

Come stai? Un protocollo di monitoraggio multidimensionale e innovativo per due giovani atleti di karate

Valentina Tomaselli*, Emanuele Di Maria **, Irene Leo***

*Dottoranda di ricerca, Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione, Università di Padova
** Psicologo, Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione, Università di Padova
*** Professoressa Associata, Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione, Università di Padova

RIASSUNTO

Il monitoraggio multidimensionale degli atleti, che comprende parametri fisiologici, psicologici e prestazionali, è fondamentale per la preparazione sportiva e per prevenire problematiche come la Sindrome di Overtraining (OTS). In questo studio, due atleti di 15 anni, una femmina (Atleta 1) e un maschio (Atleta 2), hanno partecipato ad un programma di monitoraggio di un mese, comprendente due gare regionali (Gara 1 e Gara 2). Ogni settimana sono stati misurati la variabilità della frequenza cardiaca (Heart Rate Variability, HRV) prima e dopo allenamenti di karate e prove di concentrazione e somministrati questionari, tra cui il questionario per il recupero da stress in atleti (Recovery Stress Questionnaire for Athletes -36 SportRESTQue-36). Le analisi statistiche hanno incluso un test Mann-Whitney U e un controllo post hoc con il metodo di Bonferroni ($p < 0.025$) sui valori della deviazione standard degli intervalli R-R (SDNN) e della radice quadratica media delle differenze successive (RMSSD) dell'HRV, e percezione di fatica. I risultati evidenziano una diminuzione dell'RMSSD nelle settimane T1 e T2 rispetto a T0, seguita da un aumento in T3. Nonostante un buon tono vagale nella settimana di Gara 2 entrambi gli atleti hanno riferito un maggiore affaticamento rispetto a T0. Questi dati suggeriscono che il carico interno percepito fosse maggiore rispetto a quello esterno, al quale gli atleti potrebbero non essersi adattati completamente. Questo evidenzia l'importanza di sviluppare protocolli di monitoraggio personalizzati per migliorare l'autoregolazione e il monitoraggio degli atleti, ottimizzando così la loro performance e riducendo il rischio di overtraining e infortuni.

Parole chiave: karate, monitoraggio, HRV, affaticamento

SUMMARY

Multidimensional monitoring of athletes is essential for sports preparation and for preventing issues such as Overtraining Syndrome (OTS). Two 15-year-old athletes, a female (Athlete 1) and a male (Athlete 2), participated in a one-month monitoring program, which included two regional competitions (Race 1 and Race 2). Every week, Heart Rate Variability (HRV) was recorded before and after concentration tests and karate training sessions, and questionnaires such as the Recovery Stress Questionnaire for Athletes -36 Sport (RESTQue-36) were administered. Mann-Whitney U tests and post hoc Bonferroni correction ($p < 0.025$) were performed on the standard deviation of R-R intervals (SDNN) and the root mean square of successive differences (RMSSD) of HRV, as well as on perceived fatigue. The results show that, compared to T0, RMSSD decreased in weeks T1 and T2, then increased in T3. Despite showing good vagal tone in Race 2-week, Athlete 1 and Athlete 2 reported greater fatigue compared to T0, when vagal tone was equally good. This suggests that the internal load perceived by the athletes was higher than the external load, to which they had not fully adapted. This discrepancy highlights the importance of developing personalized monitoring protocols to improve athletes' self-regulation and self-monitoring capabilities, thus optimizing their performance and preventing the risk of overtraining and injuries.

Keywords: karate, monitoring, HRV, fatigue

Contatti:

Valentina Tomaselli.
valentina.tomaselli@phd.unipd.it

Articolo revisionato da:
Francesco Di Gruttola

Coordinatrice Editoriale:
Francesca Vitali

Citazione:

Tomaselli, V., Di Maria, E., & Leo, I. (2025). Come stai? Un protocollo di monitoraggio multidimensionale e innovativo per due giovani atleti di karate. PSE Psicologia dello Sport e dell'Esercizio, 2

© Copyright 2025. L'autore/Gli autori
asigna/assegnano a PSE Psicologia
dello Sport e dell'Esercizio il diritto di
prima pubblicazione dell'opera,
contemporaneamente licenziata sotto una
Licenza Creative Commons - Attribuzione
che permette ad altri di condividere
l'opera indicando la paternità
intellettuale e la prima pubblicazione su
questa rivista.

INTRODUZIONE

Il bilancio tra stress e recupero riveste un ruolo centrale nella preparazione alle competizioni per gli atleti e le atlete. La relazione tra stress e recupero varia nel breve periodo e ha un forte impatto sulle prestazioni nelle competizioni a più fasi, come quelle ciclistiche (Filho et al., 2015). Tuttavia, trovare un equilibrio tra lo stress legato allo sport e/o alla vita quotidiana e la necessità di riposo appare piuttosto complesso per atleti e atlete (Podlog et al., 2023) soprattutto durante il periodo in-season (Eccles & Kazmier, 2019).

