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

Herausgeber: Scuola federale dello sport di Macolin

Band: 48 (1991)

Heft: 12

Artikel: Le cellule muscolari al microscopio

Autor: Zahner, Lukas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-999558

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: 30.07.2025

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

Determinazione microfotometrica della variazione dell'attività enzimatica della succinato-deidrogenesi in differenti tipi di fibre muscolari umane dopo un allenamento ad intervalli

Le cellule muscolari al microscopio

di Lukas Zahner
traduzione di Giovanni Rossetti

Questa ricerca è valsa all'autore l'ottenimento del diploma II federale di docente di educazione fisica e di sport e del diploma I di biologia all'Università di Basilea.
La ricerca è stata inoltre premiata con il 1° premio dell'Istituto di ricerche della SFSM nel 1988.

Già nel secolo scorso il muscolo ha attirato su di sè l'interesse di molti ricercatori. È tuttavia solo negli anni '60 di questo secolo che si è riuscito ad isolare ed ad osservare delle singole unità motorie, cosicché, al giorno d'oggi, i punti interrogativi sulla differenziazione strutturale e funzionale delle fibbre muscolari sono stati risolti. Resta però ancora un enigma, quale sia l'entità di questo adattamento funzionale.

Quello che stupisce è l'enorme capacità di adattamento delle cellule muscolari ad una nuova situazione, nonostante esse siano già molto specializzate a compiere un'altra funzione. Nell'ambito di questa trasformazione, le cellule muscolari acquistano le caratteristiche fisiologiche e biochimiche proprie dell'altro tipo di cellula muscolare.

Introduzione

In questa ricerca, ci siamo prefissi di analizzare, sotto l'aspetto biochimico, fisiologico e microscopico, i cambiamenti del corpo umano dopo un allenamento. Nella ricerca ci siamo concentrati sulla determinazione delle variazioni delle attività enzimatiche, analizzate grazie a delle biopsie muscolari.

Gli interrogativi prima della ricerca erano i seguenti:

a) come variano, dopo un allenamento ad intervalli, alcuni valori fisiologici degli sportivi/e
b) come varia l'attività della SDI*) nei diversi tipi di cellula muscolare (tipo I, IIA, IIB) dopo un allenamento ad intervalli.
c) questi cambiamenti del muscolo sono visibili al microscopio elettronico.

Per rispondere a questi quesiti sono state intraprese le seguenti analisi:

i probandi hanno dapprima assolto un test secondo Kindermann sul tappeto mobile per determinare la capacità anaerobica. Prima e dopo l'allenamento ed intervalli sono state fatte delle biopsie al muscolo vasto laterale (quadricipite), che sono poi state analizzate con metodi isto-chimici e inoltre analizzate al microscopio elettronico.

Metodo

Probandi

6 studenti e 3 studentesse dell'anno scolastico 1985/87 alla SFSM si sono messi a disposizione per la ricerca.

*) Succinato-deidrogenesi: si tratta di un enzima mitocondrale, la cui funzione nel ciclo di Krebs è l'ossidazione del succinato a fumarato.

Programma d'allenamento

Durata: 6 settimane con 3 sedute settimanali programma dell'unità d'allenamento: 8 scatti di 200 m. Controllo della frequenza cardiaca, del tempo impiegato e dei valori dell'acido lattico nel sangue.

Biopsie muscolari

Prima e dopo l'allenamento di 6 settimane, il Dr. H. Howald ha estratto ad ogni giovane una biopsia muscolare del Muscolo vasto laterale.

Istochimica

Le seguenti analisi sono state effettuate dall'Università di Costanza dal prof. Pette:

- sezioni ultra-sottili delle biopsie muscolari
- colorazioni con ATP-asi, che permettono di distinguere i vari tipi (I, IIA, IIB, IIC) di cellula muscolare
- quantificazione dell'attività enzimatica delle SDI grazie ad un microscopio fotometrico azionato dal computer. Le variazioni di estinsione delle cellule muscolari prima e dopo gli allenamenti ad intervalli hanno potuto essere paragonate dopo che un'analisi della regressione ha permesso di compensare fra di loro come variazioni dell'attività enzimatica relativa.

