

**KEYWORDS****Athletes, heat, HIIT, performance, recovery**

Effetti dell'estrazione del calore sulla fatica percepita negli atleti amatoriali

Questo studio ha indagato gli effetti dell'utilizzo del dispositivo CoolMitt, che permette tramite un sistema di raffreddamento a circuito chiuso, di estrarre il calore dal palmo della mano. Il protocollo utilizzato ha previsto due sessioni: la prima volta a determinare la massima velocità aerobica (MAV) mentre la seconda ha previsto la determinazione della massima forza della mano ed un allenamento di High Intensity Inter-

val Training (HIIT). La popolazione di atleti amatoriali (età: 26-55 anni) è stata suddivisa in un gruppo sperimentale, che durante il recupero passivo dell'allenamento HIIT utilizzava il dispositivo funzionante ed un gruppo di controllo che inseriva le mani nel dispositivo a temperatura termo-neutrale. I risultati mostrano una significativa riduzione dei valori di Rating of Perceived Exertion (RPE) nel gruppo sperimentale

nonché valori massimi di RPE nettamente più bassi. Inoltre, un incremento rispetto ai valori dell'hand-grip pre e post allenamento è stata rilevata nel gruppo sperimentale.

Queste evidenze dimostrano come l'estrazione del calore dal palmo della mano può rappresentare una metodica favorevole per ridurre l'RPE e migliorare le prestazioni in lavori di forza isometrica.



Elisa Mapelli
Scienze motorie e sportive, Università di Bergamo.



Nicola Lovecchio
Dipartimento di Scienze umane e sociali, Università di Bergamo.



Massimo De Nardi
Centro Krioplanet, Treviglio (BG)



Nello sport, sia agonistico sia amatoriale, si è sempre alla costante ricerca di metodologie per migliorare le prestazioni. Tra queste, le strategie finalizzate alla riduzione della percezione di fatica sono attualmente oggetto di crescente attenzione, così come gli studi sul calore prodotto dall'esercizio: è ormai risaputo che l'incremento della temperatura interna limita le prestazioni fisiche (Périard et al., 2021). In questo studio, infatti, ci si è focalizzati sulla verifica della funzionalità di un dispositivo, il CoolMitt, basato sull'estrazione del calore dal palmo della mano.

I meccanismi dell'omeostasi fanno in modo che l'ambiente interno del corpo rimanga stabile entro certi limiti controbilanciando i cambiamenti interni ed esterni (Tortora & Derrickson, 2017) tra cui il calore prodotto dalla contrazione muscolare: con l'aumentare del calore l'attività muscolare inizia un declino con un contemporaneo senso di fatica (Périard et al., 2021). Il corpo preserva l'integrità fisiologica rispetto all'innalzamento ulteriore del calore facendo, quindi, diminuire la performance fisica.

Per mantenere in equilibrio questi due obiettivi (integrità muscolare e innalzamento/mantenimento della performance), si è voluto verificare se raffreddare la cute possa essere una strategia utile a ridurre l'aumento della temperatura corporea e il conseguente affaticamento muscolare. In particolare, CoolMitt è un dispositivo che mediante un sistema di raffreddamento a circuito chiuso (dissipatore di calore alla pressione subatmosferica di 35-45 mmHg) all'interno di specifici guanti, raffredda rapidamente il palmo delle mani. Questo metodo/processo estrae, di fatto, calore, abbassando la temperatura cutanea.

MATERIALE E METODI

Soggetti

Sono stati reclutati 14 atleti amatoriali di sesso maschile, di età compresa tra i 20 e i 40 anni. Come criterio di ammissibilità è stato richiesto un minimo di 2 allenamenti alla settimana. Le informazioni antropometriche (media SD) dei partecipanti allo studio sono le seguenti: età (26 peso corporeo (78 altezza (182).

