



Association pour la Recherche et l'Évaluation en Activité Physique et en Sport

***Activité physique, croissance
et développement de
l'enfant de 6 à 11 ans***

Georges CAZORLA

Cours DU médecine du sport Marrakech 2014

cazorlageorges@gmail.com

areaps33@gmail.com

[web : areaps.org](http://areaps.org)

INTRODUCTION

L'activité physique est habituellement définie par les responsables de la santé et plus particulièrement par les nutritionnistes comme « tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques entraînant une augmentation substantielle de la dépense d'énergie par rapport à la dépense de repos d'un individu » (USDHHS, 1996 ; Molnar et Livingstone, 2000 ; Kesaniemi et al., 2001). Même en n'envisageant que les seuls aspects physiologiques de l'activité physique, concernant l'enfant, il serait trop réducteur de s'en tenir là. Ce serait en effet limiter le rôle de l'activité physique à la seule sollicitation des effecteurs du mouvement et donc ignorer leur commande et leur régulation au cours de la croissance et du développement. Ce serait aussi ignorer les multiples interférences que peut exercer l'activité physique sur le développement psychomoteur, voire cognitif, de l'enfant.

Outre les problèmes éminemment importants du maintien ou du développement de la santé, il convient donc d'élargir notre compréhension des rôles que peut jouer l'activité physique dans la construction globale de l'enfant et de fournir aux différents spécialistes (pédiatres, médecins, éducateurs...) des indications et des points de repères les plus actualisés possibles. C'est là l'objet du présent document. A dessein nous l'avons divisé en deux grandes parties : dans la première seront rappelés et actualisés les effets que peut exercer l'activité physique dans le développement de l'enfant pré pubère, dans la seconde seront abordés les problématiques des rôles de l'activité physique sur le développement ou/et le maintien de la santé chez ces jeunes. Autrement dit les deux acceptations du concept APS seront développées : activité physique et sportive et activité physique et santé.

1) ACTIVITE PHYSIQUE ET DEVELOPPEMENT DE L'ENFANT

Quelques points de repère.

Comprendre comment l'activité physique peut contribuer au développement de l'enfant au cours de sa croissance nécessite quelques points de repère concernant son développement.

- **Développement du système nerveux, comportement et activité physique**

Avant six ans. La prolifération dendritique, la multiplication des liaisons synaptiques et la myélinisation des axones caractérisent le développement du tissu nerveux. Si la totalité de la prolifération dendritique est réalisée au cours du développement embryologique, la myélinisation est plus progressive et s'opère pendant la petite enfance et l'enfance. Celle du cortex se fait plus rapidement pendant les premiers mois et premières années de la petite enfance alors que celle des axones des motoneurones qui commandent l'activité musculaire à distance, se poursuit jusqu'au cours de la période pré pubertaire.

La multiplication des liaisons synaptiques et l'établissement de « circuits nerveux » qui confèrent au système de commande sa formidable « plasticité » sont fortement dépendants de la quantité et de la qualité des sollicitations neuro-motrices rencontrées par l'enfant.

L'enfant est donc très tôt équipé pour développer sa neuro motricité fine mais la motricité exigeant les mouvements les plus rapides, les plus précis et les plus spécialisés ne peut atteindre sa pleine efficacité que lorsque la maturation synaptique, la myélinisation des fibres nerveuses, les liaisons et les coordinations neuromusculaires auront atteint leur plein état de maturité c'est à dire vers l'âge de 6 ou 7 ans.

Cet état de construction des capacités du système nerveux central constitue l'âge privilégié des expériences motrices multiples et très variées dont il se nourrit pour mieux se développer. Si de nombreuses mises en situation et ses jeux le lui ont permis, c'est au cours de cette période que l'enfant devrait déjà pouvoir construire toute une série d'habiletés que certains auteurs nomment « programmes moteurs de bases ». Au cours de la petite enfance et ce, jusqu'à 6 ou 7 ans, à partir de jeux, de situations pratiquées sous forme jouée et d'une éducation physique que l'on peut qualifier « de base », l'enfant devrait déjà maîtriser toutes les actions comme sauter en avant, en arrière sur les côtés, à pieds joints et à cloche-pied, lancer avec le membre inférieur placé de façon controlatérale, attraper un ballon en décollant les coudes de la poitrine, ramper, se suspendre, esquiver, galoper, frapper, pousser, tirer, glisser, tourner... Ces actions constituent les fondements indispensables à l'acquisition subséquente des automatismes que vont nécessiter les maîtrises motrices plus complexes comme par exemple les techniques sportives. A la condition qu'elles continuent d'offrir une grande richesse de situations motrices à résoudre par l'enfant lui-même, celles-ci peuvent être envisagées à partir de cet âge.

