

Zeitschrift:	Jeunesse et sport : revue d'éducation physique de l'École fédérale de gymnastique et de sport Macolin
Herausgeber:	École fédérale de gymnastique et de sport Macolin
Band:	30 (1973)
Heft:	4
Rubrik:	Forschung, Training, Wettkampf : sporttheoretische Beiträge und Mitteilungen = Recherche, entraînement, compétition : complément consacré à la théorie du sport

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: 06.02.2026

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

Nach internationalem wissenschaftlichem Brauch erscheinen Publikationen in dieser 8 Seiten umfassenden Beilage in der Originalsprache und werden durch die Redaktion lediglich mit einer anderssprachigen Zusammenfassung ergänzt.

Aus dem Forschungsinstitut der Eidgenössischen Turn- und Sportschule, Magglingen (Leitung: Dr. med. H. Howald)

Strukturelle Veränderungen im trainierten menschlichen Skelettmuskel als Ausdruck eines erhöhten Dauerleistungsvermögens

H. Howald

Leistungsphysiologie und Sportmedizin befassen sich seit Jahrzehnten mit der möglichst objektiven Ermittlung der durch körperliche Aktivität hervorgerufenen Veränderungen im menschlichen Organismus, und ihre Erkenntnisse haben wesentlichen Anteil an der Entwicklung moderner Trainingsmethoden gehabt. Von jeher wurden diejenigen Anpassungsscheinungen am meisten untersucht, welche mit einem erhöhten Dauerleistungsvermögen als einer für sehr viele Sportarten entscheidend wichtigen Komponente der körperlichen Leistungsfähigkeit einhergehen. Mit den Methoden der Spiroergometrie konnte nachgewiesen werden, dass der sportliche Erfolg in Prüfungen mit hoher körperlicher Belastung ab etwa zwei Minuten zeitlicher Dauer in zunehmendem Masse von der Fähigkeit des Organismus abhängig ist, Sauerstoff aus der Umgebungsluft aufzunehmen zu können. Nachdem messbare, trainingsbedingte Veränderungen im Bereich der Atmung, des Herz-Kreislaufsystems und des Blutes beobachtet wurden, welche alle auf eine Verbesserung der Sauerstofftransportkapazität hinwiesen, wurde der limitierende Faktor für das Dauerleistungsvermögen allgemein in der Leistungsfähigkeit dieser sauerstofftransportierenden Organsysteme und speziell in deren engstem Querschnitt, nämlich der Förderleistung des Herzens als Pumpe gesehen. Da die arbeitende Muskulatur mit den bisherigen Untersuchungsmethoden nicht erfasst werden konnte, wurde den Problemen des Sauerstoffverbrauches gegenüber denjenigen des Transportes kaum Beachtung geschenkt. Hinweise darauf, dass der trainierte Skelettmuskel mehr Sauerstoff verbrauchen kann als der untrainierte, ergaben sich lediglich indirekt, das heisst aus Bestimmungen des Sauerstoffgehaltes im arteriellen und venösen Blut, und man erklärte sich die bei trainierten Individuen vergrösserte arterio-venöse Sauerstoffkonzentrationsdifferenz mit einer verbesserten Muskeldurchblutung.

Die vorliegende Arbeit soll zeigen, wie mit neu entwickelten Methoden nunmehr auch das Leistungsvermögen der sauerstoffverbrauchenden Skelettmuskulatur bestimmt werden kann und wie sich dadurch neue Erkenntnisse auf dem Gebiete des Leistungsstoffwechsels und seiner Trainierbarkeit gewinnen lassen.

1. Muskelbiopsie

Mit der im Jahre 1962 durch den Schweden *Bergström* eingeführten Nadelbiopsietechnik wurde es erstmals möglich, am lebenden Menschen Muskelgewebe ohne grösseren chirurgischen Eingriff und ohne Risiko zu entnehmen. Wir verwenden die von *Bergström* entwickelte Nadel mit 4,5 mm Aussen-durchmesser, die nach lokaler Betäubung der Haut und des Unterhautgewebes durch eine mit dem Skalpell gesetzte 4 bis

Selon la coutume internationale dans les sciences, les publications de ce complément de 8 pages se font dans leur langue d'origine. La rédaction ajoute uniquement un bref résumé dans l'autre langue

5 mm lange Stichinzision in den zu untersuchenden Muskel eingeführt wird. Da der Muskel selbst nicht schmerzempfindlich ist, bereitet das anschliessende Herausstehen von zirka 10 bis 30 mg Gewebe keine Schmerzen. Die kleine Hautwunde braucht nicht genäht zu werden und heilt innerst weniger Tage. Der Verlust einer derart geringen Menge an Muskelgewebe ist für die Funktion des Gesamtmuskels ohne jede Bedeutung, und es kann sofort nach der Biopsie belastet und auch trainiert werden. Der kleine Eingriff ist auch Hochleistungssportlern zumutbar, und es sind uns bereits mehrere Gewinner von Olympia- und Weltmeisterschaftsmedaillen bekannt, welche sich der Muskelbiopsie unterzogen haben. Der seitliche Anteil der Oberschenkelstreckmuskulatur ist die geläufigste Entnahmestelle, doch wurde auch schon über Biopsien aus der Waden- und Schultermuskulatur berichtet. Ein wesentlicher Vorteil der Methode liegt unseres Erachtens gerade darin, dass sich mit ihr die nach Sportart spezifisch trainierte Muskulatur untersuchen lässt, also zum Beispiel beim Läufer oder Radfahrer die Oberschenkelmuskulatur und beim Schwimmer oder Kanuspezialisten die Schultermuskulatur.

2. Elektronenmikroskopie

Das entnommene Muskelgewebe kann prinzipiell sowohl chemisch wie mikroskopisch untersucht werden, wobei wir uns in diesem Rahmen vorläufig auf die Darstellung der mikroskopischen Untersuchungstechniken beschränken müssen. Die mikroskopische Untersuchung des trainierten Skelettmuskels musste so lange relativ unergiebig bleiben, als sich im konventionellen Lichtmikroskop auch bei stärkster, das heisst etwa tausendfacher Vergrösserung nur grobe Strukturen wie die Muskelfasern als Ganzes, die Kerne der Muskelzellen und die Kapillaren erkennen liessen. Die für die Stoffwechselleistung der Muskelzelle und speziell für ihren Sauerstoffverbrauch verantwortlichen feineren Zellstrukturen kommen mit ihren Details erst bei den durch das Elektronenmikroskop ermöglichten zwanzigtausend- bis zweihunderttausendfachen Vergrösserungen zur Darstellung. Als erste haben 1969 fast gleichzeitig *Gollnick* und *Kraus* über eine Zunahme von Zahl und Grösse der Mitochondrien im Skelettmuskel der trainierten Ratte berichtet, und 1971 wurden ihre Befunde von *Kiessling* und *Morgan* für den trainierten Skelettmuskel des Menschen bestätigt. Mit biochemischen Methoden konnte seit 1967 vor allem der Arbeitskreis von *Hollozy* in der Skelettmuskulatur der trainierten Ratte erhöhte Aktivitäten von Enzymen des Zitratzyklus, der Aktivierung und des Transportes von Freien Fettsäuren sowie der Atemkette nachweisen. Nachdem sämtliche genannten Enzyme einerseits eng mit dem Sauerstoffverbrauch der Zelle gekoppelt und andererseits an die elektro-