Procedura

Lo studio si è articolato in due incontri distinti (si veda box 1). Durante il primo incontro, si è determinata la MAV mediante test del

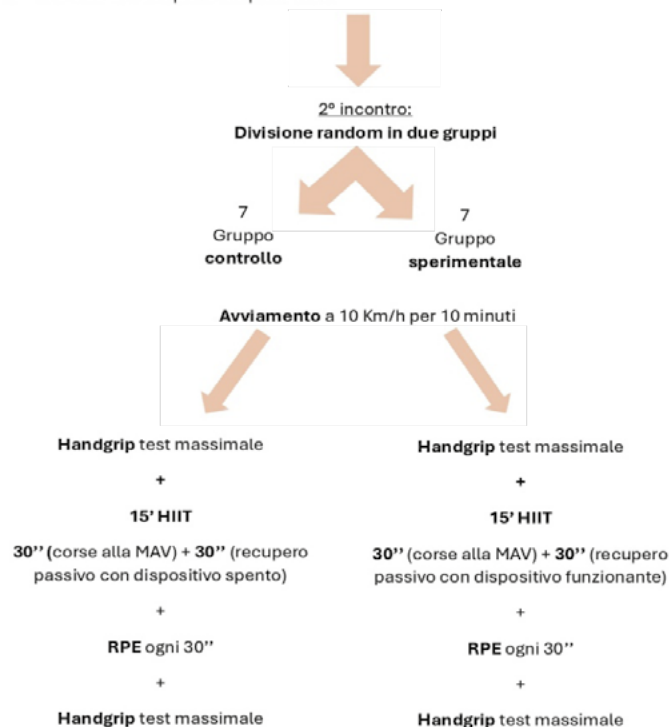
massimo consumo di ossigeno (VO_{2max}), parametro fondamentale per la successiva progettazione del protocollo di allenamento ad alta intensità. Nel secondo incontro, i partecipanti hanno eseguito una sessione di allenamento HIIT caratterizzata dall'alternanza di 30" di corsa alla MAV e 30" di recupero passivo con il CoolMitt (funzionante solo per il gruppo sperimentale). Le variabili misurate e analizzate sono state le seguenti: RPE valutato dopo ogni 30" e forza (espressa in Kg) determinata tramite handgrip (pre e post allenamento) dove per la determinazione della forza di presa massima (De Nardi et al., 2017) è stato selezionato il valore più alto ottenuto dopo 3 prove consecutive.

1° incontro

Test del Vo_{2max} con metabolimetro PNOE

Nel protocollo a rampa, l'incremento della velocità è stato calcolato seguendo le indicazioni fornite dal fornitore (Pnoe inc, Palo Alto, California, USA) utilizzando la formula: $(v_9 - v_{100/110}) : 9$. Per determinare il valore di $v_{100/110}$ è stato chiesto ai soggetti di camminare sul treadmill fino a raggiungere una velocità corrispondente a una frequenza cardiaca di 100 battiti al minuto. Il valore di V_9 , invece, è stato ricavato facendo correre i soggetti sul treadmill ricercando una velocità alla quale veniva associato un livello di percezione di sforzo pari a 9 sulla scala RPE di Borg (1-10). La procedura adoperata per lo svolgimento del test è la seguente:

1. Parameter check iniziale con scala di Borg sul treadmill;
2. 180 sec di avviamento motorio;
3. Test incrementale a rampa (Tuttle, 2023) con aumento progressivo della velocità ogni minuto fino al raggiungimento dell'esaurimento al fine di determinare la MAV;
4. 150 sec di recupero dopo il test.



Analisi dati

Le statistiche descrittive (media, SD, valore massimo e valore minimo) e la variazione percentuale sono state determinate per i valori di RPE durante i 15 min di allenamento HIIT. È stata anche determinata la variazione percentuale relativa ai valori ottenuti pre e post allenamento nel test massimale di handgrip.

