



KEYWORDS

Resistance training, heart health, prevention, muscle physiology, muscle adaptation.

Organizzazione ed effetti adattativi dell'allenamento di resistenza sull'apparato cardiocircolatorio

INTRODUZIONE E CARATTERISTICHE DELL'ALLENAMENTO DI RESISTENZA

Definizione di resistenza

La capacità di resistenza è definibile come la capacità di protrarre un'attività motoria attraverso un utilizzo prevalente di fonti energetiche di tipo aerobico. Attraverso il suo miglioramento, l'organismo è in grado di mantenere nel tempo il rendimento di un'attività motoria ritardando l'insorgere della fatica e tutta quanta una serie di altre componenti che possono compromettere la performance di un soggetto.

Modalità di classificazione

Come J. Weineck (2009) sottolinea nel suo lavoro "L'allenamento ottimale" (ed. Calzetti & Mariucci Editori) a seconda di come la si

considera, si possono distinguere differenti tipologie di manifestazione della resistenza. Se considerassimo l'impegno muscolare distinguiamo:

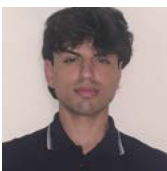
- una resistenza generale, definibile in tal modo, in quanto impegna da un settimo a un sesto dell'intera muscolatura richiesta. Comprendiamo, in tal senso, che l'impegno muscolare richiesto è verosimilmente elevato.
- Una resistenza specifica, definibile in tal modo perché, contrariamente a quanto appena descritto nella resistenza generale, richiede la sollecitazione di meno di un sesto-un settimo dell'intera muscolatura.

Un ruolo determinante, ai fini della resistenza, è svolto dai sistemi energetici; De Feo et al (2003) in un articolo intitolato *Metabolic response to exercise*, pubblicato sulla rivista scientifica "Journal of endocrinological investigation"

indicano che l'energia per la contrazione del muscolo scheletrico è fornita dalle vie metaboliche anaerobiche (fosfocreatina e glicolisi anaerobica) e aerobiche (fosforilazione ossidativa).

Vista l'essenziale funzione dei sistemi energetici, anche in termini di resistenza occorre effettuare una distinzione fra la resistenza di tipo aerobico (resistenza aerobica) e la resistenza di tipo anaerobico (resistenza anaerobica):

- la resistenza aerobica si riferisce alle forme di lavoro prolungato che utilizzano soprattutto processi energetici di tipo aerobico e può essere rapportata alle attività di durata medio-lunga;
- la resistenza anaerobica che chiama in causa l'utilizzo prevalente del sistema anaerobico, in quanto a causa della grande intensità del lavoro, l'apporto di ossigeno è insufficiente, per cui l'energia viene trasformata per via non ossidativa.



Dott. Michele Trallo,
Laureato Triennale con lode in Scienze delle Attività Motorie e Sportive, Università degli Studi di Foggia.
michetrallo@gmail.com

La resistenza può essere suddivisa anche con riferimento alla durata del lavoro: a tal proposito, occorre effettuare un ulteriore distinguo tra resistenza di breve durata, resistenza di media durata e resistenza di lunga durata:

- la resistenza di breve durata, richiede un lavoro di durata significativamente ridotta compresa tra i 45 secondi e i 2 minuti. La trasformazione di energia avviene per via prevalentemente anaerobica.
- La resistenza di media durata, è la capacità di resistere efficacemente ad un lavoro di durata media, compresa tra i 2 e gli 8 minuti, eseguito a medio-elevata intensità. Utilizza processi energetici di tipo aerobico, in quanto comprende un periodo di crescente acquisizione dell'energia per via ossidativa, ma anche di tipo anaerobico.
- La resistenza di lunga durata richiede essenzialmente un lavoro di durata che si protrae oltre gli 8 minuti di lavoro. La trasformazione di energia avviene per via prevalentemente aerobica.
- In ambito sportivo è possibile distinguere differenti tipologie di resistenza anche con riferimento alle reciproche relazioni con altre forme principali di sollecitazione motoria (J. Weineck, 2009)

La resistenza alla forza può essere definita come la capacità di opporsi efficacemente alla fatica, in prestazioni di forza che richiedono un moderato impegno muscolare. Ehlenz H., M. Grosser, E. Zimmermann, (1998) (cit. da J. Weineck, 2009),



per ragioni metodologiche, suddividono la resistenza alla forza in:

- resistenza massimale alla forza: richiede un lavoro di resistenza contro un carico significativo oltre il 75% dell'1RM;
- resistenza submassimale alla forza: richiede un lavoro di resistenza contro un carico medio-elevato compreso tra il 50% ed il 75% dell'1RM;
- resistenza alla forza aerobica: richiede un lavoro di resistenza contro un carico inferiore, rispetto a quelli precedentemente descritti, pari al 30%-50% dell'1RM.

Oltre alla resistenza e alla forza si rinvergono:

La resistenza alla velocità: si identifica nella capacità dell'individuo di resistere per durate brevi ad azioni veloci ed intense o di reiterare diverse volte le stesse senza che si determini un'eventuale diminuzione della rapidità e quindi un calo in termini di rendimento.

La resistenza alla forza veloce: si identifica nella capacità di opporsi alla diminuzione di velocità di contrazione nei movimenti ciclici contro resistenze elevate; quindi oltre ad un lavoro di resistenza è contestualmente richiesto un lavoro di forza contro resistenze significative.