nenmikroskopisch nachweisbaren Strukturen, insbesondere die Mitochondrien mit ihren verschiedenen Membranen gebunden sind, lag es nahe, diese Strukturen der Skelettmuskelzelle mit möglichst genauen Methoden quantitativ zu erfassen und das Ausmass der durch Dauerleistungstraining herbeigeführten morphologischen Veränderungen zu ermitteln.

3. Morphometrie

Sollen die im elektronenmikroskopischen Präparat nachweisbaren strukturellen Veränderungen, zum Beispiel mit den Ergebnissen leistungsphysiologischer oder biochemischer Untersuchungsmethoden in Zusammenhang gebracht werden, so ist ihre exakte quantitative Beurteilung unerlässlich. Das in den letzten Jahren von *Weibel* entwickelte System der stereologischen Morphometrie ermöglicht es, Volumina, Oberflächen und Zahl der verschiedenen Zellbestandteile zu messen. Die Methode beruht im wesentlichen auf Gesetzen der geometrischen Wahrscheinlichkeit und bedingt einen relativ grossen Rechenaufwand, welcher jedoch durch Einsatz von Computerprogrammen leicht zu bewältigen ist.

4. Muskulatur des gut trainierten Dauerläufers

Für eine erste Untersuchungsreihe stellten sich uns fünf gut trainierte Läufer und eine Läuferin der Schweizer Nationalmannschaft im Orientierungslauf zur Verfügung, welche einer gleichaltrigen Gruppe von neun nicht regelmässig trainierenden Männern und drei keinen Sport treibenden Frauen gegenübergestellt wurden. Die mit Hilfe der klassischen Spiroergometrie ermittelte und auf das Körpergewicht der Probanden bezogene

maximale Sauerstoffaufnahme lag bei den Orientierungsläufern um einen Faktor 1,25 hochsignifikant höher als bei den nicht-trainierenden Männern, und diese wiesen wiederum gegenüber den nicht Sport treibenden Frauen eine um den Faktor 1,4, ebenfalls hochsignifikant, bessere Sauerstoffaufnahmekapazität auf.

Im elektronenmikroskopischen Bild der untersuchten Oberschenkelmuskulatur ergeben sich zwischen trainierten und untrainierten Probanden schon rein aspektmässig gewaltige Unterschiede, welche sich durch die quantitative Morphometrie bestätigen lassen. In Abb. 1 a) ist die Muskulatur eines untrainierten Probanden und in Abb. 1 b) jene eines Spitzläufers im genau gleich grossen Vergrösserungsmassstab im Längsschnitt dargestellt. Es lässt sich unschwer feststellen, dass der Skelettmuskel des trainierten Läufers bei strukturell unveränderten Muskelfibrillen einerseits ganz wesentlich vergrösserte Mitochondrien und andererseits wesentlich mehr Fettröpfchen enthält.

4.1 Mitochondrienvolumen und Mitochondrienoberflächen

Der prozentuale Volumenanteil der Mitochondrien am Gesamtzellinhalt ist im Skelettmuskel der trainierten Orientierungsläufer hochsignifikant grösser als in demjenigen der nicht regelmässig trainierenden Männer und im Muskelgewebe der letzteren wiederum signifikant höher als in demjenigen der keinen Sport treibenden Frauen. In Abb. 2 sind die Gruppenunterschiede für die untrainierten und trainierten Männer grafisch dargestellt. Das totale Mitochondrienvolumen hat bei den Orientierungsläufern mit verbesserter Sauerstoffaufnahmekapazität um einen Faktor 1,4 zugenommen, die Aufgliederung

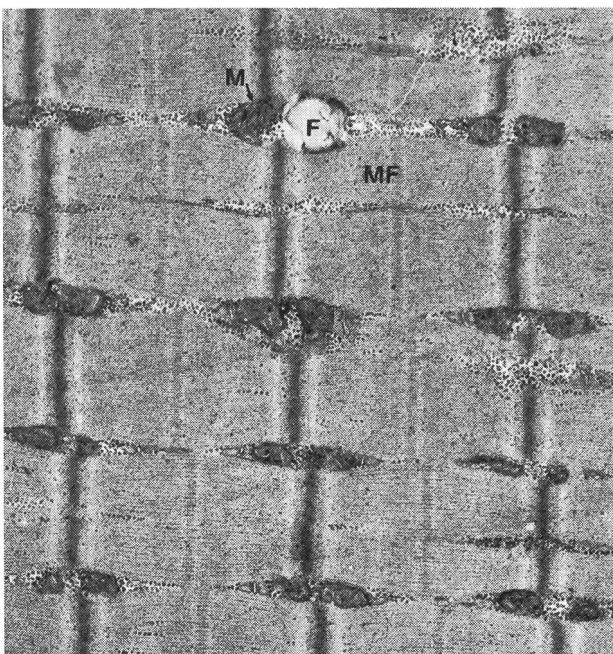
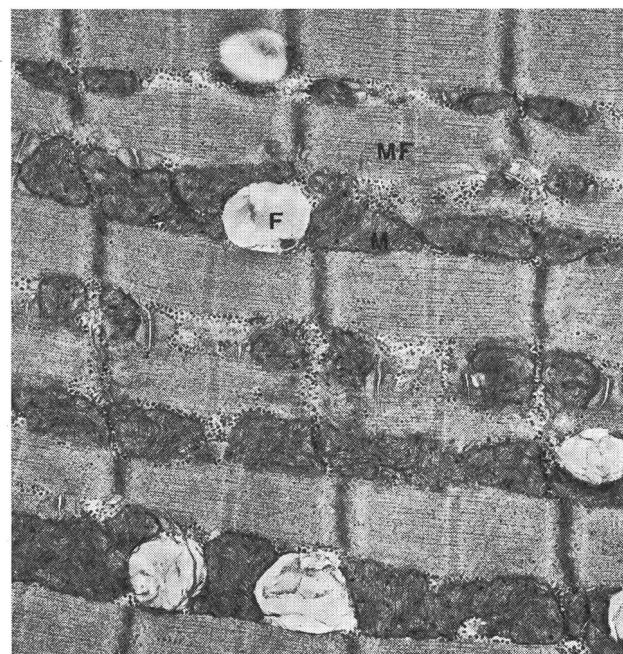


