

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Jugendliche und Hochleistungssport

**Weiss, Ursula
Schori, Beat**

Magglingen, 1983

Partie II. Développement physique, résistance à l'effort et entraînement
chez les jeunes / Teil II. Körperliche Entwicklung, Belastbarkeit und
Training im Jugendalter

PARTIE II

DEVELOPPEMENT PHYSIQUE, RESISTANCE A L'EFFORT ET ENTRAINEMENT CHEZ LES JEUNES

Ursula Weiss

1. Capacités motrices et habiletés

Dans le domaine physique, une des bases importantes de l'activité sportive, et également donc de la performance sportive, est le développement des capacités et habiletés motrices.

Jusqu'à un certain niveau, les capacités motrices s'accroissent d'elles-mêmes, même sans entraînement systématique, au fur et à mesure que l'enfant grandit. Le développement des habiletés motrices, des automatismes, par contre, dépend beaucoup plus de processus d'apprentissage dirigés.

L'entraînement systématique des capacités motrices forme la base de ce qu'on appelle l'éducation physique, et en ce qui nous concerne de l'entraînement de condition physique (condition physique = capacité de performance physique générale).

En complément, et en s'appuyant sur la condition physique, l'éducation du mouvement tend à développer le plus largement possible l'adaptation senso-motrice et la capacité d'apprentissage de l'enfant, grâce à l'enseignement d'habiletés motrices polyvalentes. L'éducation sportive quant à elle intègre les capacités motrices et les automatismes, les habiletés, à la technique sportive (Egger, 1978).

Les fondements biologiques de tous ces processus déterminent les trois grands systèmes organiques, c'est-à-dire l'appareil locomoteur, le métabolisme et le système nerveux (y compris les sécrétions endocriniennes), et leur adaptation à certaines exigences, à certaines tâches (faculté d'adaptation). Dans le même ordre d'idées, les différents facteurs de la condition physique peuvent également être ordonnés en fonction de ces systèmes organiques. Certes, cette répartition n'est pas absolue, mais on peut la nuancer en introduisant une pondération relative des différentes composantes.

TEIL II

KOERPERLICHE ENTWICKLUNG, BELASTBARKEIT UND TRAINING IM JUGEND- ALTER

Ursula Weiss

1. Motorische Fähigkeiten und Fertigkeiten

Eine wichtige Grundlage sportlicher Betätigung und damit auch sportlicher Leistungen sind im physischen Bereich die Entwicklung der motorischen Fähigkeiten und motorischen Fertigkeiten.

Während die motorischen Fähigkeiten auch ohne systematisches Training mit dem Alter- und Grösserwerden des Kindes bis zu einem gewissen Grade zunehmen, ist die Entwicklung der motorischen Fertigkeiten mehr von gezielten Lernvorgängen abhängig.

Die systematische Förderung der motorischen Fähigkeiten bildet den Inhaltsbereich der Körpererziehung bzw. des Konditionstrainings (Kondition = allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit).

In Ergänzung dazu und aufbauend auf dieser Grundlage bemüht sich die Bewegungserziehung, die senso-motorische Anpassungs- und Lernfähigkeit des Kindes durch Schulung vielfältiger motorischer Fertigkeiten möglichst vielseitig und umfassend zu sichern und zu erweitern, während die Sporterziehung die Fähigkeiten und Fertigkeiten zur sportlichen Technik integriert (Egger, 1978).

Die biologische Grundlage für alle diese Vorgänge bilden die drei grossen Organsysteme Bewegungsapparat, Stoffwechsel und Nervensystem, inkl. innere Sekretion, und deren Anpassungsfähigkeit an bestimmte Belastungen bzw. Aufgabestellungen (Adaptationsfähigkeit). In diesem Sinne lassen sich auch die einzelnen Faktoren der körperlichen Leistungsfähigkeit diesen Organsystemen zuordnen, nicht absolut, sondern im Sinne einer relativen Gewichtung.

PUISSANCE	FORCE	RESISTANCE
VITESSE		
HABILETE/AGILITE	MOBILITE ARTICULAIRE	ENDURANCE
<u>SYSTEME NERVEUX</u> Régulation sensomotrice des mouvements et des positions	<u>APPAREIL LOCOMOTEUR</u> Organes d'exécution	<u>METABOLISME</u> Fourniture d'énergie pour tous les processus de régulation et de mouvement.

Fig. 4: Les trois grands systèmes organiques et leurs rapports avec les différents facteurs de la condition physique.

Remarques concernant la fig. 4:

- La vitesse est la faculté de contracter d'une manière répétée et en une succession rapide de mouvements un muscle ou un groupe de muscles, avec l'engagement d'une force plus ou moins grande.
- Résistance et endurance sont des concepts apparentés désignant respectivement la capacité anaérobie et aérobie générale.
- Entre habileté/agilité, habiletés motrices et technique sportive, il existe des transitions faciles. La technique sportive s'entend toujours par rapport à un sport précis.

Schnellkraft	Kraft	Stehvermögen
Schnelligkeit		
Geschicklichkeit Gewandtheit	Gelenkigkeit	Dauerleistungs- vermögen
<u>Nervensystem</u> senso-motorische Steuerung von Haltungen und Bewegungen	<u>Bewegungsapparat</u> ausführendes Organ	<u>Stoffwechsel</u> Energiebereit- stellung für alle Steuerungs- und Bewegungs- vorgänge

Abb. 4: Die drei grossen Organsysteme und ihre Beziehungen zu den verschiedenen Anteilen der Kondition

Bemerkungen zu Abb. 4:

- Unter Schnelligkeit versteht man die Fähigkeit, einen Muskel oder eine Muskelgruppe, bei mehr oder minder grossem Kraftaufwand, in rascher Folge wiederholt zu kontrahieren.
- Stehvermögen und Dauerleistungsvermögen sind Unterbegriffe für den anaeroben bzw. aeroben Anteil der Ausdauer.
- Zwischen Geschicklichkeit/Gewandtheit, motorischen Fertigkeiten und sportlicher Technik besteht ein fließender Uebergang. Letztere bezieht sich immer auf eine bestimmte Sportart.

Par la suite, nous reviendrons sur le sujet en étudiant les points suivants:

1. Dans quelle mesure ces facultés se développent d'elles-mêmes chez l'enfant et l'adolescent, c'est-à-dire sans entraînement systématique.
2. Dans quelle mesure ce développement spontané peut être augmenté par l'entraînement.
3. Quels risques peuvent éventuellement apparaître et, dans le pire des cas, quels dommages doivent être redoutés.

2. L'appareil locomoteur

Le squelette constitue la partie passive de l'appareil locomoteur. Il est composé d'un grand nombre d'os, reliés entre eux d'une manière spécifique. Leur maintien et leur mise en mouvement sont assurés par la musculature, la partie active de l'appareil locomoteur.

2.1 Développement de l'appareil locomoteur: résistance aux charges et mobilité

Contrairement à l'os de l'adulte, celui de l'enfant présente encore une certaine élasticité. Cela explique par exemple que lors de ce qu'on appelle des fractures en bois vert l'os n'éclate pas. Le périoste reste intact, ce qui permet une régénération plus rapide de la partie fracturée. Les fractures les plus dangereuses sont alors celles qui se produisent aux alentours des articulations, car elles peuvent toucher également le cartilage de croissance. Cela peut par la suite provoquer des perturbations de la croissance osseuse.

Les éléments de liaison, comme les capsules articulaires, les ligaments et les tendons, sont également plus élastiques et mieux vascularisés. D'une part, cela permet une plus grande mobilité articulaire, et d'autre part cela assure une guérison plus rapide en cas de blessure.

En grandissant pourtant, cette élasticité ligamentaire diminue, les capsules articulaires et les ligaments deviennent moins sou-

Im folgenden wird der Frage nachgegangen werden,

1. wie weit sich diese Fähigkeiten beim Kind und Jugendlichen von selber, d.h. ohne systematisches Training entwickeln,
2. in welchem Ausmass diese durch Training gesteigert werden können und
3. welche Risiken gegebenenfalls dadurch eingegangen werden bzw. welche Schädigungen im schlimmsten Fall zu erwarten sind.

2. Der Bewegungsapparat

Das Skelett ist der passive Anteil des Bewegungsapparates, aufgebaut aus zahlreichen Knochen, die in typischer Weise miteinander in Verbindung stehen. Die Haltung der einzelnen Teile zueinander und die Bewegungen gegeneinander werden durch die Muskulatur, den aktiven Teil des Bewegungsapparates, gewährleistet.

2.1. Die Entwicklung des passiven Bewegungsapparates, seine Belastbarkeit und die Gelenkigkeit

Im Gegensatz zum Knochen des Erwachsenen weist der kindliche Knochen noch eine gewisse Elastizität auf, welche dazu führt, dass z.B. bei Biegebrüchen, sog. Grünholzfrakturen, der Knochen nicht splittert, die Knochenhaut intakt bleibt und damit das Zusammenwachsen der Bruchenden rascher verläuft. Schwerwiegender sind Brüche in Gelenknähe, da in diesen Fällen auch die Wachstumsknorpel mitverletzt werden können, was zu Störungen des weiteren Knochenwachstums führen kann.

Auch die bindegewebigen Anteile wie Gelenkkapseln, Bänder und Sehnen sind noch elastischer und gut durchblutet, was einerseits eine grosse Gelenkbeweglichkeit gestattet, andererseits bei Verletzungen zu rascherer Heilung verhilft.

Mit zunehmendem Alter werden des Kindes nimmt allerdings diese Bandelastizität ab, Gelenkkapseln und Bänder werden straffer, was

ples, ce qui diminue la mobilité articulaire. En l'absence d'un entraînement adéquat, ce phénomène commence dès l'âge de 10 ans environ.

Cette évolution naturelle négative peut cependant être freinée par un entraînement approprié de flexibilité, qui doit être mis en oeuvre le plus tôt possible. Dans certaines activités sportives, comme la gymnastique et le patinage artistique ou la danse, c'est même une condition "sine qua non" pour obtenir une performance de haut niveau. L'entraînement de flexibilité, contrairement à celui de tous les autres facteurs de la condition physique, n'a pas pour but une modification structurelle ou chimico-fonctionnelle d'un tissu ou d'un organe. C'est essentiellement un entraînement d'entretien, une lutte contre la perte de souplesse et d'élasticité de l'ensemble capsule + ligaments.

Les parties cartilagineuses, comme le cartilage articulaire et les disques intervertébraux, sont par nature relativement pauvres en vaisseaux sanguins, voire même totalement dépourvues de tels vaisseaux chez l'enfant plus âgé. Même dans ce cas pourtant, ce cartilage demeure plus riche en liquide interstitiel, plus souple et plus résistant que celui de l'adulte. Si les facultés de régénération du cartilage sont quelque peu meilleures chez l'enfant, elles sont tout de même inférieures à celles d'autres tissus. Une détérioration du cartilage chez l'enfant peut être à l'origine de douleurs articulaires ou dorsales chroniques par la suite.

Le cartilage de croissance est une partie importante de l'os chez l'enfant. Il sert à fabriquer en permanence des cellules cartilagineuses, qui se transforment ensuite en cellules osseuses. Dans les os longs, ce cartilage de croissance, appelé cartilage de conjugaison, relie la partie centrale allongée (diaphyse) à chacune des deux extrémités articulaires (épiphyses). La croissance en épaisseur de l'épiphyse, tout comme celle des os courts, cylindriques, provient de ce qu'on appelle le noyau osseux. En ce qui concerne les vertèbres, la croissance du corps vertébral est assurée par le cartilage du plateau vertébral, qui fait la liaison entre la vertèbre et le disque intervertébral (Fig. 5 et 6).

zu einer Abnahme der Gelenkbeweglichkeit führt. Diese Abnahme beginnt ohne entsprechendes Training bereits etwa um das 10. Lebensjahr.

Dieser nicht-trainingsbedingte negative Entwicklungsverlauf kann allerdings durch ein möglichst frühzeitig einsetzendes, gezieltes Beweglichkeitstraining gebremst werden, wie dies für einige Sportarten wie Kunstturnen, Tanz, Eislaufen u.ä. im Hinblick auf spätere Spitzenleistungen eine unabdingbare Notwendigkeit darstellt. Das Beweglichkeitstraining führt, im Gegensatz zum Training aller anderen Konditionsfaktoren, nicht zu strukturellen oder chemisch-funktionellen Veränderungen eines Gewebes oder Organs. Es ist vorwiegend ein Erhaltungstraining, ein Kampf gegen die zunehmende Straffheit und den Verlust an Elastizität im Kapsel-Bandapparat.

Die an sich gefässarmen, beim grösseren Kind aber bereits völlig gefässlosen, knorpeligen Teile, wie Gelenkknorpel und Zwischenwirbelscheiben, sind auf dieser Altersstufe noch flüssigkeitsreicher, plastischer und damit widerstandsfähiger als beim Erwachsenen. Wohl ist die Heilungstendenz noch etwas besser, aber vergleichsweise mit andern Geweben ebenfalls schlecht. Schädigungen in diesem Alter können bereits die Basis bilden für chronische Gelenk- und Rückenbeschwerden des Jugendlichen und Erwachsenen.

Der Wachstumsknorpel ist ein wesentlicher Bestandteil des kindlichen Knochens. In diesem werden fortlaufend neue Knorpelzellen gebildet, die sich in Knochenzellen umwandeln. Am Röhrenknochen liegt dieser Wachstumsknorpel als sog. Epiphysenfuge je zwischen Schaft (Diaphyse) und Gelenkende (Epiphyse). Das Dickenwachstum der Epiphyse erfolgt wie bei den kurzen, würfelförmigen Knochen vom sog. Knochenkern aus. An den Wirbelkörpern erfolgt das Wachstum in den knorpeligen Deckplatten, den Uebergängen zwischen Wirbelkörpern und Zwischenwirbelscheiben (Abb. 5 und 6).

Mit Abschluss des Längenwachstums, beim Mädchen ca. mit 16-17 Jahren, beim Knaben mit 18-19 Jahren, verknöchern diese Wachstumsknorpel vollständig.

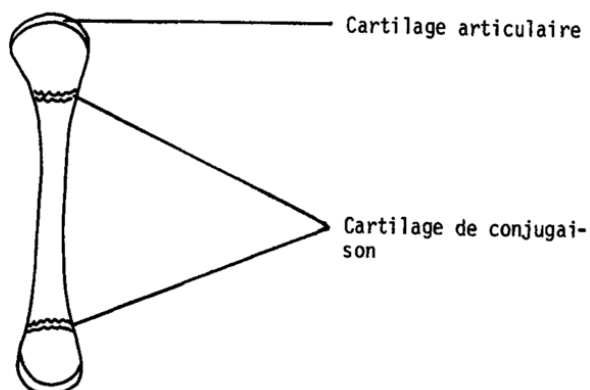


Fig. 5: Le cartilage de conjugaison sur les os longs

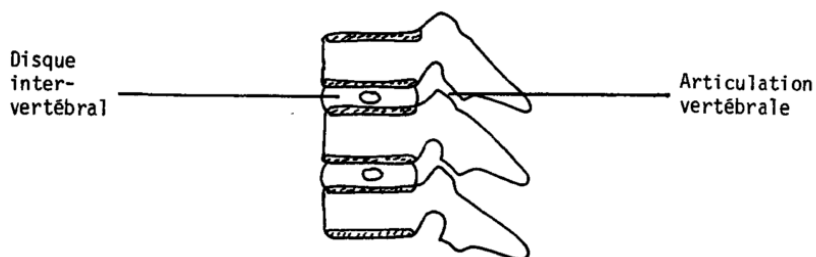


Fig. 6: Le cartilage des épiphyses vertébrales, qui assure la croissance du corps vertébral.

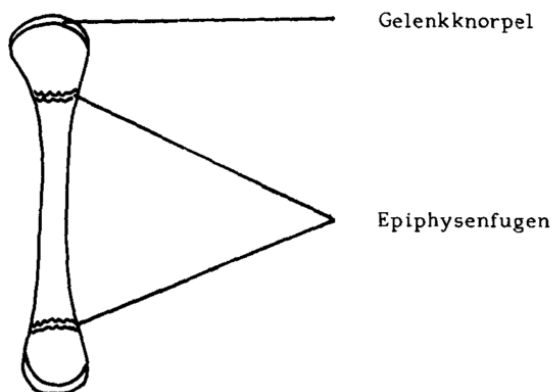


Abb. 5 : Die Epiphysenfugen am Röhrenknochen

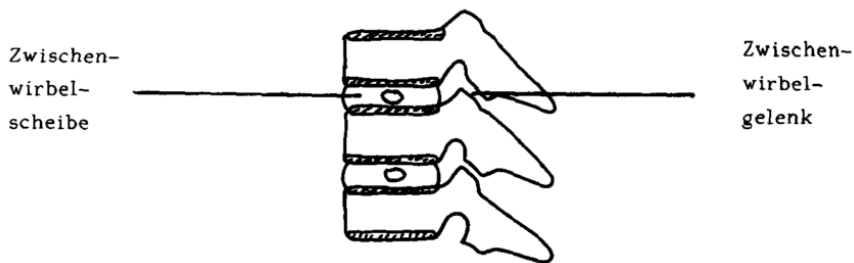


Abb. 6 : Knorpelige Deckplatten, die Wachstumszonen der Wirbelkörper

A la fin de la phase de croissance, vers 16 - 17 ans pour les filles et 18 - 19 ans pour les garçons, ce cartilage de croissance s'ossifie totalement.

Le cartilage de croissance n'a pas pour seule fonction d'assurer l'allongement des os. En tant que composante importante de l'os en croissance, il a également pour tâche, en cas de besoin, de lui permettre de mieux résister à des forces mécaniques.

Des pressions, des tractions ou des coups violents, si le phénomène s'exerce pendant une longue durée, peuvent provoquer des ruptures ou des déchirures. Des atteintes au cartilage de croissance peuvent entraîner aussi bien une diminution de la vitesse de croissance, une modification de sa direction, qu'une diminution de la solidité mécanique de l'os.

Cela explique que le cartilage de croissance subit au début de la puberté, sous l'influence d'hormones - particulièrement de l'hormone de croissance et des hormones sexuelles - une série de modifications structurelles et fonctionnelles. Celles-ci influent également sur sa solidité mécanique. Le cartilage de croissance est ramolli et épaissi, et devient plus sensible aux surcharges mécaniques.

Ce processus est encore renforcé chez les garçons par une sécrétion accrue d'hormones sexuelles mâles. Chez les filles, avec la production d'une plus grande quantité d'hormones femelles, on assiste à une maturation et à un renforcement du cartilage de croissance.