FATTORI CHE INCIDONO SULLA CAPACITÀ DI RESISTENZA

La resistenza è influenzata dai seguenti elementi:

Distribuzione delle fibre

L'uomo possiede due tipologie di fibre muscolari:

- **Fibre rosse** (altres), fibre di tipo I) che garantiscono un lavoro di lunga durata, si basano principalmente sul metabolismo aerobico, sono dotate di un'ottima rete vascolare e presentano un'elevata concentrazione in termini di mitocondri oltre che di glicogeno muscolare e ovviamente di emoglobina e mioglobina che forniscono la pigmentazione e di conseguenza "la colorazione rossastra". Dal punto di vista dell'innervazione, sono principalmente innervate dai motoneuroni alfa in grado di inviare input nervosi costanti e significativamente duraturi nel tempo e come Casolo F. (2002), segnala nel suo lavoro "Lineamenti di Teoria e Metodologia del Movimento Uomo" ed. Vita e Pensiero Editrice, ad una frequenza bassa (10-20 al secondo).

- **Fibre bianche** (altres), fibre di tipo II), al contrario, sono in grado di sviluppare tensione in modo veloce e si affaticano con molta facilità. Si contraggono principalmente con un metabolismo di tipo anaerobico. Ospitano pochi mitocondri e presentano limitate concentra-

zioni di emoglobina e mioglobina che fornendo la pigmentazione in modo carente fanno in modo che presentino un aspetto, verosimilmente, pallido. Le fibre bianche sono quella specifica tipologie di fibre muscolari che hanno una maggiore propensione all'ipertrofia muscolare.

All'interno di un muscolo è possibile trovare in maniera sostanzialmente paritetica, fibre di tipo bianco e di tipo rosso, con l'eccezione di muscoli che hanno funzioni di tipo posturale o balistico. A livello delle fibre muscolari, un allenamento specifico può indurre modifiche dell'assetto biochimico e delle proprietà funzionali, ovvero della forza e velocità di contrazione, resistenza alla fatica, dando avvio ad un parziale e progressivo processo di trasformazione.

VO₂ max

Il massimo consumo di ossigeno (VO₂ max) indica la quantità massima di ossigeno, che può essere utilizzata dall'organismo in corso di attività muscolare protratta ed intensa. È assolutamente allenabile ed il suo allenamento consente di migliorare la captazione, il trasporto e soprattutto l'utilizzo dell'ossigeno in sede muscolare (malgrado sia richiesta una maggiore entità).

Concentrazione intracellulare di substrati energetici

Per il lavoro meccanico il muscolo utilizza energia che acquisisce attraverso la combustione dei substrati energetici, che possono essere immagazzinati all'interno delle cellule muscolari sotto forma di glicogeno o di goccioline di trigliceridi o prelevati dai depositi di glicogeno del fegato e del tessuto adiposo sottocutaneo e trasportate per via ematica alle cellule muscolari che lavorano.

Per l'organismo il glicogeno è importante, soprattutto per le funzioni cerebrali, in quanto il cervello ha continuamente bisogno di glicogeno ed un'eventuale diminuzione del glicogeno ematico a causa dell'abbassamento del tasso di quello epatico produce un peggioramento dal punto di vista della coordinazione e della concentrazione. I carichi di resistenza, a seconda di differenti parametri, quali intensità e durata, producono uno svuotamento più o meno accentuato dei depositi di sostanze energetiche. Come diversi articoli scientifici dimostrano, in particolare modo quelli di Bergström, J., Hultman, E., & Saltin, B. (1973) intitolato *Muscle glycogen consumption during cross-country skiing (the Vasa ski race)*, pubblicato sulla rivista scientifica "European Journal of Applied Physiology" di Taylor, A. W., Booth, M. A., & Rao, S. (1972) intitolato *Human skeletal muscle phosphorylase activities with exercise and training* pubblicato sulla rivista scientifica "Canadian journal of physiology and pharmacology", nei primi 20' di un carico intensivo, le riserve intracellulari di glicogeno diminuiscono in modo particolarmente rapido, mentre nei restanti 40-60', grazie all'aumento delle quantità di glucosio prelevata dal sangue e alla maggiore combustione dei grassi, la loro diminuzione è minore.

Infine si produce una diminuzione conclusiva che arriva fino all'esaurimento delle scorte di glicogeno.

Taylor, A. W., Booth, M. A., & Rao, S. (1972) sottolineano per altro che maggiori sono le riserve iniziali di glicogeno, analogamente maggiore sarà la capacità da parte del soggetto di lavorare ad intensità elevata.

Grazie ad un allenamento regolare della resistenza, si ottiene un aumento delle riserve energetiche.

J. Weineck (2009) sottolinea che nei soggetti non allenati le riserve di glicogeno ammontano a 200-300 g nella muscolatura nel suo insieme e a 60-100 g nel fegato. Nei soggetti allenati esse aumentano fino a oltre il doppio.

Analogamente, ad un aumento di glicogeno si assiste ad un aumento in termini di riserve intracellulari immediatamente disponibili di grassi.

In questo modo l'aumento parallelo delle riserve intracellulari di glucosio e di grassi, contestualmente, all'aumento del glicogeno epatico, costituisce un presupposto importante per l'incremento della capacità di prestazione di resistenza.

Saltin B. (1973) in un articolo intitolato *Metabolic fundamentals in exercise*, pubblicato sulla rivista scientifica "Medicine and science in sports", mette in evidenza le differenze adattative prodotte dall'allenamento con riferimento all'utilizzo dei differenti substrati energetici e dimostra che la mobilitazione e l'utilizzo del substrato sono fattori importanti nella fisiologia dell'esercizio. Glucosio e acidi grassi contribuiscono alla trasformazione dell'energia in una misura diversa, che dipende dall'intensità, dal volume e dal livello di allenamento.

In conclusione, la capacità di prestazione di resistenza nella zona elevata di intensità è determinata non soltanto dal livello dei depositi iniziali di glicogeno epatico e muscolare e dai depositi intracellulari di grassi, ma anche dalla capacità di riuscire a metabolizzare acidi grassi liberi ad una più elevata intensità di carico. Occorre, in questi termini, considerare che maggiore è il livello dell'atleta, maggiore sarà la quantità di acidi grassi liberi che può essere ancora liberata, trasportata e bruciata dai tessuti ad intensità più significative.