Abb. 1: Skelettmuskulatur im Längsschnitt:

a) untrainierter Mann



b) guttrainierter Orientierungsläufer

(MF = Muskelfibrillen – M = Mitochondrien – F = Fettröpfchen)
Vergrösserung: 15000 fach

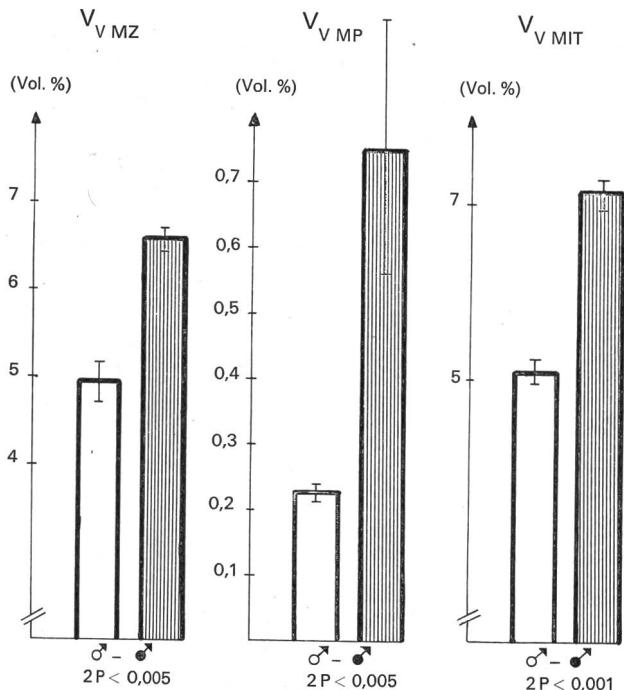


Abb. 2: Mitochondrienvolumina:
Mittelwerte und Standardfehler des Mittelwertes für Mitochondrienvolumina:
leere Säule = untrainierte Männer
schraffierte Säule = Orientierungsläufer
(V_V MZ = zentrale Mitochondrien – V_V MP = periphere Mitochondrien – V_V MIT = totales Mitochondrienvolumen)

nach zentral, das heisst zwischen den Muskelfibrillen gelegenen und peripher, das heisst unter der Zellmembran gelegenen Mitochondrien ergibt eine Zunahme um den Faktor 1,2, resp. 3,2. Die untrainierten Männer wiesen ein um den Faktor 1,25 grösseres totales Mitochondrienvolumen auf als die untrainierten Frauen. Zwischen dem totalen Mitochondrienvolumen und der spiroergometrisch ermittelten maximalen Sauerstoffaufnahme besteht eine hochsignifikante Korrelation (Abb. 3). Eine ebenfalls vom Trainingszustand und vom Geschlecht abhängige Zunahme erfahren die Mitochondrienoberflächen, und zwar sowohl diejenige der Aussenmembran wie diejenige der in Form der sogenannten Cristae mehrfach gefalteten Innenmembran der Mitochondrien. Bei den Männern macht der durch das regelmässige Dauerleistungstraining bedingte Zuwachs für beide Membranoberflächen mehrere Quadratmeter pro cm³ Muskelgewebe aus (Faktor 1,28 für die Aussenmembran und 1,63 für die Cristaeoberfläche). Bei den untrainierten Probanden haben wir eine um den Faktor 1,35 grössere Oberfläche der Aussenmembran und eine um den Faktor 1,45 grössere Cristaeoberfläche zugunsten des männlichen Geschlechtes ausgemessen. Wie für das Mitochondrienvolumen konnte auch für die Mitochondrienoberflächen eine signifikante Korrelation zur maximalen Sauerstoffaufnahmefähigkeit errechnet werden.

4.2 Fettreserven der Muskelzellen

Die quantitative Auswertung ergab in Bestätigung des optischen Eindruckes den auf den ersten Blick überraschenden Befund, dass die trainierten Muskelzellen im Durchschnitt um einen Faktor 2,5 mehr Fett enthalten als die untrainierten. Dagegen war in dieser Beziehung kein Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern zu ermitteln. Bei den in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Mitochondrien eingelagerten Fetttröpfchen handelt es sich chemisch um Triglyceride, welche der Muskelzelle vor allem für Dauerleistungen als Nährstoff bei der Energiebereitstellung zur Verfügung stehen.

4.3 Übrige Zellstrukturen

Der Anteil der Muskelfibrillen am Gesamtzellinhalt nahm im trainierten Muskel zugunsten der Mitochondrien leicht ab. Die übrigen von uns vermessenen Zellstrukturen, nämlich Zellplasma, intrazelluläres Röhrensystem (transversale und longitudinale Tubuli) und Glykogengehalt zeigten weder geschlechtsspezifische noch vom Trainingszustand abhängige Unterschiede.

5. Schlussfolgerungen

Mit der beschriebenen Untersuchungstechnik wurde zwischen Struktur und Funktion eine direkte Verbindung geschaffen, und es wurde das letzte Glied in der langen Kette der Sauerstoffübertragung von der Aussenluft bis in zu den die Energie für die Muskelarbeit produzierenden Elementen einer direkten quantitativen Untersuchung zugänglich gemacht.

Anhand der dargestellten Ergebnisse ist nicht mehr daran zu zweifeln, dass die bekannten geschlechtsspezifischen und vom Trainingszustand abhängigen Unterschiede im Sauerstoffaufnahmevermögen des Menschen zu einem wesentlichen Teil von der Feinstruktur der Muskelzelle abhängig sind. Mit andern Worten drückt sich das individuelle Dauerleistungsvermögen ganz klar im Volumen und in den Membranoberflächen

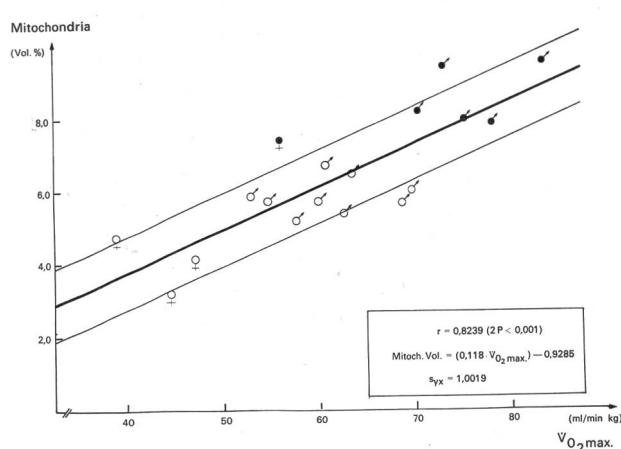


Abb. 3: Korrelation zwischen maximaler Sauerstoffaufnahme (V_{O₂} max) und Mitochondrienvolumen

♀ = Frauen, untrainiert
♂ = Männer, untrainiert

♀ = Frauen, trainiert
♂ = Männer, trainiert

Au pas de course dans l'arthrose

H. Moesch

der Mitochondrien aus, in welchen bekanntermassen der oxydative Zellstoffwechsel abläuft. Ferner legt sich offenbar im Laufe des Trainingsprozesses der trainierte Skelettmuskel eine Energiereserve in Form von direkt in den einzelnen Zellen eingelagerten Fetttröpfchen an.