RISULTATI

La Tabella 1 riporta i valori di RPE ad ogni minuto di allenamento, calcolati come media dei valori rilevati durante i 30" di corsa e 30" di recupero passivo, per ogni gruppo di atleti. Con l'avvicinarsi del completamento della sessione di allenamento, si può osservare

che le deviazioni standard nel gruppo di controllo aumentano, diversamente da quanto osservato nel gruppo sperimentale, dove si osserva una riduzione delle stesse. Considerando i valori minimi e massimi di RPE percepito a ogni minuto di allenamento, si evincono marcate differenze fra i due gruppi (Fig 1). Nel gruppo di controllo si osservano valori di RPE sempre più alti fino a raggiungere un massimo pari a 9. Al contrario nel gruppo sperimentale i valori massimi si mantengono più bassi. Per quanto riguarda i valori minimi non si riscontrano particolari differenze tra i due gruppi, se non una lieve disuguaglianza. Nel gruppo sperimentale nei primi 5 minuti di allenamento i valori si sono mantenuti più bassi rispetto a quelli del gruppo di controllo.

	Andamento RPE			
	Sperimentale		Controllo	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD
RPE1	2,32	1,03	2,43	1,50
RPE2	2,22	0,75	3,06	0,68
RPE3	2,35	0,81	3,10	0,74
RPE4	2,01	0,93	2,98	1,00
RPE5	2,35	0,82	3,29	1,45
RPE6	2,75	0,46	3,74	1,45
RPE7	2,63	0,52	4,15	1,45
RPE8	2,53	0,50	4,17	1,59
RPE9	2,65	0,71	4,35	1,57
RPE10	2,77	0,70	4,65	1,90
RPE11	2,60	0,67	4,97	1,79
RPE12	2,73	0,79	4,71	2,26
RPE13	2,96	0,97	5,13	2,22
RPE14	2,74	0,72	5,10	2,85
RPE15	2,50	0,94	5,10	2,74

TABELLA 1: MEDIA E SD DEI VALORI DI RPE RIPORTATI DAI SOGGETTI DEI DUE GRUPPI AD OGNI MINUTO

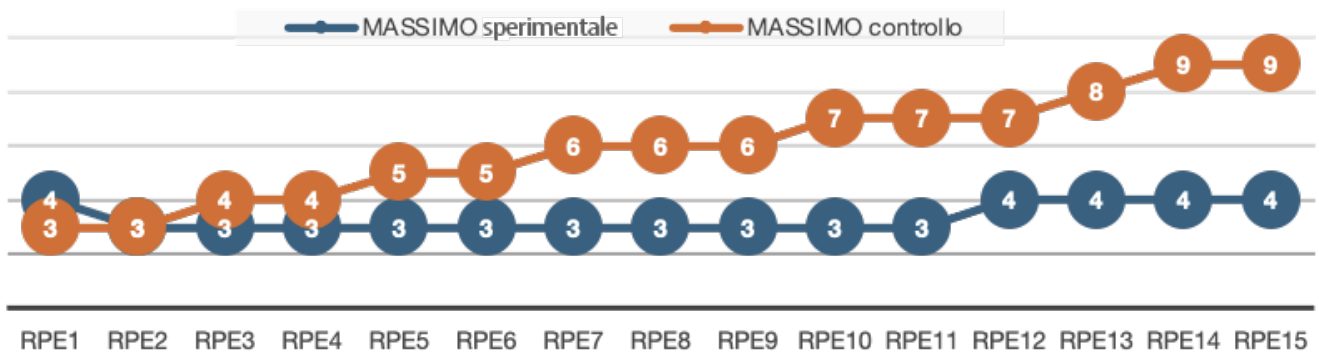


FIG 1: ANDAMENTO VALORI MASSIMI RPE.



Nella Tabella 2 è riportata la variazione percentuale tra il valore ottenuto pre-allenamento e il valore registrato dopo l'allenamento nell'handgrip test massimale per

ogni atleta. Considerando i valori positivi, che rappresentano gli effettivi indici di miglioramento di alcuni atleti, si osserva che, calcolandone la media, il divario tra

il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo risulta marcato.

Nella figura 2 è mostrata chiaramente questa netta differenza.

HANDGRIP TEST MASSIMALE							
% Gruppo sperimentale							
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Media dei valori positivi
+ 33	- 2	- 4	- 1	- 3	+ 14	- 3	24
% Gruppo di controllo							
S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	Media dei valori positivi
+ 7	- 4	+ 3	- 8	0	+ 8	- 1	6

TABELLA 2: VARIAZIONE PERCENTUALE TRA I RISULTATI DELL'HANDGRIP TEST MASSIMALE, PRE E POST ALLENAMENTO PER OGNI ATLETA SUDDIVISA PER GRUPPI.