Efficienza degli enzimi ossidativi

Gli enzimi ossidativi operano principalmente a livello mitocondriale e determinano il processo di liberazione energetica in modalità aerobica ed un loro aumento comporta uno sviluppo sia in termini di "rifornimento di energia" e contestualmente, di "aumento della resistenza alla fatica".

J. Weineck (2009) evidenzia che migliore è la resistenza di base dell'atleta, più tardi sarà superata la cosiddetta soglia anaerobica, importante demarcazione funzionale che quantifica e qualifica il passaggio dalla produzione energetica di tipo aerobico alla produzione energetica con meccanismo anaerobico e che spesso è utilizzata nella valutazione funzionale per stimare la capacità di prestazione aerobica.

Numero e distribuzione dei mitocondri

Un allenamento mirato al miglioramento della resistenza aerobica, comporta un aumento numerico e di dimensioni dei mitocondri, organelli cellulari posti

nel citoplasma delle fibre muscolari che rappresentano la sede all'interno della quale avviene l'attività degli enzimi aerobici che trasformano le sostanze energetiche.

J. Weineck (2009) dimostra che un allenamento aerobico di 6 settimane è già sufficiente a migliorare notevolmente la capacità mitocondriale; è importante, per altro, osservare quanto riportato da Flockhart M. et al (2021) in un articolo intitolato *Excessive exercise training causes mitochondrial functional impairment and decreases glucose tolerance in healthy volunteers* e pubblicato sulla rivista scientifica "Cell metabolism", in quanto dimostrano che la capacità di funzionamento dei mitocondri viene danneggiata da un allenamento significativamente intensivo; si producono alterazioni graduali delle strutture e, come risultato finale, una diminuzione del loro numero e della loro dimensione. Ne consegue, quindi, una diminuzione della capacità aerobica e anche un inferiore capacità di recupero o di resistenza alla fatica.





Concentrazione di mioglobina muscolare

Come Ordway, G. A., & Garry, D. J. (2004) evidenziano in un articolo intitolato *Myoglobin: an essential hemoprotein in striated muscle* e pubblicato sulla rivista scientifica "The Journal of experimental biology", la mioglobina è un'emoproteina citoplasmatica, espressa esclusivamente nei miociti cardiaci e nelle fibre muscolari scheletriche ossidative, funzionalmente definita come proteina di immagazzinamento di ossigeno nei muscoli, in grado di rilasciare ossigeno durante i periodi di ipossia.

Si ritiene inoltre che la mioglobina tamponi la concentrazione intracellulare di ossigeno quando l'attività muscolare aumenta e faciliti la diffusione intracellulare di ossigeno fornendo un percorso parallelo che aumenta la semplice diffusione dell'ossigeno disciolto.

Principali metodi di allenamento della resistenza

J. Weineck (2009) sottolinea che se si vuole programmare in maniera ottimale un allenamento della resistenza occorre conoscere i principali metodi e contenuti e gli analoghi effetti fisiologici che possono produrre.

L'allenamento della resistenza prevede principalmente l'utilizzo di allenamenti di durata a ritmo uniforme (lungo-lento) e a ritmo variato (fartlek) e allenamenti intervallati o interval training.

Allenamento di durata a ritmo uniforme o lungo-lento

Tale forma di allenamento consiste nel proporre un'attività di durata a ritmo costante come la corsa, per una quantità di tempo che aumenta di allenamento, in allenamento fino a raggiungere un tempo vicino all'ora di lavoro con durate superiori per tutta quanta

una serie di attività sportive che richiedono tempi di esecuzione più lunghi.

Secondo Casolo F. (2002), l'intensità dello sforzo è quantificabile e analogamente individualizzabile attraverso il conteggio delle pulsazioni cardiache, che non deve superare di norma il doppio delle pulsazioni a riposo e cioè il valore di 140 pulsazioni al minuto. Rappresenta una forma di lavoro che viene svolta in *steady state* o in equilibrio di ossigeno e questo significa che l'energia viene prodotta da un aumentato metabolismo cellulare che avviene in presenza dell'ossigeno, fatto pervenire a livello muscolare dagli apparati cardiocircolatorio e respiratorio. Il concetto di equilibrio, infatti, è riferito alla quantità di ossigeno introdotta che deve corrispondere alla quantità di ossigeno derivante dalla combustione di zuccheri, acidi grassi e proteine.



Gli effetti fisiologici, prodotti a livello cardiocircolatorio, di questa metodica sono:

- capacità del cuore di contenere più sangue;
- aumento della portata cardiaca;
- diminuzione delle pulsazioni cardiache a riposo.

Una possibile variazione di questo metodo è costituita dal cosiddetto "corto veloce" che si attua su durate temporali più brevi, tipicamente dai 20 ai 40' ma più intense con 150-160 pulsazioni al minuto. Quest'ultimo rappresenta una possibilità per l'atleta di allenare il meccanismo di produzione energetica aerobico con quello anaerobico.

Allenamento di durata a ritmo variato o fartlek

L'elemento essenziale che differenzia il fartlek dall'allenamento di durata a ritmo costante è proprio la variazione del ritmo. Si attua incominciando per i primi minuti a ritmo blando per poi, analogamente, inserire accelerazioni moderate di ritmo, per poi ritornare nuovamente al ritmo di base. Anche nel fartlek, così come nell'allenamento di durata,

Casolo F. (2002) evidenzia che il controllo dell'intensità del lavoro è favorito dal valore delle pulsazioni cardiache che, nei momenti di lavoro lento, non deve superare le 140 pulsazioni al minuto, e nelle variazioni è possibile raggiungere le 160-170 pulsazioni al minuto.

