

Zeitschrift: Gioventù e sport : rivista d'educazione sportiva della Scuola federale di ginnastica e sport Macolin

Herausgeber: Scuola federale di ginnastica e sport Macolin

Band: 35 (1978)

Heft: 2

Artikel: Cosa cambia nei muscoli dopo un allenamento di tenacia di sei mesi?

Autor: Moesch, H. / Spring, H. / Claassen, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1000610>

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

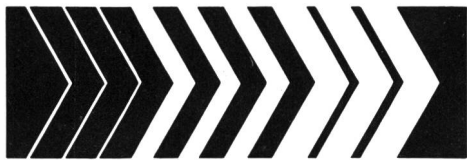
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 18.04.2026

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



Cosa cambia nei muscoli dopo un allenamento di tenacia di sei mesi?

Alcuni risultati di esami biochimici e ultrastrutturali eseguiti su gemelli

H. Moesch, H. Spring, H. Claassen e H. Howald

* Le parole segnate con un asterisco sono spiegate in appendice.

1. Idea direttrice

Già da tempo sono state realizzate numerose ricerche in merito alle modificazioni della funzione muscolare in seguito ad un allenamento di tenacia. Si trattava generalmente di vedere in cosa era colpito il sistema muscolare da un allenamento a oltranza. Alcune di queste ricerche hanno portato sulla struttura muscolare, sulle variazioni del volume e della superficie dei mitocondri*, per esempio^{5,16}. Altre si concentravano in modo particolare sui cambiamenti d'attività enzimatica all'interno della cellula muscolare stessa.^{9,17} Un problema interessante più particolarmente le persone non impegnate in un'attività sportiva a oltranza, è quello di sapere qual è la soglia d'intensità necessaria per far apparire un adattamento che si possa qualificare come tenacia. Detto con altre parole, al fine di ottenere una modificazione muscolare (interna!) di questo tipo, qual è «l'allenamento minimo» necessario e sufficiente? Ci interessava sapere anche come si poteva esprimere questo minimo di sforzi necessario in termini accessibili a tutti. Dunque quante volte, quanto tempo e con quale frequenza cardiaca ci si deve allenare per giungere a un minimo di tenacia?

2. Dispositivo sperimentale

Le persone esaminate furono ripartite in due gruppi. Uno dei gruppi aveva quale compito di allenarsi secondo il programma citato sotto. L'altro aveva quale obiettivo di «non far niente», di condurre una vita normale senza pensare a fare sforzi particolari.

Per avere due gruppi perfettamente identici (in principio), abbiamo scelto gemelli monozigoti* di cui uno si trovava nel primo gruppo e l'altro nel secondo.

Il gruppo dei «sedentari» serviva dunque da controllo rispetto al gruppo degli «attivi», che si supposeva progredissero verso uno stato d'allenamento, anche se minimo, ma pur sempre esplicito. È chiaro che i dati del gruppo di controllo non sono rimasti stabili durante la durata dell'esperimento. Ci sono state differenze dovute alla crescita corporale, alla stagione, ai cambiamenti di attività professionale e così via. Possiamo comunque ammettere che queste variazioni sono state più o meno identiche presso gli individui corrispondenti di una coppia e che solo l'allenamento doveva, in teoria, dare una differenza netta nelle quantità misurate fra gli individui di una stessa coppia.

Allenamento

Nell'esperimento abbiamo quindi ingaggiato 7 paia di gemelli monozigoti. Due paia erano fem-

mine. La loro età si situava fra i 15 e i 25 anni.

Il periodo d'allenamento si è esteso per 23 settimane. Durante questo periodo di tempo i membri del gruppo «attivi» si sottoposero a tre allenamenti settimanali di corsa. Ogni allenamento, all'inizio, durava 15 minuti. La durata delle sedute venne progressivamente aumentata fino a raggiungere 30 minuti alla decima settimana. Per le settimane seguenti la durata rimase identica. L'intensità della corsa doveva essere tale che la frequenza cardiaca raggiungeva l'80 per cento della frequenza massima possibile. Questa frequenza massima venne determinata per ognuno individualmente.

3. Misure e metodi utilizzati

Innanzitutto si trattava di assicurarsi che i gemelli scelti erano effettivamente monozigoti. La verifica si fece tramite esame morfologico completo, poi per una determinazione sierologica*.¹⁸ Prima d'iniziare gli allenamenti, tutti i candidati furono ancora sottoposti a:

- una misura del volume cardiaco. Per far ciò abbiamo utilizzato il metodo consistente nel misurare l'ombra del cuore su due radiografie perpendicolari.¹²
- una determinazione della quantità totale del grasso corporeo. Eseguita con la misura dello spessore delle pieghe cutanee.¹
- una determinazione dell'assorbimento massimale di ossigeno, tramite un dispositivo automatico.¹⁹
- in pari tempo veniva registrata la frequenza cardiaca massimale di ogni persona. Infatti, per poter determinare l'assorbimento massimo di ossigeno, la persona esaminata doveva fornire uno sforzo corrispondente al massimo delle sue possibilità.
- una piccola biopsia* muscolare (20–50 mg di tessuto fresco) nella coscia (quadricipite femorale).²⁰

Venne il periodo d'allenamento. La progressione venne verificata ogni mese con una corsa su pista di 12 minuti, secondo lo schema di Cooper¹³. Si tratta semplicemente di percorrere la più grande distanza possibile nello spazio di 12 minuti. Ogni volta i candidati dovevano ancora eseguire un test di paragone sulla bicicletta ergometrica*.