Es bestehen Anhaltspunkte dafür, dass die zelluläre Oxydationskapazität letztlich sogar der entscheidende Faktor für das Dauerleistungsvermögen ist und nicht wie bisher angenommen die Leistungsfähigkeit der Sauerstofftransportorganisation über Lunge, Herz und Blutkreislauf. Dabei liegt es auf der Hand, dass auch die Transportkapazität gesteigert werden muss, wenn in der arbeitenden Muskulatur mehr Sauerstoff pro Zeiteinheit umgesetzt werden kann. Eine optimale Leistung ist sicher nur dann möglich, wenn alle Elemente in ihrer funktionellen Kapazität aufeinander abgestimmt sind und reibungslos ineinander greifen.

Wir sind überzeugt davon, dass sich mit Hilfe der Muskelbiopsie und der gezielten mikroskopischen oder biochemischen Weiterverarbeitung des entnommenen Muskelgewebes in den nächsten Jahren eine ganze Reihe von Fragen aus Leistungs- und Trainingsphysiologie werden lösen lassen, welche mit den bisher zur Verfügung stehenden Methoden offen bleiben mussten.

Literaturverzeichnis

- Hoppeler, H., Lüthi P., Claassen H., Weibel E.R. und Howald H.: Die Ultrastruktur des normalen menschlichen Skelettmuskels – eine morphometrische Analyse bei untrainierten Männern und bei guttrainierten Dauerleistern. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem. (im Druck).
- Howald, H.: Anatomische, physiologische und biochemische Grundlagen der Muskelkontraktion. Jugend und Sport 29, 11–13 (1972).
- Howald, H. et Moesch H.: Fondements anatomiques, physiologiques et biochimiques de la contraction musculaire. Jeunesse et Sport 29, 167–170 (1972).
- Weibel, E.R.: Stereological principles for morphometry in electron microscopic cytology. Int. Rev. Cytol. 26, 235–302 (1969).

Transformations structurelles dans le muscle squelettique entraîné témoignant d'une endurance accrue (résumé)

En complétant les méthodes traditionnelles pour déterminer l'état d'entraînement, le suédois Bergström fut le premier, en 1962, à introduire une nouvelle technique moyennant la biopsie musculaire. Cette méthode permet de prélever du tissu musculaire de l'homme vivant sans risque et sans intervention chirurgicale. La biopsie musculaire, adoptée et poursuivie par l'auteur, est décrite dans le présent article ainsi que les examens au microscope électronique du tissu musculaire prélevé. On a vu que le muscle de l'homme se distingue nettement de celui de la femme, présentant des mitochondries plus importantes en volume aussi bien qu'en surface de leurs membranes extérieures et intérieures. L'entraînement à l'endurance augmente ces mêmes volumes et surfaces mitochondrielles sans rien changer aux autres structures cellulaires, à l'exception d'un réservoir accru en gouttelettes de graisse. Il existe une corrélation très significative entre le volume des mitochondries et la capacité maximale d'absorption d'oxygène.

Die elektronenmikroskopisch-morphometrischen Untersuchungen zu dieser Arbeit wurden durch Fr. H. Claassen und die Herren cand. med. H. Hoppeler und P. Lüthi am Anatomischen Institut der Universität Bern (Direktor: Prof. Dr. med. E. R. Weibel) durchgeführt.

Tous les mouvements nécessaires à la vie courante, que ce soit la marche, la course à pied, les sauts ou même la position assise, mettent à contribution une articulation très importante: celle des hanches.

Articulation de la hanche

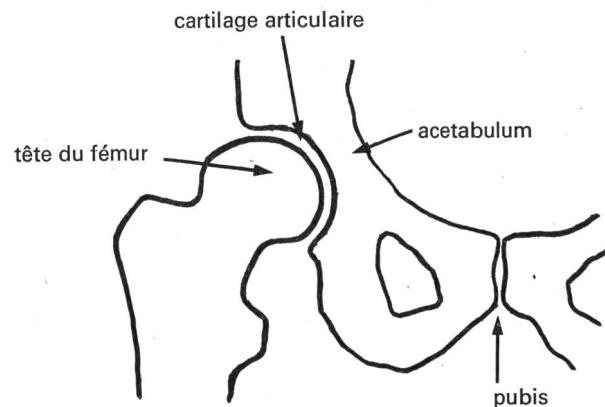


Fig. 1: Schéma de l'articulation de la hanche. Aspect normal.

Lors d'un saut, par exemple, cette articulation transmet des forces équivalentes à quatre fois le poids du corps. Il n'est donc nullement étonnant que cette articulation soit sujette à des troubles de natures diverses.

Les changements qui peuvent survenir s'expriment souvent par l'ostéo-arthrose, une cause importante de l'impotence articulaire. L'articulation des hanches peut donc être bloquée (dans les cas graves) par l'arthrose. Ces signes de maladie surviennent généralement dès la quarantaine chez les personnes qui en sont affectées.

L'importance économique de cette maladie n'est d'ailleurs pas négligeable, car elle rend impropre au travail des personnes autour de 50 à 60 années d'âge, période qui est en général celle de la productivité économique maximale.

Sous nos latitudes, on compte qu'environ le 13 pour cent de la population adulte au-dessus de 45 ans en est affectée.

Il est évident qu'une action tendant à diminuer cette proportion de gens fortement souffrants est à rechercher.

La question se pose alors de savoir d'où provient cette maladie, quelles en sont les causes majeures.

En examinant les articulations des malades, on constate qu'il s'agit de transformations dégénératives secondaires, provenant principalement des causes primaires suivantes:

– Dysplasie acétabulaire:

Trouble dans le développement de l'acétabulum (os du bassin en opposition à la tête du fémur), entraînant une déformation de celle-ci. Il en résulte un fonctionnement réduit de l'articulation.

– Maladie de Perthes:

aussi appelée arthrite déformante juvénile. Il s'agit d'un trouble de croissance de l'épiphyse (zone de croissance) de la tête fémorale, qui s'aplatit, se condense et prend un aspect fragmenté. C'est une maladie grave qui donne souvent une déformation de la hanche.

