

Croissance et maturation : de l'enfant à l'âge adulte

Présentation	3
1. Croissance et maturation.....	3
1.1. La croissance	3
1.2. La maturation.....	3
1.3. Constat.....	4
2. Différenciation des courbes de croissance.....	4
2.1. La macro-croissance	4
2.1.1. Croissance du tronc	4
2.1.2. Croissance du membre inférieur	5
2.1.3. Croissance du membre supérieur	5
2.2. La micro-croissance	6
2.3. En résumé	7
3. Âge chronologique et âge biologique.....	7
3.1. Maturation et différenciation entre garçons et filles	8
4. Croissance et appareil locomoteur	9
4.1. Croissance et Appareil locomoteur passif	9
4.1.1. Recommandations pour l'entraînement	10
4.2. Croissance et Appareil locomoteur actif	11
4.2.1. D'un point de vue cellulaire	11
4.2.2. D'un point de vue musculaire.....	12
5. Classification des stades de développement	12
5.1. De 0 à 1 an.....	12
5.2. De 1 à 3 ans	13
5.3. De 3 à 6/7 ans	13
5.4. De 6/7 à 10 ans.....	13
5.5. De 11 à 14/15 ans ; 1 ^{ère} phase pubertaire.....	14
5.6. De 14/15 à 18/19 ; la 2 ^{ème} phase pubertaire	14
5.7. Au delà de 19 ans.....	15

6. Transfert des réactions physiologiques dues à la croissance par rapport à l'effort	15
<u>6.1. Au niveau du cœur</u>	<u>15</u>
<u>6.2. Au niveau des poumons</u>	<u>15</u>
<u>6.3. Les facteurs énergétiques</u>	<u>15</u>
<u>6.4. Croissance et développement du cerveau.....</u>	<u>16</u>
Conclusion.....	16
Références	17

Présentation

Les enfants et les adolescents ont besoin d'une certaine quantité de mouvements pour que leur développement physique et psychologique puissent s'effectuer harmonieusement. Malheureusement, les possibilités d'activité motrice sont considérablement réduites par l'éducation et l'école (position assise) alors que l'activité physique est une nécessité pour le développement harmonieux de l'organisme. Ce besoin incessant d'activité motrice, qui se trouve être nettement plus marqué que celle des adultes, est en grande partie satisfait par leur désir spontané de mouvement ; elle est due d'une part à la dominance des impulsions cérébrales et, d'autre part, au fait que la contrainte résultant du mouvement est subjectivement moins ressentie par l'enfant que par l'adulte. Comparativement aux adultes, l'une des différences fondamentales entre les enfants et les adolescents tient au fait que ces derniers sont encore en période de croissance et que leur organisme continue de subir un grand nombre de transformations rapides tant physiques que psychiques. Ces modifications liées au processus de croissance et de maturation ont de très grandes influences sur leurs activités corporelles et sur leur capacité d'effort. Ainsi, si l'activité corporelle doit être encouragée durant l'enfance et l'adolescence, elle ne doit pas l'être au détriment de leur avancée en âge.

1. Croissance et maturation

Le développement d'un organisme repose sur deux phénomènes : la croissance et la maturation encore appelées différenciation. Il est sous la dépendance de facteurs génétiques et environnementaux relativement nombreux qui ne sont pas toujours faciles à distinguer. L'enfant représente donc une étape de transformation qui l'amènera progressivement vers l'âge adulte. Cela introduit le fait qu'il y aura des modifications se déroulant tant sur un plan quantitatif que qualitatif.

1.1. La croissance

La croissance est liée à l'augmentation des dimensions de l'organisme. C'est une donnée quantitative à laquelle on accède par la mesure et qui permet d'apprécier la prise de poids et l'accroissement de la taille d'un organe ou d'un organisme.

1.2. La maturation

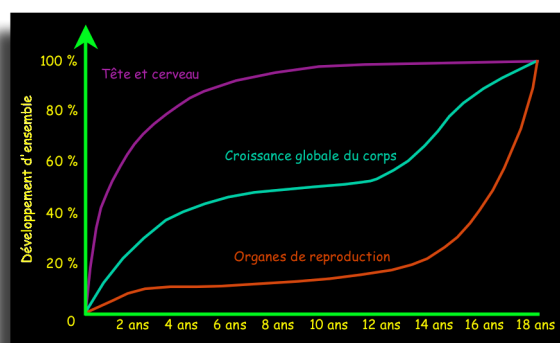
La maturation signifie qu'à certaines périodes du développement, un tissu ou un organe se modifie et acquièrent alors d'autres possibilités de fonctionnement. C'est donc une donnée qualitative. Ce phénomène est important puisqu'il concerne, au moment de la puberté par exemple, les organes génitaux,

les cartilages de conjugaison et les muscles. La maturation du système nerveux se poursuit également pendant longtemps et c'est une condition essentielle pour le fonctionnement optimum de l'organisme.

