

Adaptations ultrastructurelles dans le muscle squelettique humain soumis à un entraînement d'endurance

Autor(en): **Mœsch, H. / Howald, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jugend und Sport : Fachzeitschrift für Leibesübungen der Eidgenössischen Turn- und Sportschule Magglingen**

Band (Jahr): **31 (1974)**

Heft 9

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-994981>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*

ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

Adaptations ultrastructurelles et biochimiques dans le muscle squelettique humain soumis à un entraînement d'endurance *

H. Mœsch et H. Howald

Les sportifs pratiquant une discipline d'endurance ne sont généralement jamais obèses. On peut facilement mettre ce fait en évidence en mesurant les plis cutanés par la méthode de Allen (table 1).

Table 1: Caractéristiques corporelles et absorption d'oxygène (valeurs moyennes et déviations standard)

| | Personnes sédentaires | Sportifs entraînés | 2 p. |
|--|-----------------------|--------------------|-------|
| | (n = 24) | (n = 35) | < |
| Proportion de la masse graisseuse par rapport à la masse corporelle maigre (%) ; obésité > 29% | 36.3 ± 9.3 | 11.5 ± 5.9 | 0.001 |
| Absorption maximale d'oxygène (ml/min · kg) | 41.6 ± 5.0 | 68.1 ± 7.6 | 0.001 |

On peut alors se poser la question de savoir en quoi le métabolisme d'un sportif endurant se distingue de celui d'une personne sédentaire. En effet, une mesure métabolique, la mesure de l'absorption maximale d'oxygène sous effort physique important, nous permet de préciser cette différence et de montrer que les athlètes mentionnés se caractérisent par une valeur d'absorption maximale d'oxygène bien plus grande que celle de personnes sédentaires (table 1). Il s'agit là d'une mesure concernant tout l'organisme, et comprenant à la fois le système de transport et l'utilisation de l'oxygène. Alors que le système de transport, soit l'appareil respiratoire, cardio-vasculaire et tout ce qui s'y rapporte, a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, il n'en est pas de même pour l'utilisation de l'oxygène dans le muscle, au niveau cellulaire. Ceci est d'autant plus étonnant que les muscles représentent le 40% de la masse corporelle et que ce fait doit nécessairement avoir des conséquences importantes sur le métabolisme général.

Pour ces raisons, nous avons choisi de porter notre attention sur les phénomènes d'adaptation cellulaires dans le muscle, dûs à l'entraînement.

Méthodes

L'accès direct au tissus musculaire est réalisé par une biopsie à l'aiguille, selon la méthode de Bergström.

Dans une première série on fit de chaque biopsie 60 coupes que l'on examina au microscope électronique, à l'agrandissement de 1:100'000. Les prises de vue correspondantes furent analysées ensuite quantitativement suivant la méthode stéréologique de Weibel.

Dans une autre série, le tissu musculaire fut analysé quant à sa teneur enzymatique. On mesura les activités de l'héxokinase EC 2.7.1.1 (HK), de la glyceraldéhyde-3-phosphate déshydrogénase (NAD) 1.2.1.12 (GAPDH), de la succinate déshydrogénase EC 1.3.99.1 (SDH) et de la hydroxyacetyl-CoA-déshydrogénase EC 1.1.1.35 (HACoADH). Le choix des enzymes à examiner était guidé par le souci d'avoir d'une part à la fois des enzymes glycolytiques et de l'oxydation des acides gras et d'autre part aussi bien des enzymes intramitochondriaux qu'extramitochondriaux.

Résultats

Au vu des valeurs morphométriques il est évident qu'aussi bien le volume mitochondrial que la surface des crêtes mitochondrielles augmentent avec l'état d'entraînement (table 2). La quantité de lipides intracellulaires augmente aussi très fortement, fait qui peut être considéré comme établissement d'une réserve fonctionnelle.