Recentemente, Kellman et al. (2018) hanno introdotto il termine "Underrecovery" per indicare un'adeguata qualità e quantità di recupero rispetto allo stress generale, che può includere, ma non essere limitato, alle richieste specifiche dell'allenamento e dello sport. Se il recupero non è sistematico e personalizzato dopo l'allenamento, vi è il rischio di uno squilibrio continuo derivante dalla somma di un recupero inadeguato e richieste eccessive (Kellman et al., 2018). Tale squilibrio può condurre a Overtraining Syndrome (OTS) e a un forte declino delle prestazioni (Kellman et al., 2018), oltre a numerosi problemi di salute mentale, come umore depresso, burnout e insonnia (Gerber et al., 2023).

Nonostante la popolarità delle arti marziali in alcuni paesi e la loro inclusione da tempo nel programma olimpico, esistono pochi studi dedicati al monitoraggio dello stress e del recupero negli sport da combattimento (Agostinho et al., 2017; Campos et al., 2022; Nakamura et al., 2016; Vacher et al., 2016). La maggior parte di questi studi presenta una bassa numerosità campionaria ed è limitata a soli atleti maschi d'élite (Agostinho et al., 2017; Campos et al., 2022; Morales et al., 2014). Un ulteriore limite è rappresentato dall'approccio che spesso si concentra sulla variazione di un singolo indicatore dell'affaticamento, senza adottare un vero e proprio protocollo di monitoraggio completo e multidimensionale (Nakamura et al., 2016; Vacher et al., 2016). Tra questi indici figurano il cortisolo (Agostinho et al., 2017; Campos et al., 2022), la variabilità della frequenza cardiaca (HRV; Nakamura et al., 2016; Vacher et al., 2016), la percezione di affaticamento e stress (Campos et al., 2022) e le variazioni delle prestazioni cognitive (Sun et al., 2021; Symons et al., 2023) e nei test fisici standardizzati (Nakamura et al., 2016).

Vacher et al. (2016) e Nakamura et al. (2016) hanno analizzato la variabilità della frequenza cardiaca (Heart Rate Variability; HRV) a riposo, confrontando un piccolo gruppo di atleti e atlete élite di judo e uno di nuoto. Questa scelta è supportata da un'ampia letteratura che identifica l'HRV come uno degli indici psicofisiologici più affidabili per valutare l'adattamento positivo o negativo al carico di allenamento (Jimenez Morgan et al., 2017;

Heidari et al., 2019). Nello studio di Vacher et al. (2016) l'aumento degli indici parasimpatici, come la radice quadratica media delle differenze successive (RMSSD) era associato all'aumento del carico di allenamento per entrambi gli sport, soprattutto nel judo. Risultati simili sono stati ottenuti da Nakamura et al. (2016) su una squadra di karate brasiliana che si preparava ai Giochi Panamericani del 2015 nella specialità del kumite. In questo caso è stato valutato l'andamento del logaritmo naturale mediato vagalmente della differenza quadratica media degli intervalli successivi (lnRMSSD). A differenza di Vacher et al. (2016), Nakamura et al. (2016) hanno incluso anche una prova fisica di salti contromovimento (CMJ) per valutare l'affaticamento in risposta al carico di allenamento. Il campione non ha mostrato segni di accumulo di fatica, dato che l'HRV era costante e non vi erano variazioni nella prova di CMJ. Questi studi confermano che l'HRV è un indicatore sensibile all'aumento dei carichi di allenamento. Tuttavia, un limite importante è la mancanza di strumenti per indagare le percezioni soggettive e i costrutti psicologici fortemente correlati all'HRV, come l'intelligenza emotiva (Laborde et al., 2011; Laborde et al., 2015; Laborde et al., 2017) o l'ansia (Morales et al., 2013).

Altri studi sul monitoraggio dello stress e del recupero nelle varie fasi di preparazione a una gara si sono focalizzati sulle percezioni inferite tramite questionari e scale. Ad esempio, Campos et al. (2022) hanno condotto uno studio su 12 atleti di Brazilian ju-jitsu (BJJ), monitorando lo stress non solo attraverso il cortisolo salivare, ma anche tramite la percezione soggettiva dello stress e il recupero, utilizzando il Recovery and Stress Questionnaire for Sport (RESTQ-Sport). Questo questionario rappresenta un metodo efficace, semplice e rapido per monitorare l'equilibrio stress-recupero nel periodo di preparazione e competizione in diversi sport (Campos et al., 2022; di Fronso et al., 2013; Nicolas et al., 2019).

Durante la fase competitiva, i livelli di affaticamento percepito dovrebbero essere più bassi rispetto alle fasi di preparazione, come riscontrato da di Fronso et al. (2013). Tuttavia, i livelli di stress percepito durante il periodo competitivo sembrano essere più alti nelle donne rispetto agli uomini (di Fronso et al., 2013; Reynoso-Sánchez et al., 2021) e negli sport individuali rispetto a quelli di squadra (Reynoso-Sánchez et al., 2021).

