings in posttraumatic stress disorder. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 52(2), 380-396. <https://doi.org/10.1002/jmri.26929>

- Lennartsson, A. K., Jonsdottir, I., & Sjörs, A. (2016). Low heart rate variability in patients with clinical burnout. *International Journal of Psychophysiology*, 110, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.08.005>

- Levine, J. A., Pavlidis, I. T., MacBride, L., Zhu, Z., & Tsiamirtzis, P. (2009). Description and clinical studies of a device for the instantaneous detection of office-place stress. *Work*, 34(3), 359-364.

- Lewis, E. J., Yoon, K. L., & Joormann, J. (2018). Emotion regulation and biological stress responding: associations with worry, rumination, and reappraisal. *Cognition and Emotion*, 32(7), 1487-1498. <https://doi.org/10.1080/02699931.2017.1310088>

- Liu, Y. Z., Wang, Y. X., & Jiang, C. L. (2017). Inflammation: the common pathway of stress-related diseases. *Frontiers in human neuroscience*, 316. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00316>

- Lo, E. W. V., Wei, Y. H., & Hwang, B. F. (2020). Association between occupational burnout and heart rate variability: a pilot study in a high-tech company in Taiwan. *Medicine*, 99(2).

- Lundberg, U., Dohms, I. E., Melin, B., Sandsjö, L., Palmerud, G., Kadefors, R., ... & Parr, D. (1999). Psychophysiological stress responses, muscle tension, and neck and shoulder pain among supermarket cashiers. *Journal of occupational health psychology*, 4(3), 245.

- Maslach, C., & Leiter, M. P. (2006). Burnout. *Stress and quality of working life: current perspectives in occupational health*, 37, 42-49.

- Maxhuni, A., Hernandez-Leal, P., Morales, E. F., Sucar, L. E., Osmani, V., & Mayora, O. (2020). Unobtrusive stress assessment using smartphones. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 20(6), 2313-2325.

- McEwen, B. S. (1998). Stress, adaptation, and disease: Allostasis and allostatic load. *Annals of the New York academy of sciences*, 840(1), 33-44. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09546.x>

- Metlaine, A., Sauvet, F., Gomez-Merino, D., Boucher, T., Elbaz, M., Delafosse, J. Y., ... & Chennaoui, M. (2018). Sleep and biological parameters in professional burnout: A psychophysiological characterization. *PLoS One*, 13(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190607>

- McEwen, B. S., & Sapolsky, R. M. (1995). Stress and cognitive function. *Current opinion in neurobiology*, 5(2), 205-216. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(95\)80028-X](https://doi.org/10.1016/0959-4388(95)80028-X)

- Mizuno, K., Tanaka, M., Yamaguti, K., Kajimoto, O., Kuratsune, H., & Watanabe, Y. (2011). Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity. *Behavioral and brain functions*, 7(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-7-17>

- Mocayar Maron, F. J., Ferder, L., Saraví, F. D., & Manucha, W. (2019). Hypertension linked to allostatic load: from psychosocial stress to inflammation and mitochondrial dysfunction. *Stress*, 22(2), 169-181. <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1542683>

- Mohd, M. N. H., Kashima, M., Sato, K., & Watanabe, M. (2014). Facial visual-infrared stereo vision fusion measurement as an alternative for physiological measurement. *J. Biomedical Image Processing (JBIP)*, 1(1), 34-44.

- Muaremi, A., Arnrich, B., & Tröster, G. (2013). Towards measuring stress with smartphones and wearable devices during workday and sleep. *BioNanoScience*, 3(2), 172-183. <https://doi.org/10.1007/s12668-013-0089-2>

- Oken, B. S., Chamine, I., & Wakeland, W. (2015). A systems approach to stress, stressors and resilience in humans. *Behavioural brain research*, 282, 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.12.047>

- Palanisamy, K., Murugappan, M., & Yaacob, S. (2013). Multiple physiological signal-based human stress identification using non-linear classifiers. *Elektronika ir elektrotechnika*, 19(7), 80-85. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eee.19.7.2232>

- Patel, R. S., Bachu, R., Adikey, A., Malik, M., & Shah, M. (2018). Factors related to physician burnout and its consequences: a review. *Behavioral sciences*, 8(11), 98. <https://doi.org/10.3390/bs8110098>

- Porges, S. W. (2011). *The polyvagal theory: Neurophysiological foundations of emotions, attachment, communication, and self-regulation (Norton Series on Interpersonal Neurobiology)*. WW Norton & Company.