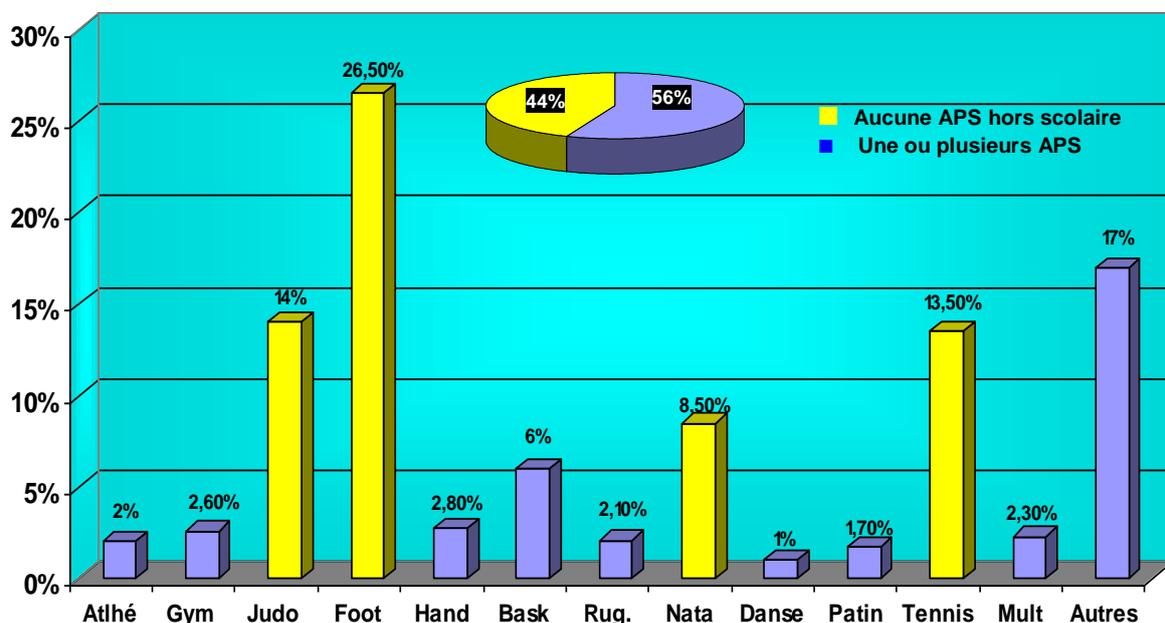
Bien que pour acquérir et maîtriser ces actions motrices de base, les rôles de l'environnement parental, de la crèche et de l'école maternelle apparaissent fondamentaux, il ne faut pas oublier ceux de notre génotype et du niveau de maturation propre à chaque enfant dans l'expression de sa motricité. Ceux-ci peuvent aussi expliquer les différences interindividuelles habituellement constatées. La maturation est une tendance fondamentale et naturelle de l'organisme à organiser l'expérience et à la rendre assimilable, alors que l'apprentissage qui dépend de l'environnement, est le moyen d'introduire de nouvelles expériences dans cette organisation. Maturation et apprentissage s'influencent mutuellement pour permettre le développement et l'adaptation.

A partir de six ou sept ans. Six ans, âge d'entrée au cours préparatoire est aussi l'âge préparatoire au développement moteur futur. A cette période, si les fonctions nerveuses ont normalement évolué, elles peuvent atteindre un niveau de perfectionnement suffisant pour permettre à l'enfant d'envisager un grand nombre d'apprentissages progressivement de plus en plus complexes. A cet âge tout le prédispose à apprendre plus facilement. L'enfant devient de plus en plus capable de conceptualiser, de mémoriser, d'anticiper et de contrôler rétroactivement ses mouvements. Dès lors que le bagage des habiletés motrices fondamentales est constitué, la formation uniquement psychomotrice doit progressivement laisser place aux apprentissages multiples, à la fois utilitaires comme ceux requis par la natation mais aussi s'adossant aux pratiques sportives socialement bien ancrées. Profitant de l'intérêt marqué par l'enfant pour la pratique d'une activité sportive particulière, les apprentissages multiples seront alors à l'ordre du jour. Plus l'enfant maîtrisera d'apprentissages plus il lui sera facile d'en envisager de nouveaux. A l'inverse ces capacités peuvent rester inertes si rien n'est fait pour inciter l'enfant à les utiliser.

Si l'enfant ne réussit pas dans un apprentissage donné il est probable que ses structures nerveuses ou/et musculaires n'aient pas atteint le degré de maturation nécessaire. Dans ce cas il est bien inutile de lui faire gaspiller son énergie en voulant commencer trop tôt un apprentissage qu'il pourra plus facilement aborder au moment opportun correspondant à une période critique plus favorable (tableau 3). A l'opposé, cette période critique passée, il lui sera de plus en plus difficile d'apprendre. L'apprentissage de la natation en est un bon exemple.

Tout permet de penser qu'avec un développement psychomoteur et un niveau de maturation normaux, la période 6-11 ans s'avère très favorable aux apprentissages multiples et à la pratique de nombreuses activités physiques, ce qui permet à l'enfant non seulement un développement harmonieux mais aussi de mieux choisir la future activité physique ou le sport correspondant le plus à ses goûts et à ses capacités. C'est surtout à ce niveau que l'adulte devrait pouvoir l'aider à être le plus pertinent possible dans ses choix (figure 1). La pratique de trois activités physiques complémentaires : une permettant la plus grande maîtrise des coordinations motrices comme le judo ou le tennis et de haute expression corporelle comme la gymnastique, la danse ou le patinage artistique, l'autre lui permettant une importante dépense énergétique comme la natation, la course ou les sports collectifs de grands terrains comme le football ou le rugby, enfin une troisième contribuant à sa meilleure socialisation comme l'ensemble des sports d'équipe, pourrait alterner pendant cette période privilégiée des apprentissages. Il serait donc dommageable d'enfermer cette grande « plasticité neuro-motrice » dans les schèmes moteurs souvent trop rigides de la spécialisation précoce. Même dans la perspective du choix unique d'une seule activité physique, il convient au contraire de lui ouvrir le plus largement possible l'éventail des apprentissages multiples. Comme l'ont montré plusieurs études, un enfant ayant bien choisi et étant bien motivé pour pratiquer une activité physique ou un sport aura probablement plus de chance d'être un futur adolescent ou un adulte sauvé de la sédentarité !

Pratique des APS en France : Garçons 7-11 ans (n : 3208)



Pratique des APS en France : Filles 7-11 ans (n : 3012)