Questa forma di allenamento della resistenza, in particolar modo, affianca ed integra i processi di produzione energetica di tipo aerobico con quelli di tipo anaerobico. Tale forma di lavoro, per altro, produce tutta quanta una serie di effetti adattativi prevalentemente a livello cardiocircolatorio, in quanto:

- sollecita, in maniera efficace, il tono del miocardio;
- aumenta la capacità del cuore di adattarsi a sforzi variati in intensità;
- aumenta la capacità di recupero dell'apparato cardiocircolatorio durante lo sforzo.

Allenamento intervallato o Interval training

Alterna momenti di lavoro a momenti di riposo ed ha come effetto principale l'aumento della gittata cardiaca ottenuto attraverso l'ipertrofia del miocardio.

Per ottenere questo effetto devono essere adeguatamente ponderate:

- l'intensità e la durata dei momenti di lavoro, dove le pulsazioni non devono superare il valore di 180 al minuto per un tempo compreso tra i 15 e i 60 secondi;
- la durata dei momenti di recupero che dev'essere incompleto (condizione in cui l'atleta non ha recuperato completamente dalla fase di lavoro precedente e quindi la successiva sarà parzialmente compromessa dall'affaticamento generato all'interno della precedente), ovvero non al di sotto delle 120-130 pulsazioni e compreso solitamente tra i 45 e i 90 secondi.

Casolo F. (2002) dimostra che in questo modo, si dosa il sovraccarico del muscolo cardiaco, che viene abituato ad esprimere capacità di tensione più significative e quindi di maggior gittata sistolica. Un aumento in termini di gittata determina una maggior portata cardiaca e una maggior quantità di sangue ricco di ossigeno in circolo.





ORGANIZZAZIONE E PERIODIZZAZIONE DELL'ALLENAMENTO DI RESISTENZA

Una programmazione adeguata prevede che, all'interno della prima fase di qualsiasi allenamento (a prescindere dalle differenti finalità di quest'ultimo), debba essere presente un'ampia fase di condizionamento generale; fase fondamentale, in quanto consente di promuovere l'adattamento non solo in termini muscolari, ma anche cardiocircolatori e respiratori, parametri essenziali per poi considerare un adeguato programma di allenamento.

Successivamente al periodo di condizionamento generale, prevalgono i mezzi di allenamento

specifici e di particolare rilevanza all'interno della disciplina di interesse. A periodi di allenamento preparatorio seguiranno periodi di allenamento volti al raggiungimento di uno specifico obiettivo e, successivamente, periodi di transizione o di recupero. (De Pascalis P., 2020 "A Scuola di Fitness", ed. Calzetti & Mariucci Editori).

All'interno del settore della resistenza non è possibile ottenere buoni risultati senza conoscere e tenere conto dei diversi fenomeni di adattamento.

Nell'allenamento della resistenza, come Neumann (1994) (cit. da J.Weineck, 2009) dimostra, risulta possibile documentare che sono necessarie da quattro a sei settimane di allenamento per riuscire a condurre le relative basi struttu-

rali e funzionali della prestazione ad un livello più elevato.

Nella periodizzazione dell'allenamento della resistenza sarà necessario prevedere un primo periodo volto all'incremento della resistenza generale, che risulta essere alla base di un allenamento della resistenza speciale, in quanto crea i parametri metabolici e cardiocircolatori necessari per carichi più intensivi e un rapido recupero dopo il carico.

Successivamente occorre fornire una sollecitazione specifica, applicando metodi e contenuti di allenamento speciali.

L'efficacia dell'allenamento della resistenza non dipende soltanto da carichi di allenamento ottimali, ma anche da ottimali misure di recupero.





ADATTAMENTI ANATOMICI E FISIOLGICI INDOTTI DALL'ALLENAMENTO DI RESISTENZA A LIVELLO DELL'APPARATO CARDIOCIRCOLATORIO

Allenamento e cuore: adattamenti funzionalmente più importanti

L'allenamento aerobico porta a cambiamenti cardiovascolari che incrementano notevolmente la capacità di prestazione aerobica e, analogamente, un miglioramento in termini di prestazioni di resistenza. Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2015) all'interno di un articolo intitolato *Cardiovascular Adaptations to Exercise Training* e pubblicato sulla rivista scientifica "Comprehensive Physiology" evidenziano che l'adattamento funzionalmente più importante è il miglioramento della gittata cardiaca massima che è il risultato di un allargamento della dimensione cardiaca, una migliore contrattilità e un aumento del volume sanguigno, consentendo un maggiore riempimento dei ventricoli e una conseguente maggiore gittata sistolica.

Parallelamente alla maggiore gittata cardiaca massima, viene aumentata la capacità di perfusione del muscolo, consentendo un maggiore apporto di ossigeno. Per soddisfare le richieste aerobiche e i livelli di perfusione più elevati, le arterie, le arteriole e i capillari si adattano nella struttura e nel numero. I diametri delle arterie di resistenza sono aumentati in modo tale da ridurre al minimo la resistenza al flusso poiché la gittata cardiaca è distribuita nel corpo e lo spessore della parete del condotto e delle arterie di resistenza è ridotto, un fattore che contribuisce ad aumentare la compliance arteriosa (capacità dei vasi sanguigni di dilatarsi in risposta ad un aumento in termini di pressione sanguigna).

L'allenamento di resistenza può anche indurre alterazioni della capacità vasodilatatrice. La rete microvascolare aumenta di dimensioni all'interno del muscolo consentendo una migliore capacità di estrazione di ossigeno da parte del muscolo attraverso una maggiore area di diffusione, una distanza di diffusione più breve e un tempo di transito medio più lungo per il passaggio dell'eritrocita attraverso i vasi sanguigni più piccoli.