Analisi al microscopio elettronico

Le analisi sono state effettuate all'istituto di anatomia dell'Università di Berna dal prof. Dr. H. Hoppeler.

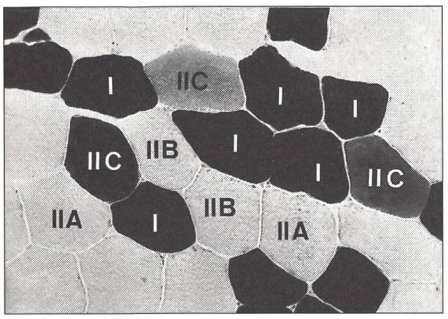
Con un ingrandimento di 1 500 volte sono stati determinati:

- il numero dei capillari
- il numero delle cellule muscolari
- la superficie delle cellule muscolari.

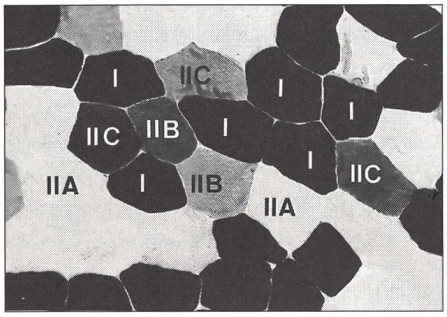
Con un ingrandimento di 24 000 volte sono stati determinati:

- il volume dei mitocondri
- i depositi di grasso intracellulare
- le fibbre muscolari
- la relazione tra il sarcoplasma e il volume della cellula muscolare.

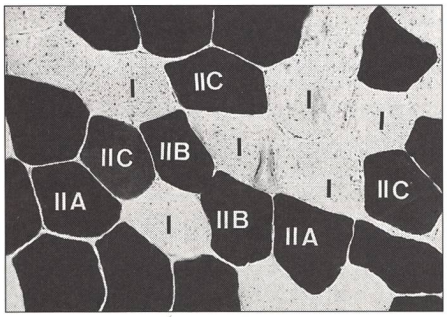
Muscolo vasto laterale di un uomo non allenato