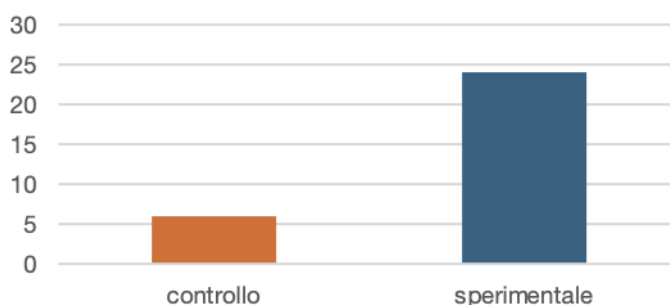


FIGURA 2: MEDIA VALORI POSITIVI.

DISCUSSIONE

Il principale risultato emerso da questo studio è stato una riduzione della percezione della fatica associata allo sforzo fisico negli atleti che hanno utilizzato il dispositivo CoolMitt. In particolare, è stato osservato un abbassamento dei valori massimi di RPE nel gruppo sperimentale, suggerendo così una minore percezione della fatica durante una sessione di allenamento HIIT (Iwahashi et al., 2023). Un ulteriore risultato di rilievo riguarda la differenza osservata tra il gruppo che ha utilizzato il CoolMitt e il gruppo di controllo, relativamente agli indici di miglioramento del test massimale di handgrip, somministrato dopo l'allenamento. Questi dati suggeriscono che il CoolMitt potrebbe rappresentare un valido strumento per migliorare le risposte fisiologiche durante l'allenamento della forza isometrica, contribuendo al

miglioramento delle performance (Grahm et al., 2012). Diversi studi precedenti supportano questa ipotesi. Ad esempio, uno studio condotto dall'azienda americana PNOE su un giocatore della squadra di football americano Oakland Raiders ha evidenziato un incremento del 31,4% nel numero di ripetizioni eseguite durante un allenamento di panca piana composto da 6 set con un carico di 225 libbre, dopo circa un mese di utilizzo del dispositivo CoolMitt. Tali evidenze suggeriscono che il raffreddamento mirato del palmo delle mani possa migliorare la capacità di recupero e l'efficienza fisica. Alcuni studi scientifici, come quello di Grahm et al. (2004), hanno identificato i palmi delle mani come una sede particolarmente efficiente per lo scambio termico durante l'esercizio fisico, specialmente in condizioni ambientali estreme. Questo tipo di raffreddamento può ritardare l'insorgenza

dell'esaurimento durante l'esercizio fisico e favorire un miglior recupero post-esercizio, con effetti positivi soprattutto in ambienti caldi. Pertanto, potrebbe essere interessante, in futuro, applicare lo stesso protocollo di raffreddamento in ambienti a temperatura più elevata, per verificare se l'estrazione del calore dai palmi delle mani risulti ancora più efficace in condizioni termiche estreme. Infine, sarebbe utile esplorare l'integrazione del dispositivo CoolMitt all'interno di un programma di allenamento periodizzato, al fine di valutarne l'efficacia a lungo termine in contesti di allenamento strutturato. Ciò permetterebbe di verificare se l'uso continuativo del dispositivo possa migliorare le prestazioni e il recupero degli atleti nel corso di un intero ciclo di allenamento, con potenziali applicazioni pratiche nel miglioramento delle performance sportive a livello agonistico.