Il Cuore d'Atleta

Come scientificamente dimostrato da numerosi studi, un allenamento di resistenza ad intensità adeguata e volume sufficiente produce "un cuore d'atleta". Prior, D. L., & La Gerche, A. (2012) all'interno di un articolo intitolato *The athlete's heart* e pubblicato sulla rivista scientifica "Heart (British Cardiac Society)" forniscono una definizione essenziale circa la condizione del cuore d'atleta; "cuore d'atleta" è il termine dato al complesso di rimodellamento strutturale, funzionale ed elettrico che accompagna la regolare preparazione atletica.

È un importante adattamento fisiologico che aiuta gli atleti a svolgere in maniera efficace i compiti fisici rispetto ai soggetti non allenati, occorre dunque considerare questa condizione come uno dei cambiamenti fisiologici che possono rendere migliore le prestazioni di resistenza di un determinato atleta.

Lo studio del cuore d'atleta è importante per una serie di motivi chiave: in primo luogo, comprendere come l'adattamento cardiaco contribuisce a migliorare le prestazioni atletiche; in secondo luogo, guidare lo sviluppo di regimi di allenamento che ottimizzino l'adattamento cardiaco e quindi

migliorino le prestazioni atletiche; e in terzo luogo, per consentire la differenziazione del cuore dell'atleta normale da importanti stati patologici che possono condividere caratteristiche morfologiche simili. Lewicka-Potocka, Z., et al. (2021) all'interno di un articolo intitolato "The athlete's heart" features in amateur male marathon runners e pubblicato sulla rivista scientifica "Cardiology journal" sottolineano che il tipo di esercizio, la sua intensità, durata dell'allenamento, età, sesso e altri fattori individuali possono influenzare il verificarsi del "cuore d'atleta". Può comparire anche dopo 8 settimane di allenamento intenso e può scomparire a seguito della cessazione dello sport.

Sulla base di questo studio, con riferimento agli effetti che questa condizione comportava, è stato possibile evincere che l'allargamento atriale è stato uno dei risultati più comuni ed entrambi gli atri erano significativamente più grandi rispetto ai controlli eseguiti su soggetti sedentari; il successivo risultato è stato l'ispessimento del ventricolo sinistro, che era significativo rispetto ai controlli eseguiti su soggetti sedentari, occorre in questi termini considerare che, l'ispessimento ventricolare sinistro correlato all'esercizio di solito corrisponde all'allargamento ventricolare sinistro. Successivamente, a questa serie di adattamenti è possibile assistere al rimodellamento del ventricolo destro; il rimodellamento del ventricolo destro è una delle caratteristiche più frequenti del "cuore d'atleta", in cui la dimensione del ventricolo destro è aumentata ma la sua funzione è preservata. In conclusione, tale studio evidenzia che, dal punto di vista diagnostico l'ecocardiogramma resta lo strumento principale nel riconoscimento del "cuore d'atleta".

Allenamento e bradicardia: quale correlazione scientifica?

D'Souza, A., et al. (2014) in un articolo intitolato *Exercise training reduces resting heart rate via downregulation of the funny channel HCN4* e pubblicato sulla rivista scientifica "Nature communications" affermano che gli atleti di resistenza presentano bradicardia sinusale definita da una frequenza cardiaca a riposo <60 battiti per minuto.

I soggetti allenati alla resistenza presentano una frequenza cardiaca di circa 40 battiti per minuto e, talvolta, ancora più bassa di notte e un volume sistolico di circa 105 ml (nei soggetti non allenati 60-70 ml). Durante lo sforzo sono in grado di incrementare notevolmente, fino a cinque volte la loro frequenza cardiaca (soggetti non allenati fino a tre volte), mentre il volume sistolico aumenta più del doppio, rimanendo costante anche con frequenza fino a 200 battiti al minuto. Grazie all'elevata frequenza cardiaca e all'incremento del volume sistolico durante il carico, contestualmente, si assiste ad un significativo aumento in termini di portata cardiaca che va da circa 4-5 litri al minuto a riposo ai 30-40 litri al minuto (nei soggetti non allenati circa 20 litri al minuto) e quindi si assiste a un analogo incremento in termini della capacità di consumo di ossigeno che è un fattore determinante nelle prestazioni di resistenza (Strauzenberg, Shimdtmann 1976, 498; cit. da J. Weineck, 2009).

Ancora una volta, tali rapporti pongono in evidenza che, mediante l'allenamento, tutti i parametri che partecipano alla determinazione della prestazione sportiva si sviluppano armonicamente e si condizionano ed influenzano a vicenda (J. Weineck, 2009).





VANTAGGI IN TERMINI PREVENTIVI (E/O TERAPEUTICI) DI TALI ADATTAMENTI

L'impatto dell'allenamento di resistenza sull'ipertensione

Pescatello, L. S. et al. (2004) all'interno di un articolo intitolato "Exercise and hypertension" e pubblicato sulla rivista scientifica *Medicine and science in sports and exercise* dimostrano come un allenamento della resistenza costante, dinamico, di intensità media, possa agire positivamente sulle differenti forme di ipertensione (di I e di II grado, soprattutto).

In questi termini, sarà possibile evidenziare quanto i programmi di esercizio che coinvolgono principalmente l'attività di resistenza:

- prevengono lo sviluppo di differenti forme di ipertensione;
- promuovono l'abbassamento della pressione sanguigna negli adulti sia con pressione arteriosa normale e sia con ipertensione.