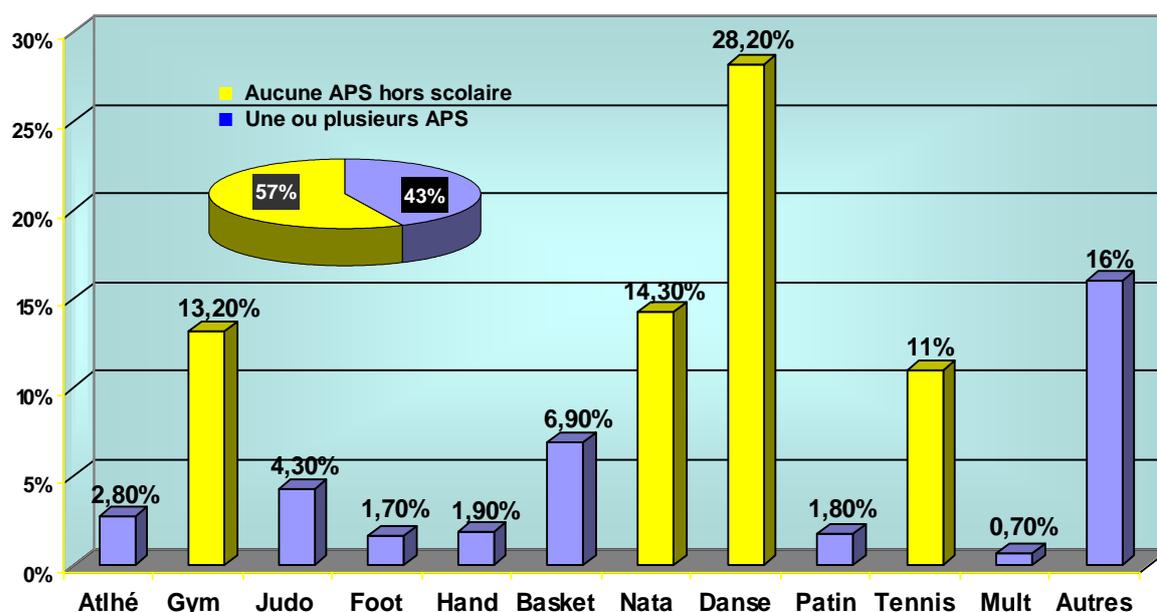


Figure 1 : Répartition des APS pratiquées hors cadre scolaire en France par les garçons et les filles. Les pourcentages figurant dans les camemberts sont respectivement en jaune ceux des enfants qui ne pratiquent aucune APS et en bleu, ceux qui en pratiquent une ou plusieurs. Cette enquête nationale, la seule à ce jour, a été réalisée en 1988. Il se peut donc que le profil des pratiques soit différent aujourd'hui (Cazorla, 1988). La pratique privilégiée de certaines activités physiques montre que leur choix initial n'a pas été neutre mais a probablement été influencé par de nombreuses incitations et motivations extrinsèques.

- **Croissance et activité physique**

Les courbes de croissance osseuse et pondérale accompagnent généralement les carnets de santé des enfants. Elles permettent notamment de visualiser qu'après une très forte accélération entre la naissance et les deux premières années, les vitesses de croissance osseuse et pondérale décroissent et se stabilisent jusqu'au pic pubertaire (Figure 2, tableau1).

A partir de 6 ans, morphologiquement l'enfant se transforme et passe progressivement des proportions de la petite enfance (grosse tête et tronc long par rapport aux membres) aux proportions plus en harmonie avec celle de l'adulte : allongement plus importante des membres et des extrémités par rapport au tronc. Cette transformation morphologique lui permet une motricité de plus en plus assurée.

Durant cette période la pratique d'activités physiques contribue au bon développement et au renforcement du squelette, des muscles et des articulations. L'exercice associé à une alimentation équilibrée est indispensable à la croissance des os. Par les tensions musculaires exercées sur l'os, l'exercice raisonnablement envisagé permet d'augmenter essentiellement l'épaisseur, la densité et la résistance des os, mais n'a aucun effet sur leur croissance en longueur.

VITESSE DE CROISSANCE EN TAILLE (cm.an⁻¹)

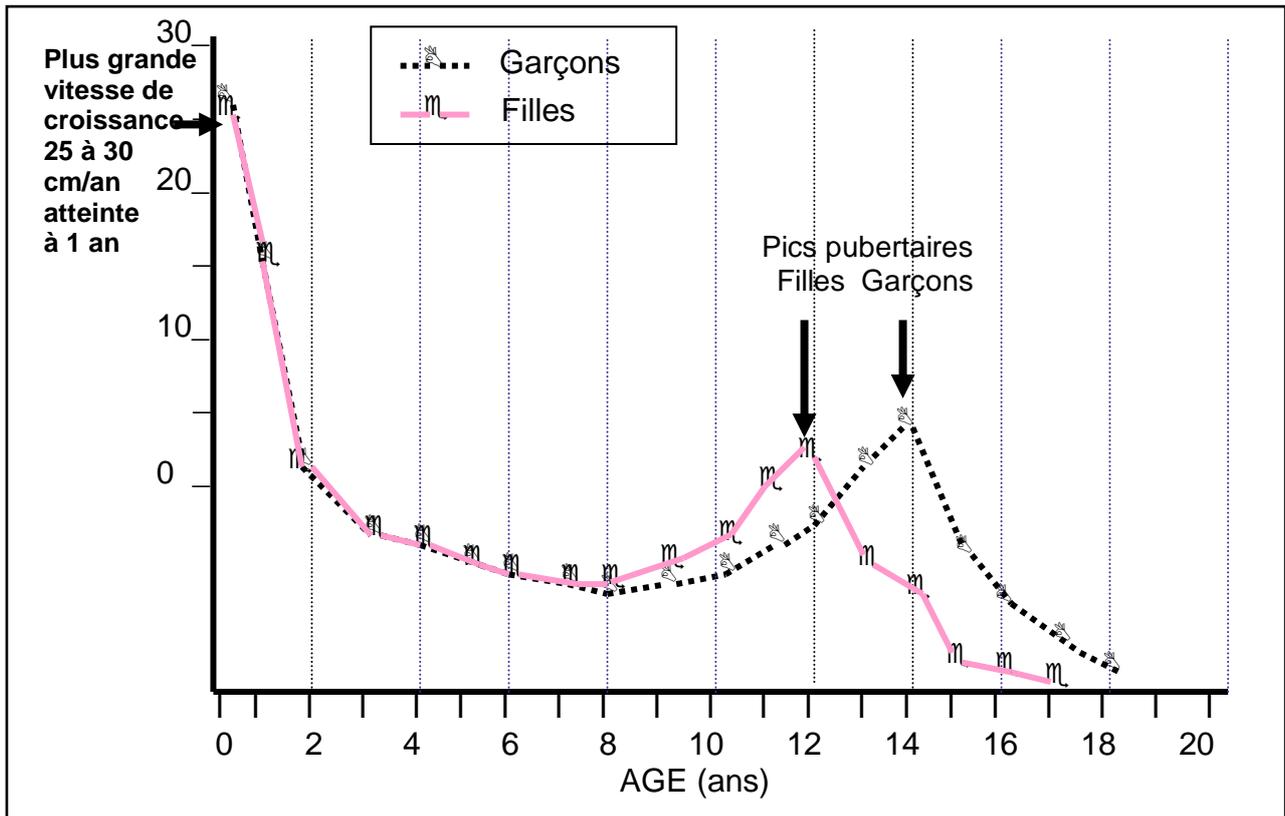


Figure 2 : Le taux de croissance de la taille au cours de la première année après la naissance est égale à quatre fois le taux de croissance à l'âge de 10 ans et est le double du taux maximum du sommet atteint au cours de la poussée pubertaire.