Ces observations sont à mettre en relation avec le fait que, pendant la puberté, on constate plus de cas typiques de perturbation de la croissance et de lésions dues à des surcharges qu'avant ou après, avec le décalage correspondant pour les garçons, et plus souvent chez ces derniers. Cela touche tout particulièrement les enfants à croissance rapide ou au contraire ceux dont la maturité est retardée, pour ces derniers la phase critique étant plus longue.

Résumé

Dès l'âge de 10 ans, l'élasticité de l'appareil cartilagineux et ligamentaire diminue. Elle ne peut être conservée, voire améliorée, que par un entraînement de flexibilité adéquat. Contrairement à l'entraî-

Ausser der Gewährleistung der Längenzunahme hat der Wachstumsknorpel - eben als wesentlicher Bestandteil des wachsenden Knochens - notgedrungen auch die Aufgabe, mechanischen Kräften Widerstand zu leisten.

Durch intensive oder langeinwirkende Druck-, Zug- und Schubbelastungen können in diesen Wachstumszonen Lösungen und Zerreiassungen entstehen. Störungen des Wachstumsknorpels führen sowohl zu Aenderungen in Geschwindigkeit und Richtung des Wachstums als auch zur Verminderung der mechanischen Festigkeit.

Dazu kommt, dass der Wachstumsknorpel zu Beginn der Pubertät unter dem Einfluss von Hormonen, im speziellen dem Wachstumshormon und den Sexualhormonen, eine Reihe struktureller und funktioneller Veränderungen erfährt, welche auch seine mechanische Festigkeit beeinflussen. Der Wachstumsknorpel ist aufgelockert und verdickt und damit für mechanische Ueberlastungen anfälliger.

Dieser Prozess wird bei Knaben unter dem Einfluss der vermehrten Produktion männlicher Sexualhormone noch verstärkt, während es bei Mädchen mit dem Einsetzen einer gesteigerten Produktion weiblicher Sexualhormone zu einer Ausreifung und Verfestigung der Wachstumsknorpel kommt.

Damit in Verbindung steht die Tatsache, dass während der Pubertät, mit entsprechender zeitlicher Verschiebung und bei Knaben gehäuft, mehr typische Wachstumsstörungen und Ueberlastungsschäden zu beobachten sind als vorher und nachher. Dies trifft in besonderem Masse sehr rasch wachsende Kinder und solche mit verzögerter Reifung, da bei letzteren die kritische Phase verlängert ist.

Zusammenfassung

Bereits vom 10. Lebensjahr an nimmt die Elastizität des Kapsel-/Bandapparates der Gelenke ab und kann nur durch ein entsprechendes Beweglichkeitstraining erhalten bzw. verbessert werden. Im Gegensatz zum Training aller anderen Konditionsfaktoren führt dieses Training nicht so sehr zu strukturellen oder biochemischen

nement de tous les autres facteurs de la condition physique, cet entraînement n'amène pas tant une amélioration structurelle ou biochimique, mais c'est le seul moyen de contrer une évolution négative.

Jusqu'à la fin de la période de croissance (filles 16 - 17 ans, garçons 18 - 19 ans) le cartilage de croissance est une composante importante de l'os de l'enfant. Il peut, par des charges trop élevées, être endommagé dans la région des extrémités osseuses et des vertèbres.

2.2 Développement de la musculature: capacité d'entraînement et force

Pendant la phase de croissance, la masse musculaire, et donc la force musculaire, augmente plus rapidement que le poids corporel. Le rapport entre le poids et la force devient également plus favorable du fait que, surtout chez les garçons, la part des tissus graisseux est plus réduite à partir de la puberté. A la naissance, la musculature représente environ 25 % du poids du corps, pour atteindre environ 33 % au début de la puberté et environ 40 % à l'âge adulte.

Jusqu'à 8 - 10 ans, l'augmentation de la force est pratiquement parallèle chez le garçon et la fille, avec une première poussée vers 7 - 9 ans. Puis, des différences marquées selon le sexe se font jour:

La force musculaire augmente plus fortement chez le garçon au début de la puberté et en même temps que la 2ème poussée de croissance. La fin de cette augmentation se situe vers 18 - 22 ans. Le développement de la force chez la fille s'accélère également, mais le plus fort accroissement de la masse musculaire n'intervient qu'à la fin de la phase principale de croissance, qui est plus courte que celle du garçon et se termine pratiquement vers 16 - 18 ans. La femme acquiert ainsi les 2/3 de la force de l'homme, ce qui est surtout le cas pour la musculature mobile des membres et un peu moins pour la musculature de maintien du tronc.

"Verbesserungen", sondern wirkt allein einer "negativen" Entwicklung entgegen.

Bis zum Abschluss des Längenwachstums (Mädchen 16-17 Jahre, Knaben 18-19 Jahre) ist der Wachstumsknorpel ein wesentlicher Bestandteil des kindlichen Knochens und kann durch zu hohe Belastungen, im Bereich der Extremitäten und der Wirbelsäule, geschädigt werden.

2.2. Die Entwicklung der Muskulatur, ihre Trainierbarkeit und die Kraft

Die Muskelmasse und damit die Muskelkraft nimmt im Laufe der Entwicklung rascher zu als das Körpergewicht. Das Last/Kraftverhältnis wird günstiger, besonders bei Knaben, da auch der Anteil des Fettgewebes bei ihnen von der Pubertät an geringer ist. Bei der Geburt beträgt der Anteil der Muskulatur am Körpergewicht etwa 25 %, erreicht zu Beginn der Pubertät ungefähr 33 % und im Zeitpunkt der körperlichen Reife ca. 40 %.

Bis zum 8.-10. Lebensjahr verläuft die Kraftentwicklung, mit einem ersten Schub im 7.-9. Jahr, bei Knaben und Mädchen annähernd gleich. Dann beginnen sich aber deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede zu zeigen:

Die Muskelkraft nimmt beim Knaben mit Beginn der Pubertät und parallel zum 2. Längenwachstumsschub stärker zu. Der Abschluss erfolgt mit 18-22 Jahren. Beim Mädchen nimmt die Kraft ebenfalls verstärkt zu, wobei die grösste Zunahme der Muskelmasse erst nach der Hauptlängenwachstumsphase erfolgt, die im Vergleich zum Knaben kürzer ist und bereits mit 16-18 Jahren zum Stillstand kommt. Dabei erreicht die Frau etwa 2/3 der Kraft des Mannes, was vor allem für die bewegende Muskulatur der Extremitäten stimmt und weniger für die haltende Rumpfmuskulatur.

Jeder Muskel braucht, soll er sich normal entwickeln, ein genügendes Mass an Belastung. Bis zur Pubertät scheint ein

Pour se développer normalement, un muscle doit être soumis à un certain effort. Jusqu'à la puberté, il ne semble guère utile d'entamer un véritable entraînement de force (musclation), qui dépasserait la charge normale nécessaire pour stimuler la croissance.

Dès le début de la puberté, la capacité d'entraînement augmente d'une manière notable. Entre dix et quinze ans, les garçons atteignent environ 60 % de celle d'un homme adulte, et cette amélioration se poursuit chez le jeune homme bien après la vingtième année. Chez la femme par contre, avec environ 50 % d'un homme adulte, le maximum est atteint quelques années plus tôt. Ce n'est qu'à un âge bien plus avancé que cette différence se comble.

Le garçon doit sa croissance par à-coups et l'apparition avec la puberté des caractères sexuels en premier lieu à la production accrue d'hormones sexuelles mâles (Hettinger, 1972). Elle a un effet anabolisant, c'est-à-dire qu'elle favorise la synthèse des protéines.

Le développement de la puissance et de la vitesse est parallèle à celui de la musculature, vu que ces deux facteurs dépendent essentiellement de la force. C'est tout particulièrement vrai pour la période de la puberté et immédiatement après celle-ci. Chez des enfants plus jeunes par contre, l'amélioration de la vitesse provient principalement d'une augmentation de la fréquence du mouvement, donc d'une amélioration de la technique. Dans les sports où la capacité anaérobie joue un rôle important, il ne faut par contre guère attendre de grandes performances: l'adolescent se fatigue en effet beaucoup plus rapidement que l'adulte lors d'efforts anaérobiques, et tout particulièrement s'ils sont statiques (cf. chap. 3, Métabolisme).

Résumé

Le développement de la force, de la puissance et de la vitesse, dès le début de la puberté, est différent selon le sexe, tant en ce qui concerne la vitesse de croissance que pour ce qui est de la capacité d'entraînement. Les garçons ont des valeurs plus élevées que les filles.

eigentliches Krafttraining, welches über dieses normale Mass an Bewegung als Entwicklungsreiz hinausgeht, wenig ergiebig zu sein.

Mit Beginn der Pubertät wird die Trainierbarkeit signifikant besser. Knaben erreichen in der ersten Hälfte des zweiten Lebensjahrs zehnts etwa 60 % des Werts von Erwachsenen. Diese Verbesserung nimmt beim jungen Mann über das 20. Altersjahr hinaus weiterhin noch zu, während vergleichsweise die Frau, mit ca. 50 % des Wertes erwachsener Männer, bereits einige Jahre früher ihr Maximum erreicht. Im höheren Alter erst gleicht sich dieser Unterschied wieder aus.

Der schubweise Verlauf und das Auftreten der Geschlechtsdifferenzen mit der Pubertät beruhen in erster Linie auf der verstärkten Produktion männlicher Sexualhormone beim Knaben (Hettinger 1972), welche eine anabole, d.h. eiweissaufbauende Wirkung auf die Muskulatur haben.

Die Entwicklung der Schnellkraft und der Schnelligkeit verläuft insofern parallel, als diese Grössen wesentlich von der Kraft abhängig sind. Dies gilt vor allem für die Zeit während und nach der Pubertät, während die Schnelligkeitsverbesserung bei jüngeren Kindern in erster Linie auf eine Steigerung der Bewegungsfrequenz bzw. eine Verbesserung der Technik zurückzuführen ist. Hingegen sind in Sportarten, bei denen die anaerobe Kapazität eine wichtige Rolle spielt, nur geringe Leistungen zu erwarten, da der Jugendliche bei anaeroben Belastungen, ganz besonders bei statischen, noch viel rascher ermüdet als der Erwachsene (s. dazu Kap. 3 Stoffwechsel).

Zusammenfassung

Die Kraft-, Schnellkraft- und Schnelligkeitsentwicklung verläuft mit Eintritt der Pubertät geschlechtsspezifisch, und zwar sowohl wachstumsbedingt als auch hinsichtlich der Trainierbarkeit. Knaben weisen höhere Werte auf als Mädchen und erreichen das Maximum

Ils atteignent également leur maximum plus tard, ce retard correspondant au début plus tardif de cet événement "déclencheur" qu'est la puberté. Des enfants et des adolescents ont encore de la peine à réaliser des performances de force et de vitesse que leur durée classe dans les efforts anaérobiques.

2.3 Dangers pour l'appareil locomoteur de l'adolescent: charge insuffisante et surcharge

De toutes les parties du corps, l'appareil locomoteur passif occupe une position très particulière face aux notions de charge et d'entraînement. Quasiment tous les organes enregistrent une amélioration structurelle ou fonctionnelle lorsqu'ils sont sollicités correctement. Dans le cas de l'appareil locomoteur passif au contraire, il existe bien plutôt un risque réel de le voir surchargé, détérioré, et donc endommagé plus ou moins gravement.

Les charges mécaniques peuvent agir négativement sur le squelette de trois manières:

- par un dommage unique, qui n'a pas été traité ou l'a été insuffisamment.

Exemple: Articulation instable à cause d'une luxation insuffisamment traitée.

- par de petits dommages répétés, ce qu'on appelle des microtraumatismes.

Exemple: Altérations articulaires de caractère arthrosique, suite à des sauts, des réceptions, etc.

Atteintes au cerveau suite à des coups répétés sur la tête

Inflammations chroniques des ligaments et des tendons provoquées par des tractions violentes et répétées ("tennis-elbow", genou du sauteur).

- par des efforts de longue durée, trop importants et souvent trop spécialisés.

Exemple: Positions incorrectes de certaines articulations suite à l'entraînement spécifique de certains groupes musculaires.

später, entsprechend dem späteren Einsetzen der "auslösenden" Pubertät. Kraft- und Schnelligkeitsleistungen, welche zeitlich stark im anaeroben Bereich liegen, werden von Kindern und Jugendlichen noch schlecht bewältigt.

2.3. Die Gefährdung des jugendlichen Bewegungsapparates durch Unter- und Ueberbelastung

Von allen Teilen des Organismus nimmt der passive Bewegungsapparat im Zusammenhang mit Belastung und Training eine Sonderstellung ein. Während praktisch alle Organe durch eine entsprechende Belastung strukturell oder funktionell leistungsfähiger werden, besteht beim passiven Bewegungsapparat vielmehr das Risiko, durch Belastung überbelastet, abgenutzt und damit geschädigt zu werden.

Mechanische Belastungen können sich am Skelett auf drei Arten schädigend auswirken:

- Durch eine einmalige Schädigung, welche nicht richtig oder ungenügend behandelt wird.

Beispiel: Schlottergelenk als Folge einer ungenügend behandelten Verstauchung eines Gelenks.

- Durch wiederholte, an sich geringfügige Schädigungen, sog. Mikrotraumen.

Beispiel: Arthrotische Gelenkveränderungen durch wiederholte Stauchungen bei Sprüngen, Landungen u.ä.

Gehirnveränderungen als Folge wiederholter Schläge auf den Kopf. Chronisch-entzündliche Veränderungen an den Ansatzstellen von Bändern und Sehnen als Folge gehäuf-ter und wiederholter grosser Zugbelastungen (Tennisell-bogen, Springerknien).

- Durch übergrosse, meist einseitige Dauerbeanspruchungen.

Beispiel: Fehlstellungen der Gelenke durch einseitiges Krafttrai-

lares (dos rond des gymnastes), ou dos rond des écoliers suite à de longues stations assises (charge de longue durée et très localisée).

Il faut également bien voir que le risque d'une atteinte à l'appareil locomoteur passif ne dépend pas uniquement du genre de surcharge, mais également dans une large mesure de la constitution et de la résistance du sujet.

Dans ce qu'on appelle la spondylolisthésis (glissement de vertèbre), il existe à la base une mauvaise assiette de la colonne vertébrale. Vraisemblablement, l'origine en est une ossification défectueuse, innée et héréditaire, au niveau de la 5ème et de la 4ème, parfois de la 3ème vertèbre lombaire. Il se crée ainsi une fissure entre la partie antérieure et la partie postérieure de la vertèbre (spondylolyse). Alors que la partie postérieure de l'arc vertébral et son prolongement l'apophyse épineuse restent en place, le corps vertébral et la partie antérieure de l'arc s'en détachent et glissent lentement vers l'avant (spondylolisthésis). Ce glissement se produit le plus souvent pendant l'adolescence, exceptionnellement déjà chez les enfants de 8 - 10 ans, et se termine à la fin de la phase de croissance. Il peut provoquer des douleurs dorsales très vives et chroniques, tout particulièrement lorsque le glissement entraîne une surcharge des petites articulations vertébrales et des disques intervertébraux voisins. Cette déformation est encore accentuée par des exercices exigeant des flexions arrières prononcées de la colonne vertébrale au niveau des reins (dos creux). Il se peut également que la fissure décrite plus haut doive être imputée, chez de jeunes sportifs, à une rupture du corps vertébral due à la fatigue, suite à des foulures répétées. Cette pathologie se rencontre particulièrement fréquemment chez les gymnastes féminines, les lanceurs de javelots, les nageurs de dauphin, les plongeurs de haut vol, les sauteurs en hauteur et au trampoline. Bien qu'il existe des gymnastes et des lanceurs de javelot de niveau mondial atteints de cette déformation vertébrale, les jeunes souffrant de spondylolyse devraient

ning bestimmter Muskelgruppen (Rundrücken der Kunstturner), oder Rundrücken bei Schülern als Folge einer einseitigen Dauerbelastung durch langes Sitzen.

Dabei ist zu beachten, dass die Wahrscheinlichkeit einer Schädigung nicht allein von der Art der Ueberbelastung abhängt, sondern ausserdem sehr stark durch die Konstitution und die individuelle Belastbarkeit mitbedingt wird.

Eine ungünstige Veranlagung wird beim sog. Wirbelgleiten, der Spondylolisthesis, angenommen. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um eine angeborene, vererbte Verknöcherungsstörung des 5. und 4., seltener des 3. Wirbelbogens der Lendenwirbelsäule, welche zur Ausbildung von Spalten zwischen dem hinteren und vorderen Teil führt (Spondylolyse). Wirbelkörper und vordere Bogenhälfte lösen sich und verschieben sich langsam nach vorn, während die hintere Bogenpartie mit dem Dornfortsatz stehen bleibt (Spondylolisthesis). Dieser Gleitprozess beginnt meist im Jugendalter, ausnahmsweise schon bei Kindern von 8 - 10 Jahren, um mit dem Wachstumsabschluss zum Stillstand zu kommen. Akute und chronische Kreuzschmerzen können die Folge sein, besonders wenn durch das Gleiten die benachbarten Zwischenwirbelscheiben und kleinen Wirbelgelenke überlastet werden. Dieses Gleiten wird durch Uebungen mit starker Rückwärtsneigung der Wirbelsäule im Kreuz ("Hohlkreuz") noch unterstützt. Möglicherweise ist auch die Spaltbildung bei jugendlichen Spitzensportlern auf einen Ermüdungsbruch des Wirbelbogens infolge wiederholter Stauchungen zurückzuführen. Eine besondere Häufung dieser Veränderungen wurde bei Kunstturnerinnen, Speerwerfern, Delphinschwimmern, Turm-, Hoch- und Trampolinspringern beobachtet. Obwohl es weltbeste Turnerinnen und Speerwerfer gibt, welche solche Wirbelsäulenveränderungen haben, soll jugendlichen mit Spondylolysen von diesen und ähnlichen Sportarten abgeraten werden. Auch wenn jugendliche Gewebe widerstandsfähiger sind, besteht trotzdem gerade auf dieser Altersstufe wegen der intensiven Wachstumsvorgänge ein erhöhtes Schädigungsrisiko.

être détournés de ces sports et d'autres qui présentent les mêmes risques. Même si les tissus jeunes sont plus résistants, le danger existe malgré tout à cet âge à cause des processus de croissance en cours.

