Zeitschrift: Macolin : mensile della Scuola federale dello sport di Macolin e di Gioventù + Sport

Herausgeber: Scuola federale dello sport di Macolin

Band: 42 (1985)

Heft: 3

Artikel: L'allenamento della forza nell'ambito della resistenza aerobica

Autor: Hintermann, Beat / Hintermann, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1000253

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

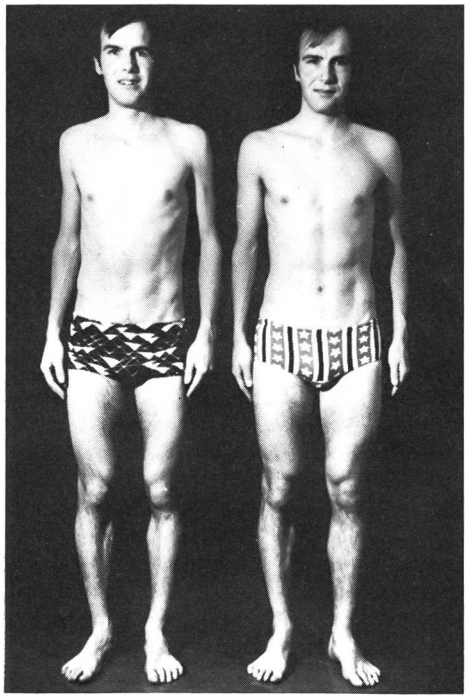
L'allenamento della forza nell'ambito della resistenza aerobica

Estratto dallo studio eseguito all'Istituto di ricerca della SFGS a Macolin sulla «modificazione del tipo di fibre muscolari di gemelli mono-ovulari, in seguito ad allenamenti di forza, di intervallo e di resistenza aerobica».

di Beat e Max Hintermann
traduzione di Dina Nideröst

I due autori *Beat* e *Max Hintermann hanno lavorato presso l'Istituto di ricerca della SFGS per la loro dissertazione. Ora i due gemelli sono medici e lavorano come assistenti.*

L'allenamento degli atleti di punta ha raggiunto livelli di intensità e di estensione tali, per cui un'ulteriore crescita resta pressoché impossibile. Non c'è da stupirsi se a questo punto sorgano domande relative al talento o a fattori ereditari.
Nei muscoli scheletrici dell'uomo, troviamo fibre muscolari lente e veloci (tabella 1) ed ogni gruppo muscolare è caratterizzato da specifici esempi di ripartizione di queste fibre. In analisi di serie del muscolo vastus lateralis (muscolo della coscia) di sedicenni di ambedue i sessi, si trovò in media il 52% di fibre del tipo I, mentre solo in pochi giovani la percentuale di fibre muscolari del tipo I raggiunse livelli estremamente alti oppure molto bassi. Altre analisi mostrano, nell'ambito dell'allenamento per la resistenza aerobica, un livello superiore al 90% di fibre del tipo I; gli scattisti posseggono, al contrario, una percentuale molto alta di fibre del tipo II.



I gemelli Beat e Max Hintermann, autori di questo articolo scientifico.

Questi esempi di ripartizione di fibre muscolari, specifici per il genere di allenamento eseguito, sono ereditati, oppure sono dovuti all'allenamento? Le possibilità di sviluppo sportive sono quindi già predisposte sin dalla più tenera età? Da esperimenti con gli animali risulta che un cambiamento del tipo di sforzo può causare mutamenti nella ripartizione di fibre muscolari. Diversi studi compiuti sull'uomo, tra i quali anche l'unica ricerca a noi nota su gemelli mono-ovulari, ci indirizzano piuttosto verso l'esistenza di fattori ereditari che determinano la loro ripartizione.