Table 2: Paramètres ultrastructurels du tissu musculaire

| | Personnes sédentaires | Sportifs entraînés | 2 p. |
|--|-----------------------|--------------------|-------|
| | (n = 9) | (n = 5) | < |
| Volume mitochondrial (%) | 5.86 ± 0.49 | 8.60 ± 0.81 | 0.001 |
| Surface des crêtes mitochondrielles (m ² /cm ³) | 1.06 ± 0.19 | 1.71 ± 0.25 | 0.001 |
| Volume de lipides intracellulaires (%) | 0.34 ± 0.18 | 0.85 ± 0.41 | 0.005 |

Du point de vue biochimique, on remarque les variations suivantes des activités enzymatiques tissulaires (table 3):

Pour la chaîne glycolytique, l'activité des enzymes HK et GAPDH ne varie guère. Par contre, l'activité des enzymes SDH (cycle de Krebs) et HACoADH (β -oxydation des acides gras) augmente très fortement. Ceci est d'autant plus significatif que les deux sont des enzymes intramitochondriaux.

Table 3: Activités enzymatiques du tissu musculaire (mmoles/min · kg)

| | Personnes sédentaires | Sportifs entraînés | 2 p. |
|---------------|-----------------------|--------------------|-------|
| | (n = 24) | (n = 35) | < |
| HK | 1.61 ± 0.57 | 1.65 ± 0.50 | n.s. |
| GAPDH | 321 ± 98 | 260 ± 91 | 0.025 |
| SDH | 4.71 ± 1.54 | 9.46 ± 2.80 | 0.001 |
| HACoADH | 21.3 ± 10.2 | 29.1 ± 7.9 | 0.005 |
| GAPDH/HACoADH | 18.0 ± 8.9 | 9.1 ± 4.4 | 0.001 |

Conclusions

En groupant les résultats obtenus, on peut constater que ce n'est pas le transport d'oxygène seul qui limite le travail musculaire, mais aussi l'utilisation possible des substrats.

Selon les travaux de Pette, certains quotients enzymatiques permettent d'examiner comparativement le métabolisme d'un organisme avec un autre, afin de préciser quels sont les substrats essentiels à l'un et à l'autre. Au vu du quotient GAPDH/HACoADH qui change d'un facteur 2 en faveur de l'oxydation des acides gras, on peut admettre, chez les personnes entraînées en endurance, une réorientation importante du métabolisme énergétique musculaire vers une utilisation préférentielle des lipides.

* avec le support du Fonds national suisse de la recherche scientifique (crédit no 3.561.71)

En ce qui concerne l'augmentation des inclusions de lipides dans la cellule musculaire, il s'agit certainement d'une réserve fonctionnelle, immédiatement disponible, puisque le système enzymatique nécessaire est développé dans ce sens. D'autres expériences nous ont montré que cette réserve est effectivement utilisée lors d'un effort prolongé.

En conclusion, on peut affirmer qu'un entraînement en endurance est certainement bénéfique pour l'organisme. D'une part, de par l'activité physique la dépense calorique est plus grande, ce qui prévient la constitution de dépôts lipidiques importants. D'un autre côté, les muscles actifs utilisent bien plus de lipides pour leur métabolisme énergétique, par suite d'une restructuration partielle, enzymatique, de l'utilisation des substrats. Ce changement est d'autant plus important pour le bilan lipidique du corps que le système musculaire représente son plus grand organe. Par ailleurs, certaines données cliniques indiquent bien cette tendance métabolique, puisque l'on sait que chez les personnes entraînées, les taux sériques en cholestérol et en triglycérides sont bien plus bas que chez des personnes sédentaires, ou même obèses.

Références à disposition chez les auteurs.