Inoltre, è importante monitorare le prestazioni cognitive degli atleti e delle atlete in risposta all'affaticamento. Una recente revisione sistematica di Symons et al. (2023) ha indagato gli effetti del sovrallenamento sulle funzioni cognitive negli sport di resistenza. Tuttavia, la maggior parte degli studi si è concentrata sulla riduzione delle prestazioni nelle funzioni cognitive a breve termine, attribuendola all'affaticamento percepito durante una singola sessione di allenamento. I risultati suggeriscono che il sovrallenamento incide negativamente sulle prestazioni cognitive. In particolare, Symons et al. (2023) hanno incluso studi per la valutazione delle Funzioni Esecutive (FE), nei quali è stato osservato un aumento dei Tempi di Reazione (TR) e un maggior numero di errori tra gli atleti più affaticati rispetto a quelli meno affaticati.

Alla luce di tali risultati, risulta evidente la necessità di sviluppare protocolli innovativi e multidimensionali per ottimizzare la performance sportiva, promuovere il benessere (Heidari et al., 2019) e prevenire infortuni e burnout (McKay & West, 2022). Questi protocolli dovrebbero includere una valutazione individuale e regolare degli atleti e delle atlete, confrontando i dati longitudinali (Bourdon et al., 2017) e combinando strumenti di misurazione oggettivi e soggettivi (Bourdon et al., 2017; Heidari et al., 2019; Taylor et al., 2017). Un approccio multidimensionale e multimodale permetterebbe di monitorare le prestazioni, integrando misurazioni fisiologiche con dati comportamentali e psicologici (di Fronso et al., 2017).

L'obiettivo di questo studio è testare un protocollo di monitoraggio multidimensionale su due atleti di karate di sesso opposto e di pari età durante un mese di competizioni. L'ipotesi centrale è che l'affaticamento percepito aumenti dalla prima (T0) all'ultima settimana (T4) e che si osservi una riduzione significativa della variabilità della frequenza cardiaca (HRV) a riposo. Inoltre, in linea con Sun et al. (2021), si prevede un calo delle prestazioni nei test di concentrazione in almeno una delle prove somministrate da T0 a T4 a causa dell'affaticamento.

MATERIALE E METODO

Partecipanti

Due atleti di 15 anni hanno partecipato a un programma di monitoraggio multidimensionale di un mese, durante il quale hanno gareggiato in una competizione di qualificazione regionale ai campionati italiani nelle categorie Cadetti Under 15 (Gara 1) e Juniores Under 17 (Gara 2). Entrambi praticano karate da 10 anni nella specialità del kumite, non sono professionisti ma competono a livello nazionale. La partecipante femminile sarà denominata Atleta 1, mentre il partecipante maschile Atleta 2.

Strumenti e procedure

Lo studio ha adottato un disegno a misure ripetute a 4 fasi: Baseline (T0), Pre-gara (T1), Gara 1 (T2), Gara 2 (T3). Ogni settimana, nello stesso giorno e orario, e nel medesimo luogo, sono stati registrati l'HRV prima e dopo due prove di concentrazione e l'allenamento di karate. La durata di ogni registrazione dell'HRV è stata di 4 minuti.

La misurazione dell'HRV è stata effettuata utilizzando un Biofeedback, con l'encoder ProComp Infinity a 8 canali collegato al software BioGraph Infinity. Sono stati utilizzati due sensori: il BVP-Flex/Pro per la misurazione dell'HRV posizionato sulla falange prossimale dell'indice della mano non dominante, e il RespirationFlex/Pro, collegato a una fascia toracica

elastica per il monitoraggio della frequenza respiratoria. Le registrazioni sono state eseguite seguendo le linee guida metodologiche di Laborde et al. (2017).

Le prestazioni cognitive sono state valutate tramite:

1. d2-R (Liepmann, 2013), un test di valutazione dell'attenzione selettiva e della concentrazione. In particolare, viene misurata l'attenzione concentrata, ovvero la capacità di mantenere la concentrazione durante la selezione degli stimoli rilevanti o durante un compito che richiede attenzione selettiva (Krumm et al., 2012). La prova carta-matita presenta 14 righe, ognuna con 57 stimoli, per un totale di 798 stimoli. Al partecipante vengono concessi 20 secondi per completare ogni riga. La prima e l'ultima riga non vengono considerate nello scoring. Questo test è somministrabile a soggetti dagli 8 ai 60 anni;
2. Test BlazePod, ovvero un test non standardizzato svolto mediante l'utilizzo di 6 luci sensorizzate di marca BlazePod. Per rendere il compito più standardizzato possibile è stata segnata una linea a terra in cui gli atleti e le atlete erano seduti. Le luci sono disposte davanti a loro a circa 10 centimetri di distanza, in modo tale da essere facilmente raggiungibili con l'allungamento della mano. Inoltre, le luci sono state disposte sempre nella medesima posizione tracciata a terra con del nastro. Il compito consisteva nello spegnere le luci colorate nel minor tempo possibile per 4 minuti. Le luci si accendevano in modo randomizzato. Venivano registrati, attraverso l'applicazione smartphone, il tempo di reazione medio della sessione in millisecondi (ms) e il numero di colpi effettuati.