- Posada-Quintero, H. F., Florian, J. P., Orjuela-Cañón, A. D., & Chon, K. H. (2018). Electrodermal activity is sensitive to cognitive stress under water. *Frontiers in physiology*, *8*, 1128. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01128>
- Posada-Quintero, H. F., Dimitrov, T., Moutran, A., Park, S., & Chon, K. H. (2019). Analysis of reproducibility of noninvasive measures of sympathetic autonomic control based on electrodermal activity and heart rate variability. *IEEE Access*, *7*, 22523-22531.
- Posada-Quintero, H. F., & Chon, K. H. (2020). Innovations in electrodermal activity data collection and signal processing: A systematic review. *Sensors*, *20*(2), 479. <https://doi.org/10.3390/s20020479>
- Pourmohammadi, S., & Maleki, A. (2018). Stress detection using electromyogram signal of erector spinae muscles. *Journal of Isfahan Medical School*, *36*(471), 221-226.
- Pourmohammadi, S., & Maleki, A. (2020). Stress detection using ECG and EMG signals: A comprehensive study. *Computer methods and programs in biomedicine*, *193*. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105482>
- Pulpulos, M. M., Vanderhasselt, M. A., & De Raedt, R. (2018). Association between changes in heart rate variability during the anticipation of a stressful situation and the stress-induced cortisol response. *Psychoneuroendocrinology*, *94*, 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.05.004>
- Reijmerink, I., van der Laan, M., & Cnossen, F. (2020). Heart rate variability as a measure of mental stress in surgery: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*, *93*(7), 805-821. <https://doi.org/10.1007/s00420-020-01525-6>

- Ring, C., Burns, V. E., & Carroll, D. (2002). Shifting hemodynamics of blood pressure control during prolonged mental stress. *Psychophysiology*, 39(5), 585-590. <https://doi.org/10.1017/S0048577202011320>

- Rissén, D., Melin, B., Sandsjö, L., Dohns, I., & Lundberg, U. (2000). Surface EMG and psychophysiological stress reactions in women during repetitive work. *European journal of applied physiology*, 83(2), 215-222. <https://doi.org/10.1007/s004210000281>

- Russell, G., & Lightman, S. (2019). The human stress response. *Nature reviews endocrinology*, 15(9), 525-534. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0228-0>

- Sabbadini, R., Di Tocco, J., Massaroni, C., Schena, E., & Carassiti, M. (2021, June). A smart face mask based on photoplethysmography for cardiorespiratory monitoring in occupational settings. *In 2021 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)* (pp. 1-6). IEEE.

- Salai, M., Vassányi, I., & Kósa, I. (2016). Stress detection using low cost heart rate sensors. *Journal of healthcare engineering*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5136705>

- Sammito, S., & Böckelmann, I. (2016). Factors influencing heart rate variability. *In International Cardiovascular Forum Journal (Vol. 6)*. <https://doi.org/10.17987/icfj.v6i0.242>

- Sarchielli G. & Fraccaroli F. (2017). *Psicologia del lavoro*. II Edizione, Bologna, il Mulino.

- Satsangi, A. K., & Brugnoli, M. P. (2018). Anxiety and psychosomatic symptoms in palliative care: from neuro-psychobiological response to stress, to symptoms' management with clinical hypnosis and meditative states. *Ann Palliat Med*, 7(1), 75-111.
- Schneiderman, N., Ironson, G., & Siegel, S. D. (2005). Stress and health: psychological, behavioral, and biological determinants. *Annual review of clinical psychology*, 1, 607. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.144141>
- Selye, H. (1956). *The stress of life*. McGraw-Hill Book Company
- Setz, C., Arnrich, B., Schumm, J., La Marca, R., Tröster, G., & Ehlert, U. (2009). Discriminating stress from cognitive load using a wearable EDA device. *IEEE Transactions on information technology in biomedicine*, 14(2), 410-417.
- 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, 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*, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Sharma, N., Dhall, A., Gedeon, T., & Goecke, R. (2014). Thermal spatio-temporal data for stress recognition. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2014(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1687-5281-2014-28>