1.3. Constat

Les deux processus sont en réalité très intriqués, une certaine forme de croissance étant nécessaire pour que la différenciation se produise. De même, les notions de développement et de croissance sont souvent confondues, les transformations observées étant le fait des deux catégories de phénomènes : quantitatifs et qualitatifs. Ainsi, pour qu'il y est différenciation, il faut qu'il y est croissance.

2. Différenciation des courbes de croissance



La croissance chez l'enfant n'est pas régulière, mais progresse par phases. Comparées à la croissance globale du corps, les courbes de croissance de la tête d'une part, et la maturation des organes de reproduction d'autre part, possèdent un rythme de développement différent. Le développement de la tête est particulièrement précoce et rapide. Dès l'âge de six ans, elle atteint 90 à 95 % de celui de l'adulte. La croissance générale du corps en revanche, n'a pas encore atteint la moitié de la taille adulte. La progression des interconnexions des cellules corticales dans les premières années du développement semble se produire avec intensité jusqu'à la troisième année de la vie d'un enfant et peut être intensifié par la pratique d'exercices appropriés. Parallèlement, la vitesse de croissance diminue constamment jusqu'à l'âge adulte. Il existe cependant des périodes d'accélération passagère de la croissance. Les pics de croissance les plus importants sont de 0 à 4-5 ans et de 11 à 14-15 ans.

2.1. La macro-croissance

Le nouveau-né mesure environ 50 cm à la naissance, l'adulte mesurera à peu près 1,70 mètre et plus. L'effort de croissance se matérialise donc par un gain de taille de 1,20 m, mais la croissance est différente au niveau du tronc et des membres.

2.1.1. Croissance du tronc

La taille assise reflète la croissance du tronc. Elle est de 35 cm à la naissance, elle atteindra 85 cm à 100 cm en fin de croissance. Mais cette croissance a un rythme :

- rapide entre pendant les cinq premières années de la vie où le tronc grandit d'environ 25 cm,

- plus lent entre 5 et 10 ans. Accélération vers l'âge de 10 ans, au moment de la puberté. Le gain de taille assise atteint alors 20 cm entre 10 et 15 ans.

2.1.2. Croissance du membre inférieur

Le membre inférieur (fémur + tibia) mesure 20 cm à la naissance et 75 cm en fin de croissance. Le fémur mesure 15 cm à la naissance et 45 cm en fin de croissance (+ 30 cm). Il triple pratiquement de longueur. Le tibia mesure 12 cm à la naissance et 36 cm en fin de croissance (+ 24 cm). La croissance est vive pendant les cinq premières années de la vie, puis se ralentit dès l'âge de cinq ans. À cet âge, le fémur et le tibia ont atteint 50 % de leur longueur définitive. À partir de l'âge de cinq ans, le membre inférieur grandit de 3 cm par an : 2 cm pour le fémur, et 1 cm environ pour le tibia. Il n'y aura pas de reprise à la puberté. Il n'y a pas de pic pubertaire au niveau des membres inférieurs. La croissance du membre inférieur s'arrête pratiquement dès 13 ans d'âge osseux chez la fille, c'est-à-dire au moment de la venue des règles, et dès 15 ans d'âge osseux chez les garçons. Le tableau suivant résume les différents rythmes de croissance (*in Bénézis*)

Age	Périmètre crânien	Poids	Taille debout	Taille assise	Segment inférieur
Naissance	35 cm	3,5 kg	50 cm	33 cm	17 cm
1 an	46 cm	10 kg	74 cm	46 cm	28 cm
5 ans	51 cm	17 kg	107 cm	61 cm	46 cm
10 ans	53 cm	30 kg		72 cm	63 cm

2.1.3. Croissance du membre supérieur

Elle obéit aux mêmes règles que celles du membre inférieur. À la naissance, le membre supérieur mesure 20 cm. Il mesurera 80 cm en fin de croissance. Il n'y a pas de pic pubertaire. La croissance se ralentit dès l'âge de 5 ans, pour garder ensuite une vitesse annuelle stable d'environ 2 cm par an.

Ces considérations conduisent à ces conclusions pratiques :

- La croissance ne s'effectue pas au même rythme au niveau du tronc et des membres.
- Le pic pubertaire est entièrement endossé par le rachis.
- L'effort de croissance s'accompagne d'un investissement métabolique et énergétique considérable ; ainsi le squelette amasse pendant la croissance environ 1 kg de calcium.
- La croissance n'est pas uniquement staturale ; elle est aussi pondérale.