Al termine del periodo di allenamento, tutte le persone impegnate in questa ricerca subirono nuovamente le misure citate prima. Per ognuno si aveva dunque, e per ogni valore misurato, un'indicazione corrispondente all'inizio e alla fine del periodo di allenamento (fig. 1).

Si calcolò ancora:

- la differenza fra il gruppo degli «attivi» alla fine dell'esperimento e i valori del gruppo totale

Fig. 1

Schema del dispositivo sperimentale e del calcolo delle differenze.

A = situazione iniziale, prima del periodo di allenamento.

B = situazione finale, dopo il periodo di allenamento.

Una coppia di gemelli corrisponde a un segno pieno (persona che farà parte del gruppo «attivo») e un segno vuoto (persona che farà parte del gruppo dei «sedentari»).

T = individuo del gruppo «attivi»

U = individuo del gruppo «sedentario»

Avremo dunque:

Δ_T e Δ_U , differenze individuali, per ogni persona dei due gruppi, fra l'inizio e la fine degli esperimenti.

$\bar{\Delta}_{\Delta_T-\Delta_U}$ = media della differenza fra le differenze individuali.

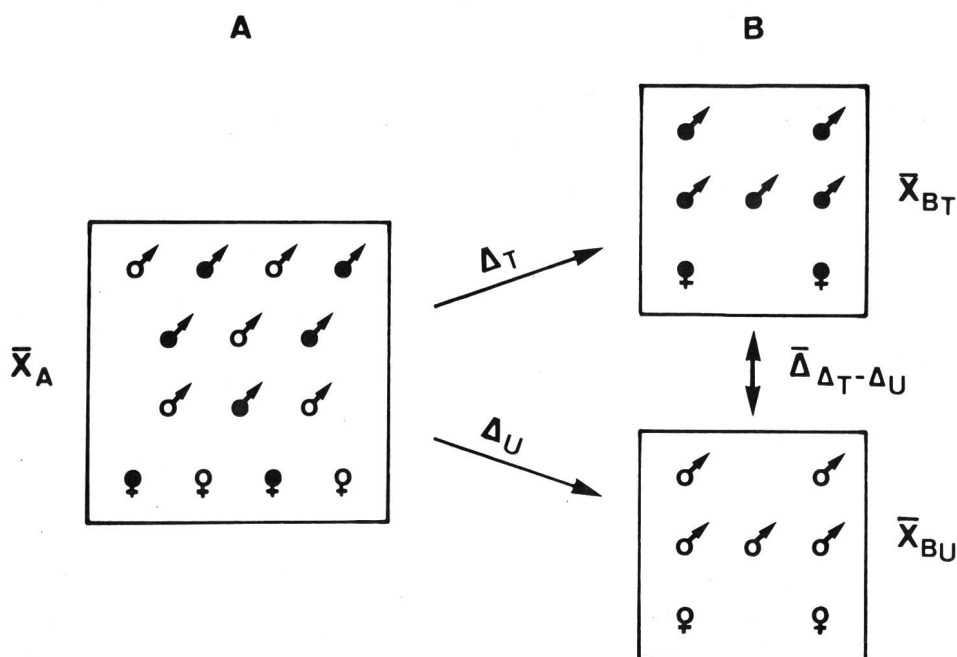


Tabella 1: variazioni antropometriche, respiratorie e cardiocircolatorie.

(\bar{x} = valore medio; s_x = deviazione standard; n = numero di misure utilizzabile)

| | | Assieme delle persone esaminate | Sedentari prima | dopo | Attivi prima | dopo | $\bar{\Delta}_{\Delta_T-\Delta_U}$ |
|---|-----------|---------------------------------------|--------------------|-------|-----------------|-------|------------------------------------|
| Peso (kg) | \bar{x} | 57.7 | 57.4 | 58.3 | 57.9 | 57.7 | -1.1 |
| | s_x | 11.8 | 11.4 | 9.8 | 13.1 | 12.5 | 2.0 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Grasso corporeo (%) | \bar{x} | 27.4 | 27.2 | 24.3 | 27.6 | 21.9 | -2.8 |
| | s_x | 8.5 | 9.3 | 9.0 | 8.4 | 9.1 | 5.4 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Prestazione massima (Watt/kg) | \bar{x} | 4.01 | 4.04 | 3.99 | 3.99 | 4.34 | 0.40 |
| | s_x | 0.60 | 0.48 | 0.57 | 0.75 | 0.65 | 0.44 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Frequenza cardiaca I (batt./min.) | \bar{x} | 129.4 | 127.0 | 127.9 | 131.7 | 123.7 | -8.9 |
| | s_x | 16.5 | 12.4 | 13.6 | 20.6 | 15.8 | 14.1 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Frequenza cardiaca II (batt./min.) | \bar{x} | 171.8 | 168.8 | 168.8 | 174.7 | 166.7 | -8.0 |
| | s_x | 11.2 | 6.3 | 12.1 | 14.7 | 15.7 | 11.0 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Frequenza cardiaca massima (batt./min.) | \bar{x} | 196.1 | 194.3 | 194.2 | 197.8 | 196.2 | -1.5 |
| | s_x | 4.6 | 5.1 | 4.8 | 3.5 | 6.6 | 9.3 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Volume cardiaco relativo (ml/kg) | \bar{x} | 10.1 | 10.1 | 9.9 | 10.1 | 10.6 | 0.8 |
| | s_x | 1.1 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 0.6 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Ventilazione polmonare massima (lit/mn BTPS) | \bar{x} | 108.1 | 108.0 | 103.6 | 108.2 | 117.0 | 13.2 |
| | s_x | 25.9 | 27.3 | 25.0 | 27.0 | 34.6 | 17.0 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Assorbimento massimo di ossigeno (ml/mn · kg STPD) | \bar{x} | 48.7 | 50.2 | 48.8 | 47.3 | 53.5 | 7.5 |
| | s_x | 8.1 | 5.9 | 6.7 | 10.1 | 8.8 | 6.5 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Assorbimento massimo di ossigeno per ciclo cardiaco (ML/ciclo · kg) | \bar{x} | 0.250 | 0.259 | 0.253 | 0.240 | 0.273 | 0.039 |
| | s_x | 0.040 | 0.028 | 0.037 | 0.049 | 0.044 | 0.043 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