Conseguenze derivanti da diverse forme di allenamento

Nella pratica sportiva, la capacità di prestazione dei muscoli scheletrici viene determinata dal genere di allenamento (resistenza aerobica, intervallo, forza) l'allenamento di resistenza aerobica migliora la prestazione ottenuta con consumo di ossigeno. *La capacità aerobica* della cellula viene accresciuta grazie ad una migliore capilarizzazione (irrorazione sanguigna), ad un aumento del volume dei mitocondri (respirazione cellulare) e delle cellule, e ad un incremento dell'attività enzimatica nel sistema di produzione energetica aerobica (ossatura).
Nell'allenamento ad intervalli, dopo ripetute fasi di sforzo ad intensità massima, si osservano valori molto alti di lattato nel sangue (quantità di acido lattico causata da un'insufficienza di ossigeno). Migliorando la capacità aerobica — capacità di prestazione malgrado un apporto insufficiente di ossigeno — si può osservare un notevole aumento dell'attività enzimatica nel sistema di produzione energetica aerobica (glicolitica) del muscolo.
L'allenamento di forza crea un'ipertrofia (ingrandimento) delle singole fibre muscolari e, di conseguenza, del muscolo. Se il muscolo viene posto sotto sforzo al 20-30% della capacità di forza massima, l'irrorazione sanguigna si interrompe a causa della compressione dei capillari. La produzione di energia deve quindi avvenire principalmente per via aerobica.

Scopo del nostro lavoro

La seguente ricerca sui gemelli mono-ovulari vuole stabilire in quale misura esiste una determinazione genetica nella ripartizione di fibre muscolari e verificare se un cambiamento del programma di allenamento può causare passaggi da un tipo di fibra all'altro. In

seguito, ci interessa conoscere le modifiche fisiologiche causate da un cambiamento del genere di allenamento: (passaggio dalla resistenza aerobica all'allenamento ad intervalli, rispettivamente di forza e viceversa). Infine vorremmo stabilire quanto influenzi in allenamento la capacità di resistenza aerobica ad intervalli, rispettivamente la forza isocinetica.

Tipo di fibra muscolare	*lente «slow twitch» tipo I*	*veloci «fast twitch» tipo IIA*	*tipo IIB*
velocità di contrazione	+	+ + +	
capacità metabolica:			
— ossidazione	+ + +	+ +	+
— glicogeno	+	+ +	+ + +
Substrati:			
— glicogeno	+ + +	+ + +	+ + +
— trigliceridi	+ + +	+	+
mioglobina	+ + +	+ +	+
densità dei capillari	+ + +	+ +	+

Tab. 1 Muscoli scheletrici di persone non allenate. Caratteristiche delle fibre lente, rispettivamente veloci. Le fibre del tipo II C, si trovano in una posizione intermedia tra il tipo I ed il tipo IIA.

Gemello I

resistenza aerobica → > 5 anni *resistenza aerobica* → *intervalli* → 9 settimane *forza* → *resistenza aerobica* → 16 settimane *resistenza aerobica* →

Gemello K

Fig. 1 Classificazione dei risultati della ricerca.

Metodi adottati e classificazione dei risultati della ricerca

Persone esaminate

Le ricerche si svolsero su due gemelli mono-ovulari di 25 anni (i due autori). Ambedue si allenarono per più di 5 anni per 6-7 ore settimanali regolarmente per la resistenza aerobica, uno per la corsa di orientamento, l'altro per lo sci di fondo.
In questa variante estrema — in effetti si riscontrano l'80% di fibre del tipo I — sembrano esserci tutte le premesse per dimostrare un cambiamento delle fibre muscolari, causato da un allenamento alternativo.

Classificazione dei risultati della ricerca (figura 1)

Durante 9 settimane, il gemello I dovette assolvere un allenamento unicamente *ad intervalli* (tabella 2) ed il gemello K un allenamento *di forza* (tabella 3). Nelle 16 settimane successive si allenarono tutti e due *per la resistenza aerobica* (tabella 4).

Test di prestazione e ricerche sui muscoli

Prima e dopo ogni fase di allenamento, i gemelli dovettero sottoporsi a diversi test di prestazione fisica atti a determinare la loro capacità aerobica ed anaerobica, la velocità (su 200 e 500 m) e la forza massima. Contemporaneamente si prelevò una piccola parte di tessuto dal muscolo vastus latelaris, che congelato venne ridotto a preparati di 10 ym. Con speciali colorazioni fu possibile determinare il tipo delle singole fibre.