Dans le chapitre consacré au développement de l'appareil locomoteur passif, nous avons déjà évoqué les lésions mécaniques aiguës et chroniques des zones de croissance, provoquées par compression et surtout cisaillement.

Une maladie typique des zones de croissance chez l'adolescent est ce qu'on appelle l'épiphysiolyse de la hanche (epiphysiolysis capitis femoris), qui apparaît souvent des deux côtés et touche aussi bien les filles que les garçons. Elle se développe discrètement, et provoque le boîtement et des douleurs croissantes dans la région de la hanche. La cause en est une perturbation hormonale, qui entraîne un ramollissement de la zone de croissance, avec pour conséquence une déviation de la tête du fémur et une mauvaise position de la jambe. Elle provoque l'apparition d'arthrose précoce à l'âge adulte. Il est important précisément pour les professeurs de sport de connaître ce risque, des formes bénignes de cette affection pouvant se développer sans symptômes apparents et être à l'origine d'une arthrose. Les jeunes sportifs sont plus exposés à l'épiphysiolyse que les non-sportifs, particulièrement les gymnastes, les footballeurs et les coureurs de fond, tout spécialement lorsque l'entraînement se déroule sur un revêtement dur. Il est donc important de ménager cette articulation chez les jeunes en croissance et de faire assez tôt un examen si l'on constate une anomalie ou des douleurs au niveau de la hanche.

On constate également plus souvent chez les adolescents que dans les autres tranches d'âge ce qu'on appelle des nécroses osseuses aseptiques. Certaines parties de l'os meurent sans être touchées par une inflammation bactérienne. La raison en est une perturbation de la circulation sanguine locale dans l'os. Cette affection touche principalement les noyaux osseux épiphysaires des apophyses (saillies et protubérances de l'os, sur lesquelles viennent s'insérer les muscles), ainsi que des petits os du poignet et

Bereits im Kapitel über die Entwicklung des passiven Bewegungsapparates wurde auf die akute und chronische mechanische Schädigung der Wachstumszonen durch Kompression und vor allem Abscherung hingewiesen.

Eine typische Erkrankung der Wachstumszone im Jugendalter ist die sog. Epiphysenlösung der Hüfte (Epiphysiolysis capitis femoris), welche schleichend verläuft mit Hinken und zunehmenden Schmerzen im Hüftbereich, oft beidseitig auftritt und Knaben und Mädchen befällt. Die Ursache ist eine hormonale Störung, welche zu einer starken Auflockerung der Wachstumszone und als Folge davon zu einer Verschiebung des Oberschenkelkopfes mit entsprechender Fehlstellung des Beines führt. Die Folge ist die Entwicklung vorzeitiger arthrotischer Veränderungen im Erwachsenenalter. Gerade für den Turnlehrer ist die Tatsache wichtig, dass es auch leichte Formen gibt, welche völlig symptomlos verlaufen und ebenfalls später Ursache für eine Arthrose sein können. Junge Sportler haben häufiger Epiphysenlösungen als Nichtsportler, besonders Kunstturner, Fussballer und Langstreckenläufer, ganz besonders, wenn auf harter Unterlage trainiert wird. Es ist deshalb wichtig, das Hüftgelenk von wachsenden Jugendlichen zu schonen und Auffälligkeiten oder Beschwerden frühzeitig abzuklären.

Häufiger als auf andern Altersstufen treten beim Jugendlichen sog. aseptische Knochennekrosen auf, bei denen es ohne bakterielle Entzündung zum Absterben bestimmter Knochenbezirke kommt. Die Ursache ist eine Störung der lokalen Knochendurchblutung. Besonders betroffen sind die Knochenkerne der Epiphysen der Apophysen (Vorsprünge und Höcker am Knochen zum Ansatz von Muskeln) und der kleinen Knochen der Handwurzel und des Fusses, welche zu diesem Zeitpunkt weitgehend noch von Knorpel umgeben sind. Zudem sind sie im Rahmen der Statik oder als Ansatzpunkte von grossen Sehnen besonders hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt.

Alle diese Veränderungen heilen mit Abschluss des Wachstums spontan, nicht selten allerdings mit bleibenden Deformitäten. Die

du pied, qui sont à cet âge-là encore largement recouverts de cartilage. De plus, pour assurer la statique du squelette ou lorsqu'ils reçoivent l'insertion de tendons importants, ils sont soumis à de fortes charges mécaniques.

Toutes ces affections guérissent spontanément à la fin de la croissance, mais il n'est pas rare cependant que des malformations subsistent. La thérapie consiste donc en premier lieu à empêcher ces déformations en diminuant les pressions exercées sur l'appareil locomoteur, et, dans certains cas, à les corriger par des mesures appropriées. Nous vous présentons ci-après quelques-unes de ces maladies, parmi les plus fréquentes:

- La maladie de Perthes (osteochondrosis coxae juvenilis):

C'est une nécrose de la tête fémorale. Cette maladie se développe entre la troisième et la douzième année, plus fréquemment chez les garçons que chez les filles. Boîtement et douleurs, qui apparaissent également souvent au genou, peuvent en être le signe.

- La maladie de Schlatter: (M. Osqood-Schlatter)

C'est une nécrose osseuse au point d'insertion du quadriceps au genou. A l'endroit où le tendon de ce muscle s'insère sur le tibia, on trouve précisément, pendant la croissance, un noyau osseux. Il est séparé du reste du tibia par une zone de croissance. L'usure et la reconstitution de l'os à cet endroit provoquent avec le temps une voussure sensible qui, dès que l'ensemble est mis en mouvement, peut être douloureuse. Cette pathologie affecte principalement de jeunes footballeurs et sauteurs.

- On observe le même type de déformation, surtout chez des coureurs et des sauteurs, au bord supérieur et inférieur de la rotule. C'est ce qu'on appelle le "jumper's knee" (le genou du sauteur). Un entraînement intensif de cette musculature risque fort de provoquer une diminution de sa faculté d'élongation, et une élévation de son tonus au repos. Il s'ensuit une traction continue trop forte du tendon et des ligaments qui relient la rotule et le tibia.

Therapie versucht deshalb in erster Linie, durch Entlastung Deformitäten zu verhindern und nötigenfalls durch besondere Massnahmen zu korrigieren. Einige häufige Krankheitsbilder dieser Art werden im folgenden vorgestellt:

- Perthes'sche Krankheit (Osteochondrosis coxae juvenilis):
Nekrose des Hüftgelenkkopfes. Diese Krankheit entwickelt sich im 3. - 12. Lebensjahr, häufiger bei Knaben als bei Mädchen. Hinken und Schmerzen, welche oft auch im Knie angegeben werden, sind ein möglicher Hinweis darauf.
- Schlatter'sche Krankheit (M. Osgood-Schlatter):
Knochennekrose am Ansatzpunkt des vierköpfigen Unterschenkelstreckers am Knie. Dort, wo die Strecksehne dieses Muskels am Unterschenkel ansetzt, befindet sich während des Wachstums ebenfalls ein Knochenkern, der vom übrigen Schienbein durch eine Wachstumszone getrennt ist. Durch Knochenabbau und -umbau an dieser Stelle entsteht meist mit der Zeit eine tastbare Verwölbung, welche, solange der Prozess aktiv ist, Beschwerden verursachen kann. Diese Veränderung trifft man häufig bei jugendlichen Fussballspielern und Springern.
- Ähnliche Veränderungen können besonders bei Läufern und Springern am oberen und unteren Kniescheibenrand als sog. "jumper's knee" beobachtet werden. Ein intensives Training dieser Muskulatur führt leicht zu einer Verminderung der Dehnfähigkeit und einer Steigerung des Ruhetonus dieser Muskeln, wodurch ein überlastender Dauerzug an der Strecksehne bzw. am kraftübertragenden Kniescheiben-Schienbeinband entsteht.
- Im Bereich der Wirbelsäule wird heute auch die Scheuermannsche Krankheit, die sog. Adoleszentenkyphose, zu den aseptischen Knochennekrosen gerechnet. Aus bisher noch nicht geklärter Ursache kommt es bei diesen Jugendlichen zur Auflockerung und Nekrose der sog. Randleiste des Wirbelkörpers. Dieser Prozess kann auch auf die ganze Deckplatte übergreifen. Unter der Körperlast werden

- On rattache également aujourd'hui à la catégorie des nécroses osseuses aseptiques l'affection de la colonne vertébrale appelée maladie de Scheuermann, ou cyphose de l'adolescent. Pour des raisons que l'on n'est pas encore parvenu à éclaircir, il se produit chez les adolescents atteints de cette maladie un ramollissement et une nécrose du plateau vertébral. Cette évolution peut également déborder et toucher l'ensemble de l'épiphyse vertébrale. Sous le poids du corps, les vertèbres thoraciques, dans leur partie antérieure, sont pressées l'une contre l'autre et prennent une forme conique. La rupture de la surface du corps vertébral fait que des tissus du disque intervertébral sont pressés et intégrés dans le corps vertébral. A la radiographie, on décèle alors la pathologie typique appelée "nodule de Schmorl".

Le même processus peut également toucher une ou plusieurs vertèbres lombaires (Scheuermann de colonne lombaire). Cette maladie laisse presque toujours comme séquelle une faiblesse structurale de la colonne vertébrale, et favorise l'apparition précoce de lésions au niveau des disques intervertébraux. Aussi longtemps que le processus est actif, l'adolescent qui souffre d'une cyphose doit être ménagé.

L'entraînement consiste en une contraction de la musculature. En cas de sollicitation suffisamment intense, le muscle réagit par l'hypertrophie, c'est-à-dire qu'il devient plus épais et plus puissant. Si la sollicitation est trop faible ou inexistante, le muscle s'atrophie, il devient plus mince et plus faible. Contusions et déchirures, suite à des efforts trop violents ou à des elongations excessives, sont les blessures les plus fréquentes de la musculature. Par contre, la quantité d'entraînement elle-même ne peut guère être dangereuse pour le muscle: il s'y adapte.

Pourtant, l'appareil locomoteur actif a encore un rôle important à jouer en relation avec les risques de blessure et la prophylaxie dans ce domaine.

- Chaque contraction musculaire provoque des tractions et des pressions sur les os et les articulations. En cas de travail de

die betroffenen Brustwirbelkörper ventral, d.h. auf der Vorderseite, zusammengedrückt und keilförmig deformiert. Durch den Einbruch der Deckplatte wird Bandscheibengewebe in den Wirbelkörper gepresst, was im Röntgenbild zu den typischen Schmorl'schen Knötchen führt.

Der gleiche Prozess ergreift nicht selten auch einzelne oder mehrere Lendenwirbel (lumbaler Scheuermann). Die Erkrankung hinterlässt fast immer eine Schwäche des Wirbelsäulengefüges und begünstigt das frühzeitige Auftreten von Bandscheibenschäden. Solange der Prozess aktiv ist, verlangt die Adoleszentenkyphose eine gewisse Schonung.

Im Training wird die Muskulatur zur Kontraktion gebracht. Auf genügend hohe Belastungsreize reagiert der Muskel mit Hypertrophie, d.h. er wird dicker und kräftiger. Sind die Belastungsreize zu gering oder fehlen sie, so atrophiert der Muskel, er wird dünner und schwächer. Prellungen und Zerrungen als Folgen direkter Gewalteinwirkung und überstarker Dehnung sind die häufigsten Verletzungen der Muskulatur. Durch die Grösse der Trainingsbelastung selber besteht hingegen kaum Gefahr, dass der Muskel geschädigt wird: er passt sich an.

Und trotzdem kommt dem aktiven Bewegungsapparat im Zusammenhang mit Fragen der Schädigungsmöglichkeiten oder auch der Prophylaxe eine sehr wichtige Rolle zu.

- Jede Muskelkontraktion führt zu Druck- und Zugbelastungen im Bereich der Knochen und Gelenke. Beim intensiven Krafttraining können diese Kräfte recht hoch sein. Wohl braucht der Knorpel ein gewisses Mass solcher Belastungen, da durch diese walkenden Bewegungen die Diffusion im gefässlosen Knorpel und damit sein Stoffwechsel verbessert wird. Zu hohe oder zu einseitige Belastungen schädigen aber mechanisch die empfindliche Knorpelstruktur.
- Weiter kann bei starker Muskelkontraktion der Zug an der Sehne so stark werden, dass es vor allem am Uebergang Muskel/Sehne

force, ces efforts peuvent être très élevés. Dans une certaine mesure pourtant, le cartilage a besoin de ces pressions et de ces tractions: l'effet de massage que provoquent ces mouvements facilite la diffusion des liquides dans ce tissu non vascularisé et améliore ainsi ses échanges circulatoires. Mais des efforts trop intenses ou trop localisés peuvent endommager, sur le plan mécanique, la fragile structure cartilagineuse.

- Par ailleurs, lors de très fortes contractions, il peut arriver que la traction sur le tendon soit si puissante qu'elle entraîne des lésions chroniques et des douleurs, principalement au point de liaison muscle-tendon, mais également tendons-os.
- Des muscles très puissants exercent, du fait de leur tonus de base élevé, une pression élevée sur l'appareil locomoteur passif. Chez de jeunes sportifs, cet effort peut même être trop important. La situation se trouve encore aggravée lorsque la musculature est développée d'une manière trop spécifique ou localisée, par exemple au niveau abdominal et thoracique, ce qui provoque un changement de position de la colonne vertébrale.
- Inversement, une musculature trop faible peut être cause d'une statique déficiente. Les sinuosités naturelles et physiologiques de la colonne vertébrale s'accroissent ou s'atténuent, l'assiette du bassin se trouve modifiée en conséquence, ce qui provoque des tenses pathologiques. Il en résulte une répartition inégale des charges, qui deviennent trop grandes ou unilatérales, et un déséquilibre de la musculature de maintien.

Dans la littérature spécialisée, les données chiffrées concernant les atteintes à la statique du squelette diffèrent fortement d'un auteur à l'autre, selon les critères de recherche. Ainsi, Münsterer et ses collaborateurs (1975) ont découvert que les personnes qui se tiennent mal ainsi que celles qui montrent déjà des lésions dans ce domaine pratiquent moins de sport que celles dont le maintien est sain et correct. De même, les enfants vivant dans des locaux exiguës avec peu de place pour jouer présentent plus fréquemment des maintiens incorrects que les autres. D'autres auteurs au contraire n'ont pu établir aucune corrélation, ou alors seulement partielle, entre la notion de "maintien incorrect" et la capacité

und Sehne/Knochen zu chronischen Schädigungen und zu Beschwerden kommen kann.

- Sehr kräftige Muskeln üben durch ihren hohen Dauertonus einen recht hohen Druck auf den passiven Bewegungsapparat aus, der beim jugendlichen Leistungssportler zu hoch werden kann. Die Situation wird noch ungünstiger, wenn durch einseitiges Krafttraining, z.B. der Brust-Bauchmuskulatur, eine Stellungsänderung der Wirbelsäule erfolgt.
- Umgekehrt führt eine zu wenig kräftige Muskulatur leicht zu einer Haltungsschwäche. Die physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen vertiefen oder verflachen sich, die Beckenkipfung verändert sich entsprechend, und es kommt zu den verschiedenen Fehlhaltungen. Diese bilden wiederum die Voraussetzung für ungünstige, d.h. zu hohe oder einseitige mechanische Belastungen und zu einer Unausgewogenheit der Haltemuskulatur. Damit bildet die Haltungsschwäche, welche aktiv noch ausgleichbar ist, den Boden für die Entstehung fixierter Haltungsschäden.

Die Zahlenangaben in der Literatur über Haltungsschäden gehen je nach den angewandten Untersuchungskriterien stark auseinander. So fanden Münsterer und Mitarbeiter (1975), dass Haltungsgeschwächte und Haltungsgeschädigte weniger Sport treiben als Haltungsgesunde. Auch weisen Kinder aus engen Wohnverhältnissen mit wenig Spielraum gehäufte Haltungsschwächen auf als andere. Andere Autoren hingegen konnten keinen oder nur einen teilweisen Zusammenhang zwischen "schlechter Haltung" und körperlicher Leistungsfähigkeit bzw. sportlicher Aktivität nachweisen. Selbst Fehlförmigkeiten und auffällige röntgenologische Befunde der Wirbelsäule brauchen nicht unbedingt mit einer verminderten sportlichen Leistungsfähigkeit einherzugehen.

Dies betrifft im besonderen intensiv trainierende Kinder und Jugendliche. Refior und Zenker (1972) fanden unter 50 Hochleistungsturnern im Alter von 9 - 15 Jahren bei 50 % Wirbelkörper-Formvarianten bzw. röntgenologische Befunde im Sinne eines

physique, ou l'activité sportive. Même des anomalies et des images pathologiques évidentes sur les radiographies de la colonne vertébrale n'impliquent pas automatiquement une diminution de la capacité sportive.

C'est particulièrement vrai pour des enfants et des adolescents qui s'entraînent d'une manière intensive. Refior et Zenker (1972) ont découvert, parmi 50 gymnastes de haut niveau âgés de 9 à 15 ans, que plus de la moitié d'entre eux avaient des vertèbres déformées, à savoir un Scheuerman décelable à la radiographie. Dans 16 de ces 25 cas, les observations radiographiques et les constatations cliniques coïncidaient. Aucun de ces 50 jeunes n'avait été victime d'une blessure de la colonne vertébrale; aucun ne s'est plaint de douleurs dans cette zone. A titre de comparaison, dans un groupe de jeunes moins actifs sur le plan sportif, on n'a constaté que 28 % d'affections de ce type.

Meyer (1975) a trouvé une situation assez semblable dans un échantillon de gymnastes âgées de 6 à 16 ans. Des 30 filles examinées dans ce cas, 9 se plaignaient de douleurs dorsales.

Chez des rameurs de haut niveau, Querg (1958) a également découvert un pourcentage d'environ 50 % de radiographies pathologiques. Par contre, les haltérophiles présentent rarement des déformations pathologiques de la colonne vertébrale (divers auteurs cités par Groh, 1971).

Les résultats de ces études laissent donc apparaître que c'est surtout dans les sports où la colonne vertébrale est soumise à des flexions extrêmes en avant ou en arrière qu'on relève des observations radiographiques pathologiques. Ce n'est par contre pas le cas dans des sports où la charge est forte mais où la colonne travaille droit, et surtout avec une technique de levage correcte.

Aussi longtemps que la musculature reste très puissante, cela entraîne rarement des manifestations de décompensation, des douleurs. Actuellement, on ne peut pas se prononcer sur l'apparition éventuelle de douleurs plus tard, vu qu'il n'existe guère d'études de longue durée qui se soit penchée sur les sportifs de haut niveau comparés à la population "normale".