La puberté s'accompagne en effet d'un gain de poids de 15 kg, c'est-à-dire de 5 kg par an. On conçoit que pendant cette phase de croissance aiguë, la morphologie change de façon spectaculaire d'année en année.

2.2. La micro-croissance

L'enfant est une mosaïque de cartilages de croissance. Ce sont les cartilages de croissance qui font le gain de taille. Le support de la micro-croissance est matérialisé par le cartilage de croissance, c'est-à-dire par une structure histologique, stéréotypée, composée de cellules germinales, de cellules à colonnes et d'un front d'ossification. Ce sont les cartilages de croissance qui ossifient progressivement la maquette cartilagineuse. Ce travail patient des chondrocytes commence dès le 3^{ème} mois de la vie intra-utérine pour se terminer en fin de croissance, vers l'âge de 15 ans. L'ossification se fait par étapes successives avec transformation du modèle cartilagineux en pièce osseuse. On reconnaît deux axes d'ossification :

L'ossification endochondrale

C'est le processus d'ossification de tous les os longs, des corps vertébraux et d'une partie des os du crâne. Chaque os long se développe à partir d'un point d'ossification diaphysaire et de deux points d'ossification épiphysaire. Le facteur déclenchant de l'ossification est la pénétration d'une artériole dans le modèle cartilagineux. Cette artériole apporte l'oxygène et les substances nutritives nécessaires à son métabolisme. Des cellules issues du périchondre vont se transformer en ostéoblastes. Cette transformation aboutit peu à peu aux cellules osseuses (ostéocytes).

L'ossification périostée

Elle s'effectue à partir de la couche la plus profonde, ostéogénèse du périoste. Les cellules de cette couche se divisent et se transforment en ostéoblastes. Le cartilage de croissance peut avoir deux aspects :

- Rectangulaire ou discal : c'est le cas des cartilages qui siègent à l'extrémité d'une diaphyse comme le fémur.
- Sphérique : le front d'ossification est central. Les cellules germinales sont à la périphérie. Ces cartilages sphériques sont rencontrés essentiellement au niveau des épiphyses et des apophyses.

Au niveau de l'extrémité supérieure du fémur, on retrouve la juxtaposition de cartilages rectangulaires et de cartilages sphériques, soit :

- un cartilage rectangulaire qui est responsable de 30 % de la longueur du fémur, environ 10 cm ;
- trois cartilages sphériques dont un épiphysaire et deux apophysaires (grand trochanter et petit trochanter).

Ainsi, plus de mille cartilages de croissance participent au gain de taille dans un jeu synchronisé et hiérarchisé. L'atteinte d'un ou plusieurs cartilages de croissance peut remettre en question la morphologie, la longueur de l'os. Elle peut être responsable d'un raccourcissement, d'une déviation angulaire (comme le genu-valgum post-traumatique), ou d'une déformation caricaturale de l'épiphyse, point de départ d'une arthrose.

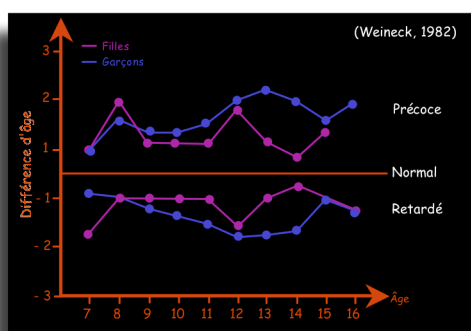
2.3. En résumé

On constate que les segments corporels pris isolément, subissent leur poussée de croissance à des moments différents : les pieds et les mains atteignent plus rapidement leur taille adulte que les jambes et les avant-bras, et ceux-ci à leur tours, l'atteignent plus rapidement que les cuisses et les bras. Ce phénomène est appelé : régularité de croissance centripète.

Les cartilages de croissance représentent des zones sensibles. Les plus petites lésions osseuses peuvent être à responsables des plus grandes conséquences, surtout lorsqu'elles affectent une zone en regard d'un cartilage de croissance. Les arrachements d'une épine tibiale correspondent à un traumatisme du cartilage de croissance, de même qu'un arrachement du petit ou du grand trochanter du fémur.

3. Âge chronologique et âge biologique

Lorsque le développement est normal, l'âge chronologique et l'âge biologique concordent sensiblement. Pour les sujets dont le développement est précoce (accéléré), le déroulement des événements inhérents à la croissance est en avance, d'une ou de plusieurs années, par rapport à leur déroulement normal. Chez les sujets tardifs, le retard peut être d'une ou plusieurs années. Toutefois, on constate qu'il existe une croissance harmonieuse de la capacité de performance, de la dimension des organes et de la charpente osseuse dans les trois types de développement. La thèse de la dysharmonie invoquée surtout chez les enfants précoces, qui semblaient avoir un développement squelettique accéléré alors que les autres organes étaient en retard, n'est plus soutenue aujourd'hui à la suite des recherches effectuées dans ce domaine.