Gli effetti di riduzione della pressione arteriosa dell'esercizio sono più pronunciati in soggetti con ipertensione, in quanto presentano una riduzione pari a circa 5-7 millimetri di mercurio (mmHg). I meccanismi proposti per gli effetti di riduzione della pressione arteriosa dell'esercizio includono adattamenti neuromorali, vascolari e strutturali. Diminuzioni delle catecolamine e della resistenza periferica totale, miglioramento della sensibilità all'insulina e alterazioni dei vasodilatatori e vaso-costrittori rappresentano significativi effetti antiipertensivi indotti dall'esercizio di resistenza.

Per soggetti ipertesi risulta particolarmente adatto soprattutto un allenamento di lieve-moderata intensità con una frequenza cardiaca che non vada oltre le 140 pulsazioni cardiache per minuto, in quanto in questa condizione il cuore svolge un lavoro soprattutto di volume. Nei carichi di intensità elevata, a causa della maggiore pressione periferica della muscolatura che si contrae con forza

prevalentemente maggiore, prevale un aumento "non voluto" della pressione (Weineck J., 2009). Occorre, pertanto, definire meglio la frequenza, l'intensità, il tempo e il tipo di allenamento ottimali, in modo tale da ottimizzare le capacità di esercizio di riduzione della pressione arteriosa, in particolar modo nei bambini, nelle donne e negli anziani. Sulla base delle prove attuali, Pescatello, L. S. et al. (2004) evidenziano che, la seguente prescrizione di esercizio è raccomandata per soggetti con valori di pressione sanguigna, verosimilmente, elevati:

- **Frequenza:** nella maggior parte, preferibilmente tutti, i giorni della settimana.
- **Intensità:** moderata (40- <60% di VO_2 max)
- **Tempo:** ≥ 30 minuti di attività fisica a moderata intensità al giorno.
- **Tipo:** principalmente attività fisica di resistenza integrata ad esercizi di forza che prevedono l'utilizzo, prevalentemente, di sovraccarichi non particolarmente elevati.

L'impatto dell'allenamento di resistenza sull'obesità.

A causa della mancanza cronica di movimento, di un comportamento passivo durante il tempo libero e di un'alimentazione ipercalorica, in tutte le nazioni industriali si è prodotto un significativo aumento del sovrappeso e dell'obesità, un fenomeno che inizia già in età infantile per proseguire quasi linearmente nell'età adulta (Weineck J., 2009).

Weineck J. (2009) evidenzia che un semplice criterio per stabilire se si è in sovrappeso oppure obesi è rappresentato dall'indice di massa corporea (I.M.C.), il cui calcolo si basa sul rapporto tra peso in Kg e altezza in m²:

$$\frac{\text{Peso(kg)}}{\text{Altezza (m}^2\text{)}}$$

Skrypnik, D. et al (2015) evidenziano che un indice di massa corporea superiore a 35 kg/m² all'età di 20 anni riduce l'aspettativa di vita di 13 anni. I soggetti con un indice di massa corporea compreso tra 40 e 49,9 kg/m² hanno un rischio annuale di morte quasi doppio rispetto a quelli con un indice di massa corporea compreso tra 22,5 e 24,9 kg/m². Si stima che solo negli Stati Uniti l'obesità sia la causa di oltre 300.000 decessi all'anno.

Le principali cause di mortalità nelle persone con obesità sono le malattie cardiovascolari, questo soprattutto perché come dimostrato da Ratajczak, M. et al. (2019) in uno studio intitolato *Effects of Endurance and Endurance-Strengh Training on Endothelial Function in Women with Obesity: A Randomized Trial* e pubblicato sulla rivista scientifica "International journal of environmental research and public health" l'obesità è associata a diversi fattori di rischio cardiovascolare accertati, tra cui insulino-resistenza, dislipidemia, ipertensione e infiammazione cronica di basso grado. Skrypnik, D. et al (2015) dimostrano che la perdita di peso clinicamente significativa ($\geq 5\%$ del peso corporeo basale) è considerata un modo efficace per ridurre i fattori di rischio cardiovascolare e dovrebbe essere l'oggetto di ogni piano di trattamento.

L'attività fisica dovrebbe essere implementata nei protocolli di terapia dell'obesità, indipendentemente dal peso corporeo di base o dagli obiettivi di perdita di peso. Secondo le linee guida europee di pratica clinica dell'Associazione europea per lo studio dell'obesità (E.A.S.O.-European Association for the Study of Obesity), l'allenamento aerobico di resistenza di intensità moderata ma gradualmente crescente, adattato allo stato di salute e alle capacità dei pazienti,

dovrebbe essere svolto quasi tutti i giorni della settimana, per 30-60' al giorno, da persone di tutte le età.

Allenamento della resistenza e diabete mellito

Il diabete mellito rappresenta un significativo fattore di rischio per l'eziopatogenesi di differenti patologie cardiovascolari.

Secondo l'American Diabetes Association (2011), come si evince all'interno di un articolo intitolato *Diagnosis and classification of diabetes mellitus* e pubblicato sulla rivista scientifica "Diabetes care", il diabete è in realtà un gruppo di malattie metaboliche caratterizzate da iperglicemia legata sostanzialmente a difetti nella secrezione di insulina, nell'azione dell'insulina o in entrambi.

Gran parte dei casi di diabete rientra in due ampie categorie eziopatogenetiche (American Diabetes Association, 2011):

- in una categoria, il diabete di tipo 1, la causa è un'assoluta carenza di secrezione di insulina;
- nell'altra categoria, molto più prevalente, il diabete di tipo 2, la causa è una combinazione di resistenza all'azione dell'insulina e un'inadeguata risposta secretoria dell'insulina compensatoria.



Secondo Weineck J. (2009) tra i fattori responsabili del manifestarsi del diabete, oltre a quelli ereditari, occorre citare:

- un'alimentazione ipercalorica;
- una scarsa attività motoria.