Morbus Scheuermann. In 16 von diesen 25 Fällen entsprachen sich röntgenologischer und klinischer Befund. Keiner der 50 Jugendlichen hatte jemals eine Wirbelsäulenverletzung erlitten; keiner gab Schmerzen im Bereich der Wirbelsäule an. Im Vergleich dazu wurden bei einer Gruppe sportlich nicht so aktiver Jugendlicher nur bei 28 % solche Veränderungen gefunden.

Eine ähnliche Situation fand Meyer (1975) bei 6 - 16jährigen Kunstturnerinnen. Von den 30 untersuchten Mädchen klagten in diesem Falle bereits 9 über Rückenschmerzen.

Auch bei Hochleistungsruderern liegt nach Untersuchungen von Querg (1958) der Anteil pathologischer Röntgenbilder bei 50 %.

Im Gegensatz dazu weisen Gewichtheber seltener krankhafte Wirbelsäulenveränderungen auf (diverse Autoren zit. bei Groh 1971).

Die zitierten Daten weisen darauf hin, dass bei Sportarten mit starker Belastung der Wirbelsäule durch extreme Vor- und Rückbeugungen häufiger pathologische Röntgenbefunde festzustellen sind. Dies ist nicht der Fall bei Sportarten mit hoher Belastung aber gerader Wirbelsäule bzw. richtiger Hebetchnik.

Solange die Muskulatur sehr kräftig ist, kommt es selten zu Dekompensationserscheinungen bzw. Schmerzen. Ueber das Auftreten von Beschwerden zu einem späteren Zeitpunkt kann heute kaum etwas ausgesagt werden, da entsprechende Längsschnittstudien bei Hochleistungssportlern im Vergleich zur "Normalbevölkerung" weitgehend fehlen.

2.4. Empfehlungen für die Praxis

Jedes lebende Gewebe braucht als Reiz für eine normale Entwicklung sowie zur Erhalten der einmal erworbenen Leistungsfähigkeit ein gewisses Mass an Belastung. Bewegungsmangel führt im Bereich des Bewegungsapparates zur Verkümmierung der Gelenkigkeit und zu Muskelschwäche mit allen Konsequenzen.

2.4 Recommandations pratiques

Pour se développer normalement, chaque tissu vivant a besoin d'une certaine charge pour le stimuler. Elle doit également lui permettre de conserver la capacité de performance acquise. Le manque de mouvement conduit, en ce qui concerne l'appareil locomoteur, à une altération de la mobilité articulaire et à un affaiblissement musculaire avec toutes ses conséquences.

- Chaque enfant et chaque adolescent devrait donc avoir suffisamment de possibilités de se mouvoir amplement, pour améliorer sa mobilité articulaire et développer d'une manière générale sa musculature.

Si des efforts plus intenses sont imposés, comme c'est le cas dans l'entraînement de compétition, l'appareil locomoteur s'y adapte également. Alors que ce processus est pratiquement sans danger pour la musculature, une augmentation de la charge peut présenter un risque de lésion pour la partie passive de l'appareil locomoteur. Pendant la croissance, ce risque existe tout particulièrement pour les zones de cartilage de croissance dans les os longs et dans la colonne vertébrale, tout spécialement pendant les poussées de croissance. Avec des enfants et des adolescents, il convient donc de prendre quelques précautions particulières si l'on envisage un entraînement intensif.

- Dans des sports où l'appareil locomoteur passif est tout particulièrement sollicité, comme par exemple la gymnastique artistique, l'aviron, le trampoline ou le plongeon, des contrôles médico-sportifs sont indiqués avant et après un tel entraînement.
- Si des douleurs apparaissent touchant l'appareil locomoteur, il faut les prendre au sérieux et les soumettre à l'examen d'un orthopédiste spécialisé.
- Les blessures devraient toujours être complètement soignées et guéries. Le programme de rééducation et la remise en forme doivent également être soigneusement étudiés.

- Jedes Kind und jeder Jugendliche sollte deshalb genügend Möglichkeiten zu ausgiebiger Bewegung haben, zur Verbesserung der Gelenkigkeit und zur allgemeinen Kräftigung.

Werden höhere Belastungen verlangt, wie dies im Wettkampftraining der Fall ist, so passt sich der Bewegungsapparat auch an diese an. Während dieser Vorgang für die Muskulatur relativ gefahrlos ist, nimmt im Gegensatz dazu das Risiko einer Schädigung der passiven Anteile mit steigender Belastung zu. Eine besondere Gefährdung besteht beim Heranwachsenden im Bereich der knorpeligen Wachstumszonen der langen Röhrenknochen und der Wirbelsäule, speziell während der Längenwachstumsschübe. Ein intensives Aufbautraining mit Kindern und Jugendlichen verlangt deshalb ganz besondere Vorsichtsmassnahmen.

- Bei Sportarten, welche für den passiven Bewegungsapparat besonders belastend sind, wie z.B. Kunstturnen, Rudern, Trampolinspringen oder Wasserspringen, sind vor und während eines solchen Trainings sportärztliche Kontrollen angezeigt.
- Treten Beschwerden am Bewegungsapparat auf, so sind diese ernst zu nehmen und durch den orthopädischen Facharzt abklären zu lassen.
- Verletzungen sollten immer vollständig ausgeheilt werden. Rehabilitationsprogramme und Neuaufbau müssen entsprechend sorgfältig geplant werden.

Am wirksamsten erfolgt das Training der Gelenkigkeit im Kindes- und Jugendalter. Bereits vom 10. - 12. Lebensjahr an nimmt diese Fähigkeit ohne entsprechendes Training wieder ab. Dabei gilt es, ein paar besondere Regeln zu beachten:

- Um extreme Belastungen zu vermeiden, gehört zu einer guten Gelenkigkeit auch eine leistungsfähige Muskulatur. Es sind deshalb im

C'est pendant l'enfance et l'adolescence que l'entraînement de la mobilité articulaire se révèle le plus efficace. En l'absence d'un entraînement spécifique, cette faculté commence à diminuer dès 10 - 12 ans déjà. Sur ce point, il convient d'observer quelques règles particulières:

- Pour éviter des tensions extrêmes, une bonne mobilité devrait être combinée avec une musculature entraînée. Il vaut donc toujours mieux, pendant l'entraînement, choisir si possible des exercices de mobilité actifs, c'est-à-dire des exercices qui sont pratiqués avec la seule force de l'athlète lui-même. Une forme intermédiaire consiste en un certain nombre d'exercices où la gravité, sous la forme du poids du corps, sert à l'élongation. Les exercices passifs, où interviennent des forces extérieures telles que partenaire ou poids supplémentaire, sont à éviter.
- En règle générale, un entraînement de mobilité articulaire ne doit se faire qu'après s'être soigneusement échauffé, mais pas pour autant en état de fatigue. Le moment le plus adéquat dans le cadre d'un entraînement est la deuxième partie de la mise en train, éventuellement en combinaison avec un entraînement de force pas trop poussé.
- Lors d'exercices d'élongation, la limite de la douleur doit être respectée. Il ne faut pas la dépasser.
- Les exercices doivent être effectués sous la forme d'une traction lente et non par saccades.
- Une musculature bien entraînée, souvent hypertonique, offre une grosse résistance à l'élongation. On peut arriver à vaincre cette résistance en fatiguant préalablement la musculature par une contraction préliminaire.
- L'effet d'une élongation unique est limité. Ce n'est qu'après de nombreuses répétitions qu'apparaît une augmentation de l'amplitude du mouvement, résultat de l'addition des effets d'entraînement. Pour cette raison, les exercices d'élongation doivent être réalisés en séries, avec en moyenne 5, 10 ou 15 répétitions, ou bien, lorsque l'on fait moins de répétitions,

Training wenn immer möglich aktive Beweglichkeitsübungen zu verwenden, d.h. solche, die mit eigener Muskelkraft ausgeführt werden. Eine Zwischenstellung nehmen Uebungen ein, bei welchen zur Dehnung die Schwerkraft in Form des eigenen Körpergewichts benützt wird. Passive Uebungen, unter Einsatz äusserer Kräfte wie Partner oder Zusatzgewichte, sind zu vermeiden.

- Das Gelenkigkeitstraining wird in der Regel erst nach sorgfältigem Aufwärmen, aber nicht in übermüdetem Zustand ausgeführt. Die günstigste Phase im Rahmen einer Trainingseinheit ist der zweite Teil des Einlaufens, evtl. auch die Kombination mit einem nicht zu stark ermüdenden Krafttraining.
- Die Schmerzgrenze bei Dehnübungen muss respektiert und darf nicht überschritten werden.
- Die Bewegungen sollen langsam ziehend und nicht ruckartig ausgeführt werden.
- Gut trainierte, oft hypertone Muskulatur, setzt den Dehnungen grossen Widerstand entgegen. Durch leichte Ermüdung der Muskulatur mittels sog. Vorkontraktion gelingt es, diesen Dehnungswiderstand schrittweise zu überwinden.
- Die Wirkung einer einzelnen Dehnung ist gering. Erst nach mehreren Wiederholungen wird eine Vergrösserung des Bewegungsausmasses als Summe der einzelnen Uebungseffekte sichtbar. Dehnübungen werden deshalb serienmässig, in der Regel mit 5 - 10 - 15 Wiederholungen, ausgeführt oder bei wenigen Wiederholungen über mehrere Sekunden gehalten. Ein solches gehaltene Dehnungsprogramm kann, sorgfältig ausgeführt, auch ohne vorangehendes Einlaufen durchgeführt werden. Die Pause zwischen den Uebungsserien wird mit Lockerungs- und Entspannungsübungen ausgefüllt.
- Die Uebungsserien sind so zu gestalten, dass die Höchstgrenze der Bewegungsamplitude mehrmals erreicht und allmählich erhöht wird. Nur das oftmalige Ueben im Grenzbereich bringt Fortschritte.

être tenus pendant plusieurs secondes. Un tel programme d'élongation avec maintien de la position peut, s'il est exécuté avec précaution, être envisagé même sans échauffement préalable. La pause entre les séries d'exercices doit être consacrée à des exercices de décontraction et d'assouplissement.

- Les séries d'exercices doivent être programmées de telle manière que l'amplitude maximale du mouvement soit atteinte plusieurs fois, et que cette limite soit augmentée progressivement. Seul un entraînement fréquent et à la limite maximale amène des progrès.
- Le meilleur moyen de développer rapidement la mobilité est de l'entraîner tous les jours, et même deux fois par jour. Mieux vaut un peu très souvent que beaucoup une seule fois!

Pour éviter des blessures musculaires, et principalement pour ménager l'appareil locomoteur passif, il y a également une série de règles à respecter lors de l'entraînement de force (musclature):

- Tous les exercices doivent être appris sans charge supplémentaire et enchaînés par paliers. Lors de la phase d'apprentissage, le mouvement doit absolument être exercé jusqu'à exécution correcte. Les exercices avec de lourdes charges exigent en effet une maîtrise absolue de la technique.
- L'augmentation de la charge doit être progressive et régulière, en contrôlant en permanence le mouvement.
- La vitesse d'exécution ne doit jamais donner lieu à des mouvements incontrôlés; il faut également éviter les mouvements saccadés.
- Les douleurs musculaires peuvent être l'indication d'un début de déchirure. Il faut alors interrompre l'exercice qui en est la cause.

Les blessures et les lésions aux tendons, aux ligaments et aux ménisques sont souvent dues à un entraînement trop uniforme et avec des charges élevées sans préparation adéquate. Le poignet, le coude, le genou et la cheville sont en effet des articulations relativement délicates.

- Die Beweglichkeit ist bei täglichem oder zweimal täglich durchgeführtem Training am schnellsten zu entwickeln. Lieber häufig wenig als ein Mal sehr viel!

Zur Vermeidung von Verletzungen der Muskulatur, vor allem aber zur Schonung des passiven Bewegungsapparates, sind auch beim Krafttraining eine Reihe besonderer Regeln zu beachten:

- Alle Uebungen sind ohne Fremdbelastung und stufenweise einzuführen. Der Bewegungsablauf muss in der Einführungsphase unbedingt bis zur einwandfreien Ausführung geübt werden, denn Kraftübungen mit schweren Gewichten verlangen eine entsprechende Beherrschung der Technik.
- Die Belastungssteigerung soll langsam, schrittweise und unter ständiger Kontrolle der Bewegung erfolgen.
- Die Ausführungsgeschwindigkeit darf nie zu unkontrollierten Bewegungsabläufen führen; ebenso sind ruckartige Bewegungen zu vermeiden.
- Schmerzen in der Muskulatur können auf einen beginnenden Muskelfaserriss hinweisen. Die verursachende Uebung ist deshalb abubrechen.

Verletzungen und Schäden der Sehnen, Bänder und Menisken sind oft auf zu einförmiges Training und unvorbereitete hohe Belastungen der relativ schwachen Hand-, Ellbogen-, Knie- und Fussgelenke zurückzuführen.

- Ein Stechen im Handgelenk und Unterarm deutet auf eine Ueberforderung hin. Entlaste deshalb das Handgelenk durch eine veränderte Griffhaltung!
- Schone das Ellbogengelenk durch variationsreiche Übungsausführung.

- Un point douloureux au poignet et à l'avant-bras est le signe d'un effort excessif. Il faut alors soulager le poignet en modifiant la prise de la main.
- Il faut ménager le coude en choisissant des formes très variées pour l'exécution d'un exercice.
- On ne peut muscler les extenseurs de la jambe qu'en effectuant des flexions très profondes du genou. On peut cependant également utiliser les 1/2 ou 3/4 de flexion, qui sont en compétition un mouvement spécifique pour presque tous les sauts.
- Il convient d'exécuter les flexions de genoux dans la position normale des pieds en station debout, pour conserver la liberté de mouvement du genou.
- Lors d'un travail avec des poids importants, il faut protéger la cheville avec de bonnes chaussures solides.

Les lésions vertébrales peuvent être évitées si tous les exercices sont exécutés techniquement juste, et si l'on respecte les indications suivantes:

- Eviter de trop fréquentes sollicitations de la colonne vertébrale dans un même entraînement.
- Reposer la colonne vertébrale en faisant une partie des exercices couché ou assis avec le dos appuyé.
- Protéger la colonne vertébrale en travaillant systématiquement la musculature de maintien. Augmenter peu à peu la charge supplémentaire et la quantité de travail.
- Tenir la colonne droite dans tous les exercices qui la sollicitent. Cela est particulièrement important lorsqu'il s'agit de soulever des poids du sol, de pousser ou de porter de lourdes charges en position verticale.

Ces recommandations sont valables pour n'importe quel athlète, indépendamment de son âge, de son sexe et de son état d'entraînement. Pour l'entraînement avec des jeunes, il faut en plus soulever quelques points particuliers:

- Die Beinstrecker lassen sich nicht nur durch tiefe Kniebeugen kräftigen. Verwende auch die halbe oder dreiviertel Kniebeuge, die für fast alle Absprünge wettkampfspezifisch ist.
- Führe die Kniebeugen in der beim Stehen normalen Fussstellung aus, um die Bewegungsfreiheit im Kniegelenk zu erhalten.
- Schütze das Fussgelenk beim Heben grosser Lasten durch einwandfreies, festes Schuhwerk.

Wirbelsäulenschäden sind vermeidbar, wenn alle Uebungen technisch einwandfrei ausgeführt und folgende Hinweise beachtet werden:

- Vermeide zu häufige Wirbelsäulenbelastung in einer Trainingseinheit.
- Entlaste die Wirbelsäule durch Training im Liegen oder im Sitzen mit angelehntem Rumpf.
- Schütze die Wirbelsäule durch systematische Kräftigung der sie haltenden Muskulatur. Steigere die Zusatzlasten und den Umfang allmählich.
- Halte die Wirbelsäule bei allen sie belastenden Uebungen gerade. Dies gilt besonders für das Aufheben von Gewichten vom Boden, das Hochstossen und Tragen von schweren Lasten im Stand.

Diese Empfehlungen gelten für das Training mit jedem Athleten, unabhängig von seinem Alter, Geschlecht und momentanen Trainingszustand. Für das Training mit Jugendlichen seien noch einmal ein paar Punkte besonders hervorgehoben:

- Für beide Geschlechter gilt, dass die wachstumsabhängige Kraft durch ein geeignetes Training verbessert werden kann, wobei zu berücksichtigen ist, dass der kindliche Muskel bei statischer Arbeit viel rascher ermüdet als der des Erwachsenen. Im allgemeinen wie im

- Il est vrai que, tant chez le garçon que chez la fille, la force acquise naturellement par la croissance peut être augmentée par un entraînement approprié. Il convient cependant de se souvenir que le muscle d'un enfant, lors d'un travail statique, se fatigue beaucoup plus rapidement que celui d'un adulte. En conséquence, dans l'entraînement de force aussi bien général que spécifique, il faut donner la préférence à un entraînement dynamique et diversifié.
- Pendant l'enfance et d'adolescence, et particulièrement pendant les phases de croissance rapide, il est peu utile d'utiliser des charges très lourdes. Plusieurs raisons incitent même à les écarter:

Aussi longtemps que la croissance n'est pas achevée, on court le risque de surcharger et d'endommager les zones de croissance, qui sont très sensibles. En règle générale, le simple poids du corps et des poids légers sont suffisants. En effet, la musculature ne dispose pas encore de la force maximale qu'exigent des poids très importants. D'ailleurs, cette phase spécifique ne serait pas à sa place ici, dans la progression normale d'un entraînement planifié.

Par contre, il ne sera jamais trop tôt - et mieux vaut trop tôt que trop tard - pour apprendre la technique correcte pour soulever des poids.

3. Fourniture d'énergie dans le muscle et capacité d'effort des organes internes

Aussi bien le simple maintien du corps que les mouvements représentent un travail qui nécessite de l'énergie. Celle-ci est fournie au muscle d'une part de manière anaérobie (sans utilisation d'oxygène) et d'autre part de manière aérobie (avec utilisation d'oxygène). Le cœur et le système circulatoire font, en tant que système de transport, la liaison entre les organes d'absorption (les poumons et le système digestif), le lieu d'utilisation (le muscle) et les organes d'excrétion (les poumons, les reins, la peau).

speziellen Krafttraining ist deshalb einem vielseitigen dynamischen Training der Vorzug zu geben.