dell'inizio.

Si chiamò questa differenza Δ_T .

- la differenza fra il gruppo dei «sedentari» alla fine dell'esperimento e i valori del gruppo totale dell'inizio.

Si chiamò questa differenza Δ_U . Essa esprime le variazioni diverse sopraggiunte durante il periodo di sperimentazione e indipendenti dalla nostra ricerca.

- la differenza fra il gruppo degli «attivi» al termine dell'esperimento e quello dei «sedentari» allo stesso momento.

Si chiamò questa differenza $\bar{\Delta}_{\Delta_T - \Delta_U}$.

Essa esprime l'effetto dovuto solo all'allenamento. Rappresenta dunque il valore principale che c'interessa.

Alcune variazioni furono espresse ancora in percentuale del valore iniziale (1.a misura). Per sapere se le differenze osservate avevano una certa validità generale, si calcolò la «validità statistica» tramite il t-Test di Student¹⁵. Le biopsie servirono a misurare una serie di parametri morfometrici*: volume miofibrillare*, volume dei mitocondri, volume del citoplasma*, lipidi intracellulari e superficie delle membrane mitocondriali esterne ed interne.^{5, 12}

Le biopsie servirono pure a misurare una serie di attività enzimatiche caratteristiche dell'attività energetica della cellula muscolare: esochinasi (HK), gliceraldeide-3-fosfato deidrogenasi (GAPDH), succinato deidrogenasi (SDH) e il 3-idroacetil-CoA-deidrogenasi (HAD).^{9, 2}

4. Risultati

Variazioni delle caratteristiche antropometriche, respiratorie e cardiocircolatorie

La tabella 1 ci mostra l'essenziale. La rappresentazione grafica è data dalla fig. 2. In quest'ultima ogni colonna rappresenta la variazione della media dopo allenamento in rapporto al valore iniziale (prima del periodo d'allenamento). Fra i cambiamenti di una certa importanza che si possono rilevare, segnaliamo per il gruppo degli «attivi»:

- la prestazione massima, espressa dalla distanza percorsa durante la corsa di 12 minuti, è aumentata (10,1 per cento).

In pari tempo si assiste a un sensibile aumento del volume cardiaco (7,5 per cento), dell'assorbimento massimo di ossigeno (15,4 per cento) come pure dell'assorbimento di ossigeno per ciclo cardiaco (15,6 per cento).

- constatiamo una leggera diminuzione della frequenza cardiaca a carico submassimale durante i test intermediari.

L'interpretazione di questo fatto non è assolutamente indubitabile, poiché la validità statistica è al limite. Intuitivamente si può affermare che i risultati sono indicativi, senza peraltro essere dimostrato senza replica.

Stessa cosa dicasi per l'aumento della ventilazione polmonare massimale (volume respirato per unità di tempo), che pertanto cresce (12,2 per cento).

Le variazioni degli altri parametri erano senza valore indicativo.

Trasformazione nell'ultrastruttura cellulare

L'assieme cifrato dei risultati è presentato nella tabella 2. La loro rappresentazione grafica è nella fig. 3. Le trasformazioni indotte nel muscolo, chiamato *M. vastus lateralis*, con l'allenamento sono essenzialmente un aumento della superficie delle membrane mitocondriali esterne (16 per cento) e interne (19,3 per cento).

L'amplificazione del volume mitocondriale (12,3 per cento) e del quoziente volume mitocondriale/volume miofibrillare (14,9 per cento) presenta solo una validità statistica che si situa a 0,1. Questi due risultati hanno dunque solo un valore indicativo.

L'evoluzione degli altri parametri era senza significato.

Non c'erano dunque aumenti della proporzione in elementi contrattili, né del volume citoplasmico né delle riserve energetiche in lipidi.

Variazioni delle attività enzimatiche intracellulari

I valori delle attività enzimatiche si trovano nella tabella 3 e la loro rappresentazione grafica nella figura 4.

L'allenamento scelto ha portato a un accrescimento netto e significativo dell'attività HAD* (23,2 per cento) e MDH (32,6 per cento). Per quest'ultimo enzima si è misurata la sua attività totale. La parte maggiore della sua attività (⁴/₅) è extramitocondriale, il resto intramitocondriale.