- Siegrist, J. (1996). Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *Journal of occupational health psychology, 1(1)*, 27. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.1.1.27>

- Soni, A., & Rawal, K. (2020). A review on physiological signals: Heart rate variability and skin conductance. In *Proceedings of First International Conference on Computing, Communications, and Cyber-Security (IC4S 2019)* (pp. 387-399). Springer, Singapore.

- Sriramprakash, S., Prasanna, V. D., & Murthy, O. R. (2017). Stress detection in working people. *Procedia computer science, 115*, 359-366. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.09.090>

- Szeszko, P. R., Lehrner, A., & Yehuda, R. (2018). Glucocorticoids and hippocampal structure and function in PTSD. *Harvard review of psychiatry, 26(3)*, 142-157.

- Taib, M. F. M., Bahn, S., & Yun, M. H. (2016). The effect of psychosocial stress on muscle activity during computer work: Comparative study between desktop computer and mobile computing products. *Work, 54(3)*, 543-555.

- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J., & 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 & Biobehavioral Reviews, 36(2)*, 747-756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>

- Tsuji, H., Larson, M. G., Venditti, F. J., Manders, E. S., Evans, J. C., Feldman, C. L., & Levy, D. (1996). Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events: the Framingham Heart Study. *Circulation, 94(11)*, 2850-2855. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.94.11.2850>

- Ueafuea, K., Boonnag, C., Sudhawiyangkul, T., Leelaarporn, P., Gulistan, A., Chen, W., ... & Piyayotai, S. (2020). Potential applications of mobile and wearable devices for psychological support during the COVID-19 pandemic: a review. *IEEE Sensors Journal*, *21*(6), 7162-7178.

- Vaishali, B., Amalan, S., Preejith, S. P., Joseph, J., & Sivaprakasam, M. (2020, June). Hrv based stress assessment of individuals in a work environment. *In 2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)* (pp. 1-6). IEEE.

- Walker, F. R., Pfingst, K., Carnevali, L., Sgoifo, A., & Nalivaiko, E. (2017). In the search for integrative biomarker of resilience to psychological stress. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *74*, 310-320. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.05.003>

- Weber, C. S., Thayer, J. F., Rudat, M., Wirtz, P. H., Zimmermann-Viehoff, F., Thomas, A., ... & Deter, H. C. (2010). Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. *European journal of applied physiology*, *109*(2), 201-211. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1341-x>

- Wei, C. Z. (2013). Stress emotion recognition based on RSP and EMG signals. *In Advanced Materials Research* (Vol. 709, pp. 827-831). Trans Tech Publications Ltd.

- Wijsman, J., Grundlehner, B., Penders, J., & Hermens, H. (2013). Trapezius muscle EMG as predictor of mental stress. *ACM transactions on embedded computing systems (TECS)*, *12*(4), 1-20. <https://doi.org/10.1145/2485984.2485987>

- Yaribeygi, H., Panahi, Y., Sahraei, H., Johnston, T. P., & Sahebkar, A. (2017). The impact of stress on body function: A review. *EXCLI journal*, *16*, 1057. <https://doi.org/10.17179/excli2017-480>

- Yuan, Q. (2022, July). Academic Stress Predicts Negative Emotions and Academic Performances: The Role of Mindset in Moderation Process. *In 2022 3rd International Conference on Mental Health, Education and Human Development (MHEHD 2022)* (pp. 91-98). Atlantis Press.
- Yu, B., Zhang, B., An, P., Xu, L., Xue, M., & Hu, J. (2019, July). An unobtrusive stress recognition system for the smart office. *In 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 1326-1329). IEEE.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio in particolare la mia relatrice di tesi prof.ssa Elisabetta Patron; ringrazio inoltre il mio tutor di tirocinio il dott. Christian Caldato per avermi introdotta all'ampio e affascinante mondo della psicofisiologia.