Les charges excessives d'entraînement appliquées sur un système osseux, cartilagineux, ligamentaires et tendineux encore insuffisamment adapté aux tractions et pressions intenses peuvent être préjudiciables à la santé de l'enfant. De même, par les perturbations des régulations neuro-hormonales qu'ils induisent au niveau hypothalamique et par voie de conséquence sur l'hypophyse, les stress trop importants, mais aussi les carences affectives, peuvent être à l'origine d'un blocage transitoire de la croissance en poids et en taille de l'enfant.

- **Système musculaire et activité physique**

L'essentiel de la différenciation et de la distribution des fibres musculaires est réalisé au cours de la gestation et ce jusqu'à deux ans après la naissance. Selon le type d'activité physique auquel s'adonne l'enfant, les pouvoirs biochimiques de ses fibres (surtout des fibres IIc et IIa) évoluent en majorité dans le sens d'une augmentation de leur pouvoir oxydatif.

La masse musculaire représente 25 % du poids total à la naissance et près de 40 % à l'âge adulte. La majorité de ce gain survient à la puberté ([] testostérone x 10 et de l'hormone de croissance).

Au cours de la croissance, le nombre de myofibrilles, de myofilaments et de sarcomères augmente. L'allongement des muscles au cours de la croissance se fait par l'augmentation du nombre de

sarcomères. Ces développements peuvent être accélérés par la pratique régulière d'activités physiques et contribuent au développement des capacités motrices.

Taille	
Âge	vitesse moyenne de croissance par an
Naissance à 1 an	25 cm
1 à 2 ans	11 cm
2 à 4 ans	7 cm
4 ans jusqu'à 13 ans	5 cm
Taille (cm) = 5 x âge + 85 cm	
Poids	
	Prise moyenne de poids par an
Naissance à 1 an	3 fois le poids de naissance
de 1 à 10 ans	2 kg par an
Poids (kg) = 2 x âge + 8 kg	

Tableau 1 : Quelques points de repère sur l'évolution de la taille et du poids au cours de la petite enfance et de l'enfance.

Conséquences sur le développement des capacités motrices :

Les capacités motrices se développent surtout pendant les 18 premières années de la vie, même si chez les filles elles tendent à se stabiliser aux environs de la puberté.

La force, la puissance, et la vitesse augmentent proportionnellement à la masse musculaire elle-même sous la double dépendance des concentrations hormonales (surtout de l'hormone de croissance chez les garçons et les filles et de la testostérone particulièrement chez les garçons) et du niveau d'activité. Ces qualités se développent donc de façon accélérée surtout en période post pubertaire. Ceci ne signifie pas pour autant qu'il ne faut pas envisager leur sollicitation et le début de leur développement déjà au cours de la période pré pubertaire car les gains de force, de puissance et de vitesse sont aussi sous le contrôle neuromusculaire, et donc dépendent du niveau de maturation du système nerveux.

La souplesse est par contre la qualité naturelle que présente un enfant pré pubère.

Examinons brièvement le développement de chacune de ces capacités au cours de l'enfance et jusqu'à la période pubertaire.

- **La souplesse**

Puisque l'enfant possède dès le plus jeune âge un niveau élevé de souplesse résultant d'une masse et d'un tonus musculaire moins élevés, et aussi d'une élasticité ligamentaire et musculaire plus importante que celle mesurée chez l'adolescent et chez l'adulte, un entraînement «poussé» de

l'amplitude de ses articulations ne semble pas nécessaire avant 9-10 ans. Dans la mesure où il est bien contrôlé, ce type d'entraînement peut être envisagé cependant pour les enfants qui pratiquent certains sports comme la gymnastique, la danse et toutes autres activités motrices de haute expression corporelle. Par contre il est très recommandé d'apprendre très tôt à l'enfant les techniques d'auto étirement qui lui serviront toute sa vie car l'amplitude articulaire décroît très rapidement au cours de la puberté et de l'adolescence et peut entraîner des difficultés de mouvement chez l'adulte si elle n'est pas entretenue très régulièrement. Remarquons encore que les meilleurs scores aux différents tests de souplesse sont généralement obtenus par les filles, performance probablement expliquée par une moindre masse maigre et par leur morphologie.

- ***La vitesse gestuelle***

La vitesse gestuelle est définie comme le nombre maximum de mouvements cycliques (course, nage, cyclisme...) ou acycliques, susceptibles d'être réalisés en un temps donné. Dans certaines activités, comme la nage, le cyclisme et la course sur courtes distances, la vitesse gestuelle entraîne une vitesse de déplacement. Elle est alors définie comme le temps minimum mis pour parcourir une distance donnée.

La vitesse gestuelle dépend essentiellement de la conjonction de trois ensembles de facteurs :1) nerveux sous le contrôle du système nerveux central (SNC) qui analyse, commande et régule les potentiels d'action, 2) neuromusculaires à la jonction du système de commande (le SNC) et du système effecteur : le muscle, 3) et de la qualité des unités motrices sollicitées au sein du muscle. Avant l'âge de 10 ans, le niveau de vitesse gestuelle moins élevé chez l'enfant que chez l'adulte est très fortement lié : au niveau de maturation du système nerveux (myélinisation des axones inachevée), à la concentration plus faible de l'acétylcholine (neurotransmetteur) au niveau de la jonction neuromusculaire, à une vitesse moindre de libération et de repompage du calcium au niveau du réticulum sarcoplasmique, et à la capacité de coordination tant au niveau central que périphérique des muscles sollicités.