Le graphique ci-contre montre la différence qui existe entre l'âge osseux d'enfants au développement précoce, lent et normal. L'écart augmente avec l'âge. Il atteint son maximum vers 13 ans chez les garçons et vers 12 ans chez les filles (Weineck, 1982). Pour la plupart des enfants, un développement normal est constaté vers 16 ans chez les garçons et vers 15 ans chez les filles.

L'âge osseux influence nettement la taille. On observe chez les deux sexes, que la taille des enfants au développement précoce, dépasse celle des enfants normaux, alors que la taille des normaux dépasse à son tour, celle des enfants au développement lent. Contrairement à l'âge osseux, les différences de changements de taille (vitesse de croissance) ne sont pas encore compensées à 16 ans. La masse corporelle, qui est fonction de la taille, se comporte de la même façon. La masse corporelle des enfants précoces est plus grande que celle des enfants normaux, et celle des enfants normaux est plus grande que celle des enfants ayant un développement lent.

Le tableau suivant montre les différences de masse corporelle qui existent entre les trois catégories de développement, chez les filles et les garçons (lents, normaux et précoces), par rapport à la population d'où ils proviennent. Puisque les sujets précoces ont, grâce à leurs plus grandes dimensions corporelles, des qualités d'aptitude physique supérieures (l'endurance et la force sont étroitement corrélées au poids et à la taille), l'organisation de championnats scolaires ou la tenue de listes de records scolaires peuvent être inadéquates si les compétitions ont lieu par classe d'âge comme c'est habituellement le cas (*in Weineck, 1982*).

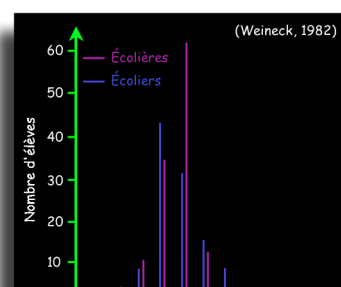
Développement	Garçons	Filles
Tardif	environ 97 %	environ 96 %
Normal	environ 99 %	environ 100 %
Précoce	environ 102 %	environ 103 %

Ainsi, les chances de victoire et de bien se classer appartiennent quasi exclusivement aux enfants précoces. Les enfants au développement normal et surtout plus lent supportent mal cette comparaison avec les sujets plus précoces de même âge chronologique, en raison des caractéristiques anthropométriques défavorables. C'est d'autant plus vrai dans les activités sportives où ces paramètres contribuent précisément à déterminer la performance, comme ce peut être le cas en athlétisme, par exemple.

L'enfance et l'adolescence, qui ne sont en quelque sorte qu'une transition vers l'état adulte, présentent une série d'autres particularités importantes, notamment entre la fille et le garçon.

3.1. Maturation et différenciation entre garçons et filles

La différence apparaît sur le "pic" de la puberté, qui se produit plus tôt chez la fille. En termes de moyenne, il y a, à la naissance, une avance de deux semaines de l'âge osseux par rapport au garçon. Cette avance va continuer de croître jusqu'à atteindre deux ans à la puberté. La période de puberté survient en général entre 11 et 13 ans chez les filles, alors que, chez les garçons, elle se situe entre 13 et 15 ans. En raison des grandes différences qui existent dans l'apparition de la période de croissance pubertaire, cela pose un problème supplémentaire pour l'entraînement entre les garçons et les filles de même âge chronologique.



Le graphique ci-contre représente l'âge biologique d'écoliers et d'écolières ayant un âge chronologique moyen de 12,9 ans en référence à des radiographies des os du poignet (*in Weineck, 1992 d'après des données de Kemper 1981*). Ce graphique montre à quel point l'âge chronologique peut

être différent de l'âge biologique. Dans les milieux scolaires, il est possible d'observer une différence de 5 ans entre l'élève physiologiquement le plus jeune et l'élève le plus âgé. Dans le domaine sportif, cette différence peut aller jusqu'à 7 ans.

4. Croissance et appareil locomoteur

La loi de Delpech précise qu'un cartilage de conjugaison soumis à des contraintes de pression ou des efforts de traction permanentes et intenses limite la croissance. En corollaire à la loi de Delpech, Lapiere (1975) rajoute : "chaque fois qu'un os est placé dans une position habituelle anormale, sa croissance devient elle-même anormale et tend à le déformer". La loi de Mark-Jansen établit que la sensibilité des tissus est proportionnelle à la vitesse de croissance. Les données de type traumatologie dans le milieu du sport permettent de dire que l'enfant et l'adolescent sont plus particulièrement exposés aux risques de lésions par des charges d'entraînement antiphysiologiques, que ne l'est l'adulte. Cet état de fait est plus marqué lors de la croissance pubertaire qui est associée à un danger de surcharge orthopédique considérable. De surcroît, la congruence articulaire chez l'enfant est nettement moins importante, ce qui privilégie les risques de luxation.