Fig. 2

Variazione dei dati antropometrici, respiratori e cardiocircolatori. Le variazioni sono espresse in percentuale del valore iniziale. In calce allo schema l'indicazione del valore p di «validità statistica». I valori sottolineati sono detti «significativi».

| | |
|--|---|
| BW | = peso |
| PERF | = prestazione massima |
| F _{H I} | = frequenza cardiaca, primo carico submassimale |
| F _{H II} | = frequenza cardiaca, secondo carico submassimale |
| F _{H max} | = frequenza cardiaca massimale |
| HV | = volume del cuore |
| V | = ventilazione polmonare massimale |
| V _{O₂ max} | = assorbimento massimale di ossigeno |
| V _{O₂ max} /F _H | = assorbimento d'ossigeno per ciclo cardiaco |

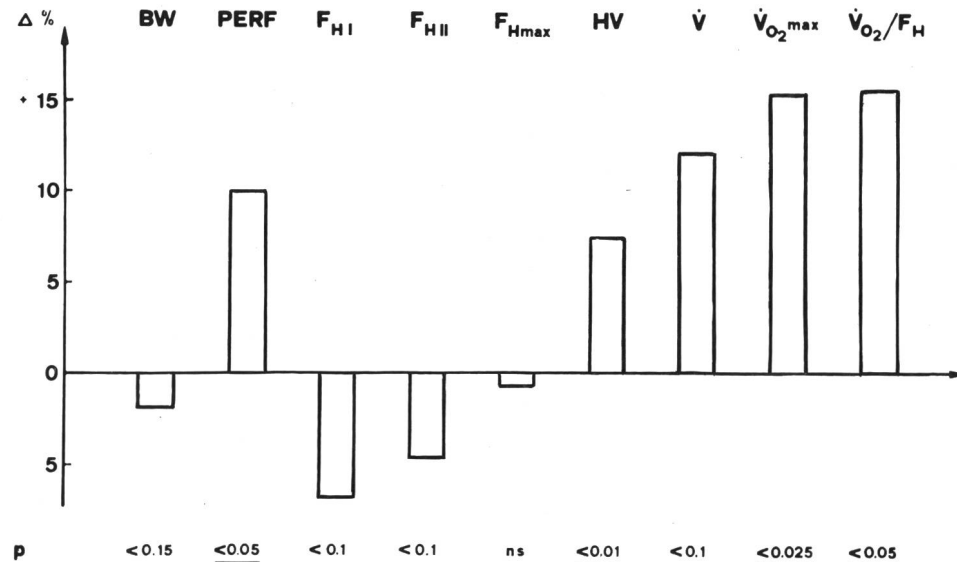


Tabella 2: Trasformazione nell'ultrastruttura cellulare (\bar{x} = valore medio; s_x = deviazione standard; n = numero di persone esaminate)

| | | Assieme delle persone esaminate | Sedentari | | Attivi | | $\bar{\Delta}\Delta_T - \Delta_U$ |
|--|-----------|---------------------------------|-----------|-------|--------|-------|-----------------------------------|
| | | | prima | dopo | prima | dopo | |
| Volume miofibrillare relativo (%) | \bar{x} | 81.81 | 81.80 | 81.34 | 81.82 | 80.41 | — 0.95 |
| | s_x | 1.19 | 1.55 | 1.98 | 0.80 | 3.06 | 2.11 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Volume relativo dei mitocondri (%) | \bar{x} | 4.83 | 4.76 | 4.47 | 4.90 | 5.21 | 0.61 |
| | s_x | 0.69 | 0.58 | 1.02 | 0.82 | 1.09 | 0.90 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Volume relativo del citoplasma (%) | \bar{x} | 12.97 | 13.07 | 13.69 | 12.87 | 13.71 | 0.22 |
| | s_x | 1.52 | 2.10 | 2.15 | 0.74 | 2.38 | 1.83 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Lipidi intracellulari (%) | \bar{x} | 0.39 | 0.36 | 0.51 | 0.41 | 0.67 | 0.11 |
| | s_x | 0.28 | 0.25 | 0.31 | 0.32 | 0.36 | 0.40 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Quoziente volume mitocondri/volume miofibrillare ($\cdot 10^{-2}$) | \bar{x} | 5.91 | 5.82 | 5.69 | 6.00 | 6.74 | 0.88 |
| | s_x | 0.83 | 0.64 | 1.32 | 1.04 | 1.68 | 1.38 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Superficie della membrana mitocondriale esterna (m^2/cm^3) | \bar{x} | 0.644 | 0.641 | 0.601 | 0.647 | 0.709 | 0.103 |
| | s_x | 0.078 | 0.068 | 0.103 | 0.092 | 0.120 | 0.130 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Superficie della membrana mitocondriale interna (m^2/cm^3) | \bar{x} | 0.954 | 0.975 | 1.055 | 0.933 | 1.197 | 0.184 |
| | s_x | 0.105 | 0.106 | 0.182 | 0.108 | 0.224 | 0.207 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Quoziente volume dei mitocondri/superficie della membrana esterna | \bar{x} | 7.50 | 7.43 | 7.37 | 7.56 | 7.31 | — 0.19 |
| | s_x | 0.46 | 0.53 | 0.55 | 0.42 | 0.57 | 0.37 |
| | n | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Tabella 3: Attività enzimatica misurata nelle biopsie (\bar{x} = valore medio; s_x = deviazione standard; n = numero delle misure utilizzabili)