Risultati ottenuti dopo 9 settimane di allenamento ad intervalli, rispettivamente di forza

Tempi di corsa

Gemello I migliorò di 2,2 sec. (6,2%) il suo tempo sui 200 m e di 5,4 (4,9%) sui 500 m.
In un ulteriore test su 300 m, eseguito da ambedue i gemelli nella sesta e nona settimana, il gemello I ottenne con 14,6 sec., rispettivamente 42,6 sec. un tempo migliore di 4,9% a quello del gemello K, per mancanza di allenamento alla corsa (difficoltà di coordinazione) con il trascorrere del tempo, non potè più usufruire delle sue riserve.

Forza

La forza di spinta delle braccia del gemello K, superò del 50% (+18,5 kg) quella del gemello I. Una forza di spinta delle gambe del gemello K superò del 48% (+32,5 kg) quella del gemello I. Un aumento del peso di 2,1 kg, comportò un aumento del 9,5% del diametro dei muscoli posti sotto sforzo.

Resistenza aerobica (figura 2)

Dai test di prestazione eseguiti sul tappeto scorrevole, per stabilire l'assimilazione massima di O_2 e la quantità di O_2assimilata ad ogni battito cardiaco, quali parametri per la determinazione della capacità aerobica, risultarono perdite minori del 5%. Nel gemello K questi superarono di 1,5%, rispettivamente del 2,8% i risultati del gemello I.

Giorno	*UA*	*Metri percorsi*	*Intervallo di tempo tra le singole corse (min.)*	*Serie (min.)*	*Durata (min.)*	*Intensità (%)*
Lunedì	M_1	3 serie di 3 × 100 m	1	10	28	90
Martedì	M_2	4 × 300 m	8	—	27	85-90
Mercoledì	M_3	2 serie di 150/200 m e 250 × 200 m	3	10	30	85-90
Giovedì	M_4	2 serie di 3 × 150 m e 1 × 400 m	3	8	30	85-90
Venerdì	M_5	3 × 500 m	10	—	25	85-90
Sabato	M_6	libera scelta				
Lu-Ve	P	2 serie di 4 × 200 m	2	10	25	90
Domenica		riposo				

Tab. 2 Programma di allenamento ad intervalli del gemello I con unità d'allenamenti (UA) mattutine (M_1 - M_6) e pomeridiane (P): modificata secondo Pfister.

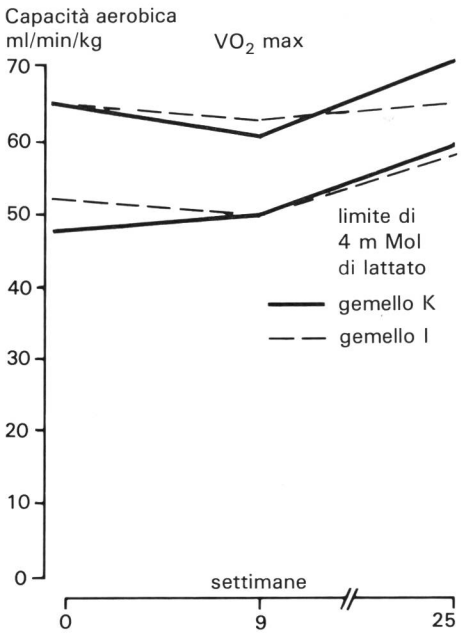


Fig. 2 Ergospirometria sul tappeto scorrevole. (Test combinato steady state / vita maxima-test). I parametri della capacità aerobica sono: la capacità di assimilazione massima di ossigeno VO_2 max ed il limite di 4 m Mol di lattato.