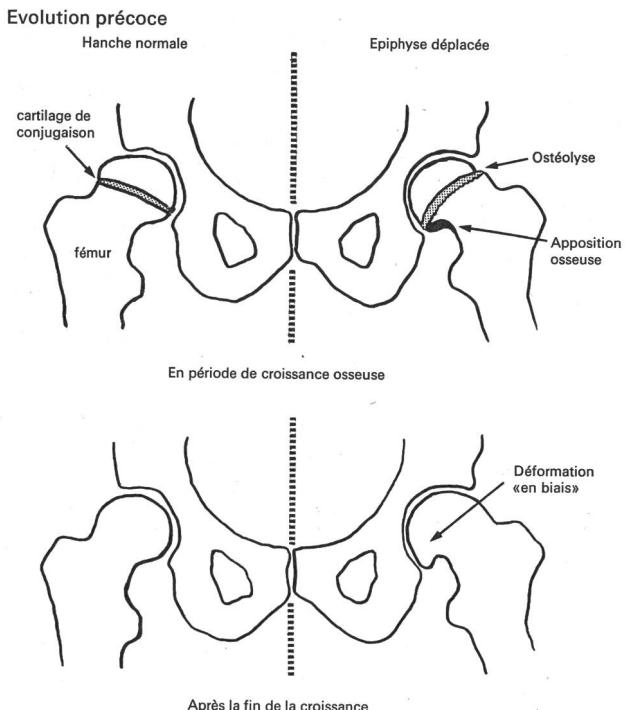


Fig. 2: Evolution précoce et fixation du déplacement de la tête fémorale. La partie gauche montre une situation normale, tandis que sur la partie droite se voit la déformation due à une épiphyséolyse.

– Epiphyséolyse:

Durant la période de croissance, le cartilage de conjugaison (Fig. 2) de l'épiphyséolyse du fémur représente un point faible. Lors d'une charge trop forte, il peut y avoir glissement de la tête du fémur par rapport au reste de l'os.

Cette déchirure, ce glissement de la partie encore cartilagineuse de l'os ne représente rien d'autre qu'une forme particulière de fracture. La tête du fémur est alors déplacée latéralement. (Il est bien clair, que ce déplacement peut aussi bien se faire vers l'avant ou vers l'arrière, c'est-à-dire perpendiculairement au plan qui nous occupe ici. Les symptômes résultants sont d'ailleurs les mêmes.)

Ce déplacement de l'épiphyséolyse par rapport à l'axe du reste de l'os s'appelle *épiphyséolyse*.

Toutes ces maladies prennent leur cours durant la période de croissance osseuse de la personne, croissance qui s'arrête vers 16 à 18 ans pour les filles et vers 18 à 21 ans pour les garçons. Les valeurs extrêmes se situent même vers 20, resp. 23 ans.

Laissons à présent de côté les deux premières causes, peu fréquentes, même rares, et examinons de plus près la cause la plus fréquente: l'épiphyséolyse.

La répartition géographique de l'ostéoarthrose est assez étonnante. En effet, la proportion de la population qui en souffre est à peu près la même en Europe centrale, au Canada, dans la partie septentrionale des U.S.A., en Australie et Nouvelle-Zélande et parmi la population blanche de l'Afrique du Sud.

Dans le Nord de l'Europe, la proportion est un peu plus faible. Cette affection est pourtant presque inexiste en Orient, la partie méridionale des U.S.A., en Amérique du Sud et parmi la population noire de l'Afrique du Sud.

Cette répartition géographique particulière a incité R.O. Murray du « Royal Orthopaedic Hospital » de Londres à examiner de plus près la cause de cette affection.¹

Pour cela, il a examiné plus de 500 personnes souffrant d'arthrose de l'articulation des hanches.

Dans la grande majorité des cas, la cause première était une épiphyséolyse, déterminée grâce à des examens radiologiques de précision. Souvent pourtant, il est difficile de déterminer la cause du dérangement lorsque l'on se trouve en face de l'évolution tardive seule de la maladie (Fig. 4).

La maladie en question n'est souvent remarquée que lorsqu'elle est très avancée, par suite des symptômes vagués et peu caractéristiques survenant durant la jeunesse de la personne affectée. Les douleurs aiguës apparaissent en moyenne à 53,6 ans. On a aussi pu constater que le 35 pour cent des patients seulement avaient une articulation des hanches initialement normale. Au moins 39,5 pour cent des patients, par contre, avaient développé une déformation anatomique appelée *déformation en biais* (tilt deformity), précisément à la suite d'une épiphyséolyse (Fig. 2).

Un premier résultat intéressant fut la répartition des cas d'épiphyséolyse en fonction du sexe: très peu de femmes en étaient affectées (Fig. 3).

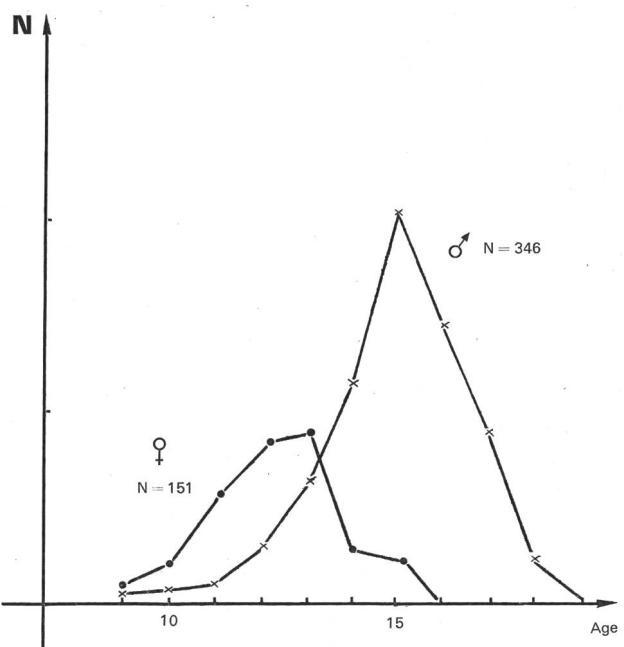


Fig. 3: Schéma de l'incidence maximale de l'épiphyséolyse en fonction de l'âge et du sexe. On voit que les déformations typiques se forment bien avant la fin de la croissance osseuse.

La proportion entre hommes et femmes était d'environ 1 : 5,6. Pour les autres affections conduisant plus tard à l'ostéoarthrose, cette asymétrie n'existe pas.