Ogni settimana sono stati somministrati questionari specifici ovvero il Recovery Stress Questionnaire for Athletes -36 Sport (RESTQue-36) per il benessere psicofisico (Kallus e Kellman, 2016), il Positive and Negative Affective Schedule (PANAS) per l'umore (Watson et al., 1988), il Competitive State Anxiety Test-2 (CSAI-2) per l'ansia pre-gara (Martens et al., 1990). Inoltre, solo alla prima settimana è stato somministrato il Trait Emotional Intelligence Questionnaire - Short Form (TEIQue-SF) per valutare l'intelligenza emotiva (Petrides & Furnham, 2006).

Risultati

Le analisi statistiche sono state eseguite con il software R. Il test Mann-Whitney U con correzione di Bonferroni ($\alpha = 0.025$). Tale correzione è stata applicata al fine di ridurre il rischio di ottenere errori di tipo I, poiché i partecipanti sono stati testati in più tempi e rispetto a più variabili. Il test ha mostrato differenze significative nei valori di deviazione standard di tutti gli intervalli R-R (SDNN) (Figura 1) e nella radice quadratica media delle differenze successive (RMSSD) (Figura 2) dell'HRV a riposo tra i due partecipanti. L'Atleta 1 ha mostrato valori di SDNN preallenamento significativamente più alti rispetto all'Atleta 2 ($p < 0.025$). Inoltre, i punteggi di fatica percepita misurati con il

RESTQ-36 Sport (Figura 3) sono risultati significativamente più alti nelle Settimane di Gara 1 e Gara 2 rispetto alla fase Pre-gara ($p < 0.025$).

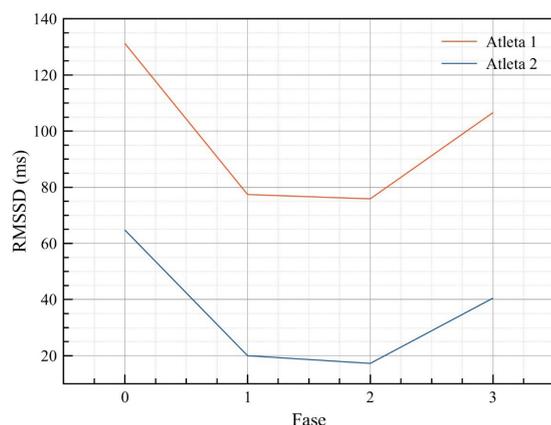
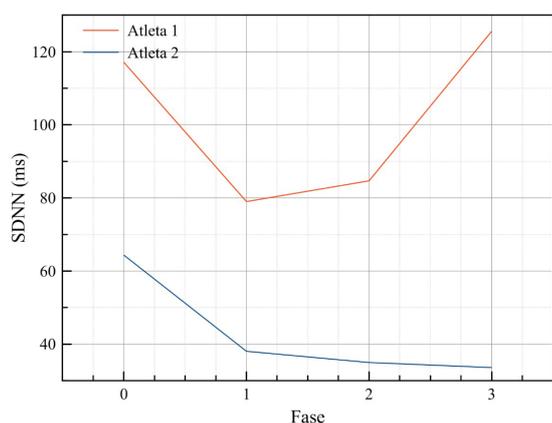


Figura 2 Andamento radice quadratica media delle differenze successive (RMSSD) a riposo di Atleta 1 e Atleta 2 nelle 4 fasi di monitoraggio 2

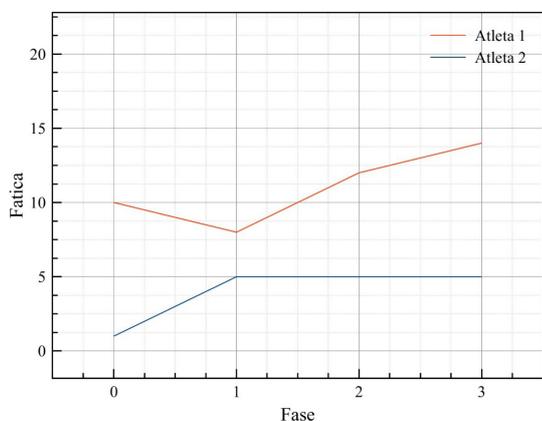


Figura 3 Andamento dei punteggi della sottoscala Fatica del Recovery Stress Questionnaire for Athletes -36 Sport (RESTQue-36) Sport di Atleta 1 e Atleta 2 nelle 4 fasi di monitoraggio

Le prestazioni cognitive di Atleta 1 e Atleta 2 sono riportate rispettivamente in Tabella 1 e in Tabella 2. Sebbene non siano emerse differenze statisticamente significative, è utile ai fini del nostro obiettivo analizzare i punteggi grezzi delle prove dei partecipanti. Come si può osservare, entrambi gli atleti hanno mostrato un miglioramento nella prova Blazepod, evidenziato da un aumento del numero di colpi eseguiti (Hits) e una riduzione dei Tempi di Reazione (TR) medi. Analogamente, anche nella prova di concentrazione d2-R si registra un incremento delle prestazioni, in particolare nelle risposte esatte (RE), nelle prestazioni cognitive (PC) e nella riduzione della percentuale di errori (Err%). A complemento di queste osservazioni, riportiamo anche i corrispondenti punteggi standardizzati per ciascuno dei tre indici di prestazione nella prova d2-R (RE_std, PC_std, Err%_std).