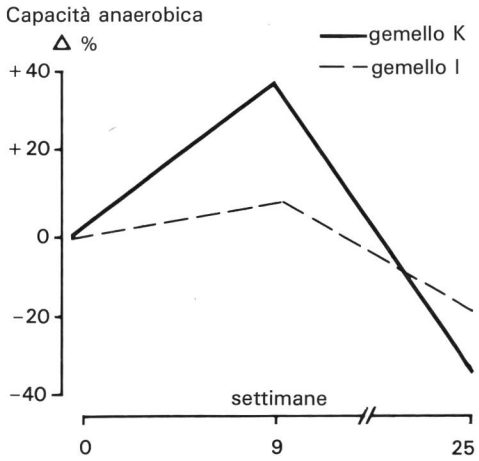


Fig. 3 A 16 km/h con una salita del 15%. Miglioramento, rispettivamente peggioramento della capacità di resistenza anaerobica.

Resistenza anaerobica (figura 3)

La capacità anaerobica in K migliorò del 34% (!), mentre in I solo dell'8%. In questo test i gemelli dovettero superare 485 W, una potenza che si trova notevolmente al di sopra del limite di 250 W della resistenza aerobica.

Dopo le 16 settimane di allenamento per la resistenza aerobica

La capacità di prestazione si allineò subito ai livelli raggiunti precedentemente. Sorprendente fu l'innalzamento di 9,3% della capacità massima di assimilazione di O_2 nel gemello K, e la relativamente lieve perdita di forza (solo un terzo del livello raggiunto).

Giorno	*UA*	*Esercizio*	*Durata (sec.)*	*Pausa (sec.)*	*Ripetizione*	*Durata (min.)*	*Serie*
Lu-Ve	M	2 × 3 esercizi	60	45	10-15	35	3
Lu-Ve	P	forza-spinta delle braccia	45-50	130-135	10	85	10
		forza-spinta delle gambe	45-50	130-135	10	85	10
		flessione del tronco	50-60	120-130	10	85	4
		Quadriceps	40-50	135-140	10	85	4
Sa-Do		Riposo					

Tab. 3 Programma di allenamento di forza del gemello K. Costruito secondo le indicazioni di Jean-Pierre Egger. Nelle unità di allenamento mattutine (UA M) vennero messe sotto sforzo, con esercizi eseguiti molto lentamente, le braccia, le spalle, il tronco, il bacino e le gambe. Nel pomeriggio (UA P) seguì un allenamento di forza isocinetico. Sabato e domenica furono giornate di riposo.

	Sci di fondo			*Corsa*			*Totale*	
Settimane	*UA*	*OA*	*KA*	*UA*	*OA*	*KA*	*UA*	*OA*
1 + 2	8-10	12-15	150-200	—	—	—	8-10	12-15
3 + 12	1-2	3-15	40-70	4	5	65-70	5-6	8-10
13 + 16	—	—	—	5-6	5-7	70-90	5-6	5-7

Tab. 4 Allenamento di resistenza aerobica dei gemelli. L'intensità corrisponde ad un numero di battiti cardiaci di 150-165 al minuto.
UA = unità di allenamento; OA = ore di allenamento; KA = chilometri percorsi negli allenamenti.