- Die Verwendung von sehr grossen Gewichten ist im Kindes- und Jugendalter, vor allem während des massiven Längenwachstumsschubes, aus mehreren Gründen wenig sinnvoll und abzulehnen:

Solange das Längenwachstum noch nicht abgeschlossen ist, besteht die Gefahr einer Ueberbelastung und Schädigung der sehr empfindlichen Wachstumszonen. Das eigene Körpergewicht und leichtere Handgeräte genügen in der Regel als Belastung, da die Muskulatur noch gar nicht über eine so grosse, schwere Gewichte verlangende Maximalkraft verfügt und im Trainingsaufbau diese Spezialstufe noch gar nicht erreicht ist.

Mit dem Erlernen einer richtigen Hebetchnik sollte hingegen lieber früher als später begonnen werden.

3. Die Energiebereitstellung im Muskel und die Belastbarkeit der inneren Organe

Sowohl Halte- wie Bewegungsarbeit benötigen Energie. Diese wird im Muskel zum Teil anaerob (ohne Verwendung von Sauerstoff), zum Teil aerob (unter Verwendung von Sauerstoff) bereitgestellt. Herz und Blutkreislauf stellen als Transportsystem die Verbindung her zwischen Aufnahmeorganen wie Lungen und Magen-Darmtrakt, dem Verbraucherort Muskel und den Ausscheidungsorganen wie Lungen, Nieren und Haut.

Ein leistungsfähiger Muskelstoffwechsel mit leistungsfähigen "Hilfsorganen" bildet die Basis für die Ausdauerleistungsfähigkeit des Organismus, nämlich unterschiedlich hohe Belastungen während einer gewissen Zeit zu ertragen und sich danach rasch wieder zu erholen.

(Näheres dazu s. Lehrbücher der Biologie spez. Muskelphysiologie).

La faculté d'endurance de l'organisme dépend d'un métabolisme musculaire efficace et basé sur des organes de soutien en parfait état de marche. On entend par endurance la faculté de soutenir des efforts intenses pendant un certain temps et de récupérer ensuite rapidement (pour plus d'informations, se reporter à ce sujet à un manuel de biologie, plus précisément au chapitre Physiologie musculaire).

3.1 Développement de la capacité aérobie

Il existe de nombreuses recherches sur les paramètres qui conditionnent le développement de la capacité aérobie. Certaines sont partiellement résumées dans les manuels de médecine sportive. Les sujets abordés dans ce chapitre s'appuient sur ces sources, mais nous avons renoncé à les citer toutes nommément. Les principales références se trouvent dans la bibliographie figurant à la fin de cet ouvrage.

Plus les enfants sont jeunes et l'effort long, plus il est difficile d'obtenir des valeurs moyennes sérieuses pour les performances normales de catégories d'âge précises. Il existe bien des chiffres concernant le grand-fond, mais il s'agit d'enfants entraînés. On manque par contre de valeurs de comparaison pour des enfants non entraînés, ce qui est bien compréhensible. Les sources les mieux documentées sont les listes de records, comme celle du marathon que vous trouvez à la figure 7.

Temps du marathon

Age (en années)	Dames	Messieurs	
4	-	6 : 03 : 35	Records USA (1978)
6	4 : 00 : 36	5 : 08 : 00	
8	3 : 51 : 09	3 : 55 : 04	
10	2 : 58 : 01	2 : 57 : 24	
13	2 : 55 : 00	2 : 43 : 02	Records du monde (1979)
14	2 : 50 : 21	2 : 31 : 24	
15	2 : 46 : 23	2 : 29 : 11	
16	-	2 : 23 : 47	
17	-	2 : 23 : 05	
18	2 : 39 : 48	2 : 17 : 44	
21	2 : 35 : 15	2 : 12 : 19	
26	2 : 27 : 33	2 : 08 : 34	

Fig. 7: Records des USA et du monde par âge.

3.1. Die Entwicklung der aeroben Leistungsfähigkeit

Ueber die Entwicklung der für die aerobe Leistungsfähigkeit wichtigen Grössen gibt es zahlreiche Untersuchungen, welche zum Teil zusammengefasst in den Lehrbüchern der Sportmedizin enthalten sind. Die folgenden Ausführungen stützen sich auf solche Angaben, wobei darauf verzichtet wird, diese durchgehend einzeln zu belegen. Die wichtigsten Quellen sind im Literaturverzeichnis angegeben.

Je junger die Kinder sind und je länger die zur Diskussion stehende Belastung ist, umso schwieriger ist es, zuverlässige Mittelwerte für die Normalleistungen bestimmter Altersgruppen zu erhalten. Es gibt Zahlen über Langstreckenleistungen, doch handelt es sich in diesen Fällen durchwegs um trainierende Kinder. Vergleichswerte für nicht-trainierende Kinder fehlen verständlicherweise. Am besten dokumentiert sind Rekordleistungen, wie sie in Abb. 7 für den Marathonlauf wiedergegeben sind.

Marathon-Laufzeiten			
<u>Alter in Jahren</u>	<u>Damen</u>	<u>Herren</u>	
4	-	6 : 03 : 35	} USA Rekorde Stand 1978
6	4 : 00 : 36	5 : 08 : 00	
8	3 : 51 : 09	3 : 55 : 04	
10	2 : 58 : 01	2 : 57 : 24	
13	2 : 55 : 00	2 : 43 : 02	} Welt- rekorde Stand 1979
14	2 : 50 : 21	2 : 31 : 24	
15	2 : 46 : 23	2 : 29 : 11	
16	-	2 : 23 : 47	
17	-	2 : 23 : 05	
18	2 : 39 : 48	2 : 17 : 44	
21	2 : 35 : 15	2 : 12 : 19	
26	2 : 27 : 33	2 : 08 : 34	

Abb. 7: USA- und Weltrekorde nach Altersjahren

C'est la même chose dans des sports tels que la natation, le cyclisme ou le ski de fond, qui exigent un bagage technique plus important. Il n'existe pratiquement pas d'indications chiffrées concernant de très jeunes enfants, ou alors seulement pour des enfants entraînés.

Köhler a publié en 1976 les résultats de tests sur 800 m et 15 minutes de course à pied (Fig. 8 et 9).

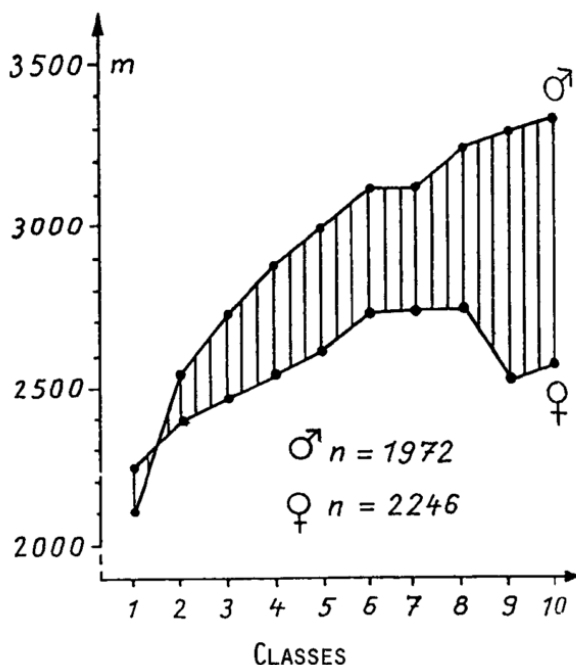


Fig. 8: Course de 15 minutes (classe 1 = 6 - 7 ans) (Köhler, 1976).

Ebenso gibt es über Sportarten wie Schwimmen, Radfahren oder Skilanglauf, welche mehr technisches Können verlangen, kaum Zahlenangaben für sehr junge Kinder oder dann auch nur für Trainierende.

Köhler publizierte 1976 Ergebnisse von 800-Meter- und 15-Minuten-Testläufen (Abb. 8 und 9).

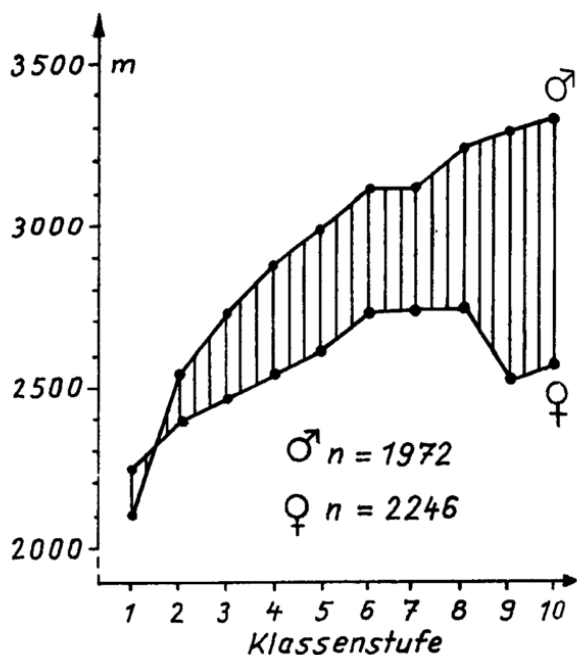


Abb. 8: 15-Minuten-Lauf (1. Klasse: 6-7jährige)
(Köhler 1976)

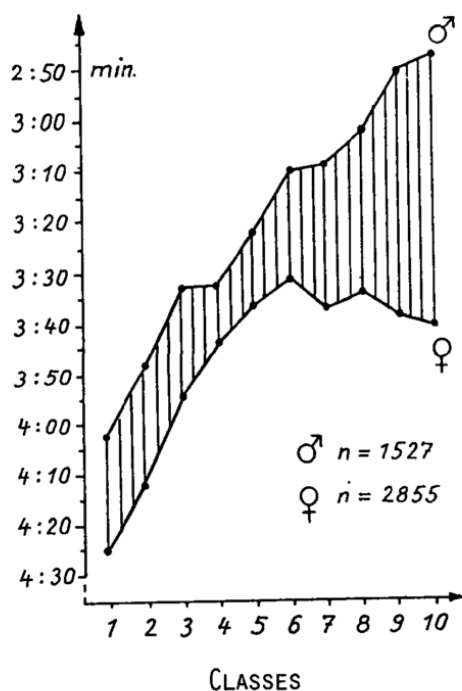


Fig. 9: Course de 800 m (Köhler, 1976).

Ces chiffres montrent que, chez les garçons, la distance parcourue en 15 minutes croît régulièrement avec l'âge, alors que chez les filles le maximum est atteint vers 12 - 14 ans déjà (6 - 8ème classe, indications d'âge tirées de Koinzer, 1978). Une courbe semblable se dessine pour le 800 mètres, à ceci près qu'on constate dès l'âge de 6 - 7 ans (1re classe, selon Koinzer, 1978) une différence marquée entre les deux sexes, à l'avantage des garçons. Il est possible que ce soit la conséquence d'une plus grande activité physique et donc d'un meilleur état d'entraînement naturel.

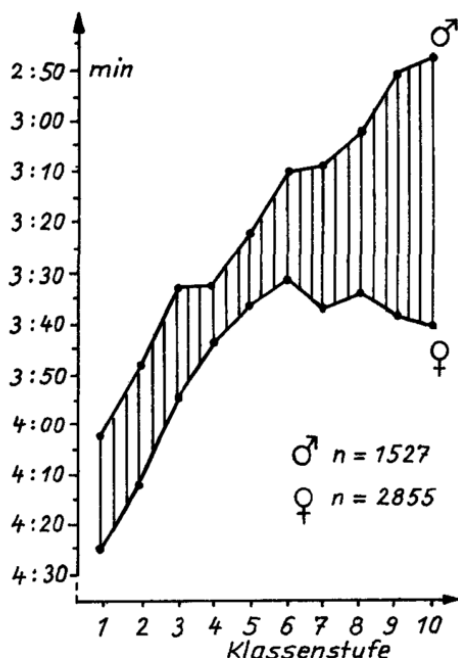


Abb. 9 : 800-Meter-Lauf (Köhler 1976)

Während nach diesen Messungen die zurückgelegte Strecke beim 15 Minuten-Lauf bei Knaben fortlaufend zunimmt, erreichen Mädchen bereits mit 12-14 Jahren das Maximum (6.-8. Klasse, Altersangaben nach Koinzer, 1978). Ein ähnliches Kurvenbild ergibt sich auch bei den 800-Meter-Läufen, wobei bereits bei den 6-7jährigen (1. Klasse nach Koinzer, 1978) ein deutlicher Geschlechtsunterschied zugunsten der Knaben besteht, möglicherweise eine Folge etwas grösserer körperlicher Aktivität und damit besserer Geübtheit.

L'amélioration plus faible que l'on constate, au fil des années, chez les filles que chez les garçons doit certainement être due, du moins partiellement, au fait que l'apparition des premières règles chez les filles s'accompagne fréquemment d'un accroissement de la couche graisseuse sous-cutanée. Ce qui détermine un rapport poids-puissance moins favorable (cf. Fig. 2, Partie I). Cet effet négatif est encore renforcé par le fait que, chez les filles, le développement de la force est déjà terminé vers 16 - 18 ans (cf. Chap. 2.2, Partie II). Enfin, on observe encore une modification des centres d'intérêt et une participation moindre aux activités sportives extra-scolaires, ce qui doit certainement avoir également un effet négatif sur l'évolution des performances des filles.

La capacité maximale d'absorption d'oxygène, chez les enfants et les adolescents, croît parallèlement à l'âge. Simultanément, on observe un développement du volume cardiaque, du volume maximal par pulsation ou par minute, du volume sanguin, ainsi que d'autres valeurs liées aux échanges gazeux comme le volume respiratoire limite, le volume respiratoire maximal par minute et la capacité vitale (Fig. 10 et 11).

Die geringere Leistungsentwicklung bei Mädchen dürfte zum Teil darauf beruhen, dass mit einsetzender Menarche häufig eine Zunahme des Unterhautfettgewebes verbunden ist, welche ein ungünstigeres Last-Kraft-Verhältnis zur Folge hat (s. Abb. 2, Teil I). Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, dass bei Mädchen bereits mit 16-18 Jahren die Kraftentwicklung zum Stillstand kommt (s. Kap. 2.2, Teil II). Zudem wird oft ein Wandel der Interessen und eine geringere Beteiligung am auserschulischen Sport beobachtet, was sich ebenfalls ungünstig auf die weitere Leistungsentwicklung auswirken dürfte.

Das maximale Sauerstoffaufnahmevermögen wird bei Kindern und Jugendlichen ebenfalls mit zunehmendem Alter grösser. Entsprechend der Sauerstoffaufnahme nehmen auch Herzvolumen, maximales Schlag- und Minutenvolumen, Blutvolumen und die ventilatorischen Grössen wie Atemgrenzwert, maximales Atemminutenvolumen und Vitalkapazität zu (Abb. 10 und 11).

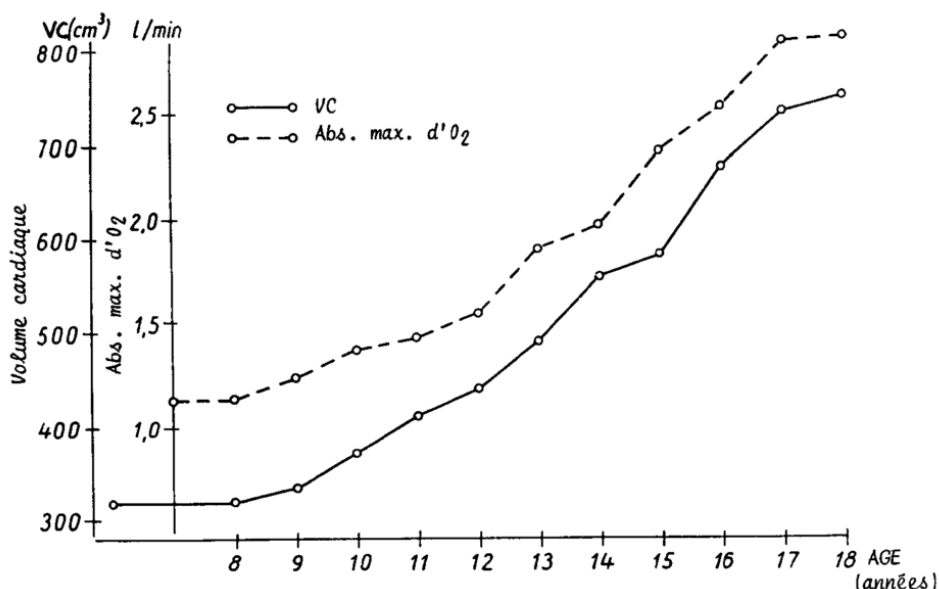


Fig. 10: Corrélation entre volume cardiaque, absorption maximale d'oxygène et âge chez des garçons de 8 à 18 ans (d'après Hollmann et Bouchard).

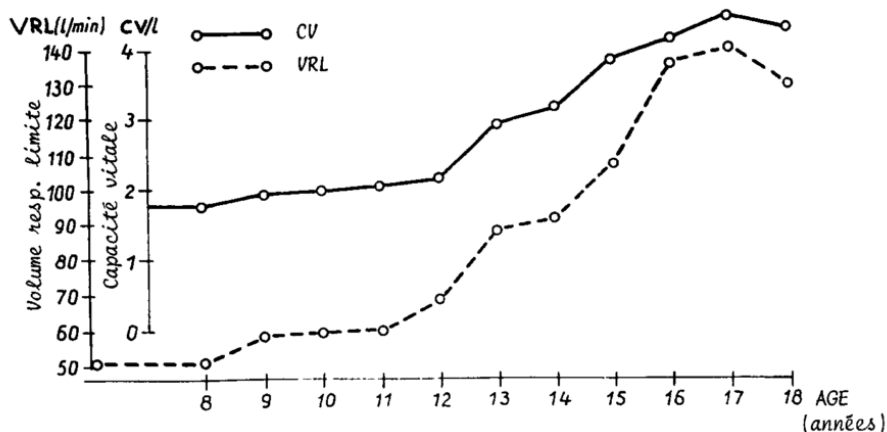


Fig. 11: Corrélation entre volume respiratoire limite, capacité vitale et âge chez des garçons de 8 à 18 ans (d'après Hollmann et Bouchard).