Fase	Hits	TR	RE	RE_std	PC	PC_std	Err%	Err%_std
T0	336	700	165	130	154	113	6.6	106
T1	426	552	218	130	209	130	4.1	108
T2	451	502	262	130	253	130	3.4	108
T3	483	485	274	130	262	130	4.3	108

Tabella 1 Tabella prestazioni cognitive Atleta 1 nelle 4 settimane di monitoraggio

Fase	Hits	TR	RE	RE_std	PC	PC_std	Err%	Err%_std
T0	356	662	181	130	166	118	8.3	106
T1	424	553	199	130	183	124	8.0	106
T2	434	540	209	130	202	130	3.3	108
T3	429	523	250	130	238	130	4.8	108

Tabella 2 Tabella prestazioni cognitive Atleta 2 nelle 4 settimane di monitoraggio

DISCUSSIONE

In letteratura è nota l'importanza del monitoraggio dello stress e dell'ansia nel contesto sportivo al fine di migliorare la performance e preservare il benessere di atleti e atlete. Tale aspetto è centrale non solo nel protocollo presentato in questo lavoro, ma anche nel modello Individual Zones of Optimal Functioning (IZOF) sviluppato da Hanin (2000). Secondo questo modello lo stress non è sempre percepito come deleterio per la prestazione ed è necessario comprendere le modalità di risposta individuali alle situazioni di stress nello sport (Robazza et al., 1994; Robazza et al., 2004). L'approccio utilizzato in questa ricerca, in linea con il modello IZOF, valorizza la personalizzazione del monitoraggio in una prospettiva olistica, privilegiando l'unicità dell'atleta e le sue caratteristiche specifiche. Tuttavia, contrariamente ad Hanin (2000), il protocollo descritto prevede l'integrazione delle misure soggettive con quelle psicofisiologiche tecnologie all'avanguardia come il Biofeedback. Tuttavia, contrariamente ad Hanin (2000), il protocollo descritto prevede l'integrazione delle misure soggettive con quelle psicofisiologiche attraverso tecnologie all'avanguardia come il Biofeedback.

Infatti, la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) rappresenta non solo un marker affidabile dello stress percepito (Thayer et al., 2012), ma anche un indicatore psicofisiologico che fornisce informazioni importanti sulle risposte sia acute che croniche all'allenamento (Jimenez Morgan et al., 2017; Heidari et al., 2019). In generale, alti livelli di HRV sono associati ad un migliore stato di salute generale e

una migliore capacità di adattamento a stimoli esterni ed interni (Lehrer et al., 2003).

In linea con Nakamura et al. (2016) e Vacher et al. (2016), sono state svolte analisi nel dominio del tempo del segnale HRV, includendo misurazioni statistiche della variabilità tra intervalli RR normalizzati (NN). In particolare, le nostre analisi si sono concentrate sulla deviazione standard tra intervalli NN (SDNN) e sulla radice quadrata media delle differenze tra intervalli NN successivi (RMSSD). Seguendo le indicazioni di Laborde et al. (2017), è stato preferito il parametro RMSSD alla percentuale di intervalli RR successivi normali del seno superiori a 50 ms (pNN50) per misurare il tono vagale.

I risultati indicano che Atleta 1 presenta valori di SDNN a riposo generalmente più alti rispetto ad Atleta 2. Questo dato suggerisce una maggiore capacità di autoregolazione dell'Atleta 1, poiché una HRV più elevata è associata a una maggiore attività vagale e a un migliore stato di salute (Laborde et al., 2018). Inoltre, i partecipanti mostrano una risposta differente al carico di allenamento: Atleta 1 registra un calo di SDNN solo da T0 a T1, mentre Atleta 2 mostra un calo progressivo da T0 a T3. Un valore basso di RMSSD indica una ridotta attività parasimpatica e difficoltà nel recupero da uno sforzo fisico o psicologico. I risultati mostrano un buon tono vagale nella settimana della gara nella categoria di età superiore (Gara 2). Inoltre, l'andamento di RMSSD di Atleta 1 risulta sovrapponibile a quello di Atleta 2, suggerendo risposte psicofisiologiche simili. Il migliore tono vagale è stato registrato nella fase di baseline (T0) e in Gara 2 (T3).

L'analisi della fatica percepita misurata con il RESTQ-36 Sport che solo Atleta 1 percepisce un affaticamento crescente da T1 a T3, mentre Atleta 2 raggiunge un plateau nello stesso periodo. Questo risultato contrasta con quanto riportato da Fronso et al. (2013), che hanno riscontrato un affaticamento maggiore prima della gara, anziché nelle settimane di gara come in questo studio.