Bien que limitée par les facteurs héréditaires, la vitesse peut être développée par une pratique d'exercices et par l'utilisation de toutes les formes de jeu réalisées avant et pendant la puberté. Il est donc parfaitement justifié d'envisager très tôt (vers 6 ans) le début du développement de la vitesse car celle-ci dépend étroitement de la coordination nerveuse et du développement des programmes moteurs. C'est dans le premier âge scolaire que se manifeste la plus forte amélioration de la fréquence et de la vitesse de mouvement. L'augmentation de la taille des leviers et de l'amplitude biomécanique des mouvements explique ensuite au cours de la croissance l'amélioration de la vitesse gestuelle.

- ***La force musculaire***

La force musculaire augmente progressivement au cours de la croissance en fonction de l'accroissement de la masse corporelle. Avant la puberté, bien que toujours en moyenne plus élevée chez les garçons, la force maximale des garçons et des filles est assez proche.

En moyenne, les filles présentent l'accroissement en force la plus élevée pendant les années de croissance maximale: 11,5 à 12,5 ans alors que chez les garçons, l'accroissement est maximal un an

après le pic de croissance : 14,5 à 15,5 ans. Ensuite, la force maximale se stabilise vers 18 ans chez la fille et entre 20 et 30 ans chez le garçon.

Les mécanismes responsables de l'augmentation de la force sont principalement l'amélioration de l'activation nerveuse et l'augmentation de la masse musculaire (hypertrophie). D'autres mécanismes d'importance moindre comme l'amélioration de la restitution de l'énergie élastique, l'intensification du couplage excitation-contraction et l'amélioration de la transmission de la force aux différents leviers osseux, peuvent aussi expliquer une part de l'amélioration de la force.

Comme un gain de force est non seulement impliqué dans l'amélioration de la capacité de performance motrice dans les activités sportives (loisirs ou compétition) mais aussi dans la prévention des blessures pendant les activités sportives, doit-on ou non envisager la musculation avant la puberté ? Remarquons préalablement que chez l'enfant pré pubère, les gains de force issus d'activités musculaires diverses résultent essentiellement de l'amélioration de son activation nerveuse et non d'une quelconque hypertrophie.

A l'issue de programmes de musculation contrôlés expérimentalement, de nombreux travaux récents ont bien montré que, aussi bien chez les garçons que chez les filles, des gains de force maximale isométrique, de force isocinétique à différentes vitesses, de puissance et d'endurance musculaires sont obtenus de façon très significative et sans préjudice pour la santé.

A la condition de respecter certaines précautions, l'enfant est donc totalement capable d'augmenter sa force musculaire dans les mêmes proportions que celles de l'adulte.

Précautions à respecter pour aborder le renforcement musculaire chez l'enfant

- 1- examen médical préalable avec attention particulière portée au rachis
- 2- respecter la motivation de l'enfant,
- 3- programme dirigé par des éducateurs compétents et spécialistes de l'enfant et l'adolescent,
- 4- ce programme doit faire partie d'un entraînement général,
- 5- ce programme doit surtout inclure l'apprentissage de techniques de musculation utilisant des charges légères,
- 6- les techniques doivent être parfaitement maîtrisée avant d'envisager des charges additionnelles. Celles-ci ne doivent progresser que très progressivement,
- 7- chaque séance doit toujours être précédée d'un échauffement et suivie d'exercices d'étirement et de récupération,
- 8- doit inclure surtout des exercices à base de contractions concentriques (les contractions excentriques doivent être évitées surtout chez les plus jeunes),
- 9- doit concerner un maximum de groupes musculaires,
- 10- la compétition doit être formellement proscrite,
- 11- ne jamais utiliser des charges maximales chez l'enfant pré pubère.

Capacités énergétiques de l'enfant et activités physiques

Nous savons que, selon l'urgence, l'intensité et la durée d'un exercice, le muscle peut faire appel à plusieurs sources énergétiques pour fournir les molécules d'adénosine triphosphate (ATP) requises par sa contraction et son relâchement. La première d'entre elles est immédiatement disponible et permet de libérer une très grande quantité d'énergie grâce au catabolisme de ses deux composés : l'ATP et la phosphorylcréatine (PCr), les autres sources sont retardées par les nombreuses étapes que nécessite le catabolisme des substrats utilisés : glycogène, glucose, acide gras libres, acides aminés.

Les sources retardées peuvent elles-mêmes être subdivisées en deux groupes : la source qui utilise le catabolisme du glycogène sans intervention de l'oxygène et produit de l'acide lactique. Cette source est souvent définie comme anaérobie lactique ou glycolyse lactique, et la source qui utilise l'oxygène pour extraire l'énergie des molécules de glycogène, d'acide gras et d'acides aminés. Définie comme aérobie, cette source nécessite non seulement de nombreuses réactions biochimiques intermédiaires mais aussi l'adaptation de chacun des éléments de la chaîne qui transporte les molécules d'oxygène depuis l'air ambiant jusqu'aux fibres musculaires qui les consomment. Les multiples adaptations qu'elle requiert expliquent les délais plus longs de son intervention efficace au cours de l'exercice musculaire. Ces filières énergétiques présentent-elles des caractéristiques spécifiques au cours de la croissance ? Est-il pertinent d'envisager leur développement, plus particulièrement chez l'enfant pré pubère ?

- **Source immédiate ou source des phosphagènes : ATP-PCr**

Les réserves en ATP et PCr et la vitesse de leur utilisation sont sensiblement identiques chez l'enfant et l'adulte (tableau 2). Les différences de vitesse gestuelle et de puissance ne résultent donc que des masses musculaires et de l'amplitude des mouvements plus importantes chez l'adulte.

Par contre tout indique que l'enfant est énergétiquement tout à fait apte à utiliser ses réserves en phosphagènes dans des activités physiques nécessitant de la vitesse. C'est d'ailleurs ce qu'il fait naturellement dans ses jeux. De plus, grâce à un pouvoir oxydatif musculaire mieux développé que celui de l'adulte, l'enfant présente une meilleure aptitude à resynthétiser la PCr utilisée et donc récupère plus rapidement entre deux ou plusieurs exercices très courts et très intenses comme le montrent les activités ludiques spontanées d'une cour de récréation.