a



b

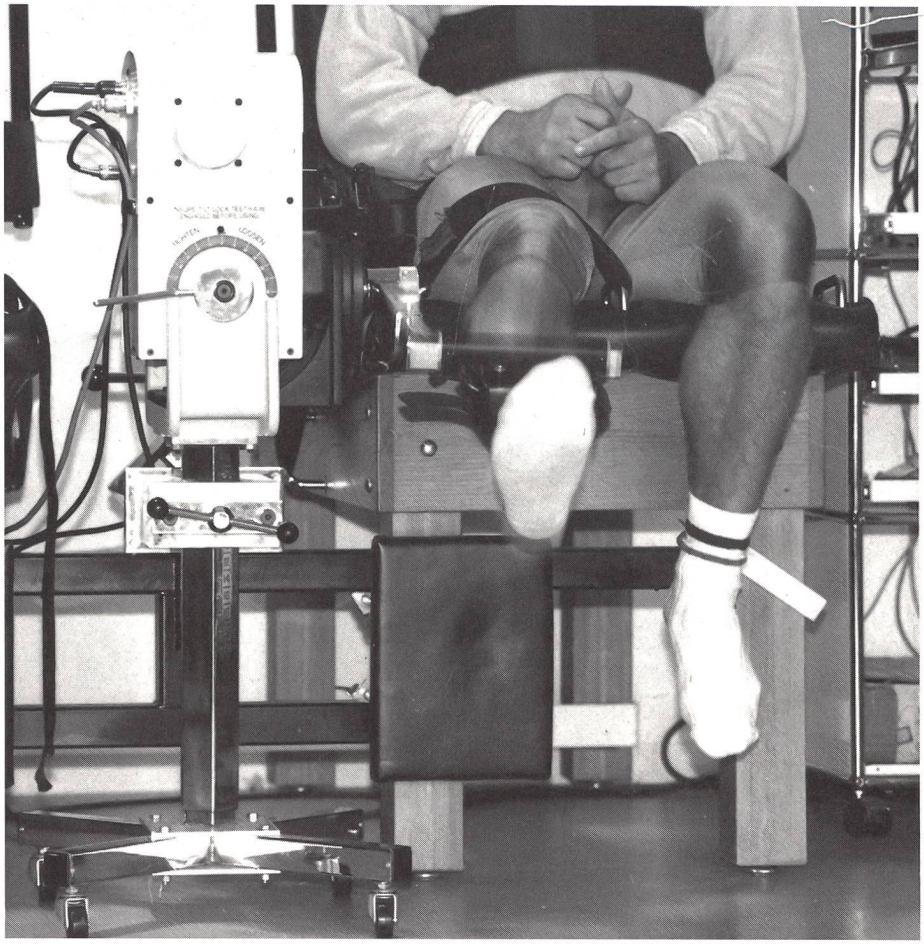


c

Figura 1

Colorazione con ATP-asi dopo incubazione in una soluzione di:

pH 4,35 (a)
pH 4,6 (b)
pH 10,8 (c)



Risultati

Effetti fisiologici dell'allenamento

Test sul tappeto mobile:
tutti i probandi / le probande hanno mostrato un netto miglioramento delle prestazioni, con un aumento medio del 25,5% per gli uomini e del 33% per le donne.
Si tratta di un miglioramento della capacità anaerobica.

Frequenza cardiaca:
a dimostrazione del miglioramento della capacità anaerobica, la frequenza cardiaca, misurata dopo 40 secondi di corsa sul tappeto mobile, è scesa del 4,4% per gli uomini e del 2,1% per le donne.

Valori dell'acido lattico dopo il test col tappeto mobile:
nella fase di recupero, 3 rispettivamente 5 minuti dopo i primi 40 secondi di sforzo, sono stati misurati, per ambedue i sessi, dei valori di acido lattico più bassi dopo il programma di allenamento che prima dello stesso. La diminuzione dei valori di acido lattico e delle frequenze cardiache sono degli indici del miglioramento del livello d'allenamento.

Risultati sulla pista di 400 metri:
i risultati riportati sopra sono stati confermati anche sulla pista di 400 m con:

- valori più bassi della frequenza cardiaca dopo gli stessi tempi nello scatto di 200 m
- valori di acido lattico più bassi (misurati prima della partenza per il quinto scatto)
- risultati cronometrici migliori sui 200 m.

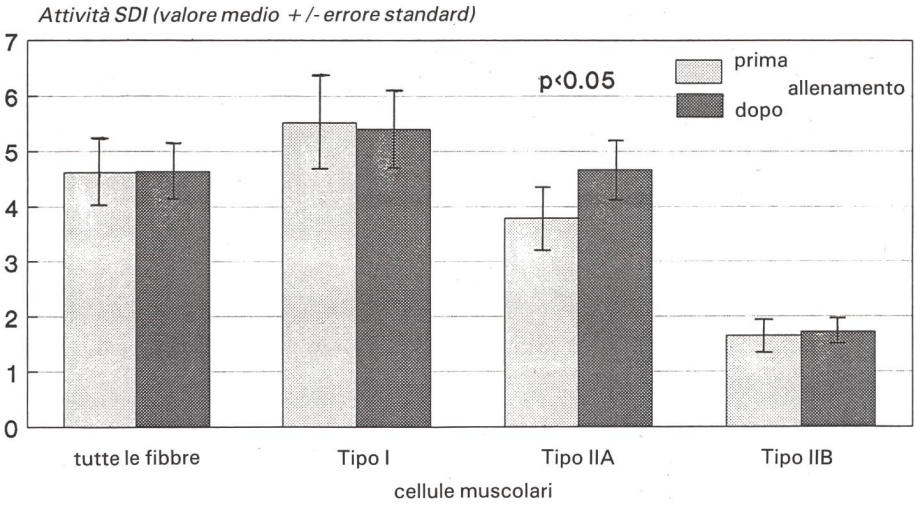
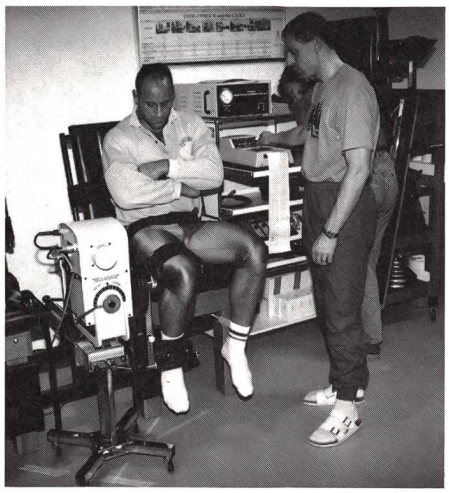