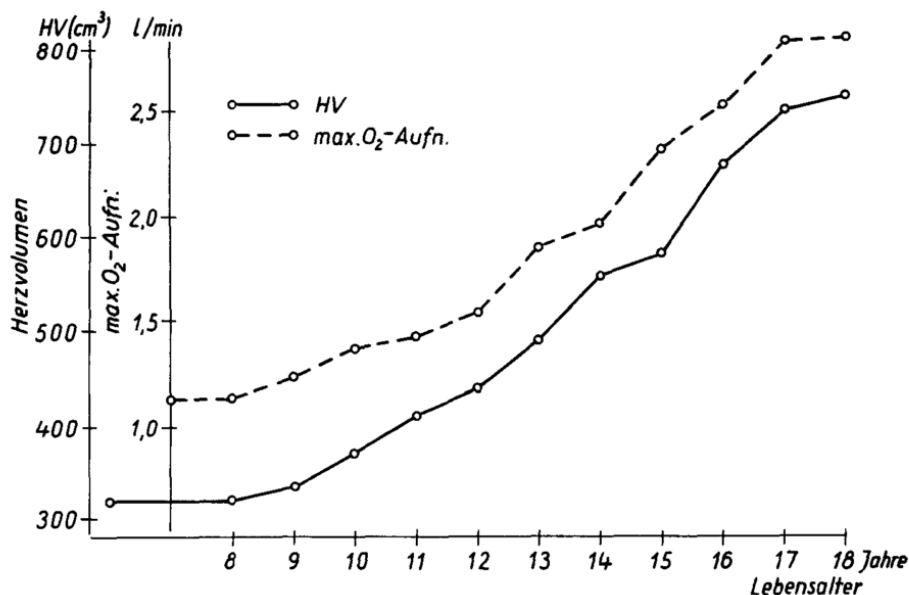


Abb. 10: Die Beziehung zwischen Herzvolumen, maximaler O₂-Aufnahme und Lebensalter bei 8- bis 18jährigen männlichen Jugendlichen (nach Hollmann und Bouchard).

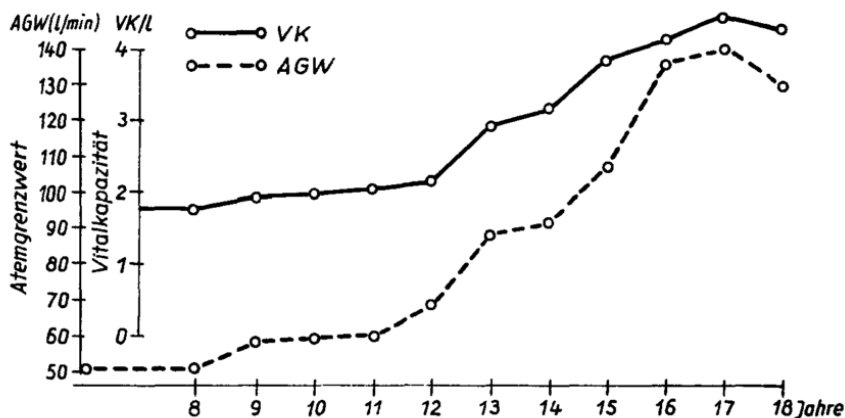


Abb. 11: Die Beziehung zwischen Atemgrenzwert, Vitalkapazität und Lebensalter bei 8- bis 18jährigen männlichen Jugendlichen (nach Hollmann u. Bouchard).

Avant même l'âge de 10 ans, la plupart des chercheurs relèvent un avantage des garçons sur les filles. Avec le début de la puberté, l'écart devient plus net, et il est tout à fait significatif vers 16 - 18 ans. De fait, les garçons atteignent leur maximum à 18 - 19 ans, alors que chez les filles la courbe s'aplatit à partir de la puberté et atteint son maximum entre 14 et 16 ans déjà (Fig. 12).

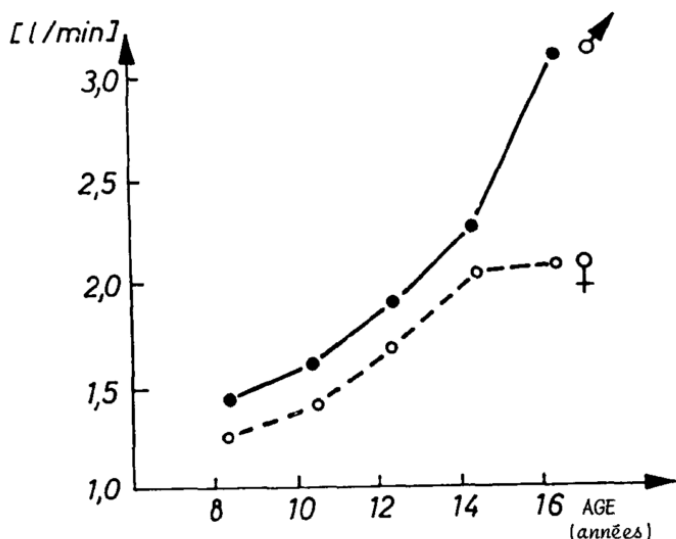


Fig. 12: Capacité maximale d'absorption d'oxygène par rapport à l'âge (8 - 16 ans) et au sexe. Données mesurées chez des enfants et des adolescents norvégiens (d'après Lange-Andersen, 1974, cité par Gürtler, 1976).

Bereits vor dem 10. Lebensjahr besteht nach den meisten Untersuchern ein Geschlechtsunterschied zugunsten der Knaben. Mit beginnender Pubertät wird der Unterschied deutlicher und ist mit 16-18 Jahren hochsignifikant. Dabei erreichen Knaben das Maximum mit 18-19 Jahren, während bei den Mädchen von der Pubertät an die Kurve flacher verläuft und bereits mit 14-16 Jahren den Maximalwert erreicht (Abb. 12).

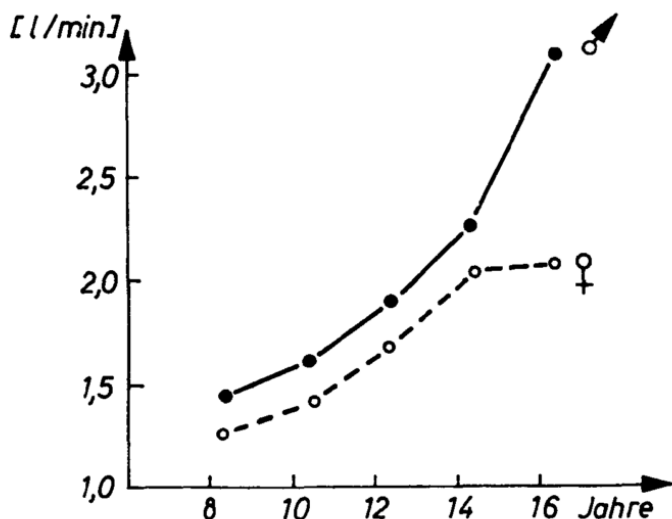


Abb. 12: Maximale Sauerstoffaufnahme in Beziehung zu Alter (8-16 Jahre) und Geschlecht - ermittelt an norwegischen Kindern und Jugendlichen (nach Lange-Andersen u.a., 1974, zit. bei Gürtler 1976).

Seul un entraînement systématique peut permettre une croissance supplémentaire après la fin de ce processus.

Pour juger de la capacité de performance sportive, il est important de considérer ces valeurs en rapport avec le poids du corps. En fin de compte, il s'agit en effet de mouvoir le poids du corps, et pour cela de fournir suffisamment d'énergie à la musculature. Vu que le poids du corps, pendant toute la croissance, augmente parallèlement aux valeurs citées plus haut, le rapport volume cardiaque / poids du corps, resp. capacité d'absorption d'oxygène / poids du corps demeure constant depuis l'âge de 8 ans environ, et est le même que celui d'un jeune adulte (Fig. 13).

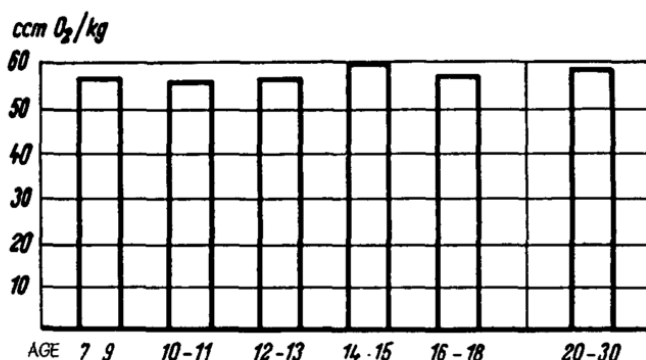


Fig. 13: Capacité maximale d'absorption d'oxygène par kg de poids corporel (travail ergométrique) chez des adolescents de 7 à 18 ans (n = 63) et des hommes de 20 à 30 ans (n = 44) (d'après Åstrand, cité par Mellerowicz, 1966).

Eine weitere Steigerung ist nach Abschluss dieser Entwicklung nur noch durch gezieltes Training möglich.

Zur Beurteilung der sportlichen Leistungsfähigkeit ist es wichtig, diese Werte in Relation zum Körpergewicht zu betrachten, da es letztlich darauf ankommt, den Körper zu bewegen und dafür die Muskulatur mit genügend Energie zu versorgen. Da das Körpergewicht entsprechend den oben erwähnten Grössen während der ganzen Entwicklung ebenfalls zunimmt, bleibt das Verhältnis Herzvolumen/Körpergewicht bzw. Sauerstoffaufnahme/Körpergewicht etwa vom 8. Lebensjahr an konstant und ist praktisch gleich der eines jungen Erwachsenen (Abb. 13).

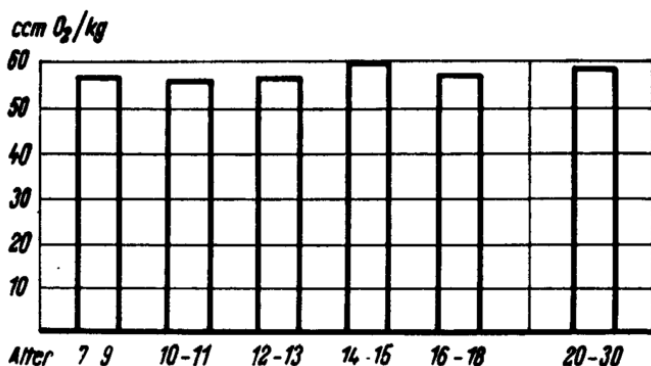


Abb. 13: Maximale O₂-Aufnahme pro kg Körpergewicht (Fusskurbelarbeit) bei 7- bis 18jährigen Jugendlichen (n = 63) und 20- bis 30jährigen Männern (n = 44) (nach Åstrand, zit. bei Mellerowicz 1966).

Les valeurs les plus favorables sont atteintes par les garçons vers 14 - 15 ans (Åstrand, 1976; Parizkova, 1972). Les valeurs chez les filles sont en permanence quelque peu inférieures. La différence se chiffre, à partir de la puberté, à environ 10 ml/min/kg.

Les données chiffrées que l'on trouve dans les ouvrages spécialisés concernant l'absorption moyenne d'oxygène par kg de poids corporel sont, pour certaines, passablement hétérogènes. Cela provient vraisemblablement des différences existant dans les méthodes d'observation et dans le choix des groupes étudiés. Par rapport à Åstrand (1976). Labitzke (1976) donne une valeur inférieure pour des enfants non entraînés, à savoir 40 - 48 ml/min/kg. Chez l'enfant d'âge préscolaire en tout cas l'absorption relative d'oxygène lors de tests ergométriques est nettement inférieure. Cela provient peut-être de la moins bonne utilisation de l'oxygène en périphérie. Cette hypothèse est confortée, selon Kindermann (1976) par le caractère constant de la pulsation d'oxygène lorsque la charge s'accroît.

Klimt (1979) a trouvé, pour des enfants d'âge préscolaire, les valeurs suivantes pour la capacité maximale d'absorption d'oxygène par kg de poids corporel:

Garçons	4 ans	26,38 ml	5 ans	25,94 ml	6 ans	30,27 ml
Filles	4 ans	24,31 ml	5 ans	29,50 ml	6 ans	29,40 ml

Concernant la composition en fibres de la musculature et le volume des mitochondries (mitochondries: structures cellulaires où se déroule la "fabrication" d'énergie avec de l'oxygène), il n'existe guère de différence entre un enfant, dès l'âge de 6 ans, et un adulte, comme a pu le démontrer Bell (1980). Selon Keul (1981), le nombre de mitochondries est même plus élevé chez l'enfant, de même que la proportion d'enzyme oxydative, ce qui a pour conséquence une utilisation plus rapide des acides gras libres. La décomposition des lipides en glycérol et acides gras libres a lieu dans la même proportion que chez l'adulte.

Cela ne signifie pourtant pas que l'enfant et l'adulte peuvent réaliser les mêmes performances sportives. Dans des efforts d'in-

Die günstigsten Werte werden von Knaben im Alter von 14-15 Jahren erreicht (Åstrand, 1976; Parizkova, 1972). Die Werte der Mädchen sind durchwegs etwas niedriger. Die Differenz beträgt ab Pubertät etwa 10 ml/min/kg.

Die Zahlenangaben in der Literatur über die mittlere Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht sind zum Teil recht verschieden, wahrscheinlich als Folge von Differenzen in der Untersuchungsmethodik und in der Auswahl der untersuchten Gruppen. Im Gegensatz zu Åstrand (1976) gibt Labitzke (1976) für untrainierte Kinder einen niedrigeren Wert an, nämlich 40-48 ml/min/kg. Beim Vorschulkind allerdings ist die relative Sauerstoffaufnahme bei ergometrischen Untersuchungen deutlich geringer, möglicherweise infolge geringerer Auswertung des Sauerstoffs in der Peripherie. Dafür spricht nach Kindermann et al. (1976) auch das Konstantbleiben des Sauerstoffpulses bei ansteigender Belastung.

Klimt (1979) fand für Vorschulkinder folgende Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme/kg Körpergewicht:

Knaben	4j.	26,38 ml	5j.	25,94 ml	6j.	30,27 ml
Mädchen	4j.	24,31 ml	5j.	29,50 ml	6j.	29,40 ml

In bezug auf Faserzusammensetzung der Muskulatur und Mitochondrienvolumen (Mitochondrien: Zellstrukturen, in denen die "Energiegewinnung mit Sauerstoff" abläuft) besteht bereits beim 6jährigen im Vergleich zum Erwachsenen kein wesentlicher Unterschied, wie dies Bell et al. (1980) nachweisen konnten. Nach Keul (1981) ist die Zahl der Mitochondrien bei Kindern sogar grösser, ebenso der Anteil oxydativer Enzyme, was eine raschere Verwertung der freien Fettsäuren zur Folge hat. Die Spaltung der Fette in Glycerol und freie Fettsäuren erfolgt etwa im gleichen Ausmass wie beim Erwachsenen.

Dies alles bedeutet nun allerdings nicht, dass Kinder und Erwachsene die gleichen sportlichen Leistungen erbringen können. Bei ver-

tensité comparable, les enfants absorbent plus d'oxygène, et cela plus ils sont jeunes, et ils atteignent leur maximum à un niveau d'effort inférieur. Simultanément, les enfants n'ont pas la possibilité d'augmenter autant leur consommation lorsque l'effort l'exige. Selon Åstrand (1973), elle peut être multipliée par 9 environ chez un enfant de 8 ans, alors que ce chiffre peut aller jusqu'à 13 chez un jeune de 17 ans.

Ces différences peuvent s'expliquer par les facteurs suivants:

- La capacité de transport d'oxygène par le sang est moins grande chez l'enfant. La quantité d'hémoglobine par rapport au poids du corps est en effet inférieure chez lui (Åstrand, 1976).
- Le coeur de l'enfant s'adapte à une augmentation de l'effort principalement par une accélération du rythme cardiaque et pas encore par une augmentation du volume de chaque pulsation, ce qui est globalement peu économique.
- Vu la taille de l'enfant, la longueur de ses pas est naturellement inférieure à celle d'un adulte. Pour parcourir la même distance, un enfant doit avoir un rythme de course plus élevé, ce qui est également peu économique.
- Particulièrement peu favorable paraît être chez l'enfant le faible pourcentage que représente la musculature: chez le petit enfant c'est 25 %, à la puberté 33 % et chez l'adulte 40 % du poids total (Kindermann, 1976).

Un facteur spécifique qui dépend essentiellement de l'âge est le pouls au repos et pendant l'effort.

Contrairement à l'enfant plus âgé, le pouls de l'enfant de 8 ans est souvent supérieur à 90 pulsations par minute. De même, les enfants plus jeunes, soumis à une charge comparable, atteignent plus rapidement que des enfants plus âgés un pouls élevé, et il n'est pas rare qu'ils dépassent les 200 pulsations par minute. La courbe de retour au calme du pouls est identique dans les deux groupes. L'écart entre le pouls au repos et le pouls maximum dans l'effort est certes comparable en chiffres à celui de l'adulte, mais il se situe dans une zone de fréquence plus élevée, et par conséquent cela fatigue plus le coeur.

gleichbarer Belastung nehmen Kinder, je jünger sie sind, mehr Sauerstoff auf und erreichen das Maximum bereits auf einer geringeren Belastungsstufe. Entsprechend haben Kinder eine wesentlich geringere Spannweite der Umsatzsteigerung unter Belastung. Sie beträgt nach Åstrand (1973) beim 8jährigen etwa das 9fache im Gegensatz zum 13fachen beim 17jährigen.

Diese Unterschiede dürften auf folgende Faktoren zurückzuführen sein:

- Die Fähigkeit, den Sauerstoff im Blut zu transportieren, ist beim Kind geringer, da der Haemoglobingehalt bezogen auf das Körpergewicht niedriger ist (Åstrand, 1976).
- Das kindliche Herz passt sich vor allem durch eine Frequenzsteigerung an höhere Belastungen an und noch nicht durch Erhöhung des Schlagvolumens, was gesamthaft unökonomischer ist.
- Entsprechend der geringeren Körperlänge ist auch die Schrittlänge geringer. Für die gleiche Strecke braucht das Kind eine höhere Schrittfrequenz, was wiederum unökonomischer sein dürfte.
- Besonders ungünstig dürfte sich beim Kind die geringere Muskelmasse auswirken, welche beim Kleinkind nur 25 %, in der Pubertät 33 % und beim Erwachsenen 40 % des Körpergewichts ausmacht (Kindermann 1976).

Ein besonderes Verhalten in Abhängigkeit vom Alter zeigt die Pulsfrequenz in Ruhe und unter Belastung.

Im Gegensatz zu älteren Kindern liegt der Ruhepuls bei 8jährigen noch oft über 90 Schlägen/Minute. Auch erreichen jüngere Kinder bei vergleichbaren Belastungen rascher einen höheren Puls als ältere und kommen maximal nicht selten auf über 200 Schläge/Minute. Die Erholungspulskurve verläuft bei beiden Gruppen gleich. Die Spanne zwischen Ruhepuls und maximalem Arbeitspuls ist im Umfang wohl ähnlich wie bei Erwachsenen, liegt aber in einem höheren Frequenzbereich und ist damit belastender für das Herz.