Substrats	Concentration musculaire au repos (mmol/kg)	Comparaison avec des individus plus âgés	Vitesse d'utilisation au cours de l'exercice
ATP	3.5 à 5	Pas de modification avec l'âge	Identique à celle de l'adulte
PCr	12 à 22	Très sensiblement plus faible chez l'enfant	Identique ou à peine inférieure à celle de l'adulte

Tableau 2 : Les réserves en ATP-PCr et leur vitesse d'utilisation sensiblement identiques chez l'enfant et l'adulte ne permettent pas d'expliquer leurs différences de performances en sprint et en puissance musculaire.

- **Première source retardée : la glycolyse lactique**

La glycolyse lactique est mise en jeu dès le début d'une activité musculaire intense mais n'atteint son plein rendement qu'entre 20s et 2 à 3 min lors d'exercices d'intensité maximale ou supra maximale (égale ou supérieure à $VO_2\text{max}$ ou à la puissance aérobie maximale), s'accompagne de la formation de lactate et de proton H^+ et donc d'une acidose dont l'importance peut s'avérer délétère pour le bon fonctionnement cellulaire.

Il a été longtemps soutenu qu'il ne fallait pas soumettre l'enfant à de tels exercices. A cause d'une maturation insuffisante des enzymes glycolytiques chez l'enfant, d'aucuns ont affirmé que ces exercices s'avéraient inefficaces pour améliorer la glycolyse lactique et pourraient même présenter des dangers pour sa santé.

Qu'en est-il exactement ?

Il est vrai que toutes les études convergent pour indiquer des concentrations et une activité des enzymes de la glycolyse anaérobie lactique plus faibles chez l'enfant que chez l'adolescent et plus faibles chez ce dernier que chez l'adulte, ce qui simultanément limite chez l'enfant pré pubère la production d'acide lactique et donc la capacité anaérobie. En outre, lors d'exercices maximaux, les enfants atteignent des pH plus élevés et des quotients respiratoires plus faibles que ceux atteints par l'adulte, ce qui est à la fois la conséquence de leur plus faible concentration en lactate et de la moins bonne efficacité de leurs systèmes tampon. Remarquons cependant que les enfants qui pratiquent très jeunes certaines activités sportives comme la danse, la gymnastique, le patinage artistique, la natation, présentent les concentrations en lactate les plus élevées, ce qui tendrait à montrer que, comme les autres mécanismes physiologiques, la glycolyse lactique peut être modifiée et s'adapte au mode d'activité physique pratiqué et ce, quel que soit l'âge.

Contrairement à ce qu'il fut longtemps soutenu, la glycolyse lactique n'est donc pas maturation dépendante !

En outre, aucune étude n'a rapporté à ce jour un quelconque danger métabolique avéré chez les enfants pratiquant des activités de type anaérobie lactique (danse, gymnastique, patinage artistique notamment...). Si danger il y a, il est probablement plus psychologique que biologique, car l'enfant supporte difficilement les « efforts lactiques ». C'est donc uniquement pour cette raison qu'il vaudrait mieux éviter les entraînements systématiques d'intensités et de durées sollicitant surtout la glycolyse lactique.

Il est par contre intéressant de s'interroger sur le déficit constaté chez l'ensemble des enfants non entraînés. Représente-t-il une réelle spécificité physiologique de l'enfant ou bien n'est-il que la conséquence de son mode de fonctionnement ?

- **La capacité aérobie**

La capacité aérobie représente la quantité totale d'énergie potentielle susceptible d'être utilisée par voie oxydative. Elle dépend des réserves en substrats oxydables (glycogène, glucose, acides gras libres, acides aminés) et de l'oxygène que l'organisme est capable d'utiliser. En terme de motricité, elle s'exprime par l'interaction de ses trois composantes que sont la puissance ou la vitesse aérobie maximale (puissance ou vitesse atteinte à la consommation maximale d'oxygène ou $VO_2\text{max}$),

l'endurance aérobie (pourcentage de VO_2 max susceptible d'être maintenu le plus long temps possible) et l'économie de mouvement ou de locomotion (plus faible coût énergétique pour se mouvoir ou se déplacer à une vitesse donnée sur une distance connue). Rapportée au kilogramme de masse corporelle, l'économie de mouvement ou de locomotion s'améliore à mesure que les apprentissages deviennent plus performants ce qui explique que l'enfant s'avère moins « économe » que l'adulte. Les deux autres composantes de la capacité aérobie dépendent respectivement au plan central de l'efficacité du transport de l'oxygène du poumon à la cellule et au plan périphérique de la capacité d'extraction et d'utilisation cellulaire de l'oxygène (figure 3)

Au niveau de la chaîne qui transporte l'oxygène, l'enfant présente un volume d'éjection systolique plus faible mais une fréquence cardiaque plus élevée que celle de l'adulte. Malgré la compensation d'une fréquence cardiaque plus élevée, son débit cardiaque demeure inférieur à celui de l'adulte. Par contre au niveau périphérique, son système d'extraction de l'oxygène est nettement plus performant.