Figura 2



Analisi biochimiche

Variazione dell'attività della SDI nelle fibbre muscolari dopo l'allenamento:
la variazione assoluta dell'attività della SDI dopo gli allenamenti ha mostrato un leggero aumento che però non è significante nè per i ragazzi, nè per le ragazze, nè per i due sessi valutati insieme.

Paragone dei valori assoluti dell'attività della SDI nelle fibbre muscolari di tipo I, IIA, e IIB:
prima dell'allenamento sono state isolate 495 cellule muscolari grazie alla colorazione delle biopsie muscolari con l'ATP-asi.
Dopo l'allenamento queste sono salite a 507. La ripartizione delle cellule muscolari corrisponde a quella tipica del muscolo vasto laterale ossia 58/55% del tipo I, 25/26% del tipo IIA e 17/19% del tipo IIB rispettivamente prima e dopo l'allenamento.
Non vi è dunque stato un cambiamento della ripartizione percentuale delle cellule muscolari, che però non era da attendersi.
Un netto aumento dell'attività della SDI è stato rilevato solo nelle fibbre di tipo IIA ed è stato del 23% per il collettivo, del 31% per le donne e del 19% per gli uomini (vedi fig. 2).
Questo risultato indica come siano le cellule muscolari di tipo IIA ad essere particolarmente attive durante un intensivo allenamento ad intervalli.

Variazioni visibili al microscopio elettronico

Capillari:
sia per gli uomini che per le donne, l'allenamento ha portato ad una leggera diminuzione del numero dei capillari per cellula muscolare e ad una leggera diminuzione del diametro delle cellule muscolari.

Struttura delle cellule muscolari:
il leggero cambiamento del volume dei mitocondri (diminuzione per gli uomini, aumento per le donne) non è statisticamente significante.
Sono invece statisticamente significanti l'aumento del volume delle fibbre muscolari e la diminuzione del volume relativo del grasso intracellulare, del reticolo sarcoplasmatico e del glicogeno.

Discussione

Analisi fisiologiche

Il test scelto per determinare la potenza anaerobica, il test sul tappeto mobile di Kindermann, si è dimostrato molto valido e facilmente interpretabile. I dati, raccolti con questo test, mostrano che con un programma di allenamento ottimale la potenza anaerobica può essere migliorata sensibilmente anche nel periodo di 6 settimane.

Analisi biochimiche

Visto che la SDI è un enzima mitocondriale (una flavoproteina) particolarmente attivo nel lavoro muscolare aerobico, non stupisce che le cellule muscolari di tipo I e IIB non subiscano variazioni apprezzabili.
La durata dello sforzo (8 scatti di 200 m l'uno) è sicuramente troppo corta per sviluppare la capacità aerobica della muscolatura e per attivare gli enzimi dell'ossidazione mitocondriale.
Le uniche cellule muscolari, che mostrano una variazione significante dell'attività della SDI, sono quelle del tipo IIA, visto che sono loro che sono chiamate in causa in un allenamento ed intervalli.