| Enzimi (attività espressa in $\mu\text{mole}/\text{min} \cdot \text{g}$) | | Assieme delle persone esaminate | Sedentari | | Attivi | | $\bar{\Delta}\Delta_T - \Delta_U$ |
|---|-----------|---------------------------------|-----------|------|--------|------|-----------------------------------|
| | | | prima | dopo | prima | dopo | |
| Esochinasi | \bar{x} | 1.32 | 1.29 | 1.50 | 1.34 | 1.78 | 0.23 |
| | s_x | 0.22 | 0.18 | 0.35 | 0.27 | 0.48 | 0.37 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Gliceraldeide-3-fosfato-deidrogenasi | \bar{x} | 301 | 290 | 242 | 311 | 298 | 35 |
| | s_x | 71 | 70 | 56 | 78 | 68 | 93 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Malato deidrogenasi | \bar{x} | 215 | 201 | 215 | 229 | 213 | 70 |
| | s_x | 46 | 32 | 31 | 56 | 45 | 83 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Succinato deidrogenasi | \bar{x} | 5.7 | 5.2 | 6.1 | 6.2 | 8.7 | 1.6 |
| | s_x | 2.4 | 2.1 | 3.0 | 2.7 | 2.1 | 3.2 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 3-idroacetil-CoA-deidrogenasi | \bar{x} | 21.1 | 21.5 | 18.8 | 20.6 | 22.8 | 4.9 |
| | s_x | 2.5 | 2.4 | 6.3 | 2.6 | 4.1 | 4.6 |
| | n | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

Fig. 3

Rappresentazione delle trasformazioni mitocondriali, espresse in percentuale, e loro «validità statistica» p (i valori sottolineati sono detti «significativi»).

- V_{Vmi} = volume dei mitocondri
- V_{mi}/V_{fi} = quoziente volume mitocondri/volume miofibrille
- S_{Vom} = superficie della membrana mitocondriale esterna
- S_{Vim} = superficie della membrana mitocondriale interna
- V_{Vmi}/S_{Vom} = quoziente volume dei mitocondri/superficie della membrana mitocondriale esterna

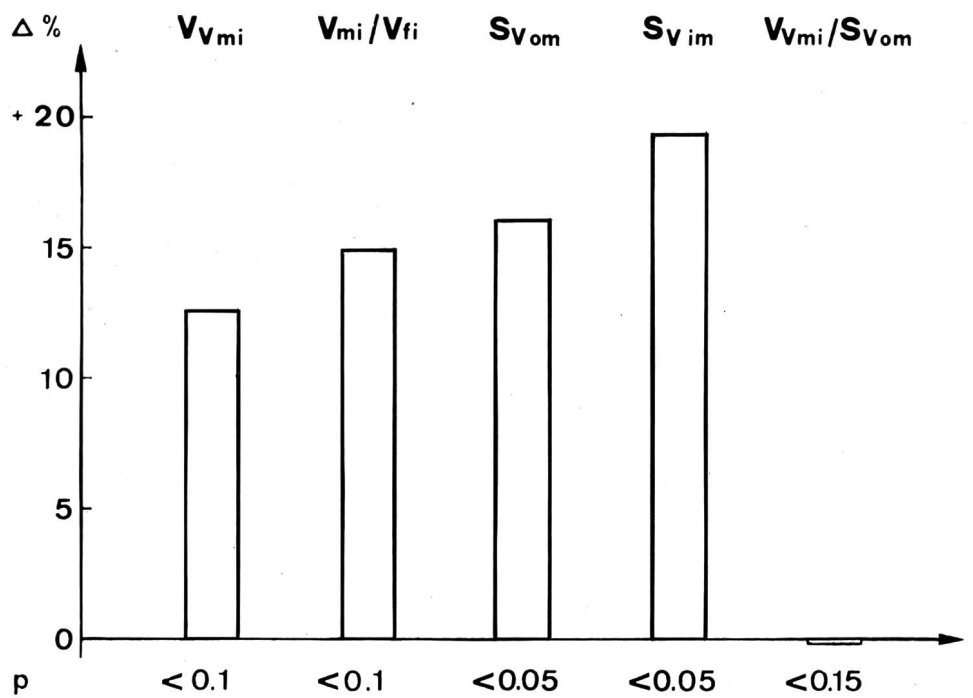
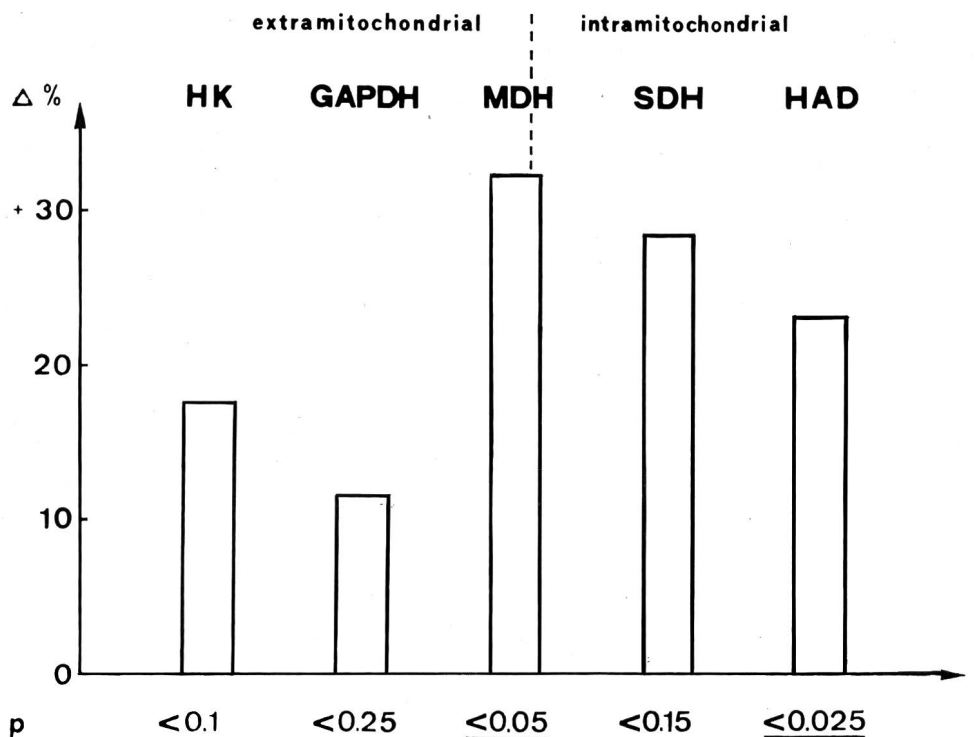


Fig. 4

Rappresentazione delle variazioni delle attività enzimatiche in percentuale e loro «validità statistica» p (i valori sottolineati sono detti «significativi»).