Pertanto, Stephenson, E. J., Smiles, W., & Hawley, J. A. (2014) in un articolo intitolato *The relationship between exercise, nutrition and type 2 diabetes* e pubblicato sulla rivista scientifica "Medicine and sport science" evidenziano che dal punto di vista terapeutico, l'implementazione dell'attività fisica e delle modifiche dietetiche sono efficaci opzioni di trattamento per il controllo del diabete.

Scott, S et al. (2019) all'interno di un articolo intitolato *Carbohydrate Intake in the Context of Exercise in People with Type 1* e pubblicato sulla rivista scientifica "Diabetes Nutrients" dimostrano che risulta particolarmente opportuno raccomandare alle persone con diabete di tipo 1 di impegnarsi in un regolare esercizio fisico per una serie di motivi di salute e fitness. È stato dimostrato che l'attività fisica ridu-

ce il rischio cardiovascolare, attraverso il miglioramento dei fattori di rischio modificabili come l'ipertensione o la dislipidemia, e ha un impatto benefico su fattori aggiuntivi come la composizione corporea e il benessere psicologico nei pazienti con diabete di tipo 1.

Olver, T. D., & Laughlin, M. H. (2016) all'interno di un articolo intitolato *Endurance, interval sprint, and resistance exercise training: impact on microvascular dysfunction in type 2 diabetes* e pubblicato sulla rivista scientifica "American journal of physiology Heart and circulatory physiology" evidenziano che il diabete di tipo 2 altera l'emodinamica capillare, provoca rarefazione capillare nel muscolo scheletrico e altera il fenotipo delle cellule muscolari lisce endoteliali e vascolari, con conseguente alterata risposta vasodilatatoria.

Questi cambiamenti contribuiscono ad alterare le risposte del flusso sanguigno a stimoli fisiologici, come l'esercizio e la secrezione di insulina.

La disfunzione microvascolare indotta dal diabete di tipo 2 altera la somministrazione di glucosio e insulina al muscolo scheletrico (e ad altri tessuti come la pelle e il sistema nervoso), riducendo così l'assorbimento del glucosio e comportando iperglicemia e iperinsulinemia. Nei soggetti con diabete di tipo 2, l'allenamento di resistenza migliora la segnalazione dell'insulina e attenua la rarefazione capillare nel muscolo scheletrico. I cambiamenti indotti dall'allenamento di resistenza, per altro, aumentano successivamente la somministrazione di glucosio e insulina, nonché l'assorbimento di glucosio. Se questi adattamenti si verificano in una quantità sufficiente di tessuto, e in particolare del muscolo scheletrico, l'esposizione cronica all'iperglicemia e all'iperinsulinemia e il rischio di complicanze microvascolari in tutti i letti vascolari diminuiranno. I programmi di allenamento che coinvolgono quanta più massa muscolare scheletrica possibile e reclutano quante più fibre muscolari possibile all'interno di ciascun



muscolo genereranno i maggiori miglioramenti nella funzione microvascolare, a condizione che la durata dello stimolo sia sufficiente. Miglioramenti primari nella funzione microvascolare si verificano nei tessuti (muscolo scheletrico principalmente) impegnati durante l'esercizio e miglioramenti secondari nella funzione microvascolare in tutto il corpo possono derivare da un migliore controllo della glicemia.

Pertanto, per acquisire miglioramenti primari e secondari nella funzione microvascolare e un migliore controllo della glicemia, i programmi di allenamento dovrebbero coinvolgere esercizi della parte superiore e inferiore del corpo e modulare l'intensità per aumentare il reclutamento delle fibre muscolari scheletriche. In condizioni di mobilità ridotta, potrebbe essere necessario allenare separatamente i gruppi muscolari scheletrici per massimizzare il reclutamento delle fibre muscolari scheletriche di tutto il corpo.

In conclusione sarà opportuno affermare che un allenamento di resistenza ha un effetto preventivo e/o di sostegno della terapia dei diabetici, in quanto la cellula muscolare è in grado di assorbire zuccheri soprattutto nel momento in cui il muscolo lavora o in presenza di insulina. L'attività fisica, dunque, svolge un ruolo determinante nella regolazione dello zucchero ematico e nella prevenzione di affezioni vascolari che provocano il diabete.

CONCLUSIONI

Allenarsi è un beneficio per la salute di tutti

In particolar modo l'allenamento di resistenza in tutte le sue differenti modalità, come scientificamente dimostrato da numerosi studi, garantisce l'adattamento ed il miglioramento dei diversi apparati, offrendo un particolare intervento sull'apparato cardiocircolatorio che rappresenta un complesso insieme di componenti anatomo-fi-

siologiche, che consentono la circolazione del sangue all'interno dell'organismo al fine di rifornire le cellule di nutrienti e ossigeno e consentire l'eliminazione dell'anidride carbonica e di ulteriori prodotti di scarto. Ne deriva, pertanto, che la corretta organizzazione e periodizzazione dell'allenamento di resistenza non solo offre tutta una serie di benefici dal punto di vista della performance del soggetto, ma diviene, altresì, un reale strumento preventivo e terapeutico che favorisce il mantenimento di un'ottimale composizione corporea, il contrasto degli eccessi adiposi e dell'accumulo del colesterolo, consentendo anche di trattare e prevenire numerosi fattori di rischio cardiovascolare. Occorrerebbe, pertanto, introdurre l'allenamento di resistenza all'interno di qualsiasi programma di allenamento, in modo tale da svilupparla in maniera ottimale contestualmente alle altre "forme di sollecitazione motoria" quali: forza e rapidità.





ABSTRACT

Physical activity determines a series of anatomical-physiological adaptations within the body. Endurance training, in particular, is an optimal tool, able to favor a whole series of particularly positive conditions for the health and well-being of the subject. To facilitate the occurrence of these adaptations, it is necessary to consider a correct organization and periodization of training. The phases of organization and periodization of training pay particular attention to the general conditioning phase which represents a fundamental step, as it allows you to promote adaptation, not only in muscular terms, but also in cardiovascular and respiratory terms.