	%	Age moyen du début de la phase aiguë	Rapport
			Hommes Femmes
Hanches initialement normales	35	57,7	1 : 4,4
Hanches initialement anormales	65	53,6	
Dysplasie acétabulaire	25,5	50,8	1 : 4,1
Déformation en biais	39,5	51,5	5,6 : 1

Tabelle 1: Répartition en fonction de l'âge et du sexe de la phase aiguë d'ostéo-arthroses de la hanche.

Cette déformation en biais s'est avérée être le facteur étiologique le plus important, pour les hommes du moins, puisque le 75 pour cent des cas d'ostéo-arthrose examinés étaient dûs à cette déformation. (Tabelle 1).

L'auteur en question a alors essayé de trouver la relation causale de cette répartition asymétrique parmi la population.

L'idée que la cause pouvait résider dans l'activité physique de la personne concernée lui est venue en remarquant le nombre élevé d'athlètes auparavant très connus, qui devenaient importants par des affections dégénératives de la hanche au cours de leur vie. La grande majorité de ces patients présentaient précisément cette déformation en biais, due à une épiphyséolyse unilatérale ou bilatérale (Fig. 4).

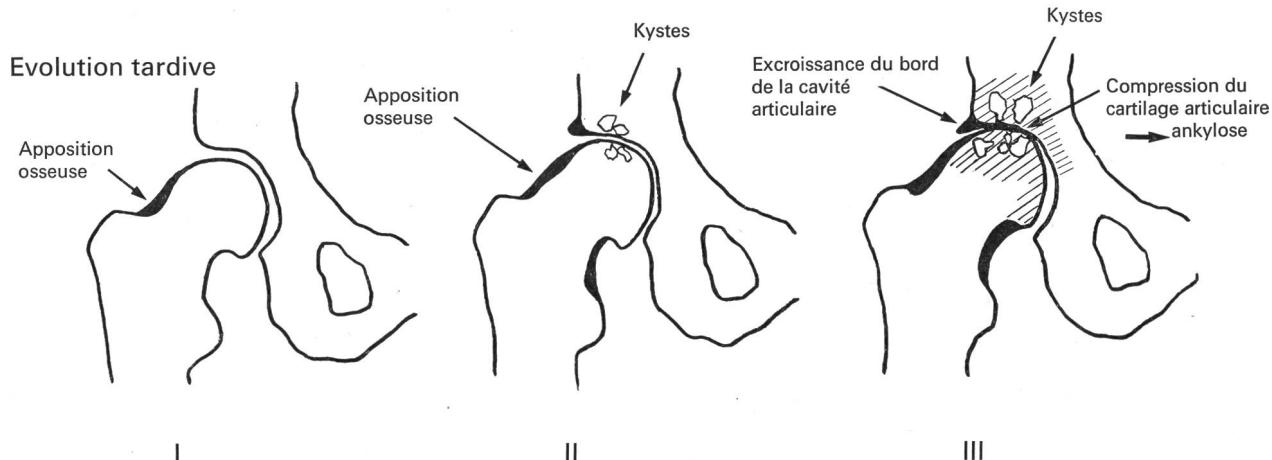


Fig 4: Evolution tardive d'une épiphyséolyse. Par croissance compensatoire osseuse, il peut y avoir érosion de la cavité articulaire. Cela provoque souvent des troubles inflammatoires secondaires pouvant aboutir à l'ankylose.

Comme ces athlètes n'avaient jamais fait mention de symptômes marquants, cela laisse supposer que le jeune athlète ne ressent aucun inconfort ni douleur caractérisés aux premiers stades de l'affection.

L'hypothèse de l'origine «athlétique» de l'épiphyséolyse fut testée expérimentalement, de la manière suivante:

On prit trois groupes de jeunes gens, à activité physique moyenne très différentes.

Groupe I : groupe à activité athlétique et sportive intenses

Groupe II : groupe à activité athlétique et sportive faibles («intellectuels»)

Groupe III: groupe de contrôle (apprentis, groupe très mélange, représentant la moyenne de la population)

Les résultats peuvent se résumer dans la table suivante:

Tabelle 2

Groupes	Personnes examinées	Déformations en biais	Poids moyen	Grandeur moyenne	Age moyen
I	94	24%	69,6 kg	1,81 m	17,6 années
II	77	9%	68,0 kg	1,78 m	17,5 années
III	80	15%	67,1 kg	1,74 m	18,3 années

Ces différences ont été assurées statistiquement ($P \leq 0,05$)

Tabelle 2: Résultats de la vérification expérimentale de l'origine «athlétique» de l'épiphyséolyse du fémur. (Signe \leq , signifiant: plus petit ou égal à).

En plus de ces examens radiologiques, on a pu tirer un parallèle entre la présence de déformations en biais et les dires de ces personnes qui se plaignaient de «douleurs croissantes». Ces douleurs commencent fréquemment dans les genoux. Une vieille règle médicale dit par ailleurs qu'en cas de douleurs dans les genoux, il faut examiner les hanches. Un tel examen peut alors révéler une épiphysiolysé en développement. Il est bien évident qu'en cas d'affection déclarée, l'activité sportive de la jeune personne concernée doit être réduite à l'extrême, dans la branche sportive exercée jusqu'alors, jusqu'à la fin de la croissance osseuse.

Ainsi, la répartition géographique bizarre s'explique par la vogue de l'activité sportive de compétition, volontaire ou obligatoire, dans les pays où cette maladie apparaît le plus fréquemment.

Des investigations récentes ont d'ailleurs montré que l'on tend vers une égalisation de la proportion d'hommes et de femmes affectées, par suite de l'augmentation générale de l'activité athlétique et sportive chez les filles depuis deux décennies.

Une analyse des disciplines sportives engendrant spécialement des épiphysiolyses révèle que ce sont celles qui imposent de grands moments angulaires sur l'articulation de la hanche. Il s'agit plus particulièrement de la gymnastique artistique, des sauts en athlétisme, du football, du rugby, des courses de haies et surtout aussi des courses de longue distance sur terrains durs, tels que l'asphalte.

D'un autre côté, il faut préciser que le fait d'avoir une déformation en biais de l'articulation de la hanche ne signifie pas obligatoirement apparition de l'ostéo-arthrose plus tard.

Cette déformation constitue pourtant une prédisposition très nette en faveur d'une maladie dégénérative de l'articulation.

En conclusion, comme ces lésions se font généralement *avant* même que la personne en question n'ait obtenu des succès sportifs notoires, il serait absolument important de revoir tous les programmes d'entraînement, spécialement pour les disciplines citées. Car le sportif qui subit un tel entraînement ne remarque souvent pas que quelque chose va mal, puisque l'entraînement qui mène à ces déformations lui est généralement imposé sans qu'il ait aucun moyen de savoir s'il présente des effets nocifs ou non. Toute la responsabilité réside donc chez l'entraîneur, spécialement chez celui qui s'occupe d'entraînements de haute compétition, même s'il s'agit d'effets se déclarant à long terme comme ceux que l'on vient de décrire. Cette responsabilité devient encore plus grande, lorsque les personnes entraînées sont plus jeunes, car plus l'âge est bas, plus ces accidents sont sujets à survenir facilement.