4.1. Croissance et Appareil locomoteur passif

La capacité de tolérer une charge individuelle par l'appareil osseux, cartilagineux, tendineux et ligamentaire, est un facteur limitatif dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent. Les structures de l'appareil moteur passif sont en pleine croissance et n'ont pas encore la résistance de celles des adultes.

On considère comme une particularité de l'enfance et de l'adolescence, les faits suivants :

- Les os sont plus souples en raison de la plus grande proportion de matériaux organiques relativement mous, mais leur résistance à la flexion et à la pression est moindre que celle de l'adulte, ce qui limite la capacité de l'ensemble du système squelettique, à supporter des charges de travail élevées à l'entraînement.
- Les tissus tendineux et ligamentaires ne sont pas encore assez résistants à la traction, car leur structure micellaire est peu marquée (les micelles forment des structures analogues à des réseaux cristallins) et une grande majorité de leur substance intercellulaire n'étant pas encore assez résistante à la traction.

Le tissu cartilagineux et le cartilage de croissance non ossifié supportent très mal les forces de pressions ou de cisaillement élevés en raison de leur rythme rapide de renouvellement. Dans l'ensemble, on constate qu'un entraînement adéquat appliqué pendant la croissance, et sollicitant la totalité de l'appareil moteur passif de multiples façons non-stéréotypées, offre un stimulus approprié à la croissance tout autant qu'à l'amélioration des structures. Des charges de travail stéréotypées maximales ou exécutées sans

préparation de l'organisme au cours de la croissance, peuvent en revanche, provoquer dans l'immédiat ou à long terme (lésions à retardement), la destruction des tissus impliqués.

En rapport avec cela, il faut encore mentionner que les structures de l'appareil moteur passif de l'enfant et de l'adolescent s'adaptent à des charges adéquates au sens biopositif, mais que la vitesse de cette adaptation n'est pas comparable à celle de l'appareil moteur actif (système musculaire) où il est possible d'observer des modifications fonctionnelles et morphologiques après une semaine seulement d'entraînement. Cette lenteur d'adaptation du système osseux, associée à une sensibilité particulière aux surcharges de l'organisme du fait de la croissance, nécessite une progression rigoureuse dans l'entraînement des enfants. Il est nécessaire de respecter ces conditions afin d'assurer aux structures de support passif du mouvement un laps de temps suffisant d'adaptation et d'éviter ainsi le dépassement des limites que peut supporter l'organisme et les accidents qui en sont la conséquence (*Weineck, 1982*).

4.1.1. Recommandations pour l'entraînement

Chez l'enfant, il est important de prendre en considération que le temps de récupération de l'appareil locomoteur passif est lent et que des charges d'entraînement intervenant trop tôt peuvent conduire à une récupération incomplète qui, de ce fait, peuvent accroître les risques de problèmes pour les structures concernées. D'un point de vue orthopédique, on peut mettre en évidence les recommandations suivantes pour l'entraînement de la force chez les enfants et les adolescents :

1. Temps de récupération suffisant après un entraînement de la force musculaire.
2. Pas d'alternances brusques des charges sur un organisme non préparé.
3. Limiter le travail avec des poids et haltères et d'une façon générale, pas d'exercices au-dessus de la tête, avant ou pendant la poussée de croissance due à la puberté. Il pourrait se produire dans ce cas, des perturbations plus ou moins graves au niveau de la colonne vertébrale. Le propre poids du corps suffit à cet âge.
4. Pas de charges d'entraînement stéréotypées : la somme des charges lorsqu'elles sont unilatérales peut créer des lésions à une partie de l'appareil moteur et de ce fait hypothéquer l'ensemble du système fonctionnel.
5. Pas de charges statiques de durée excessive ; les pressions alternées sont favorables au cartilage articulaire et au cartilage fibreux des disques intervertébraux.
6. Les efforts statiques entravent la circulation sanguine, les charges dynamiques l'améliorent. C'est pourquoi les exercices de force dynamiques doivent être préférés aux exercices statiques.
7. Afin d'éviter des blessures futures, les adolescents qui s'orientent dans une discipline sportive où la force domine ne devraient jamais entreprendre un entraînement sans avoir subi un examen médical orthopédique préalable et sans suivi régulier.

4.2. Croissance et Appareil locomoteur actif

L'appareil locomoteur actif est composé des muscles et c'est à lui qu'est dévolu le rôle de mouvoir les leviers osseux grâce à sa capacité de raccourcissement et d'allongement.