- HK = esochinasi
- GAPDH = gliceraldeide-3-fosfato-deidrogenasi
- MDH = malato deidrogenasi
- SDH = succinato deidrogenasi
- HAD = 3-idroacetil-CoA-deidrogenasi



Gli altri aumenti di attività: SDH (28,1 per cento) enzima legato alla membrana mitocondriale interna e quella di HK (17,4 per cento) si trovano al limite della validità statistica ed hanno solo valore indicativo.

L'enzima GAPDH, considerato generalmente come buon indicatore della glicolisi anaerobica, presentava solo variazioni senza significato.

5. Commenti

Prestazione e fisiologia

L'allenamento seguito dai membri del gruppo «attivi» era piuttosto debole, per intensità e durata, in rapporto a quello fatto da uno sportivo a oltranza.

Comunque la distanza percorsa nella corsa di 12 minuti è però passata da 2,42 km in media a 2,82 km alla fine del periodo di allenamento. Questo miglioramento massimale concordava con quello registrato in laboratorio sull'ergometro (tabella 1). Da notare anche che il peso non ha per nulla variato e nemmeno la quantità di grasso corporeo. Il cuore ha subito il contraccolpo di questo allenamento. La sua frequenza massima, che è quasi una «costante personale», non è comunque cambiata. Per contro, a carico uguale, la sua frequenza si è abbassata. I volumi cardiaci sono un po' aumentati. Il contrasto con i «sedentari» è ancora evidenziato dal fatto che i volumi cardiaci di questi ultimi sono leggermente diminuiti. Il volume relativo più elevato, misurato in questa serie di esperimenti, era di 11,9 ml/kg. Questo valore è ancora ben lontano da quelli che si misurano presso gli sportivi ad oltranza di sport di tenacia.¹⁴ Fra i corridori di lunghe distanze, la media (quadro nazionale svizzero) si situa sui 15,5 ml/kg.

Dal punto di vista della respirazione, dobbiamo l'aumento della ventilazione probabilmente a un miglioramento della tecnica respiratoria. In altre parole, le persone esaminate hanno imparato a «sbuffare» in modo più economico. L'importante aumento dell'assorbimento massimale di ossigeno (15,4 per cento) corrisponde bene a quanto rilevato da altri ricercatori^{4, 23, 24}. Dopo un periodo d'allenamento di 28 settimane, alcuni ebbero a notare l'aumento del 15 per cento dell'assorbimento massimale ossigeno.^{5, 7} L'intensità d'allenamento era pertanto più elevata che nel nostro caso. Sembra quindi che si possano raggiungere gli stessi effetti con «meno spesa».

Contrariamente a quanto indica Wyndham²⁷, che limita al massimo a 10 per cento il possibile miglioramento della capacità d'assorbimento di ossigeno di una persona, anche con un allenamento più rigoroso, non vediamo che questo miglioramento supera il 15 per cento, anche con intensità d'allenamento molto debole. Questo aumento è

importante dato che esprime dal punto di vista fisiologico il fenomeno constatato dal punto di vista della prestazione sportiva: il miglioramento della tenacia.

Ultrastruttura cellulare e biochimica

Si ritrova il corrispondente dell'aumento della capacità ossidativa fisiologica a livello cellulare. Infatti si constata un indubbio aumento del volume mitocondriale, del suo quoziente con il volume miofibrillare e anche delle superfici mitocondriali esterne ed interne. I valori trovati nel quadro di questo lavoro corrispondono bene a quelle che furono misurate da Hoppeler⁵, per esempio. L'aumento dovuto all'allenamento sembra debole, ma l'intensità dell'allenamento era pure debole. Morgan e al.¹¹ hanno trovato un aumento del volume mitocondriale di 55 per cento (nello stesso muscolo), dopo un mese di allenamento quotidiano di due ore. L'intensità era comunque ben più grande. Valori ancora più elevati sono citati da Kiessling e al.⁶

Abbiamo constatato un aumento del tenore in lipidi della cellula muscolare degli «attivi». Questo tipico effetto, dovuto a un allenamento di tenacia, è già stato messo in evidenza alcuni anni fa.⁵ In seguito all'ingrandimento scelto per le misure (relativamente debole) e della variabilità di questo tenore in lipidi, i risultati non possono essere considerati sicuri prima di averli ripetuti. In seguito all'allenamento, l'attività dell'enzima SDH aumenta fortemente. La sua variabilità interindividuale è pure assai elevata. La crescita non può quindi essere considerata sicura, dato l'esiguo numero di persone esaminate. Altre ricerche su questo enzima fanno comunque sempre stato di una crescita d'attività assai pronunciata. Gollnick e al.⁴ parla di una crescita di 95 per cento dopo 5 mesi di allenamento su un ergometro, in ragione di un'ora quattro volte la settimana. L'allenamento era dunque molto più intenso che nel nostro caso. In un altro studio⁹ abbiamo constatato una differenza che va dal semplice al doppio fra uomini sedentari e allenati (in tenacia).