Il faut donc revoir très sérieusement les mérites de tout entraînement subi par des personnes à croissance non terminée et faisant subir de grandes charges à l'articulation de la hanche. La course de longue distance, sur sol dur, en particulier, en même temps que la gymnastique à l'artistique semblent tout particulièrement concernées.

Une investigation précise, en fonction des disciplines sportives, serait à entreprendre, pour préciser les risques inhérents à chacune.

Gefährdung des Hüftgelenkes beim jugendlichen Sportler (Zusammenfassung)

Während der gesamten Dauer des Wachstums ist das Hüftgelenk im Bereich seiner Wachstumszone am Oberschenkelkopf ziemlich plastisch und demnach auch empfindlich gegenüber starken mechanischen Beanspruchungen. Eine Überbeanspruchung kann zu einer Art Gleitbruch des Knochenhalses führen, die man Epiphysiolysé nennt. Oft kommt dieselbe unbemerkt und ganz allmählich zustande, als Summe einer gewissen Anzahl von Mikrotraumen. Nach Ende des Knochenwachstums wird die Situation fixiert, und die sich daraus ergebende Gelenkasymmetrie kann nach sekundärer degenerativer Entwicklung, zum Beispiel nach 20 bis 30 Jahren, zu einer Hüftgelenkarthrose führen. Letztere ist in vielen Fällen das erste Krankheitssymptom überhaupt, weil vorher keine Beschwerden bestehen und sich die Gelenkdeformationen nur im Röntgenbild bemerkbar machen.

In einer grösseren englischen Statistik ist aufgefallen, dass sich unter den Patienten mit Hüftgelenkarthrosen auffällig viele frühere Sportler befanden. Eine systematische Untersuchung führte dann zu folgenden Ergebnissen:

- Junge Sportler haben viel öfters femorale Epiphysiolysen als Nichtsportler oder nicht sportorientierte Normalpersonen.
- Diese Epiphysiolysen führen sehr oft ein bis zwei Jahrzehnte später zu Hüftgelenksarthrosen.
- Speziell betroffen sind Sportler aus den Disziplinen Kultturnen, Fussball und Langstreckenläufen, besonders wenn letzteres auf harter Unterlage betrieben wird.

Zur Vermeidung von Spätschäden am Hüftgelenk ist es unerlässlich, dass das noch wachsende Hüftgelenk des Jugendlichen vor Überbelastung bewahrt wird. Es ist Sache des Trainers, für das Training entsprechende Vorsichtsmassnahmen durchzusetzen, und Sache des Sportarztes, sich allmählich entwickelnde Gelenkdeformationen frühzeitig zu erfassen.

Bibliographie

¹ Murray, R. O., Duncan, Catherine. Athletic activity in adolescence as an etiological factor in degenerative hip disease. Journal of Bone and Joint Surgery, 53 B, 406–419 (1971).

Disziplinarfall im Sport

Jürg Schiffer

Ein Disziplinarfall im Sport geschieht oft in einer Situation, die ein rasches Handeln, eine Sofortmassnahme erfordert, damit der übrige Trainings- oder Wettkampfbetrieb nicht darunter leidet. Empfehlenswert ist, für Trainer und Sportler eine kurze *Bedenkzeit* einzuräumen, um beiderseits eine gewisse Distanz zum Konflikt zu erhalten.

Kann in dieser kurzen Bedenkzeit der Konflikt nicht gelöst werden, so drängt sich eine *Sofortmassnahme* auf, die nicht als Sanktion, sondern als Massnahme zu treffen ist, um den übrigen Trainings- oder Wettkampfbetrieb ungestört fortführen zu können. Eine Sofortmassnahme soll eine Bestrafung in keiner Weise präjudizieren.

Nach dem Training oder Wettkampf muss der Disziplinarfall – wenn möglich mit Konsultation eines Unbeteiligten – untersucht und beurteilt werden. Am Anfang jeder Untersuchung stehen folgende Fragen:

- *Bin ich für diesen Fall zuständig?*
- *Was weiss ich? (Fakten)*
- *Was nehme ich an? (bisherige Erfahrung, Gerüchte, Vorurteil)*
- *Was sollte ich wissen? (weitere Fakten)*

Wir neigen leicht dazu, eine kleine Anzahl mehr oder weniger sicherer Fakten zu «ergänzen» und konstruieren so ein eigenes Urteil.

Die Beurteilung einer Situation erfordert ein gewissenhaftes *Sammeln und Prüfen von Fakten*. Die Fakten sollen sich auf *vier Bereiche* erstrecken:

1. Gründe und Eigenschaften des Wettkämpfers, die das Verhalten beeinflussen:

- a) allgemein; b) speziell in momentaner Situation
- Charakter, Intelligenz, Motivation, seelische Verfassung (z. B. Angst)
- Körperliche Verfassung (Trainingszustand, Verletzung, Übermüdung)
- Soziale Faktoren wie: Familie, Beruf, Freundschaft, Beziehung zu Sportskollegen. Allgemein soziales Verhalten
- Erfolg/Misserfolg allgemein und im Sport

2. Gründe und Eigenschaften des Trainers, die zu einem Eingreifen führen:

- a) allgemein; b) speziell in momentaner Situation
- Autoritäts- oder Prestigedenken
- übertriebener Ehrgeiz
- Exempel statuieren
- Stresssituation
- Missachtung von allgemeinen Richtlinien, Ungehorsam
- Emotionales Verhalten des Trainers
- «Paketstrafe» (jetzt reicht es)
- erzieherische Motive

3. Pädagogisches Verhältnis Trainer-Wettkämpfer

- autoritär/partnerschaftlich
- gestört, wenn ja weshalb?

- affektive Gründe
- findet Trainer ungerecht
- Streitigkeiten über Trainingsaufbau, Taktik, Aufstellung
- Misstrauen über fachliche Fähigkeiten
- Misstrauen über sportliche Eignung
- Unterschiedliche Zielsetzung (Motivation), zum Beispiel Leistung kontra Vergnügen

4. Einflussfaktoren allgemeiner Art

- Allgemeine Verhaltensnormen und -erwartungen
- Einflüsse direkter Art auf Konflikt: Massenmedien, Publikum, Verein, Verband
- Soziale Streitigkeiten und Spannungen, die indirekt das Verhalten des Trainers oder Wettkämpfers oder deren Beziehung beeinflussen

Nach diesem gewissenhaften Sammeln und Prüfen von Fakten stellt sich die Frage:

Welche Fakten rechtfertigen eine Bestrafung des Angeklagten, welche Fakten entlasten ihn? Dabei ist zu sagen, dass die Gegenüberstellung der positiven und negativen Aspekte auf einer Wertskala beruht, die der Trainer trifft und die weder mit allgemein gesellschaftlichen Auffassungen noch mit derjenigen des Angeklagten übereinstimmen muss. *Der Trainer soll sich dieser Relativität der eigenen Wertskala bewusst werden.*

Eine Bestrafung wird nicht nur verhängt, der Verurteilte hat ein Recht auf Begründung, nötigenfalls auf eine Überprüfung des Urteils durch eine neutrale Instanz.