Per quanto riguarda le prestazioni cognitive, contrariamente alle nostre ipotesi iniziali, sia Atleta 1 che Atleta 2 migliorano progressivamente in entrambe le prove. Sebbene questo risultato, non sia statisticamente significativo, potrebbe essere attribuibile a un effetto di pratica. Di conseguenza, non è possibile affermare che l'affaticamento abbia avuto un impatto negativo sulle prestazioni cognitive. Questo risultato è di difficile confronto con la letteratura, poiché, nel contesto delle arti marziali, le luci sensorizzate sono state utilizzate principalmente come strumento per migliorare le prestazioni cognitive degli atleti e delle atlete (Campanella et al., 2024). Sarebbe opportuno approfondire l'utilizzo di questo strumento e sviluppare versioni standardizzate dei compiti con le luci, al fine di

integrarli nei programmi di monitoraggio sportivi a lungo termine.

Un risultato particolarmente interessante riguarda la discrepanza tra la percezione della fatica e i valori RMSSD nella settimana della Gara 2. Nonostante il buon tono vagale registrato in questa fase, entrambi gli atleti riferiscono un maggiore affaticamento rispetto alla settimana di baseline, in cui il tono vagale era parimenti buono. In generale, un aumento di RMSSD dovrebbe indicare un adattamento ottimale al carico di allenamento, come riscontrato da Vacher et al. (2016), e corrispondere a una percezione di minore affaticamento e stress. Questa discordanza suggerisce che il carico interno percepito dagli atleti potrebbe essere maggiore rispetto a quello esterno somministrato dall'istruttrice. L'allenamento non avrebbe prodotto variazioni immediate dei parametri psicofisiologici ma della sola percezione di fatica soggettiva. Questo dato potrebbe essere spiegato considerando gli aspetti emotivi, in particolare le variazioni del tono dell'umore e dell'ansia. Infatti, Morales et al. (2013) hanno trovato punteggi più alti di ansia precompetitiva e un peggiore tono vagale in atleti di judo di livello nazionale rispetto a quelli che gareggiano a livello internazionale. Il campione coinvolto nel nostro studio è giovane e gareggia a livello nazionale, ma non abbiamo riscontrato cambiamenti significativi rispetto al tempo nei punteggi dei questionari PANAS e CSAI-2. Inoltre, non sono state trovate associazioni tra ansia, tono dell'umore e fatica percepita. Questa discordanza potrebbe indicare una ridotta capacità di autoregolazione nei partecipanti, aspetto che meriterebbe ulteriore attenzione negli interventi futuri. Un'ulteriore ipotesi è che, contrariamente a quanto richiesto dalla consegna del questionario RESTQue-36 utilizzato per valutare la percezione di fatica nei 3 giorni precedenti, i partecipanti abbiano riferito la propria percezione di affaticamento nel momento della compilazione, avvenuta 2-3 giorni prima della gara. In effetti, Clemente et al. (2019) hanno trovato che i carichi percepiti da una squadra di giocatori di basket erano più elevati 2 o 3 giorni prima di una partita. Tale risultato sottolinea l'importanza di adottare un approccio multidimensionale al monitoraggio degli atleti e delle atlete, combinando strumenti di misurazione oggettivi e soggettivi (Schwellnus et al., 2016; Soligard et al., 2016).

Limiti

Questa ricerca presenta alcuni limiti che devono essere considerati. Un primo limite è il numero ristretto di partecipanti coinvolti nella ricerca, che non consente la generalizzazione dei risultati. Dato che obiettivo centrale di questo lavoro era valutare la fattibilità e i possibili sviluppi di un protocollo multidimensionale di monitoraggio, non era prioritario in questa fase acquisire una numerosità elevata. Una volta sviluppato un protocollo efficace sarebbe utile aumentare la numerosità del campione. Un secondo limite è la durata del protocollo, che includeva due prove differenti. Essendo uno dei primi tentativi di sviluppare un protocollo di monitoraggio efficace, l'identificazione di una prova sensibile all'affaticamento era un obiettivo prioritario. Tuttavia, questa criticità potrebbe essere superata selezionando una sola prova. Nonostante la

tecnologia BlazePod non sia ancora uno strumento validato nel contesto della ricerca scientifica, presenta un errore di misurazione accettabile per l'uso pratico (de-Oliveira et al., 2021), risultando utile e interessante per il monitoraggio delle prestazioni cognitive nel contesto applicativo. Dato che, contrariamente alle ipotesi iniziali, c'è stato un miglioramento in entrambe le prove dovuto a un effetto di apprendimento, sarebbe opportuno valutare anche delle possibili versioni parallele della prova scelta. Un terzo limite è la durata del protocollo, poiché un mese è insufficiente a osservare degli adattamenti cronici. Sarebbe utile, oltre a ridurre il numero di prove e la durata della singola sessione di monitoraggio, riprodurre il protocollo per un periodo prolungato. Un ultimo limite riguarda la registrazione del segnale HRV esclusivamente prima e dopo le prove, contrariamente a quanto suggerito dal modello delle 3R di Laborde et al. (2018). A livello tecnico, il sensore BVP-Flex/Pro non consente la misurazione dell'HRV durante compiti in movimento, ma questa limitazione potrebbe essere risolta adottando compiti computerizzati.