Avec l'âge, le système circulatoire s'adapte plus à l'effort par une augmentation du volume sanguin expulsé à chaque pulsation. Cette modification peut être mise en évidence par le fait que la pulsation d'oxygène lors d'un effort s'élève chez un enfant plus âgé, alors qu'elle reste plus ou moins constante chez un enfant plus jeune.

Dans la première phase pubérale, la régulation fine du système circulatoire est souvent quelque peu déficiente. C'est la raison pour laquelle il existe, plus chez les garçons que chez les filles, une certaine tendance à des problèmes de répartition sanguine, accompagnés de syncopes. Cela ne touche cependant que des adaptations à court terme, et la véritable capacité de performance n'est pas concernée (Ungerer, 1977).

La capacité de performance aérobique étant étroitement liée à l'augmentation du poids et au développement des organes, c'est plus l'âge biologique que l'âge chronologique qui est déterminant pour juger de la capacité de performance physique. Pendant la puberté en particulier, on constate souvent une différence pouvant aller jusqu'à 3 - 4 ans. Des études très poussées ont montré que, à quelques exceptions près, le développement de la capacité et du volume des organes ainsi que la croissance du squelette sont harmonieusement synchronisés. C'est ce qui fait qu'un adolescent précoce obtient des performances comparables à celles d'un autre adolescent du même âge au développement normal ou même retardé. A l'âge adulte, ces différences peuvent disparaître totalement, ce qu'il convient de garder à l'esprit lorsqu'on juge de talents adolescents.

Pour le praticien, la question la plus importante est de savoir à quel âge l'endurance peut être proportionnellement entraînée avec le plus d'intensité. Tous les chercheurs sont unanimes à constater que les enfants et les adolescents qui s'entraînent et participent à des compétitions dans des sports d'endurance présentent les mêmes processus biologiques d'adaptation que les adultes: la capacité maximale d'absorption d'oxygène par kg de poids corporel est plus élevée, le volume cardiaque s'accroît, le pouls à effort égal est inférieur, ce qui signifie que la pulsation d'oxygène est plus

Mit dem Aelterwerden des Kindes passt sich das Herz-Kreislaufsystem mehr durch eine Erhöhung des Schlagvolumens an Belastungen an. Als Ausdruck dieser Veränderung steigt der Sauerstoffpuls beim älteren Kind unter Belastung an, während er beim jüngeren Kind weitgehend konstant bleibt.

In der 1. puberalen Phase ist die Feinregulation des Kreislaufs häufig etwas beeinträchtigt, weshalb, bei Knaben mehr als bei Mädchen, eine gewisse Tendenz zu Blutverteilungsstörungen mit Kollapsneigung besteht. Davon werden allerdings nur kurzfristige Anpassungsvorgänge, jedoch nicht die eigentliche Leistungsfähigkeit, betroffen (Ungerer 1977).

Da die aerobe Leistungsfähigkeit in engem Zusammenhang mit der Gewichts- und Organentwicklung steht, ist bei der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit nicht so sehr das chronologische, sondern das biologische Alter ausschlaggebend. Besonders während der Pubertät besteht oft eine Differenz von bis zu 3-4 Jahren. Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass mit einzelnen Ausnahmen die Entwicklung der organischen Leistungsfähigkeit, die Organmasse und die Skelettentwicklung harmonisch verläuft und damit der akzelerierte Jugendliche gegenüber dem normalentwickelten und retardierten gleichaltrigen Jugendlichen eben leistungsfähiger ist. Im Erwachsenenalter können sich diese Differenzen voll ausgleichen, was bei der Talentbeurteilung Jugendlicher zu berücksichtigen ist.

Für die Praxis bedeutungsvoll ist die Frage, in welchem Alter die prozentual grösste Trainierbarkeit in bezug auf die Ausdauer besteht. Alle Untersucher sind sich darin einig, dass Kinder und Jugendliche, welche in Ausdauersportarten trainieren und Wettkämpfe bestreiten, die gleichen biologischen Anpassungserscheinungen zeigen wie Erwachsene: die maximale Sauerstoffaufnahme/kg Körpergewicht liegt höher, das Herzvolumen wird grösser, die Pulsfrequenz bei gleicher Belastung liegt tiefer bzw. der Sauerstoffpuls steigt an. So nehmen einzelne 11-14jährige Kinder nach mehrjährigem Training über 70 ml Sauerstoff/kg Körpergewicht auf, Werte, die denen von

élevée. C'est ainsi par exemple que des enfants de 11 à 14 ans, après plusieurs années d'entraînement, arrivent à absorber plus de 70 ml d'oxygène par kg de poids corporel, soit des chiffres qui s'approchent de ceux atteints par des athlètes de pointe dans des sports d'endurance (Kindermann, 1976). Les données sont cependant très variables suivant les sources, le choix du groupe d'étude différant chez chaque auteur. Souvent, il manque de points de comparaison avec des groupes de contrôle formés d'enfants non entraînés du même âge. De ce fait, un jugement comparatif des très nombreuses études offre peu de signification. Cependant, les exemples suivants méritent d'être cités:

- Des écoliers de 7 - 8 ans ont eu pendant deux ans deux heures supplémentaires de sport par semaine, pendant lesquelles toutefois le pouls est rarement monté au-dessus de 140 pulsations/minute. L'augmentation des performances dans ce groupe a été de 35 %, alors qu'elle était de 20 % dans le groupe de contrôle. La différence n'est statistiquement pas significative (Kindermann, 1976).
- D'autres élèves d'une classe d'encouragement au sport ont également eu plus de sport de 14 à 18 ans. Comparativement à leurs camarades des classes conventionnelles, ils n'ont pas fait montre d'une amélioration notable dans le domaine aérobique (Kindermann, 1976). Là également, la charge en endurance a dû être trop peu augmentée.
- Dans une étude d'Eriksson en 1973 portant sur des garçons de 11 à 13 ans, les enfants ont suivi trois séances hebdomadaires de 20 à 50 minutes, au cours desquelles leur capacité maximale d'absorption d'oxygène a été sollicitée à 70 %. Après déduction d'un accroissement dû à la croissance normale, Eriksson a constaté une augmentation de l'absorption maximale d'oxygène de 14 à 16 %. Le pouls était de 10 à 15 pulsations inférieures à l'issue de la période d'étude. Le volume sanguin maximal par pulsation et l'activité de l'enzyme oxydative sont également plus élevés.
- Labitzke (1976) a réalisé pendant six ans des tests spirométriques auprès d'enfants de 5ème année scolaire qui s'entraînaient régulièrement. L'âge moyen de ces écoliers était de 11 - 11,5 ans. Pour des enfants non entraînés, les sources bi-

Spitzenathleten in Ausdauersportarten nahekommen (Kindermann et al. 1976). Die Zahlenangaben in der Literatur variieren allerdings stark, erfolgt doch die Auswahl der Gruppen je nach Untersucher verschieden. Oft fehlen auch Angaben über gleichaltrige nichttrainierende Kontrollgruppen, so dass eine vergleichende Beurteilung der recht zahlreichen Untersuchungen wenig sinnvoll ist. Trotzdem seien im folgenden einige Beispiele zitiert:

- 7-8jährige Schüler erhielten während 2 Jahren zwei zusätzliche Sportstunden pro Woche, während welcher die Herzfrequenz aber kaum über 140 Schläge pro Minute stieg. Der Leistungszuwachs betrug 35 %, bei der Kontrollgruppe 20 %. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Kindermann et al. 1976).
- Auch Schüler einer Sportförderklasse, welche vom 14. bis 18. Altersjahr mehr Sport trieben, zeigten gegenüber ihren gleichaltrigen Mitschülern keine nennenswerte Verbesserung im aeroben Bereich (Kindermann et al. 1976). Auch hier dürfte die Ausdauerbelastung zu unerschwellig gewesen sein.
- Bei einem Versuch mit 11-13jährigen Knaben, die dreimal wöchentlich während 20-50 Minuten Dauer mit 70 % ihres maximalen Sauerstoffaufnahmevermögens belastet wurden, stellte Eriksson 1973 nach Abzug eines wachstumbedingten Zuwachses eine Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme von 14-16 % fest. Die Pulsfrequenz lag am Ende der Versuchsperiode um 10-15 Schläge/Minute tiefer. Das maximale Schlagvolumen und die Aktivität der oxydativen Enzyme waren erhöht.
- Labitzke (1976) führte während 6 Jahren bei regelmässig trainierenden Kindern der 5. Klassen spiroergometrische Tests durch. Das durchschnittliche Alter dieser Schüler betrug 11 bis 11 1/2 Jahre. Die trainierten Kinder zeigten gegenüber der Gruppe der untrainierten, für welche in der Literatur eine maximale Sauerstoffaufnahme/kg Körpergewicht im Bereich von 40-48 ml angegeben wird, deutlich höhere Werte, nämlich im Schnitt für Knaben 60 ml/kg, für Mädchen 55 ml/kg.

bliographiques donnent pour la capacité maximale d'absorption d'oxygène par kg de poids corporel des valeurs de 40 à 48 ml. L'étude sur les enfants entraînés au contraire a fait apparaître des chiffres nettement plus élevés, en moyenne 60 ml/kg pour les garçons et 55 ml/kg pour les filles.

Selon plusieurs auteurs cependant, l'efficacité maximale n'est atteinte qu'à partir de 10 - 11 ans. Chez des enfants plus jeunes, l'amélioration des performances est due en premier lieu - tout comme chez des débutants dans un entraînement - à une amélioration motrice. Une meilleure coordination motrice a en effet pour conséquence un engagement plus efficace et plus économique de la force, ce qui se traduit par une vitesse plus élevée et une meilleure endurance.

Il faut cependant ajouter que d'autres études semblent laisser apparaître des adaptations concernant les échanges gazeux même avant 10 ans, lorsque les efforts sont relativement élevés à l'entraînement. Mayers et Gutin (1979) ont étudié huit coureurs de cross-country dont la moyenne d'âge était de 10,2 ans, et ont comparé les résultats obtenus avec ceux d'un groupe similaire d'enfants non entraînés. Les coureurs du groupe étudié s'entraînaient déjà à l'époque depuis 2 à 4 ans, et le kilométrage hebdomadaire à l'entraînement allait de 32 à 88 km, répartis sur 3 à 5 séances. Les temps sur le mile donnaient une moyenne de 5'50, et de 7'37 pour le groupe-témoin. Le poids corporel était pratiquement le même dans les deux groupes, mais le pourcentage de réserves graisseuses n'était que de 15,8 % chez les coureurs contre 17,8 % pour le groupe-témoin. Les coureurs ont atteint en moyenne une capacité maximale d'absorption d'oxygène de 56 ml/kg de poids corporel contre 45,6 ml/kg pour le groupe-témoin. Ces valeurs correspondent assez bien à celles que l'on retrouve assez largement dans la littérature spécialisée: 56,6 pour des joueurs de hockey (Cunningham, 1976), 52,5 pour des nageurs (Cunningham, 1973), 56,7 pour des coureuses de cross-country (Brown, 1972), et 59,6 pour des garçons du même sport (Daniels, 1978).

Rost et ses collaborateurs (1980) ont également constaté, chez des nageurs de 8 à 10 ans soumis à un entraînement intensif, déjà une amélioration de la capacité d'absorption d'oxygène ainsi qu'une dilatation cardiaque régulatrice avec hypertrophie.

Die grösste Effizienz ist nach vielen Autoren allerdings erst nach dem 10./11. Altersjahr zu erwarten. Bei jüngeren Kindern ist eine Leistungssteigerung zu einem grossen Teil - wie wohl bei jedem Trainingsanfänger - in erster Linie auf eine Verbesserung im motorischen Bereich zurückzuführen. Eine verbesserte Bewegungskoordination hat einen wirkungsvolleren und oekonomischeren Krafteinsatz zur Folge, was in erhöhter Schnelligkeit und grösserer Ausdauer zum Ausdruck kommt.

Zusätzlich scheint es nach andern Untersuchungen bei relativ hohen Trainingsbelastungen doch auch schon vor dem 10. Altersjahr zu entsprechenden Anpassungen im Stoffwechselbereich zu kommen. Mayers und Gutin(1979) untersuchten 8 Cross-Country-Läufer mit einem mittleren Alter von 10,2 Jahren im Vergleich mit einer entsprechenden Gruppe nichttrainierender Kinder. Die Läufergruppe trainierte zu diesem Zeitpunkt bereits seit 2-4 Jahren mit einem Umfang von 32-88 km pro Woche, aufgeteilt auf 3 bis 5 Trainingseinheiten. Die Laufzeiten über eine Meile betrugen im Mittel 5:50, bei der Vergleichsgruppe 7:37. Das Körpergewicht war bei beiden Gruppen annähernd gleich, doch betrug der Fettanteil bei der Läufergruppe nur 15,8 % gegenüber 17,8 % bei der Vergleichsgruppe. Die Läufer erreichten im Mittel eine maximale Sauerstoffaufnahme von 56 ml/kg Körpergewicht im Gegensatz zur Vergleichsgruppe mit 45,6 ml/kg Körpergewicht. Diese Werte stimmen mit Angaben der Literatur gut überein: Hockeyspieler 56,6 (Cunningham 1976), Schwimmer 52,5 (Cunningham 1973), Cross-Country Mädchen 56,7 (Brown et al. 1972) und Cross-Country Knaben 59,6 (Daniels et al. 1978).

Auch Rost und Mitarbeiter (1980) fanden bei 8-10jährigen, intensiv trainierenden Schwimmern bereits eine erhöhte Sauerstoffaufnahme und eine regulative Herzdilatation mit Hypertrophie.

Schädigende Auswirkungen eines Ausdauertrainings auf das Herz-Kreislaufsystem werden von keinem Autor erwähnt, sofern die Kinder und Jugendlichen gesund sind. Einzig gleichförmiges Laufen auf harter Unterlage oder mit ungeeignetem Schuhwerk kann bei Kindern, welche noch im Wachstum stehen, einmal mehr zu Ueberlastungsschäden im Bereich des passiven Bewegungsapparates führen (s. dazu Kap. 2.3).

Aucun auteur n'évoque le risque de suites néfastes sur le système circulatoire à cause d'un entraînement d'endurance, tant que les enfants et les adolescents sont en bonne santé. Seule la course toujours sur un revêtement dur ou avec des chaussures inadaptées peut, chez des enfants qui sont encore en croissance, provoquer des dommages dus à la surcharge de l'appareil locomoteur passif (cf. chap. 2.3).

3.2 Développement de la capacité anaérobie

Un effort intense d'une durée maximale de 20 secondes, par exemple sous la forme d'un sprint, est supporté sans difficulté particulière par des enfants et des adolescents en bonne santé. La mobilisation d'énergie, dans cette phase, se fait essentiellement par voie anaérobie et sans dégagement d'acide lactique, c'est-à-dire par la dégradation des liaisons phosphates riches en énergie (ATP et créatine-phosphate). Dans ce domaine, on ne constate pratiquement pas de différence entre l'adulte et l'enfant. Lors d'un effort de plus longue durée, la mobilisation d'énergie par glycolyse prend progressivement la relève, ce qui fait s'élever le taux d'acide lactique dans les tissus et le sang (phase nommée anaérobie - avec dégagement d'acide lactique). (Fig. 14).

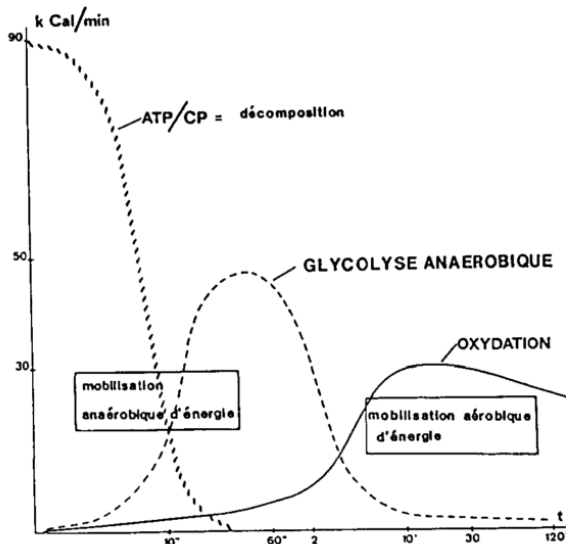


Fig. 14: Déroulement chronologique de la mobilisation d'énergie dans le muscle, anaérobie puis aérobie (temps en échelle logarithmique).

3.2. Die Entwicklung der anaeroben Leistungsfähigkeit

Eine intensive Belastung bis zur Dauer von 20 Sekunden, z.B.: in Form eines Sprints, wird von gesunden Kindern und Jugendlichen ohne besondere Schwierigkeiten ertragen. Die Energiebereitstellung erfolgt in dieser Phase weitgehend anaerob-alkalisch, d.h. durch Abbau der energiereichen Phosphatverbindungen (ATP und Kreatinphosphat). Kinder und Erwachsene unterscheiden sich in diesem Bereich kaum voneinander. Bei längerer Belastungsdauer erfolgt die Energiebereitstellung zunehmend über die Glykolyse, wodurch der Milchsäuregehalt der Gewebe und des Blutes stark ansteigt (sog. anaerob-laktazide Phase) (Abb. 14).

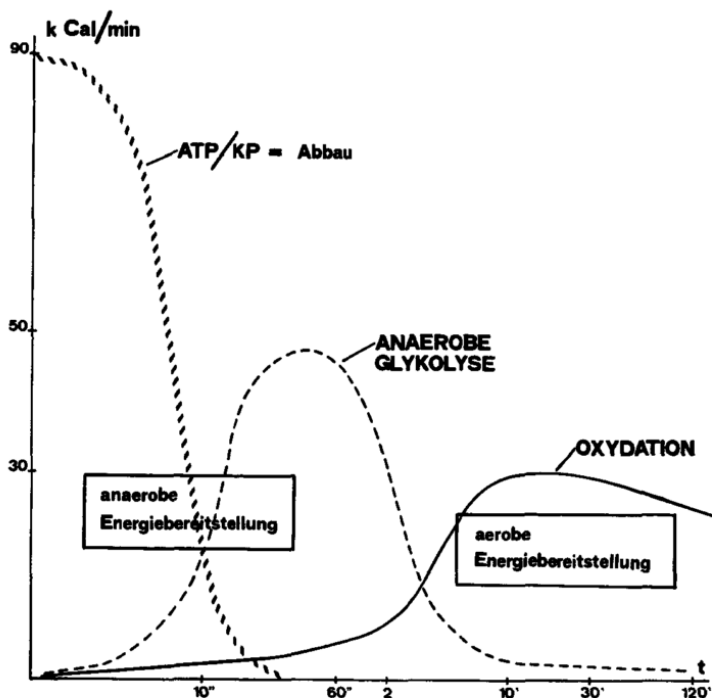


Abb. 14: Zeitlicher Ablauf der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung im Muskel.
(Zeit in logarithmischer Skala)

La quantité d'acide lactique dégagé lors de l'effort maximal est la principale valeur utilisée pour mesurer la capacité anaérobie. Elle dépend du type d'effort, de l'âge, du sexe et de l'état d'entraînement de la personne concernée (Fig. 15).