Analisi al microscopio elettronico

I risultati dell'analisi al microscopio elettronico (quantificazione del volume dei mitocondri) rispecchiano fedelmente quelli dell'attività della SDI.
Un aumento o una diminuzione dei mitocondri deve essere legato ad un cambiamento dell'attività della SDI, visto che quest'ultimo è un enzima legato ai mitocondri. I leggeri cambiamenti della capillarizzazione e del diametro delle cellule muscolari non hanno una grande importanza, mentre la diminuzione significante del grasso intracellulare e del sorcoplasma mostrano un adattamento del metabolismo della cellula muscolare, che potrebbe essere dovuto agli intensi sforzi dell'allenamento. ■

Bibliografia

Appelt D., *Buhl* H., *Häcker* R.: Anpassungen im Enzymprofil des Muskels als Reaktion auf verschiedene Belastungen.
Med. u. Sport 22 H2/3: 52–56, 1982.
Baumann H.: Biochemische und strukturelle Veränderungen in menschlichen Skelettmuskelfasern als Antwort auf verschiedene Trainingsformen.
Inaugural-Dissertation, Basel, 1984.
Bergström J.: Percutaneous needle biopsy of skeletal muscle for physiological and clinical research.
Scand J Clin Lab Invest 35: 609–616, 1975.
Brooke M.H. und *Kaiser* K.K.: Three «Myosin ATPase» systems: The nature of their pH lability and sulfhydryl dependence.
J. Histochem. Cytochem. 18: 670–672, 1970.
Henriksson J., *Reitmann* J.S.: Quantitative Measures of Enzyme Activities in Type I and Type II Muscle Fibres of Man after Training.
Acta physiol. scand. 97: 392–397, 1976.
Hoppeler H., *Mathieu* O., *Krauer* R., *Claassen* H., *Armstrong* R.B., *Weibel* E.R.: Design of the mammalian respiratory system. VI. Distribution of mitochondria and capillaries in various muscles.
Respir Physiol. 44: 87–111, 1981.
Hoppeler H., *Howald* H., *Conley* K., *Lindstedt* S., *Claassen* H., *Vock* P., *Weibel* E.: Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle.
J. Appl. Physiol. 59: 320–327, 1985.
Howald H.: Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfasern durch Training.
Schweiz. Ztschr. Sportmed. 31: 5–14, 1984.
Howald H., *Hoppeler* H., *Claassen* H., *Mathieu* O., *Straub* R.: Influence of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans.
Pfluegers Arch. 403: 369–376, 1985.
Kindermann W.: Grundlagen der aeroben und anaeroben Leistungsdiagnostik.
Schweiz-Z-Sportmed 32: 69–74, 1984.
Nolte J., *Pette* D.: Microphotometric Determination of Enzyme Activity in Single Cells in Cryostate Sections.
J. Histochem. Cytochem. 20: 567–582, 1972.
Reichmann H., *Hoppeler* H., *Mathieu-Castello* O., *von Bergen* F., *Pette* D.: Biochemical and ultrastructural changes of skeletal muscle mitochondria after chronic electrical stimulation in rabbits.
Pflügers Arch 404: 1–9,1985.
Roberts A.D., *Billeter* R., *Howald* H.: Anaerobic Muscle Enzyme Changes After Interval Training.
Int. J. Sports Med. 3: 18–21, 1982.
Weineck J.: Optimales Training.
Perimed Fachbuch-Verlags-Gesellschaft, Erlangen 1985.
Weineck J.: Sportbiologie.
Perimed-Fachbuch-Verlags-Gesellschaft, Erlangen 1988.
Zumstein A., *Mathieu* O., *Howald* H., *Hoppeler* H.: Morphometric Analysis of the Capillary Supply in Skeletal Muscle of Trained and Untrained Subjects – Its Limitations in Muscle Biopsies.
Pflügers Arch. 397: 277–283, 1983.