CONCLUSIONI

Il Consensus Statement pubblicato nel 2016 in due parti, rispettivamente curate da Soligard et al. (2016) e Schwellnus et al. (2016), ha evidenziato la necessità di protocolli di monitoraggio multidimensionali del carico e del recupero negli atleti e nelle atlete d'élite. Questa necessità caratterizza anche le arti marziali come il karate, spesso considerato uno "sport minore" nel contesto italiano. Tali interventi sarebbero particolarmente utili anche per atleti ed atlete di livello inferiore, soprattutto nelle classi giovanili, che affrontano elevati livelli di stress non solo per gli impegni sportivi, ma anche a quelli scolastici e personali. Monitorare costantemente gli atleti e le atlete all'inizio della loro carriera sportiva può aiutarli a sviluppare una maggiore consapevolezza dei propri stati emotivi, del proprio funzionamento e dei propri bisogni, tra cui quello di recuperare. Questo approccio non solo contribuisce a migliorare le prestazioni sportive, ma promuove anche il benessere degli atleti e delle atlete a lungo termine.

BIBLIOGRAFIA

- Agostinho, M. F., Moreira, A., Julio, U. F., Marcolino, G. S., Antunes, B. M., Lira, F. S., & Franchini, E. (2017). Monitoring internal training load and salivary immune-endocrine responses during an annual judo training periodization. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(1), 68. <https://doi.org/10.12965/jer.17351464>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0208>
- Campanella, M., Cardinali, L., Ferrari, D., Migliaccio, S., Silvestri, F., Falcioni, L., ... & Bonavolontà, V. (2024). Effects of Flight training on cognitive-motor performance in elite judo athletes. *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e13723>
- Campos, F., Correa, J. C. M., Canevari, V. C., Branco, B. H., Andreato, L. V., & de Paula Ramos, S. (2022). Monitoring internal training load, stress-recovery responses, and immune-endocrine parameters in Brazilian jiu-jitsu training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(3), 723-731. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004172>
- Clemente, F. M., Mendes, B., Bredt, S. D. G. T., Praça, G. M., Silvério, A., Carriço, S., & Duarte, E. (2019). Perceived training load, muscle soreness, stress, fatigue, and sleep quality in professional basketball: A full season study. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 199-207. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0016>
- de-Oliveira, L. A., Matos, M. V., Fernandes, I. G., Nascimento, D. A., & da Silva-Grigoletto, M. E. (2021). Test-retest reliability of a visual-cognitive technology (BlazePod™) to measure response time. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(1). <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.179>
- Di Fabio, A., & Palazzeschi, L. (2011). Proprietà psicometriche del trait emotional intelligence questionnaire short form (TEIQue-SF) nel contesto italiano. *Counseling*, 4, 327-336.
- Di Fronso, S., Robazza, C., Bortoli, L., & Bertollo, M. (2017). Performance optimization in sport: a psychophysiological approach. *Motriz: Revista de Educação Física*, 23, e1017138. <https://doi.org/10.1590/s1980-65742017000100011>
- Eccles, D. W., & Kazmier, A. W. (2019). The psychology of rest in athletes: An empirical study and initial model. *Psychology of Sport and Exercise*, 44, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.04.006>
- Filho, E., Di Fronso, S., Forzini, F., Murgia, M., Agostini, T., Bortoli, L., ... & Bertollo, M. (2015). Athletic performance and recovery-stress factors in cycling: An ever-changing balance. *European Journal of Sport Science*, 15(8), 671-680. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1055141>
- Gerber, M., Lang, C., Brand, S., Gygax, B., Ludyga, S., Müller, C., ... & Jakovicki, S. (2023). Perceived recovery and stress states as predictors of depressive, burnout, and insomnia symptoms among adolescent elite athletes. *Sports Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.1007/s42109-023-00101-1>
- Hanin, Y. L. (2000). Individual zones of optimal functioning (IZOF) model: Emotion-performance relationship in sport. In Y. L. Hanin (Ed.), *Emotions in sport* (pp. 65-89). Human Kinetics
- Heidari, J., Beckmann, J., Bertollo, M., Brink, M., Kallus, K. W., Robazza, C., & Kellmann, M. (2019). Multidimensional monitoring of recovery status and implications for performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 2-8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0272>
- Jimenez Morgan, S., & Molina Mora, J. A. (2017). Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance: a systematic review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 42, 235-245. <https://doi.org/10.1007/s10484-017-9361-2>
- Kallus, K. W., & Kellmann, M. (Eds.). (2016). *The Recovery-Stress Questionnaires: User Manual*. London, UK: Pearson.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., ... & Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0359>
- Krumm, S., Schmidt-Atzert, L., Schmidt, S., Zenses, E.-M., & Stenzel, N. (2012). Attention tests in different stimulus presentation modes. *Journal of Individual Differences*.
- Laborde, S., Brüll, A., Weber, J., & Anders, L. S. (2011). Trait emotional intelligence in sports: A protective role against stress through heart rate variability?. *Personality and Individual Differences*, 51(1), 23-27. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2011.02.016>
- Laborde, S., Lautenbach, F., & Allen, M. S. (2015). The contribution of coping-related variables and heart rate variability to visual search performance under pressure. *Physiology & Behavior*, 139, 532-540. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.11.019>
- 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, 257628. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00735>

- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research—recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 238557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00570>
- Liepmann, D. (2013). Test di attenzione concentrata d2-R: Manuale / Rolf Brickenkamp, Lothar Schmidt-Atzert, Detlev Liepmann: adattamento italiano di Matteo Ciancaleoni e Luisa Fossati. Hogrefe.
- Martens, R. (1990). Competitive anxiety in sport. *Human Kinetics*.
- Martens, R., Burton, D., Vealey, R. S., Bump, L. A., & Smith, D. E. (1990). Development and validation of the Competitive State Anxiety Inventory-2 (CSAI-2). In R. Martens, R. S. Vealey, & D. Burton (Eds.), *Competitive anxiety in sport* (pp. 117-213). *Human Kinetics*.
- McKay, C. D. (Ed.). (2022). *The mental impact of sports injury*. Routledge.
- McKay, C. D., & West, S. (2022). Stress, Coping, and the Missing Link in Training Load: Camel, Meet Straw. In C. D. McKay (Ed.), *The mental impact of sports injury* (pp. 46–60). Routledge
- Morales, J., Álamo, J. M., García-Massó, X., López, J. L., Serra-Añó, P., & González, L. M. (2014). Use of heart rate variability in monitoring stress and recovery in judo athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(7), 1896-1905. <https://doi.org/10.1519/JSC.000000000000404>
- Morales, J., García, V., García-Massó, X., Salvá, P., & Escobar, R. (2013). The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 34(02), 144-151. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1328114>
- Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Abad, C. C. C., Franchini, E., & Loturco, I. (2016). Cardiac autonomic and neuromuscular responses during a karate training camp before the 2015 Pan American games: A case study with the Brazilian national team. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(6), 833-837. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2015-0603>
- Nicolas, M., Vacher, P., Martinet, G., & Mourot, L. (2019). Monitoring stress and recovery states: Structural and external stages of the short version of the RESTQ sport in elite swimmers before championships. *Journal of Sport and Health Science*, 8(1), 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.10.001>
- Petrides, K. V., & Furnham, A. (2001). Trait emotional intelligence: Psychometric investigation with reference to established trait taxonomies. *European Journal of Personality*, 15, 425-448. <https://doi.org/10.1002/per.416>
- Petrides, K. V., & Furnham, A. (2003). Trait emotional intelligence: Behavioural validation in two studies of emotion recognition and reactivity to mood induction. *European Journal of Personality*, 17, 39-57. <https://doi.org/10.1002/per.466>
- Petrides, K. V., & Furnham, A. (2006). The role of trait emotional intelligence in a gender-specific model of organizational variables. *Journal of Applied Social Psychology*, 36, 552-569. <https://doi.org/10.1111/j.0021-9029.2006.00023.x>
- Podlog, L., Conti, C., di Fronso, S., & Bertollo, M. (2023). Underrecovery in elite athletes: Antecedents, implications, and prevention strategies. In M. Kellmann, S. Jakowski, & J. Beckmann (Eds.), *The importance of recovery for physical and mental health: negotiating the effects of underrecovery* (pp. 97-113). London: Routledge.
- Reynoso-Sánchez, L. F., Pérez-Verduzco, G., Celestino-Sánchez, M. Á., López-Walle, J. M., Zamarrípa, J., Rangel-Colmenero, B. R., ... & Hernández-Cruz, G. (2021). Competitive recovery-stress and mood states in Mexican youth athletes. *Frontiers in Psychology*, 11, 627828. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.627828>
- Robazza, C., Bortoli, L., & Gramaccioni, G. (1994). *La preparazione mentale nello sport*. Edizioni Luigi Pozzi.
- Robazza, C., Pellizzari, M., & Hanin, Y. (2004). Emotion self-regulation and athletic performance: An application of the IZOF model. *Psychology of Sport and Exercise*, 5(4), 379-404. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2003.10.002>
- Schwellnus, M., Soligard, T., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1043-1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096472>
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096471>
- Sun, H., Soh, K. G., Roslan, S., Wazir, M. R. W. N., & Soh, K. L. (2021). Does mental fatigue affect skilled performance in athletes? A systematic review. *PLOS ONE*, 16(10), e0258307. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258307>
- Symons, I. K., Bruce, L., & Main, L. C. (2023). Impact of overtraining on cognitive function in endurance athletes: A systematic review. *Sports Medicine Open*, 9(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00488-4>
- Taylor, J. (2017). *Assessment in Applied Sport Psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vacher, P., Nicolas, M., & Mourot, L. (2016). Monitoring training response with heart rate variability in elite adolescent athletes: Is there a difference between judoka and swimmers?. *Archives of Budo*.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>