4.2.1. D'un point de vue cellulaire

Jusqu'au début de la puberté, les garçons et les filles ne montrent pratiquement pas de différence du point de vue de la force musculaire et de la production hormonale qui est en relation avec elle (comparaison des niveaux de testostérone qui joue un rôle important dans la formation des protéines musculaires). Avant la puberté, le niveau d'hormone sexuelle mâle est bas par rapport à l'adulte et c'est pourquoi un entraînement cherchant typiquement à développer la force ne paie guère avant la puberté. Peu avant la première phase de la puberté, la testostérone augmente sensiblement chez les garçons alors que chez les filles, l'augmentation est nettement moins marquée.

Le tableau suivant précise les modifications du niveau de testostérone (g/100 ml) dans l'enfance et l'adolescence (*in Weineck, 1982*)

Âge	Filles	Garçons
8-9	20	21-34
10-11	10-65	41-60
12-13	20-80	131-249
14-15	20-85	328-643

En raison de cette forte croissance du taux hormonal, qui s'accompagne aussi d'autres transformations hormonales, s'amorce un dimorphisme sexuel, c'est-à-dire une différence des mesures anthropométriques entre les garçons et les filles ou encore entre les facteurs physiques de la performance. Chez les garçons adolescents, c'est surtout l'augmentation de la masse musculaire qui est apparente. Elle passe de 27 à 40% durant la puberté. Parallèlement, la testostérone provoque une augmentation de la capacité anaérobie. Comme la capacité anaérobie augmente seulement avec l'apparition de la puberté, les charges de travail entraînant une forte production d'acide lactique ne devraient pas constituer la trame principale de l'entraînement des enfants puisqu'à ce stade du développement, la formation d'acide lactique est encore en cours de maturation. Elle atteindra son maximum entre 20 et 30 ans. Chez l'enfant, la faible capacité de la glycolyse anaérobie est compensée par une grande capacité à utiliser le métabolisme oxydatif.

La plus grande part des enzymes oxydatifs, par rapport à ceux de la glycolyse anaérobie, permet à la cellule musculaire de l'enfant d'utiliser les acides gras libres plus rapidement que ne le peut l'adulte et

ainsi ménager les réserves de glucose. Pour appuyer ces constatations, il a été démontré que les enfants ont un plus grand nombre de mitochondries (lieu des réactions aérobies) que n'en ont les adultes. Il semblerait que cela soit dû à une réaction vers un état d'équilibre subit lors de la vie intra-utérine (anaérobie) pour une compensation aérobie à la naissance.

4.2.2. D'un point de vue musculaire

La structure de l'appareil locomoteur actif de l'enfant est la même que celle de l'adulte. Le muscle de l'enfant présente les mêmes caractéristiques que celui de l'adulte, sauf au niveau des fibres qui va augmenter lors de la croissance. L'augmentation de volume est due, quant à elle, à un accroissement du nombre de myofibrilles associée à une hypertrophie.

5. Classification des stades de développement

Le tableau ci-dessous fournit un aperçu de la répartition des diverses étapes en fonction de l'âge. Cette classification ne doit pas être comme parfaite et définitive d'autant qu'il existe des différences individuelles marquées chez les enfants et les adolescents (*in Weineck, 1992*)

Stade de développement	Âge chronologique
Nourrisson	0-1 an
Petite enfance	1-3 ans
Âge pré-scolaire	3-6/7 ans
Âge précoce	6/7-10 ans
Âge scolaire tardif	10 ans jusqu'au début de puberté
Puberté	(filles 11/12 et garçons 12/13 ans)
1 ^{ère} phase pubertaire	Jeunes filles 11/12-13/14 ans Jeunes garçons 12/13-14/15 ans
2 ^{ème} phase pubertaire (adolescence)	Jeunes filles 13/14-17/19 ans Jeunes garçons 14/15-18/19 ans
Âge adulte	Au-delà de 17/18, 19/20 ans

5.1. De 0 à 1 an

Les mouvements deviennent coordonnés et adaptés. La progression des possibilités motrices se fait selon une direction céphalo-caudale (de haut en bas) et proximo-distale (de la racine à l'extrémité des

membres). Le tonus musculaire se modifie, il diminue pour les membres et augmente pour l'axe du corps. La station assise est complètement acquise vers 9/10 mois. Cette étape du développement psychomoteur aboutit à la marche indépendante qui apparaît vers 13/14 mois.

L'activité physique se limite au bébé nageur après obtention du certificat médical suite aux premiers vaccins à l'âge de 5 mois minimum. L'activité physique en piscine est proche du milieu amniotique de la mère. Cette activité est intéressante pour le climat affectif de l'enfant car il se déroule avec les parents.