The cardiovascular system, similarly to other anatomical-physiological factors, is significantly stressed during different endurance loads, especially duration training and interval training. Eccentric cardiac hypertrophy, directly proportional to the increase in the size of the myocardium due to the (induced) increase in the atrio-ventricular volume, appears to be the most evident adaptation in endurance athletes. This adaptation allows the heart the extraordinary ability to be able, at every single pulse, to eject and therefore to eject a greater quantity of blood (increase in cardiac output) and consequently also a greater quantity of oxygenated blood. Endurance training becomes a real preventive and therapeutic tool as through the occurrence of numerous factors such as the increase in blood volume and the presence of erythrocytes, the increase in lung volume, the increase in the capillary network, at the same time, it allows to favor numerous benefits such as: maintaining an optimal body composition, contrasting excess fat and accumulation of cholesterol, not only favoring the overall improvement of physical conditions but also allowing to treat and prevent numerous cardiovascular risk factors.

BIBLIOGRAFIA

1. American Diabetes Association (2010). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes care*, 33 Suppl 1(Suppl 1), S62–S69.
2. Bergström, J., Hultman, E., & Saltin, B. (1973). Muscle glycogen consumption during cross-country skiing (the Vasa ski race). *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie, einschliesslich Arbeitsphysiologie*, 31(2), 71–75.
3. Casolo, F. (2002). Lineamenti di teoria e metodologia del movimento umano. Italia: Vita e Pensiero Editrice.
4. De Feo, P. et al (2003). Metabolic response to exercise. *Journal of endocrinological investigation*, 26(9), 851–854.
5. De Pascalis P., 2020 - "A Scuola di Fitness" - ed. Calzetti & Mariucci Editori - Quinta edizione (p.p. 152-153)
6. D'Souza, A., Bucchi, A., Johnsen, A. B., Logantha, S. J., Manfredi, O., Yanni, J., Prehar, S., Hart, G., Cartwright, E., Wisloff, U., Dobryznski, H., DiFrancesco, D., Morris, G. M., & Boyett, M. R. (2014). Exercise training reduces resting heart rate via downregulation of the funny channel HCN4. *Nature communications*, 5, 3775.
7. Flockhart, M., Nilsson, L. C., Tais, S., Ekblom, B., Apró, W., & Larsen, F. J. (2021). Excessive exercise training causes mitochondrial functional impairment and decreases glucose tolerance in healthy volunteers. *Cell metabolism*, 33(5), 957–970.e6.
8. Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2015). Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Comprehensive Physiology*, 6(1), 1–32
9. Lewicka-Potocka, Z., Dąbrowska-Kugacka, A., Lewicka, E., Kaleta, A. M., Dorniak, K., Daniłowicz-Szymanowicz, L., Fijałkowski, M., Nabisławek-Trojanowska, I., Ratkowski, W., Potocki, W., & Raczak, G. (2021). The "athlete's heart" features in amateur male marathon runners. *Cardiology journal*, 28(5), 707–715.
10. Muscella, A., Stefano, E., & Marsigliante, S. (2020). The effects of exercise training on lipid metabolism and coronary heart disease. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 319(1), H76–H88.
11. Olver, T. D., & Laughlin, M. H. (2016). Endurance, interval sprint, and resistance exercise training: impact on microvascular dysfunction in type 2 diabetes. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 310(3), H337–H350.
12. Ordway, G. A., & Garry, D. J. (2004). Myoglobin: an essential hemoprotein in striated muscle. *The Journal of experimental biology*, 207(Pt 20), 3441–3446.
13. Paul, P., & Holmes, W. L. (1975). Free fatty acid and glucose metabolism during increased energy expenditure and after training. *Medicine and science in sports*, 7(3), 176–183.
14. Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., Ray, C. A., & American College of Sports Medicine (2004). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(3), 533–553
15. Prior, D. L., & La Gerche, A. (2012). The athlete's heart. *Heart (British Cardiac Society)*, 98(12), 947–955.
16. Ratajczak, M., Skrypnik, D., Bogdański, P., Mądry, E., Walkowiak, J., Szulińska, M., Maciaszek, J., Kręgielska-Narozna, M., & Karolkiewicz, J. (2019). Effects of Endurance and Endurance-Strength Training on Endothelial Function in Women with Obesity: A Randomized Trial. *International journal of environmental research and public health*, 16(21), 4291.
17. Saltin B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and science in sports*, 5(3), 137–146.
18. Scott, S., Kempf, P., Bally, L., & Stettler, C. (2019). Carbohydrate Intake in the Context of Exercise in People with Type 1 Diabetes. *Nutrients*, 11(12), 3017.
19. Skrypnik, D., Bogdański, P., Mądry, E., Karolkiewicz, J., Ratajczak, M., Kryściak, J., Pupek-Musialik, D., & Walkowiak, J. (2015). Effects of Endurance and Endurance Strength Training on Body Composition and Physical Capacity in Women with Abdominal Obesity. *Obesity facts*, 8(3), 175–187.
20. Stephenson, E. J., Smiles, W., & Hawley, J. A. (2014). The relationship between exercise, nutrition and type 2 diabetes. *Medicine and sport science*, 60, 1–10.
21. Taylor, A. W., Booth, M. A., & Rao, S. (1972). Human skeletal muscle phosphorylase activities with exercise and training. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 50(11), 1038–1042.
22. Wasserman K. (1986). The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. *Advances in cardiology*, 35, 1–23.
23. Weineck J. (2009). *L'Allenamento Ottimale (seconda edizione italiana)* ed. Calzetti & Mariucci Editori