Ultrastrukturelle und biochemische Anpassungsscheinungen im ausdauertrainierten menschlichen Skelettmuskel (Zusammenfassung)

Ausdauersportler sind nie übergewichtig und zeichnen sich im Vergleich mit Nichtsportlern durch eine verbesserte maximale Sauerstoffaufnahmekapazität aus. Auf der Ebene der Muskelzelle findet letztere ihren Ausdruck in einer Zunahme des Mitochondrienvolumens und einer Vergrösserung der Mitochondrien-Membranoberflächen sowie einer verstärkten Einlagerung von feinsten Fetttröpfchen als Energiereserven. Durch entsprechende Steigerung von Enzymaktivitäten ist die ausdauertrainierte Muskelzelle auch in der Lage, ihren erhöhten Energiebedarf vermehrt durch Abbau von Fetten zu decken.

Ausdauertraining schützt demnach den Organismus nicht nur durch vermehrten Kalorienverbrauch vor Übergewicht, sondern auch durch einen gesteigerten Fettsatz in der Skelettmuskulatur, die als grösstes Organ 40 Prozent der Gesamtkörpermasse ausmacht.

MITTEILUNGEN

**aus dem Forschungsinstitut
der Eidgenössischen Turn- und Sportschule**

INFORMATIONS

**de l'Institut de recherches
de l'Ecole fédérale de gymnastique et de sport**

Berichte des Forschungsinstitutes Nr. 15, Herbst 1973

Zur Persönlichkeit der Spitzensportler in der Schweiz

von Andreas Jost

In Nr. 15 der Berichte des Forschungsinstitutes werden die Ergebnisse einer Untersuchung von Andreas Jost, Bern, über die Persönlichkeit der Spitzensportler in der Schweiz veröffentlicht. Die sorgfältig durchgeführten, umfangreichen Erhebungen sind für den sozialwissenschaftlichen Bereich der Sportwissenschaft in der Schweiz «Neuland». Untersuchungen dieser Art und dieser Qualität sind bei uns noch selten.

Bei den 140 Spitzensportlern aus sieben Sportarten wurden dreissig Variablen unter die Lupe genommen. Obwohl Jost nur Durchschnittswerte als Ergebnisse vorstellen kann, weist das ermittelte Persönlichkeitsbild interessante Aspekte auf:

Der untersuchte Spitzensportler ist überdurchschnittlich intelligent, kann sich sehr gut konzentrieren und arbeitet zuverlässig und ohne Fehler. Seine Motivationsstärke scheint überdurchschnittlich ausgeprägt zu sein. Er ist hart, realistisch und besitzt eine grosse Triebstärke. Er scheint eine angeborene geistige Wachsamkeit und erworbene soziale Fähigkeiten (Disziplin, Höflichkeit) zu haben. Einerseits ist er enthusiastisch, fröhlich und heiter, anderseits hat er auch Züge von gefühlsab-

hängigen, emotional unreifen, unterwürfigen Menschen, die scheu und furchtsam sind. Ein weiteres Teilresultat hat ergeben, dass Sportler als furchtsam, unsicher, depressiv, stimmungsabhängig und leicht in ihren Gefühlen verletzlich scheinen. Jost schliesst so richtigerweise nicht aus, dass die widersprüchlichen Züge beide richtig sein könnten. Vielleicht sind Spitzensportler scheu, furchtsam und introvertiert, möchten sich jedoch gegenüber dem Trainer oder dem Psychologen lieber mit sozialanerkannten Verhaltensweisen zeigen, also ohne Angst und extravertiert.

Die einzelnen Sportgruppen liessen sich recht gut voneinander unterscheiden. Die Unterschiede sind nicht nur von der Sportart, sondern auch von den Altersunterschieden und der sportlichen Qualität abhängig. Die grössten Unterschiede bezogen sich auf die Leistungstests, verglichen mit der Trainingszeit, oder auf Tests, die etwa Kontaktfähigkeit und Selbstkontrolle erfassen.

Die Erhebung von Jost – eine Lizentiatsarbeit an der Universität Bern – kam zustande in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich «Sozialwissenschaften» am Forschungsinstitut der ETS.