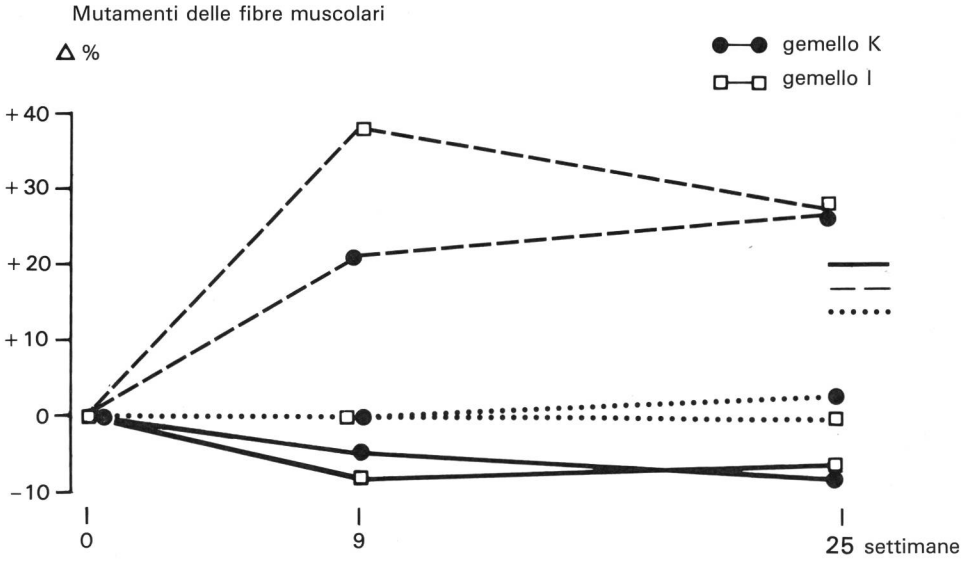


Fig. 4 Mutamenti delle fibre muscolari.

Cambiamento delle fibre muscolari (figura 4)

La percentuale di fibre del tipo I diminuì in ambedue i gemelli. Bisogna tener presente che alla fine degli allenamenti ad intervalli e di forza, il processo di calo non era ancora terminato. Dal gemello I risultò —8,9% e sembrò concludersi prima che in K —7,9%. Questa diminuzione della percentuale di fibre del tipo I, comportò contemporaneamente un aumento delle fibre del tipo IIA e IIB.
Le nostre osservazioni furono confermate dai cambiamenti dell'attività enzimatica dei muscoli durante la fase di allenamento.

Discussione

Mutamenti fisiologici causati dallo sforzo

Sin dall'inizio dell'allenamento il gemello K riuscì ad aumentare notevolmente la sua capacità di forza massima, come osservarono anche altri autori, questo incremento non deve essere necessariamente accompagnato da un aumento corrispondente della massa muscolare (peso del corpo). Esso si basa invece in gran parte su un miglioramento della coordinazione; ad un aumento della forza del 49% corrisponde infatti un aumento di peso del 3%.
Il relativo miglioramento dei tempi di corsa sui 200 m e sui 500 m, dopo l'allenamento ad intervalli risultò minore di quello ottenuto in un'altra ricerca su persone non allenate.
Il miglioramento dei risultati nel test di prestazione anaerobica sul tappeto scorrevole dimostra che è possibile aumentare la capacità di produzione energetica, senza l'apporto di ossigeno (anaerobica).
Sorprendentemente, nel nostro esperimento, la prestazione sul tappeto scorrevole si alza maggiormente dopo un allenamento di forza, che non dopo un allenamento a intervalli.
Basandoci sui rapporti di altri autori, che accanto all'incremento della forza isocinetica, constatarono un notevole guadagno di forza-velocità, supponiamo che sia questa forma di allenamento che ha permesso di superare la salita del 15% a 16 km/h.

Mutamenti nella ripartizione di fibre muscolari

Il cambiamento del rapporto tra fibre muscolari lente e veloci, ci indica la presenza di un adattamento anche a livello delle proteine contrattili. Furono ricercatori scandinavi a scoprirlo, esaminando i fondisti molto allenati dopo 18 settimane di allenamento alla resistenza aerobica e dopo 10 settimane di allenamenti ad intervalli. Anche nel nostro esperimento abbiamo potuto constatare uno spostamento delle fibre verso il tipo II. *Gli allenamenti ad intervalli e di forza da noi eseguiti, corrispondono probabilmente al tipo di sforzo che stimola maggiormente le fibre del tipo II.* Altri studi confermano questa nostra osservazione. Un reclutamento quasi esclusivo di fibre del tipo II avviene quando l'intensità di sforzo supera il limite aerobico-anaerobico, e quando viene impiegata più del 40% della forza massima.
Ritornando ad un allenamento della resistenza aerobica, non è avvenuto quell'aumento di fibre del tipo I che ci aspettavamo; anzi, nel gemello K verifichiamo una continua diminuzione di fibre del tipo I.
È probabile che le conseguenze di un *allenamento per la forza* siano, in questo senso, particolarmente *durevoli.*
Nello stesso tempo, anche il VO_2 max aumentò nuovamente. Ciò significa che non esiste un rapporto significante tra la percentuale di fibre del tipo I e la capacità aerobica.
Un allenamento di resistenza aerobica può d'altronde aumentare notevolmente la capacità aerobica delle fibre di tipo IIA e raggiungere livelli altrettanto alti quanto lo permettono le fibre di tipo I.