5.2. De 1 à 3 ans

La tête est grosse ainsi que le tronc avec de petits membres. Cette période se caractérise par la déambulation et l'apparition du langage. La marche indépendante qui apparaît au début de la deuxième année marque des différences souvent importantes entre les enfants (9 mois pour certains, 18 mois pour d'autres). On considère habituellement que la marche est devenue correcte à 18 mois et qu'à 21 mois l'enfant est devenu capable de courir. L'acquisition de la marche indépendante permet l'exploration du monde environnant et accentue ainsi l'autonomie.

Le repère, c'est le plaisir. Le choix des activités physiques ne doit pas être spécifique mais très variés en alternant des phases de repos. Le choix des jeux doivent être orientés vers l'équilibre et la coordination.

5.3. De 3 à 6/7 ans

Cette période, souvent appelée de "l'âge d'or" pour ses aspects cognitifs, coïncide avec l'entrée à la maternelle. L'enfant de 4 ans peut sauter, courir et s'habiller seul. À cinq ans, son contrôle moteur est arrivé à maturité ; il saute à cloche pied mais aussi à la corde, il monte et descend l'escalier en alternant les deux pieds. L'élasticité des membres est quasi-maximale, mais comme son système proprioceptif n'est pas encore totalement établi, les étirements doivent être conduits. Les exercices de course par l'intermédiaire du jeu doivent être aérobie. Toutefois, on peut envisager des courses de vitesse si l'on reste dans le domaine anaérobie alactique et associées à des temps de repos relatifs. Le travail du rythme et de la coordination doivent s'instaurer dans les techniques d'apprentissage. La variété des exercices doit être respecté.

5.4. De 6/7 à 10 ans

C'est l'entrée à l'école primaire avec apprentissage de l'écriture et de la lecture. À 7 ans, l'enfant sait lire et peut se concentrer plus longuement. À 8 ans, le maintien du corps est beaucoup plus symétrique et l'enfant manifeste une certaine hyper-activité motrice. La position statique durant les heures de classe doit

alors être compensée par une mise en jeu compensatrice du mouvement. Cette phase correspond au développement terminal de maturation au plan nerveux.

Les pratiques physiques doivent prendre en considération les augmentations de la dimension organique. Le seul poids du corps suffit au renforcement musculaire. La souplesse des membres inférieurs se réduit avec limitation de l'écart facial. Par contre, on note encore une certaine laxité de la ceinture scapulaire. Le type de travail doit rester aérobie et lors du travail de la vitesse les temps de repos doivent être respectés. À cet âge, il est intéressant d'inclure des exercices mettant en jeu la vitesse segmentaire et les temps de réactions.

5.5. De 11 à 14/15 ans ; 1^{ère} phase pubertaire

Durant cette première phase pubertaire, une augmentation staturale rapide se caractérise par un manque de tonus général avec dégradation passagère de la coordination neuromotrice ainsi qu'une disgrâce physique. Cette modification du schéma corporel entraîne une instabilité motrice vers une hyper-impulsivité et des mouvements parasites. Toutes ces transformations inquiètent d'autant qu'elles sont caractérisées par des réactions de prestance (fou rire), de jeu verbal (ne veut pas avoir tort), un esprit très critique, un jugement de valeur souvent outrancier, un négativisme et une obstruction fréquente, va de l'enthousiasme à la dépression.

Au plan physique, on note une grande fatigabilité. Le jeu est encore à privilégier aux dépens de la compétition qui peut aboutir en cas d'échec à la non confiance en soi. Les exercices de type aérobie sont préférables, les systèmes anaérobique n'étant réellement efficaces qu'avec la maturation complète du système endocrinien (hormone de croissance et testostérone).

5.6. De 14/15 à 18/19 ; la 2^{ème} phase pubertaire

Le poids augmente et la taille diminue pour une harmonisation progressive. Le développement musculaire s'accroît chez le garçon ainsi qu'une légère augmentation de la masse grasseuse chez la fille sous l'action de la maturation des organes génitaux. Il y a durant cette période une nette différenciation de motricité entre le garçon et la fille. Le jeu articulaire et locomoteur se développe nettement chez le garçon avec impression de puissance alors que les filles sont poussées plus instinctivement vers l'expression corporelle et l'esthétisme.

Aux activités physiques générales, peuvent être introduites progressivement des activités plus spécifiques qui auront pour but de favoriser les acquisitions techniques. Par la maturation du système endocrinien, les exercices de force et de type anaérobie lactique pourront être développés en corrélation avec les activités d'endurance.

5.7. Au delà de 19 ans

C'est l'âge adulte. Toute forme d'activité peut être abordé. La croissance et la maturation sont en phase finale. C'est l'âge de la performance qui correspond en moyenne suivant le sport pratiqué et le sexe à 22/28 chez l'homme et 20/25 chez la femme. Après on note une phase de stabilisation de la performance qui est de 30/33 ans et 25/30 ans respectivement.