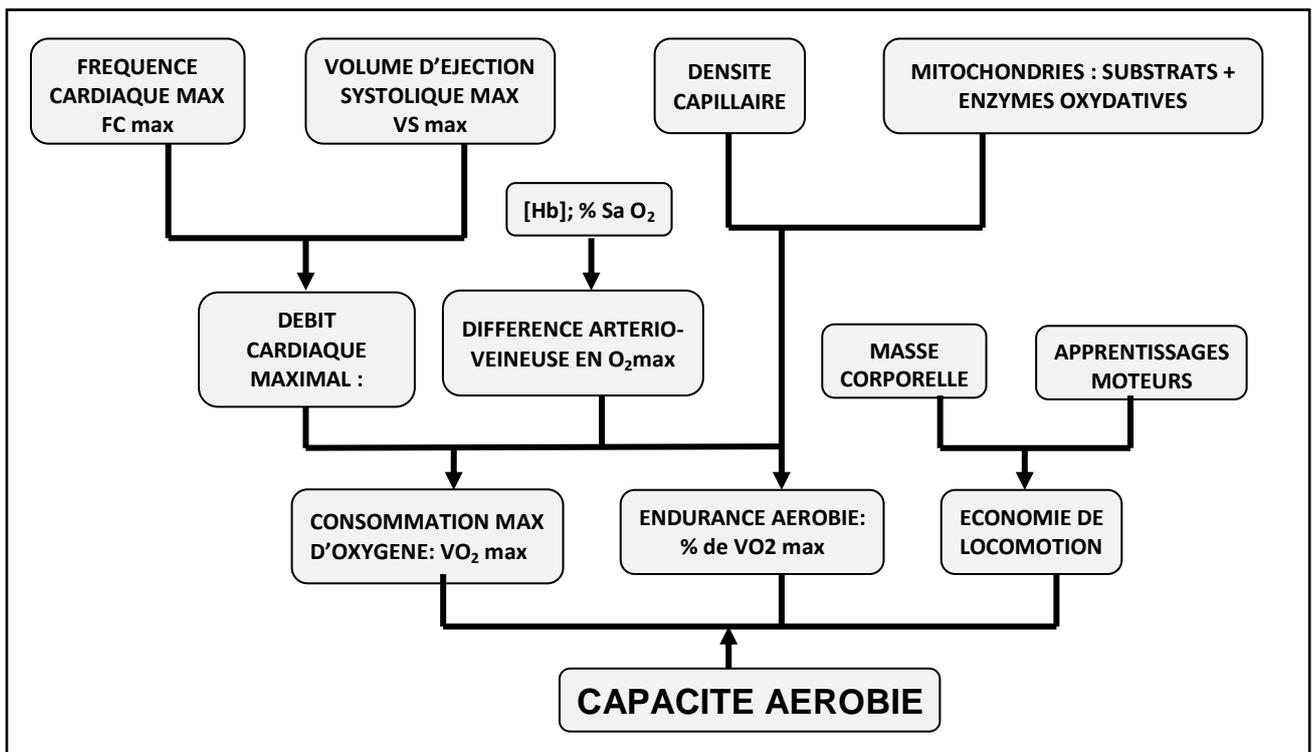


Figure 2 : Différentes interactions physiologiques et biomécaniques du transport et de l'utilisation de l'oxygène, définissant ensemble la capacité aérobie.

Les muscles de l'enfant démontrent un meilleur pouvoir oxydatif (x 2), un pH plus élevé durant l'exercice ainsi qu'une récupération métabolique plus rapide. Et ce ne sont pas les seuls avantages dont l'enfant bénéficie au niveau de la capacité aérobie...Conséquences de son extraction plus performante, l'enfant atteint plus rapidement son VO_2 max que l'adulte (entre 1min et 1min30s), accumule un déficit initial en O_2 moindre et présente donc une dette d'oxygène moins élevée.

Un autre des avantages et non des moindres dans une perspective de lutte contre le surpoids et l'obésité, comme en témoignent des quotients respiratoires moins élevés que ceux observés chez

l'adulte lors d'exercices d'intensités relatives identiques, est l'utilisation plus importante des lipides comme substrats énergétiques de la combustion aérobie.

En conséquence, tout indique que l'activité musculaire de l'enfant procède surtout d'un métabolisme aérobie plus efficace laissant peu de place à la sollicitation du métabolisme lactique ce qui pourrait expliquer le faible développement de celui-ci.

Pour favoriser un bon développement des grandes fonctions physiologiques et métaboliques de l'enfant, il est donc pertinent de privilégier les jeux et exercices aérobies, aussi bien d'endurance (intensité infra maximale mais durée prolongée) que de puissance maximale (exercices maximaux ou supra maximaux, très courts et répétés...comme ceux correspondants à leur activité physique spontanée).

En conclusion

L'enfant, comme l'adolescent a besoin de mouvements pour se construire. Dès la plus petite enfance l'activité physique va lui permettre les premières conquêtes psychomotrices, prémices d'un développement long, complexe, intégré à l'ensemble du développement cérébral et cognitif et dont les buts sont, *in fine*, l'acquisition de l'autonomie et de la socialisation de l'adulte qu'il sera demain. Ce développement progressif fait appel à un ensemble de phénomènes physiques (l'enfant grandit), psychiques (il s'éveille à la vie et développe ses interrelations cognitives avec son environnement) moteurs (il développe ses qualités de force, de vitesse, de coordination, d'équilibre et de souplesse) et énergétiques (il améliore son endurance et la puissance de ses métabolismes).

Pour ce faire, l'organisme de l'enfant est capable de s'adapter à toutes les situations que lui offre l'activité physique. Pour satisfaire son appétit naturel d'une nourriture cinétique la plus riche possible, l'éducateur, le pédiatre, le médecin, doivent l'aider à trouver dans son environnement toutes formes d'activités physiques, voire sportives, nécessaires à son développement. Le tableau 3 qui tient non seulement compte des stades du développement ontogénétique de l'enfant mais aussi de ceux du développement physiologique, psychologique et social de l'enfant pré pubère, pubère et de l'adolescent devrait leur permettre de mieux ajuster leur prescription aux âges biologiques. Cependant, le problème majeur est de savoir trouver l'activité qui convient le mieux aux capacités et aux goûts de l'enfant, de façon à ce que les joies que procurent les pratiques physiques bien adaptées ne le privent jamais du plaisir de jouer.