La ripartizione delle fibre muscolari è determinata geneticamente, oppure dipende dall'allenamento?

Malgrado famosi autori neghino tuttora la possibilità di una trasformazione delle fibre muscolari da un tipo all'altro, le nostre ricerche confermano questa possibilità. Nei nostri preparati ottenuti da biopsie, riuscimmo a contare da 400 ad 800 fibre e le trasformazioni osservate sono notevolmente al di sopra delle possibilità di errore del metodo di ricerca.
Possiamo quindi supporre, che i passaggi da fibre veloci del tipo II in fibre lente del tipo I avvengano molto più facilmente e velocemente che viceversa. Manca però ancora una spiegazione precisa di questo fenomeno. Sembra che siano gli stimoli contrastanti ad avere un'influenza decisiva in questa trasformazione. Si può quindi parlare di predisposizione genetica in quanto un atleta con una percentuale innata molto alta di fibre del tipo II, diventa facilmente un buon scattista e con un allenamento adeguato pure un buon fondista. Al contrario, un atleta con una percentuale alta di fibre del tipo I non potrà mai diventare un buon scattista, nemmeno con un allenamento specifico.

Quali vantaggi?

Parallelamente all'aumento del 50% della forza ottenuta dopo un allenamento specifico, riscontriamo pure un miglioramento della capacità di preparazione energetica anaerobica del 34%.
Dopo un allenamento ad intervalli invece, questo incremento si situava attorno all'8,9. La capacità di assunzione di ossigeno, in rapporto al peso del corpo diminuì solo lievemente, dopo ambedue le forme di allenamento.
Secondo i nostri risultati, un allenapagnato da una preparazione di forza isocinetica, oppure da un allenamento ad intervalli, può aumentare considerevolmente la capacità di preparazione energetica globale. Gli effetti del primo superano però notevolmente quelli del secondo. Le conseguenze dirette sull'organismo sono durevoli, lo dimostrano i vari processi di adattamento, che continuano anche dopo 4 mesi dall'interruzione dell'allenamento.
Nell'allenamento di resistenza aerobica che seguì, il miglioramento della prestazione di K fu parecchio superiore a quello di I. Questa osservazione ci permette di smentire una vecchia teoria, secondo la quale gli allenamenti di resistenza aerobica e di forza si escludono a vicenda.
I risultati dell'allenamento ad intervalli sono, per contro, piuttosto deludenti. Solo nel periodo tra la quarta e la sesta settimana di allenamento ottenemmo dei buoni risultati, dovuti soprattutto all'eccellente forma degli atleti. Tornando all'allenamento di resistenza aerobica, la ripresa del gemello I fu inferiore a quella di K. La causa fu, probabilmente, un generale senso di stanchezza, che impedì una migliore mobilitazione delle sue forze.

Possibili spiegazioni

Durante la serie di esercizi nell'allenamento di forza isocinetica, il muscolo resta in contrazione continua e lavora ininterrottamente con sforzo anaerobico (senza apporto di ossigeno). Nelle sequenze di sforzo ciclico tipiche dell'allenamento ad intervalli, il muscolo ricorre, durante le pause, alla preparazione energetica aerobica. Probabilmente è questa la causa di un minore miglioramento della prestazione anaerobica, rispetto a quello ottenuto con l'allenamento di forza isocinetica.

Conclusioni

Nell'ambito dell'allenamento della resistenza aerobica, la prestazione di forza isocinetica permette di migliorare durevolmente sia la resistenza anaerobica, sia la forza massima.
Il rischio di ferimento che comporta questa forma di allenamento è minore che le altre forme, in quanto i pesi sollevati non superano il 50-60% della capacità di forza massima.
Malgrado che l'allenamento ad intervalli possa, in breve tempo, migliorare la prestazione, è facile che l'organismo dello sportivo venga sovraccaricato.
Ora è compito di ulteriori ricerche stabilire in quale misura sia efficace integrare queste due forme di allenamento con altre discipline sportive. □