6. Transfert des réactions physiologiques dues à la croissance par rapport à l'effort

Au fur et à mesure de l'évolution de l'enfant, les différents systèmes organiques se développent pour se rapprocher en fin d'adolescence de celui des adultes.

6.1. Au niveau du cœur

Les possibilités de travail augmentent de façon linéaire avec l'augmentation de la taille et du poids. L'indicateur est la fréquence cardiaque plus élevée que chez l'adulte, elle baisse d'une pulsation par an de taille acquis.

- Vie intra-utérine : 180 pulsations,
- 6 - 7 ans : 110 à 120 pulsations,
- 15 ans : 95 à 100 pulsations

Parallèlement, la capacité des ventricules est aussi inférieure à celle de l'adulte.

- 12 ans : 550 ml,
- 15 ans : 710 ml
- Adulte : 850 ml.

L'entraînement modifie le différentiel de fréquence, non pas par augmentation de la taille, mais par déformabilité de son tissu musculaire.

6.2. Au niveau des poumons

Les amplitudes thoracique et pulmonaire vont augmenter. De ce fait tous les volumes et capacités respiratoires augmentent. Parallèlement, la fréquence respiratoire diminue pour se stabiliser aux alentours de douze à 15 cycles par minute.

6.3. Les facteurs énergétiques

La consommation de l'oxygène augmente rapidement chez l'enfant dès la deuxième minute de travail contre 4 à 5 chez l'adulte. On note :

- Une phase d'accrochage cardiaque rapide qui entraîne une arrivée à l'état d'équilibre plus rapide.
- À l'arrêt de l'activité, la récupération est plus rapide du fait d'une faible dette d'oxygène.

L'enfant est prédisposé à un travail en aérobie. Le processus aérobie prenant le pas sur le processus anaérobie.

6.4. Croissance et développement du cerveau

Avant la puberté, le système nerveux neuromusculaire n'est pas encore mature. La maturité complète est atteinte vers l'âge de 18 ans. La croissance du cerveau est en relation avec la croissance de la boîte crânienne. Chez le jeune enfant entre 6 et 10 ans, il faut mettre en jeu le plan psychomoteur, perceptif et cognitif. Pendant cette période, la prépondérance encore présente des processus émotifs, associée aux phénomènes importants d'irradiation des mécanismes d'ajustement moteur par les centres nerveux, aboutit facilement à un effacement des boucles motrices caractéristiques d'un mouvement quel qu'il soit et rend ainsi plus difficile sa conversion (*in Weineck, 1982*). Pour cette raison, tout geste ou coordination plus ou moins complexe de mouvements fraîchement appris, doit être répété souvent pour être intégré de façon stable dans le répertoire moteur de l'enfant.

Vers l'âge de 10 - 11 ans, l'appareil vestibulaire (organe de l'équilibre) et les autres analyseurs atteignent une maturation morphologique et fonctionnelle rapidement. C'est pourquoi dès le second âge scolaire on peut, par un travail de préparation adéquate, apprendre et maîtriser des gestes de niveau complexe et des exigences spatio-temporelles élevées.

Conclusion

L'enfant est un petit être en perpétuel mouvement et en perpétuel changement. Jusqu'à la fin de l'adolescence, celui-ci subira des efforts de croissance et de maturation marqués qui ne seront pas sans l'affecter physiquement et psychologiquement. Ces modifications permanentes doivent nous faire considérer que l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent n'est pas une réduction de l'entraînement de l'adulte. Chaque groupe d'âge comporte ses tâches didactiques spécifiques et ses particularités. La proposition de stimuli d'entraînement et de situations d'apprentissage doit donc se régler en fonction des phases sensibles du développement associé à leur âge.

Durant la phase pré-pubertaire, il faut avant tout rechercher l'amélioration des facultés de coordination et de l'extension du répertoire gestuel, alors que durant la puberté, ce sera le développement de la condition physique qui sera privilégié. Cependant, il faut préciser que la coordination (technique) et la condition physique doivent être développées en parallèle tout en gardant à l'esprit qu'il peut y avoir une prédominance de l'un par rapport à l'autre selon les objectifs de l'entraînement. Enfin, il apparaît que la

capacité de tolérer une charge individuelle par l'appareil osseux, cartilagineux, tendineux et ligamentaire, est un facteur limitatif de l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent.

Références

Le Chevalier, J.M. et coll. : Énergie et conduites motrices – Collection Études et Formation, 1989

Weineck, J. : Manuel d'Entraînement - Collection sport + Enseignement chez Vigot, 1982

Weineck, J. : Biologie du sport – Collection sport + Enseignement chez Vigot, 1992

Bénézis, C. et coll. : Muscles, tendons et sport – Chez Masson, 1990