Das Mass der Bestrafung muss dem Vergehen angepasst sein. Nach der Bestrafung ist der Fall erledigt.

Jeder Fall ist ein individueller Fall und muss individuell gelöst werden.

Cas d'infraction à la discipline dans le sport (résumé)

Quelques idées relatives au titre sont exposées dans l'article présent. Une certaine distance envers le conflit est atteinte par un bref temps de réflexion. Si l'entraîneur prend des mesures immédiates pour continuer sans gêne entraînement ou compétition, ces mesures ne doivent pas faire effet de punition.

Lors de l'examen du cas à la fin de l'entraînement ou de la compétition – si possible en consultant une personne neutre – on se posera quelques questions, telles que: compétence pour ce cas, informations exactes, suppositions... Il est relativement facile de rajouter des hypothèses aux faits et de se créer un avis erroné. Il est important, pour pouvoir juger la situation, de rassembler les faits et les circonstances. L'entraîneur doit être conscient de la relativité de sa propre opinion. Le condamné a le droit de faire examiner le jugement par une instance neutre. Le cas est liquidé après la punition.

Concerne: Recherche - Entraînement - Compétition

Depuis une année, l'Institut de Recherches assume la rédaction de ce complément. Nous aimerais connaître l'avis de nos lectrices et lecteurs sur le choix et le sujet des thèmes présentés et leur degré de difficulté et avons décidé de faire une enquête dans ce numéro.

Selon la coutume internationale les publications scientifiques se font dans leur langue d'origine et la rédaction ajoute un bref résumé dans l'autre langue. Ainsi le lecteur a la possibilité de lire des publications de langue allemande. Il serait trop compliqué de traduire les textes scientifiques et techniques,

et le complément est le même dans les éditions française et allemande de «Jeunesse et Sport» (Jugend und Sport). Nous vous prions de renvoyer le questionnaire, dûment rempli, jusqu'au 15 mai, à

Ecole fédérale de gymnastique et de sport
Institut de recherches
2532 Macolin

¹ Pour des raisons d'impression, nous ne pouvions joindre des cartes-réponses affranchies à forfait. Nous le regrettons.



1. Trouvez-vous que les articles du complément sont en général	trop compliqués bien compréhensibles trop faciles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Le choix des sujets est-il	trop scientifique bon touchant trop à la pratique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Vous déplaît-il de trouver des textes allemands dans le complément Recherche - Entraînement - Compétition?	oui non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Lisez-vous	régulièr- ment souvent rare- ment jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— les textes en français — les textes en allemand — leur résumé en français	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Vous arrive-t-il de lire dans la vie quotidienne, à la maison ou professionnellement, des livres, journaux ou articles en langue allemande?	régulièrem- tente- ment souvent rare- ment jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Observations concernant le complément Recherche - Entraînement - Compétition:			

7. Indications personnelles:

Sexe: masculin féminin
Age: jusqu'à 20 ans 41 à 50 ans
 21 à 30 ans 51 à 60 ans
 31 à 40 ans plus de 60 ans
Langue maternelle: français autre
 allemand
Domicile: à la campagne en ville
 semi-ville

Nous vous remercions de votre collaboration!

Formation:

Ecole primaire
Ecole secondaire
Gymnase / lycée
Ecole supérieure
Diplôme d'apprentissage

Stage linguistique
(Suisse alémanique, Allemagne)
oui
non

deutscher Text auf der Rückseite!

Betrifft: «Forschung – Training – Wettkampf»

Vor einem Jahr hat das Forschungsinstitut die Redaktion dieser Beilage übernommen. Um zu erfahren, ob die Auswahl der Beiträge, die Themenwahl und der Schwierigkeitsgrad den Wünschen unserer Leserschaft entsprechen, führen wir in dieser Nummer eine kleine Umfrage durch.

Die wissenschaftlichen Publikationen erscheinen nach internationalem Brauch in der Originalsprache und werden durch die Redaktion mit einer anderssprachigen Zusammenfassung ergänzt. Der interessierte Leser soll damit die Möglichkeit haben, Publikationen aus dem französischen Sprachbereich zu lesen. Eine Übersetzung der Fachtexte wäre zu aufwendig.

Dieselbe Beilage erscheint in der deutschen und in der französischen Ausgabe von Jugend und Sport (Jeunesse et Sport). Dürfen wir Sie bitten, den ausgefüllten Fragebogen bis zum 30. Mai zurückzusenden an die¹

Eidg. Turn- und Sportschule
Forschungsinstitut
2532 Magglingen

¹ Aus drucktechnischen Gründen war es nicht möglich, eingehaftete pauschalfrankierte Antwortkarten beizulegen.

1. Finden Sie die Artikel der Beilage im allgemeinen

zu kompliziert
gut verständlich
zu einfach

2. Ist für Sie die Themenwahl der Beiträge

zu wissenschaftlich
gut
zu praxisbezogen

3. Stört es Sie, wenn in der Beilage «Forschung – Training – Wettkampf» französische Texte erscheinen?

ja
nein

4. Lesen Sie in der Beilage

- die deutschsprachigen Beiträge
- die französischen Beiträge
- deren deutsche Zusammenfassung

regelmässig öfters selten nie

5. Lesen Sie ab und zu im Alltag oder im Geschäft Bücher, Zeitungen oder Artikel in französischer Sprache?

regelmässig
ofters
selten
nie

6. Bemerkungen zur Beilage «Forschung – Training – Wettkampf»

.....
.....
.....
.....
.....

7. Angaben:

Ausbildung:

Geschlecht:

männlich

weiblich

Alter:

bis 20 Jahre

41–50 Jahre

Primarschule

21–30 Jahre

51–60 Jahre

Sekundarschule

31–40 Jahre

über 60 Jahre

Mittelschule

Hochschule

Lehrabschluss

Muttersprache:

Deutsch

andere

Französisch

Wohnort:

ländlich

städtisch

Sprachaufenthalt
(Westschweiz/Frankreich)

ja

nein

Für Ihre Antwort danken wir Ihnen bestens!

Texte français au verso!