	2 – 4 ans	4 – 6 ans	6 – 8 ans	8 – 10 ans	10 ans - puberté
Programmes moteurs fondamentaux	++++	+++	++		
Psychomotricité	+++	++++	+++	++	
Apprentissages multiples		++	++++	+++	++
Apprentissages techniques			++	+++	++++
Endurance Aérobie			+	++	++++
Puissance aérobie maximale			++	+++	+++
Capacité anaérobie lactique			+	+	+
Vitesse-vivacité			+++	+++	++++
Renforcement musculaire général			++	++	+++
Endurance musculaire			++	++	+++
Souplesse			++	++	+++

Tableau 3 : Périodes critiques les plus favorables au développement des principales capacités psychomotrices, aux capacités physiques et physiologiques du jeune, depuis sa petite enfance jusqu'à sa puberté. + : début du développement ou développement très modéré ; ++ : augmentation du développement ou développement modéré ; +++ : important développement ; ++++ : développement très important et prioritaire ;

		Puissance maximale aérobie		Endurance aérobie	Puissance anaérobie				Endurance musculaire
Tests		Test progressif de course navette aérobie à paliers de 1 min (Léger et al. 1982)		6 min de course	Détente verticale : Sargent Test		Saut en longueur pieds joints	Sprint de 50m départ arrêté	Flexion du tronc depuis la position en décubitus dorsal
Âge (an)	Nombre	Nombre de paliers de 1 min	VO ₂ max extrapolé (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹)	Distance parcourue (m)	Hauteur du saut (cm)	Puissance extrapolée des membres inférieurs (w.kg ⁻¹)	Performance (cm)	performance (s,1/100)	Nombre de flexions en 30s
6	G : 361	3,9 ± 1,9	51,1 ± 3,2	945 ± 286	19,6 ± 4,2	9,4 ± 1	111,6 ± 17,3	10,51 ± 0,91	12 ± 4
	F : 392	3,2 ± 1,7	50,1 ± 3,0	841 ± 289	18,1 ± 4,3	9,1 ± 1,1	110,9 ± 17,0	10,75 ± 0,94	11 ± 5
7	G : 367	4,1 ± 1,8	51,3 ± 3,7	991 ± 301	20,4 ± 4,4	9,7 ± 1,1	128,6 ± 17,5	10,28 ± 0,84	13 ± 5
	F : 408	3,6 ± 1,6	50,2 ± 3,2	892 ± 310	18,8 ± 4,3	9,3 ± 1,1	121,5 ± 17,4	10,65 ± 0,91	12 ± 5
8	G : 602	4,8 ± 1,9	51,4 ± 4,1	1065 ± 167	21,9 ± 4,7	10,1 ± 1,1	137,1 ± 18,1	9,80 ± 0,87	15 ± 5
	F : 599	4,0 ± 1,9	49,6 ± 3,4	999 ± 286	20,9 ± 4,8	9,8 ± 1,2	131,5 ± 17,6	10,17 ± 0,81	14 ± 5
9	G : 592	5,5 ± 1,9	51,3 ± 4,6	1095 ± 304	24,1 ± 5,4	10,6 ± 1,2	148,9 ± 21,4	9,37 ± 0,80	17 ± 5
	F : 548	4,4 ± 1,6	48,9 ± 3,7	1054 ± 254	22,6 ± 5,3	10,2 ± 1,2	139,0 ± 19,7	9,82 ± 0,90	16 ± 5
10	G : 609	6,1 ± 2,1	51,2 ± 4,9	1151 ± 252	26,5 ± 5,9	11,1 ± 1,2	158,3 ± 23,0	9,04 ± 0,76	19 ± 5
	F : 630	4,8 ± 1,6	48,0 ± 3,7	1066 ± 264	24,8 ± 5,6	10,7 ± 1,2	147,6 ± 19,8	9,50 ± 0,82	16 ± 5
11	G : 360	6,5 ± 2,0	50,7 ± 5,0	1181 ± 309	27,6 ± 6,1	11,3 ± 1,3	161,8 ± 22,0	8,83 ± 0,74	19 ± 5
	F : 334	5,1 ± 1,6	47,1 ± 3,9	1044 ± 280	26,3 ± 5,8	11,0 ± 1,2	153,3 ± 21,2	9,18 ± 0,77	17 ± 5
12	G : 375	7,1 ± 1,9	50,6 ± 4,9	1280 ± 359	29,1 ± 8,2	11,8 ± 1,3	175,6 ± 24,8	8,54 ± 0,86	20 ± 5
	F : 386	5,4 ± 1,7	46,9 ± 4,0	1055 ± 307	28,1 ± 8,6	11,3 ± 1,3	163,1 ± 22,5	8,93 ± 0,99	17 ± 4

Tableau 4 : Normes représentatives des capacités physiques de la population des jeunes français âgés de 6 à 12 ans (Normes issues de la Batterie France-Eval). G : garçon, F : filles ; ± : écart type ; VO₂max : consommation maximale d'oxygène.

Références

Berthoin S. Evaluation de l'aptitude aérobie à l'école : évolution avec l'âge, le sexe et l'entraînement. Thèse pour le doctorat des Universités. Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives. *Université de Lille 2 ; 1995.*

Bien bouger, bien dans sa tête : www.bouger.org

Cazorla G. : Etat du développement des capacités motrices et conditions de la pratique des activités physiques et sportives des jeunes français d'âge scolaire. Mission Nationale France-Eval 1987-1988. *Rapport pour le Ministère de la Jeunesse et des Sports, 1998.*

Gouthon P. Entraînement et capacité aérobie dans une stratégie de prévention des risques cardiovasculaires chez des adolescents béninois. Thèse pour le doctorat des Universités. Laboratoire Evaluation Sport Santé. Faculté des Sciences et de l'Education Physique. *Université Victor Segalen Bordeaux 2. Juin 2001*

Kesaniemi, YK, Danforth, E Jr, Jensen, MD, Kopelman, PG, Lefebvre, P, Reeder, BA – Dose-response issues concerning physical activity and health : an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc, 33 (6 Suppl) : S351-S358 ; 2001*

Kino Québec : Les jeunes et l'activité physique. Situation préoccupante ou alarmante ? 1998.

Kino Québec : Guide d'activité physique canadien pour les jeunes et les enfants. 2002.

Léger LA and Lambert, J - A maximal multistage 20 m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol 49 : 1-12, 1982*

Molnar, D, Livingstone, B - Physical activity and relation to overweight and obesity in children and adolescents. *Eur J Pediatr, 159 : [suppl 1] S45-S55, 2000.*

Tomkinson, G. R., Léger, L.A., Olds, T.S., Cazorla, G.- Secular trends in the fitness of children and adolescents 1980-2000 — an analysis of 20 m shuttle run studies. *Sports Medicine (NZ)2003*

U.S. Department of Health and Human Services. Physical Activity and Health : A report of the Surgeon General. Atlanta, GA : U.S. Department of Health and Human Services, Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.