Per l'enzima HAD osserviamo una differenza di 37 per cento nello studio citato sopra.⁹ Questo enzima, impegnato nella degradazione (ossidazione-β) degli acidi grassi intracellulari, ci fornisce un'indicazione quanto all'importanza dell'ossidazione dei lipidi nei muscoli di capacità ossidativa cronicamente elevata.¹⁰

Ora, nella presente sperimentazione, la crescita di questo enzima era pure pronunciata. Le cellule muscolari hanno dunque migliorata la loro capacità di ossidazione, fatto caratteristico di tutti i muscoli impegnati in carichi fisici di (molto) lunga durata.³ Questo fenomeno si ritrova per esempio nei muscoli alari degli uccelli migratori.²²

L'attività dell'enzima MDH, intra- ed extramitocondriale⁸, è pure aumentata in modo proporzionalmente significativo. Può esprimere l'aumento metabolico generale, dovuto al supplemento d'attività causato dall'allenamento. Nei confronti dei dati forniti da Bass e al.²⁶ su questo enzima, i cui valori sono un po' più deboli, la nostra ipotesi sembra corretta. L'allenamento, d'intensità relativamente debole, non coinvolge le attività degli enzimi HK e GAPDH (extramitocondriali). Questi crescono piuttosto in seguito a un allenamento con carichi molto forti. Siccome l'aumento degli enzimi SDH e HAD è stato più elevato di quello della membrana interna dei mitocondri (questi enzimi sono legati alla membrana interna), si può concludere che la densità molecolare di questi enzimi sia progredita. Abbiamo in ogni mitocondrio un maggior numero di molecole di enzimi. La loro distanza reciproca teorica è diminuita.

Riassumendo si può affermare che i risultati delle misure enzimatiche rafforzano quelli trovati nell'ultrastruttura cellulare tramite la tecnica di misurazione morfometrica.

6. Conclusione

Questo allenamento, d'intensità abbastanza debole e di durata ristretta, ha comunque provocato adattamenti cardiocircolatori e muscolari identici a quelli registrati in atleti dalla tenacia bene allenata.^{5, 9, 25} Alcuni di questi adattamenti non superano la soglia della validità statistica. Ciò vuol dire che la loro importanza supera di poco soltanto quella delle variazioni individuali. Tuttavia la progressione è presente in ognuno dei membri del gruppo «attivo». Si può dunque affermare che l'allenamento scelto rappresenta il limite inferiore d'intensità e di durata necessari e sufficienti per provocare un adattamento. Quest'ultimo esprime dunque un miglioramento della tenacia fisica.

Abbiamo quindi stabilito l'ordine di grandezza dell'«allenamento minimo» che ancora riesce a provocare un adattamento di tipo tenacia. Sotto questo, probabilmente, non potremmo constatare più alcun adattamento. È interessante constatare come 30 minuti di carico al massimo, tre volte la settimana, sono sufficienti a provocare un adattamento. Tuttavia il grasso corporeo non varia. Una persona snella in partenza dunque non dimagrirà, anche se il suo stato sportivo migliora in modo molto netto.

È chiaro che la suddivisione scelta per l'allenamento può essere differente. Ciò richiederebbe una verifica dell'efficacia del nuovo «programma minimo».

* Spiegazione di alcuni termini difficili

Mitocondri: corpuscoli dell'interno cellulare, responsabili di una serie di reazioni energetiche, in modo particolare delle differenti fasi dei processi respiratori. Quando una cellula ne possiede in gran numero, la capacità di scambio d'energia di questa cellula è altrettanto più grande.

Monozigoti (monovulari): sviluppati da uno stesso uovo fecondato. Questo designa i gemelli veri (o monovulari) aventi, in seguito al raddoppiamento accidentale del materiale genetico, esattamente gli stessi caratteri ereditari, dunque anche le stesse possibilità di sviluppo. Lo sviluppo effettivo può variare: ragione per cui si arriva a distinguere i gemelli fra di essi, anche se spesso con alcune difficoltà.

Serologico: che concerne le sostanze presenti nel siero (la parte incolore del sangue).

Biopsia: estrazione di un pezzetto di tessuto organico vivente, generalmente tramite intervento chirurgico. Questo metodo viene pure utilizzato per l'esame clinico del fegato, dell'utero, del midollo osseo ecc.

Ergometrico: che serve a misurare il lavoro muscolare. Si tratta di una bicicletta fissa, la cui ruota è frenata dipendentemente dallo sforzo richiesto dalla persona esaminata.

Morfometrico: che misura la forma di un oggetto. Metodo di misurazione che permette di ricostituire una forma (nello spazio) di un oggetto partendo da spaccati (piani) di questo oggetto.

Miofibrilla: elemento contrattile della cellula muscolare.

Citoplasma: ambiente semistrutturato, che rappresenta l'interno cellulare ad esclusione dei corpuscoli strutturati (nucleo, mitocondri ecc.).

Glicolisi: degradazione degli zuccheri.