Age	8,9 ± 0,7 J. (n = 23)	14,6 ± 0,4 J. (n = 28)	24,7 ± 2,4 J. (n = 14)	Compétiteurs 400/400 m haies (n = 13)
pH	7,249 ± 0,041	7,154 ± 0,046	7,022 ± 0,053	6,969 ± 0,042
Acide lactique	9,69 ± 1,98	13,19 ± 1,70	18,73 ± 1,53	21,98 ± 1,58
Fréquence cardiaque	196 ± 7	195 ± 6	198 ± 7	
Temps de course	78,7 ± 7,7 (300 m)	70,0 ± 4,7	63,4 ± 4,5	46,2 (400 m) 51,3 (400 m H)

Fig. 15: Valeurs maximales (moyennes et écarts-types) pour pH, acide lactique et fréquence cardiaque après 300 m, resp. 400 m de course chez des individus normaux d'âge divers et chez des sportifs de compétition (Kindermann, 1975). Selon les études préliminaires de l'auteur, la durée variable de l'effort (50 à 80 secondes), dans la tranche considérée, n'a pas d'influence sensible sur la mesure de la sur-acidification.

Die Höhe der Laktatbildung bei maximaler Belastung, der wichtigsten Messgrösse der anaeroben Leistungsfähigkeit, ist abhängig von der Art der Belastung, dem Lebensalter, dem Geschlecht und dem Trainingszustand der Probanden (Abb. 15).

Alter	8,9 ± 0,7 J. (n = 23)	14,6 ± 0,4 J. (n = 28)	24,7 ± 2,4 J. (n = 14)	Leistungssportl. 400/400-m-Hürden (n = 13)
pH	7,249 ± 0,041	7,154 ± 0,046	7,022 ± 0,053	6,969 ± 0,042
Lactat (mmol/l)	9,69 ± 1,98	13,19 ± 1,70	18,73 ± 1,53	21,98 ± 1,58
Herz- frequenz	196 ± 7	195 ± 6	198 ± 7	
Laufzeit (sec.)	78,7 ± 7,7 (300 m)	70,0 ± 4,7	63,4 ± 4,5	46,2 (400 m) 51,3 (400-m-Hü.)

Abb. 15 : Maximalwerte (Mittelwerte und Standardabweichungen) für pH, Laktatspiegel und Herzfrequenzen nach 300- bzw. 400-m-Läufen von Normalpersonen verschiedener Altersklassen und Leistungssportlern (Kindermann et al. 1975). Die unterschiedliche zeitliche Belastungsdauer (50-80 Sek.) wirkt sich nach Voruntersuchungen derselben Autoren innerhalb des genannten Zeitraumes nicht entscheidend auf das Ausmass der Uebersäuerung aus.

Les valeurs relevées dans la figure 15 correspondent à celles d'autres chercheurs. Il en ressort que des enfants plus jeunes n'atteignent pas des valeurs acide aussi élevées que des adolescents ou des adultes. Ce n'est qu'au cours de la puberté que le taux d'acide lactique dans le sang pendant un effort commence à dépasser les 10 mMol/l, pour atteindre plus de 20 mMol/l chez des adultes entraînés. Selon Eriksson (1973), cela provient de ce que l'activité de la phosphofructocinase, une enzyme intervenant dans la mobilisation d'énergie par voie anaérobie, est encore relativement limitée; vers 11 - 13 ans, elle n'atteint même pas la moitié de ce qu'on enregistre chez un jeune adulte.

La capacité anaérobie, mesurée en watt/kg de poids corporel, est pratiquement la même chez les garçons et les filles jusqu'à 11 - 12 ans. Cela est également valable pour les valeurs d'acide lactique, tant que les efforts sont modérés. Avec des efforts plus intenses cependant, et avec des enfants plus âgés, les valeurs d'acide lactique enregistrées chez les filles sont notablement plus élevées. Avec des charges d'intensité égale par kg de poids corporel, la mobilisation d'énergie par voie aérobie s'épuise visiblement plus vite chez des filles plus âgées que chez des garçons du même âge. C'est la raison pour laquelle, chez ces filles, c'est le processus anaérobie qui prédomine. Ces différences apparaissent déjà chez des enfants de 7 à 9 ans, et sont très nettes dès l'âge de 12 ans (Komadel, 1975).

Fondamentalement, la capacité anaérobie peut également être améliorée chez des enfants et des adolescents par l'entraînement. Ainsi, après une période d'entraînement de 4 mois, l'activité de la phosphofructocinase a nettement augmenté chez des enfants de 12 - 13 ans, tout en demeurant bien inférieure à celle d'adultes non entraînés (Eriksson, cité dans Kindermann, 1975). D'après Koinzer (1978), l'entraînement semble avoir le plus d'effet chez les filles entre 12 et 15 - 16 ans et chez les garçons entre 14 et 18 - 19 ans. Pourtant, pendant cette période-là, l'amélioration des performances devrait également dépendre du développement de la force.

Die in der Abb. 15 aufgeführten Werte entsprechen auch den Feststellungen anderer Untersucher, nämlich dass jüngere Kinder noch nicht so hohe Säurewerte erreichen wie Jugendliche und Erwachsene. Erst im Verlauf der Pubertät steigt unter Belastung der Milchsäuregehalt im Blut deutlich auf über 10 mmol/l an, um beim trainierten Erwachsenen Werte von über 20 mmol/l zu erreichen. Dies ist nach Eriksson (1973) u.a. darauf zurückzuführen, dass die Phosphofruktokinaseaktivität, ein Enzym der anaeroben Energiebereitstellung, wesentlich niedriger ist und bei 11-13jährigen noch kaum 50 % des Wertes bei jungen Erwachsenen beträgt.

Die anaerobe Kapazität, gemessen in Watt/kg Körpergewicht, ist bei Knaben und Mädchen bis zum 11./12. Lebensjahr annähernd gleich. Dies stimmt auch für die Laktatwerte, solange die Belastungen gering sind. Mit steigender Belastung aber und fortgeschrittener Entwicklung ist der Milchsäurespiegel bei den Mädchen signifikant höher. Bei Arbeitsbelastungen mit gleicher Intensität pro kg Körpergewicht erschöpft sich offenbar die aerobe Energiegewinnung bei älteren Mädchen eher als bei Knaben, weshalb sich bei Mädchen die anaeroben Stoffwechselprozesse stärker geltend machen. Diese Unterschiede treten bereits bei 7-9jährigen Kindern auf und werden bei 12jährigen sehr deutlich (Komadel 1975).

Die anaerobe Leistungsfähigkeit ist grundsätzlich auch bei Kindern und Jugendlichen durch Training etwas zu verbessern. So stieg die Phosphofruktokinase-Aktivität bei 12-13jährigen Kindern nach einem 4monatigen Training an, blieb aber noch deutlich unter den Werten untrainierter Erwachsener (Eriksson, zit. bei Kindermann 1975). Nach Koinzer (1978) sollen die besten Trainingseffekte für Mädchen zwischen dem 12.-15./16., für Knaben zwischen dem 14.-18./19. Lebensjahr zu erzielen sein. Allerdings dürfte in diesem Zeitpunkt die Leistungsverbesserung auch durch eine gesteigerte Kraftentwicklung mitbedingt sein.

3.3 Recommandations pratiques

Pour le développement d'une capacité optimale tant anaérobie que aérobie, comme pour tous les autres facteurs de la condition physique, des stimulations adéquates sont nécessaires. Les risques de surcharger l'organisme sont faibles en regard de ceux qu'en-court la santé du fait d'un manque d'activité physique.

En ce qui concerne l'anaérobie, il faut souligner encore une fois que les enfants - en tout cas avant la fin de la 1re phase pubé-rale - ont des performances inférieures et supportent moins bien l'entraînement dans ce domaine que des adolescents plus âgés.

- Comme les conditions biochimiques nécessaires à des performances dans le domaine de la résistance n'existent pas, c'est pratique-ment perdre son temps que d'organiser un entraînement à cet ef-fet avant la puberté.
- De plus, les formes d'entraînement visant à améliorer la résis-tance sont parmi les plus dures et les plus monotones qui soient. Pédagogiquement parlant, il est donc préférable de ne débiter avec un tel entraînement qu'après la puberté.
- Chez l'enfant, la capacité de récupération après un effort anaé-robique maximal est moins grand que chez l'adulte. Un entraîne-ment trop intensif dans ce domaine pourrait donc faire apparaître une fatigue chronique et éventuellement une diminution de la motivation, d'où arrêt de la progression en termes de perfor-mance.
- Ce processus est encore renforcé par le fait que, lorsque l'en-entraînement est axé uniquement sur l'anaérobie, le développement de la capacité aérobie se trouve freiné. Le manque d'endurance et l'incapacité de lutter contre la fatigue se feront sentir né-gativement lorsque la durée et le nombre des séances d'entraî-nement devront être augmentés.

Contrairement ce qui a été dit pour l'anaérobie, la capacité de performance aérobie est comparable chez l'enfant, chez l'adoles-cent et chez le jeune adulte. Il n'existe pas de risque de sur-charge, le développement de tous les facteurs qui y concourent étant harmonieusement synchronisé.

3.3. Empfehlungen für die Praxis

Für die Entwicklung und Erhaltung einer optimalen anaeroben wie aeroben Leistungsfähigkeit sind, wie für alle andern Konditionsanteile, entsprechende Belastungsreize notwendig. Das Risiko einer Ueberbelastung ist gering verglichen mit der gesundheitlichen Gefährdung infolge Mangel an körperlicher Betätigung.

Für den anaeroben Bereich sei noch einmal hervorgehoben, dass Kinder - jedenfalls bis nach der 1. puberalen Phase - weniger leistungsfähig und trainierbar sind als ältere Jugendliche.

- Da die biochemischen Voraussetzungen für gute Stehvermögensleistungen noch gar nicht vorhanden sind, lohnt sich der Aufwand eines gezielten Trainings für die Altersstufen vor der Pubertät kaum.
- Auch gehören die Trainingsformen zur Verbesserung des Stehvermögens zu den härtesten und oft monotonsten. Aus pädagogischen Gründen empfiehlt sich deshalb, mit einem solchen Training erst nach der Pubertät zu beginnen.
- Die Erholungsfähigkeit nach maximalen anaeroben Belastungen ist schlechter als bei Erwachsenen. Bei einem forcierten Training in diesem Bereich besteht deshalb die Gefahr einer chronischen Uebermüdung mit Rückgang der Motivation, was zum Abbruch des begonnenen Leistungsaufbaus führen kann.
- Dieser Prozess wird möglicherweise noch dadurch verstärkt, dass bei einseitig anaerobem Training die Entwicklung der aeroben Kapazität zu kurz kommt. Der Mangel an Ausdauer, d.h. Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung, wird sich spätestens dann negativ auswirken, wenn Dauer und Anzahl Trainingseinheiten erhöht werden sollen.

Im Gegensatz zur anaeroben Kapazität ist die aerobe Leistungsfähigkeit von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen gleichermaßen gut entwickelt und ohne besondere Belastungsrisiken, da die Entwicklung aller ausschlaggebenden Faktoren harmonisch verläuft.

- Du point de vue de la santé en général, la capacité d'endurance est le facteur essentiel de la condition physique. Ceci est valable aussi bien pour les enfants que pour les adultes.
- Dans le cadre d'une étude, un groupe de personnes âgées de 15 à 25 ans a été soumis à un entraînement de course à pied de 3 fois 30 minutes par semaine, avec un pouls à 80 % du maximum. Après 23 semaines, on a constaté une amélioration de la capacité d'endurance (spring, 1976).
Il resterait à étudier si un effort de ce genre suffirait à améliorer la capacité d'endurance chez des enfants plus jeunes, dans le cadre d'une mise en condition physique générale.
- Nous avons déjà relevé, à propos de la capacité anaérobique, l'importance du rôle que joue l'endurance comme base de l'entraînement à longue échéance pour un jeune sportif.
- Pour atteindre une amélioration marquante de la performance chez des enfants et de jeunes sportifs, l'intensité de l'entraînement d'endurance doit être vraiment élevée. Et pourtant, si l'entraînement est bien étudié, de tels efforts sont supportés sans grande difficulté.
- Il est cependant important pour l'entraînement de la capacité aérobique que les enfants soient en bonne santé. Il faut également éviter que, poussés par un orgueil excessif, ils s'astreignent à des efforts qui dépassent la progression de leur capacité aéro-anaérobique.
- Le système locomoteur mérite également une attention particulière dans l'entraînement d'endurance. Si l'entraînement manque de variété ou se déroule sur un revêtement trop dur, ou si l'on utilise des chaussures inadaptées, il existe un risque réel de lésions chroniques aux zones de croissance. C'est donc une menace potentielle sur l'appareil locomoteur des enfants en croissance et des adolescents (cf. Chap. 2).

- Vom gesundheitlichen Standpunkt aus nimmt die Dauerleistungsfähigkeit unter den Konditionsfaktoren den wichtigsten Platz ein. Dies gilt für Kinder wie für Erwachsene.
- Bei 15-25jährigen Versuchspersonen hat eine Laurbelastung von 3 mal 30 Minuten/Woche mit einer Pulsfrequenz von 80 % des Maximalwertes nach 23 Wochen zu einer Verbesserung der Dauerleistungsfähigkeit geführt (Spring et al. 1976).
Ob diese Belastung auch bei jüngeren Kindern im Rahmen eines *Fitnessstrainings* zur Verbesserung der Dauerleistungsfähigkeit genügt, müsste erst noch überprüft werden.
- Auf die Bedeutung einer guten Ausdauer als Basis für den langfristigen Trainingsaufbau des Nachwuchses wurde bereits im Zusammenhang mit der anaeroben Kapazität hingewiesen.
- Um einen markanten Leistungszuwachs zu erreichen, müssen Ausdauerbelastungen im Training von Kindern und jungen Wettkämpfern recht umfangreich sein. Bei sorgfältigem Trainingsaufbau werden diese jedoch ohne Schwierigkeiten ertragen.
- Wesentlich für das Training der aeroben Kapazität ist allerdings, dass die Kinder gesund sind und nicht durch übergrossen Ehrgeiz zu Leistungen getrieben werden, welche die aerob-anaerobe Schwelle überschreiten.
- Besondere Beachtung verdient auch beim Ausdauertraining der Bewegungsapparat. Bei sehr einseitigem Training auf harter Unterlage oder bei Verwendung ungeeigneter Schuhe besteht besonders beim wachsenden Kind und Jugendlichen die Gefahr der chronischen Schädigung im Bereich der Wachstumszonen, d.h. des Bewegungsapparates (s. Kap. 2).

Pour clôturer cette deuxième partie, retenons les points suivants:

L'organisme humain réagit, en tant que système biologique, à des sollicitations précises par des adaptations structurelles et fonctionnelles. Mader (1980) déclare à ce sujet:

"Lorsque j'utilise des méthodes d'entraînement efficaces, je manipule l'organisme d'une manière très importante tant sur le plan morphologique que fonctionnel, spécialement pendant la période de croissance. Le terme de manipuler est à prendre dans le sens de modifier consciemment le corps. Dans ce domaine, il existe encore nombre d'inconnues". Plus loin: "Dans l'état actuel des connaissances, on ne peut plus prétendre d'une manière simpliste que l'entraînement fait peu de cas de la santé".

L'ensemble des adaptations biologiques - impulsion favorable ou mise en danger de l'organisme? - n'est cependant qu'un aspect du sport de haut niveau moderne et de l'entraînement des enfants et des adolescents (dont il est l'aboutissement). Il faut considérer le problème dans un cadre plus large, en prenant en compte le développement de la personnalité et les relations sociales, si l'on veut éviter de rabaisser les athlètes au rang de robots de force et de machines à courir.

Il nous manque actuellement des études à long terme, pour nous fournir les données dont nous avons besoin et nous permettre d'envisager le problème d'une manière globale. C'est seulement à partir de ce moment-là que nous pourrons peser le pour et le contre face au développement futur du sport de haut niveau. Et c'est justement parce qu'il s'agit d'êtres jeunes, en pleine croissance et en plein développement, que ni une seule personne ni même une société ne peut prendre la responsabilité de décider ce que ces enfants feront ou ce qu'on fera d'eux.

Abschliessend zum Teil II sei folgendes festgehalten:

Der Organismus des Menschen reagiert als biologisches System auf entsprechende Belastungen mit strukturellen und funktionellen Anpassungen. Mader (1980) sagt dazu:

"Wenn ich effektive Trainingsmethoden anwende, dann manipulierte ich speziell im Wachstumsalter ganz erheblich morphologisch und funktionell den Organismus. Manipulieren ist in dem Sinn zu verstehen, dass der Körper bewusst verändert wird. Dabei gibt es auch heute noch viele unbekannte Fakten". Und weiter: "Die kritiklose Meinung, dass das Training unbedenklich bezüglich der Gesundheit sei, ist beim heutigen Erkenntnisstand nicht mehr haltbar".

Die Problematik der biologischen Anpassungen - Förderung oder Gefährdung? - ist in der Auseinandersetzung mit dem modernen Hochleistungssport und dem dazuführenden Kinder- und Jugendtraining nur ein Aspekt, welcher durch die Betrachtung der Entwicklung der Persönlichkeit und sozialen Bezüge erweitert werden muss, sollen Athleten nicht zu Kraftrobotern und Laufmaschinen degradiert werden.

Nur eine ganzheitliche Betrachtung unter Verwendung fundierter Langzeitstudien, die zur Zeit noch weitgehend fehlen, kann die notwendige Grundlage bilden, um verantwortungsbewusst das Pro und Contra in der zukünftigen Entwicklung des Hochleistungssportes abwägen zu können. Gerade weil noch im Wachstum und in der Entwicklung stehende junge Menschen in dieses Geschehen einbezogen werden, kann sich weder der Einzelne noch die Gesellschaft der Verantwortung für das, was diese Kinder tun oder was mit ihnen getan wird, entziehen.