CoolMiit

Il sistema di guanti CoolMiit si fonda sulle scienze che studiano lo scambio termico. Infatti, quando i muscoli si contraggono la loro temperatura interna aumenta rapidamente portandoli, nel tempo, ad attivare meccanismi 'salvavita' che ne interrompono l'attività per proteggerli dal calore eccessivo che danneggerebbe cellule e comprometterebbe le reazioni chimiche interne. La tecnologia di raffreddamento vascolare, quindi, permette di raffreddare i muscoli attraverso la circolazione di sangue raffreddato. Di fatto, questo processo contribuisce a prevenire il surriscaldamento e, di conseguenza, a ritardare l'insorgenza della fatica. Perché utilizzare un guanto? Perché i palmi delle mani funzionano come radiatori naturali, che rilasciano calore 5 volte maggiore rispetto ad altre superfici cutanee. Qual è la dinamica? Attraverso il raffreddamento delle mani, il sangue raffreddato giunge al cuore e poi viene distribuito al resto del corpo, così che, oltre alla sudorazione, si attivi un meccanismo interno di raffreddamento. Quali sono i vantaggi? Potenziare il raffreddamento dei muscoli con un meccanismo interno permette di ritardare l'affaticamento e quindi di ottenere un incremento della durata delle prestazioni o di innalzare, a parità di tempo, l'intensità dell'esercizio.



ABSTRACT

This study investigated the effects of using the CoolMitt device, which allows heat to be extrapolated from the palm of the hand via a closed-loop cooling system. The protocol used included two sessions: the first time to determine maximum aerobic speed (MAV) while the second time involved determining maximum hand strength and a High Intensity Interval Training (HIIT) training. The population of amateur athletes (age: 26 ± 5 years) was divided into an experimental group, which during passive recovery of HIIT training used the working device and a control group that inserted the hands into the device at thermo-neutral temperature. The results show a significant reduction in Rating of Perceived Exertion (RPE) values in the experimental group as well as significantly lower maximum RPE values. Furthermore, an increase compared to pre- and post-training handgrip values was detected in the experimental group. This evidence demonstrates how heat extraction from the palm of the hand can represent a favorable method for reducing RPE and improving performance in isometric force work.



BIBLIOGRAFIA

1. De Nardi M, Pizzigalli L, Benis R, Caffaro F, Micheletti Cremasco M (2017). Acute effects of partial-body cryotherapy on isometric strength: maximum handgrip strength evaluation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3497-3502.
2. Gibala MJ, Gillen JB, Percival ME (2014). Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Medicine*, 44(Suppl 2), 127-137.
3. Grahm DA, Cao VH, Heller HC (2005). Heat extraction through the palm of one hand improves aerobic exercise endurance in a hot environment. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 972-978.
4. Grahm DA, Cao VH, Nguyen CM, Liu MT, Heller HC (2012). Work volume and strength training responses to resistive exercise improve with periodic heat extraction from the palm. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2558-2569.
5. Grahm DA, Heller MC, Larkin JE, Heller HC (1996). Appropriate thermal manipulations eliminate tremors in rats recovering from halothane anesthesia. *Journal of Applied Physiology*, 81(6), 2547-2554.
6. Grahm DA, Heller HC (2004). The physiology of mammalian temperature homeostasis. *ITACCS Critical Care Monograph*, 1-21.
7. Iwashashi M, Chaen Y, Yanaoka T, Kurokawa Y, Hasegawa H (2023). Cold water immersion of the hand and forearm during half-time improves intermittent exercise performance in the heat. *Frontiers in Physiology*, 14, 1143447.
8. Marriott CFS, Petrella AFM, Marriott ECS, Boa Sorte Silva NC, Petrella RJ (2021). High-intensity interval training in older adults: a scoping review. *Sports Medicine - Open*, 7, 49.
9. Panasci M, Lepers R, La Torre A, Bonato M, Assadi H (2017). Physiological responses during intermittent running exercise differ between outdoor and treadmill running. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(9), 973-977.
10. Périard JD, Eijsvogels TMH, Daanen HAM (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*, 101(4), 1873-1979.
11. Poole DC, Jones AM (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 997-1002.
12. Terrien J, Perret M, Aujard F (2011). Behavioral thermoregulation in mammals: a review. *Frontiers in Bioscience - Landmark*, 16(4), 1428-1444.
13. Tuttle H (2023). I tried the PNOE metabolic test to measure my $\dot{V}O_{2max}$ —here's what I learned. *Men's Health*.