Bibliografia

- 1 Allen T.H., Peng M.T., Chen K.P., Huang T.F., Chang C., and Fang H.S. Prediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity. *Metabolism* 5: 346-352, 1956.
- 2 Howald H. Ultrastructure and biochemical function of skeletal muscle in twins. *Ann. Hum. Biol.* 3: 455-462, 1976.
- 3 Reitman J., Baldwin K.M., Holloszy J.O. Intramuscular triglyceride utilization by red, white and intermediate skeletal muscle and heart during exhausting exercise. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 142: 628-631, 1973.
- 4 Gollnick P.D., Armstrong R.B., Saltin B., Saubert IV C.W., Sembrowich W.L. and Shepherd R.E. Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 34: 107-111, 1973.
- 5 Hoppeler H., Lüthi P., Claassen H., Weibel E.R., and Howald H. The ultrastructure of the normal human skeletal muscle. A morphometric analysis on untrained men, women and well-trained orienteers. *Pflügers Arch.* 344: 217-232, 1973.
- 6 Kiessling K.H., Piehl K., and Lundquist C.G., Effect of physical training on ultrastructural features in human skeletal muscle. In: *Muscle Metabolism during Exercise*, edited by B. Pernow and B. Saltin. New York - London, Plenum Press, 1971, p. 97-101.
- 7 Kiessling K.H., Pilström L., Karlsson J., and Piehl K. Mitochondrial volume in skeletal muscle from young and old physically untrained and trained healthy men and from alcoholics. *Clinical Science* 44: 547-554, 1973.
- 8 Lehninger A. *Biochemistry*. New York, Worth publishers, Inc. 1970. 398.
- 9 Moesch H. and Howald H. Hexokinase (HK), Glycerinaldehyde-3P-Dehydrogenase (GAPDH), Succinate-Dehydrogenase (SDH), and 3-Hydroxyacyl-CoA-Dehydrogenase (HAD) in skeletal muscle of trained and untrained men. In: *Metabolic adaptation to prolonged physical exercise*, edited by H. Howald and J.R. Poortmans. Bâle, Birkhäuser Verlag, 1975, p. 463-465.
- 10 Molé P.A., Oscal L.B., and Holloszy J.O. Adaptation of muscle to exercise. Increase in levels of palmitoyl-CoA-synthetase, carnitine palmitoyl transferase, and palmitoyl-CoA-dehydrogenase, and in the capacity to oxidize fatty acids. *J. Clin. Invest.* 50: 2323-2330, 1971.
- 11 Morgan T.E., Cobb L.A., Short F.A., Ross R., and Gunn D.R. Effects of long-term exercise on human muscle mitochondria. In: *Muscle Metabolism during Exercise*, edited by B. Pernow and B. Saltin. New York - London, Plenum Press, 1971, p. 87-96.
- 12 Musshoff K. and Reindell H. *Handbuch der medizinischen Radiologie, Teil I: Roentgendiagnostik des Herzens*. Stuttgart, G. Thieme-Verlag 1967.
- 13 Cooper, Kenneth H. *Aerobics*, Bantam Books, New York, 1968, pp. 27-36. Ibid. *The new aerobics*. M. Evans Comp., New York, 1970, pp. 29-30. En traduction allemande: *Bewegungstraining*, Fischer-Verlag, Frankfurt a.M., 1970, pp. 34-43. *Fit nach Punkten*, Goverts Krüger Stahlberg Verlag, Frankfurt a.M., 1972, pp. 43-45.
- 14 Reindell H., König K., Roskamm H. *Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. Beziehungen zwischen Herzgröße und Leistung*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1967, pp. 35.
- 15 «Student» New tables for testing the significance of observation. *Metron* 5: 105-120, (fasc. 3), 1925.
- 16 Schmalbruch H. Die quergestreiften Muskelfasern des Menschen, *Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte*. 43 (Heft 1): 1-75, 1970.
- 17 Pette D., Staudte H.W. Differences between red and white muscles. In: Keul J. (Ed.). *Limiting factors of physical performance*, pp. 23. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1971.
- 18 Giblet E.R. *Genetic markers in human blood*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1969.
- 19 Howald H. Eine Ergospirometrie-Anlage mit On-line Datenbearbeitung durch Mikrocomputer. *Acta medicotechnica* 21: 115-138, 1973.
- 20 Bergström J. Muscle electrolytes in man. Determined by neutron activation analysis in needle biopsy specimens. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 14, 1962, Suppl. 68.
- 21 Weibel E.R., Kistler G.S., Scherle W.F. *Practical stereological methods for morphometric cytology*. *J. Cell Biol.* 30: 23-28, 1966.
- 22 George J.C., Jyoti D. The lipid content and its reduction in the muscle and liver during long and sustained muscular activity. *J. animal Morph. Physiol.* 2: 37-45, 1955.
- 23 Pollock M.L., Cureton T.K., Greninger L. Effects of frequency of training on working capacity, cardiovascular function, and body composition of adult men. *Medecine and Science in Sports*, 1: 70-74, 1969.
- 24 Ekblom B., Astrand P.-O., Saltin B., Stenberg J., Wallström B. Effect of training on circulatory response to exercise. *J. appl. Physiol.* 24: 518-528, 1968.
- 25 Holloszy J.O. Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *J. Biol. Chem.* 242: 2278-2282, 1967.
- 26 Bass A., Vondra K., Rath R., Vitek V. M. Quadriceps femoris in Man, a muscle with an unusual enzyme activity pattern of energy supplying metabolism in mammals. *Pflügers Archiv*, 354: 249-255, 1975.
- 27 Wyndham C.H., Strydom N.B., vanRensburg A.J., Benade A.J.S. Physiological requirements for world-class performances in endurance running. *South Afr. Med. J.*, 43: 996-1002, 1969 (fasc. 32).