

INTRODUCTION

« L'enfance a des manières de voir, de penser, de sentir, qui lui sont propres ; rien n'est moins sensé que de vouloir y substituer les nôtres. » [ROUSSEAU, *Émile II*]

Cet ouvrage est un hommage à l'enfant dont le développement et les réponses à l'exercice physique nous ont beaucoup appris sur les mécanismes d'adaptation. S'il est parfois nécessaire de comparer les données obtenues chez l'enfant à celles de l'adulte, les résultats des travaux réalisés avec les enfants et adolescents sont à considérer comme particuliers.

Les comportements sédentaires sont en réelle augmentation chez les enfants et surtout les adolescents et ce partout dans le monde. Parallèlement, le déclin de la pratique physique associé à une alimentation inadaptée est à l'origine de l'évolution exponentielle de la prévalence de troubles métaboliques associés à l'obésité. Cet ouvrage tente de faire le point sur les connaissances scientifiques actuelles permettant de comprendre l'évolution des prévalences de ces pathologies et leur lien avec la sédentarité et la pratique de l'activité physique de l'enfant et de l'adolescent. Si nous prenons en compte le fait que 80 % des enfants obèses le resteront à l'âge adulte, il n'est plus besoin de longs discours pour comprendre l'importance et la nécessité de comprendre les rapports directs et indirects liant l'activité physique et la santé pour permettre une intervention dès le plus jeune âge.

Les trois premiers chapitres de cet ouvrage sont ainsi consacrés aux périodes fondamentales du développement, de la naissance à l'âge adulte. Cette évolution est envisagée sous l'angle de ses relations avec l'activité physique. La mise en exergue de la réciprocité de cette relation a été un véritable souci tout au long de ces trois parties. Autrement dit, si l'importance de l'activité

physique sur le développement global de l'enfant a bien été abordée, réciproquement l'effet du développement sur la pratique d'activité physique l'a été tout autant.

Les quatre chapitres suivants reposent sur la mise en évidence des relations, tant positives que négatives, pouvant exister entre l'activité physique, la condition physique et la santé. Les effets directs sur les fonctions métaboliques, physiologiques ainsi que les effets indirects, régulation de l'appétit, du sommeil et de la nutrition sont abordés.

Associant approche scientifique disciplinaire et approche comportementale, cet ouvrage s'adresse à tous les acteurs, étudiants, éducateurs, entraîneurs et enseignants qui s'intéressent, se préoccupent et interviennent avec des enfants et des adolescents, dans le milieu de l'activité physique ou tout autre milieu, où le développement de la naissance à l'âge adulte entre en interaction avec la pratique physique comme le jeu, le sport ou toute autre activité physique. L'objectif de cet ouvrage est d'aborder par plusieurs approches disciplinaires, biologie, physiologie, psychologie et pluridisciplinaires la relation entre l'activité physique et la santé à partir des données scientifiques récentes.

CROISSANCE ET MATURATION

1 Croissance

D'après Godin (1935) l'auxologie (du grec *auxos* = croître et *logos* = discours) est l'étude de la croissance suivie chez les mêmes sujets pendant de nombreux semestres successifs par un grand nombre de mesures.

La croissance relève d'un mécanisme de transformation structurale et dimensionnelle. À savoir qu'elle est le résultat d'un triple processus cellulaire et organique qui débute peu après la fécondation (**figure 1.1**).

Phase 1 : il s'agit d'une phase de multiplication de toutes les cellules sans augmentation du cytoplasme. Elle démarre approximativement au 8^e jour de la vie embryonnaire.

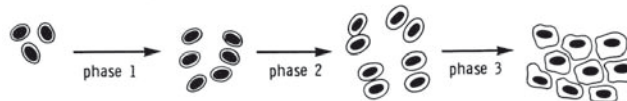


Figure 1.1 : Croissance cellulaire (d'après Tanner, 1962).

Caractéristiques : – aucune spécialisation ;
– aucun arrangement morphologique.

Phase 2 : c'est la phase pendant laquelle la division cellulaire ralentit, cependant les protéines continuent à être synthétisées et entrent dans le cytoplasme. Les cellules s'hypertrophient. Elle débute vers 15 jours et se termine aux environs de 7 mois de la vie intra-utérine.

Caractéristiques : – début de spécialisation ;
– formes spécifiques de l'être définitif.

Phase 3 : cette phase d'accroissement dimensionnel s'arrête vers 18-20 ans. Toute division cellulaire est arrêtée, cependant les cellules continuent leur croissance (augmentation continue du cytoplasme).

Caractéristiques : – importantes modifications morphologiques.

C'est cette dernière phase qui intéresse plus particulièrement les étudiants ou éducateurs, puisqu'ils interviennent directement pendant cette période. Cependant, ils ne peuvent ignorer ce qui a eu lieu avant la naissance à savoir la période prénatale (l'étude des potentialités génétiques ; l'embryogenèse ; l'évolution du fœtus).

Croissance

La croissance est l'ensemble des processus quantitatifs qui entraîne un accroissement des dimensions corporelles. Elle est composée de 3 évolutions : augmentation en nombre des cellules (hyperplasie), augmentation en volume des cellules (hypertrophie) et augmentation des substances intercellulaires (accrétion).

L'**anthropométrie** est l'étude du contrôle des accroissements dimensionnels dont l'objet est les mensurations corporelles. Chez l'enfant et l'adolescent la première courbe longitudinale de croissance staturale est attribuée à Buffon (publié dans Histoire Naturelle). Son collaborateur le comte Philibert Guéneau de Montbéliard a mesuré tous les 6 mois et pendant 18 ans la taille de son fils (1759 à 1777).

La **biométrie**, qui repose sur la mesure des caractéristiques physiques, établit, à partir des mesures de variables dites classiques telles que la taille, les périmètres, la longueur des segments..., les courbes de références permettant de suivre le développement de l'enfant jusqu'à l'âge adulte.

L'augmentation importante de la surcharge pondérale et de l'obésité chez l'enfant a remis en lumière une des mesures anthropométriques principales : l'indice de « Quetelet » ou l'Indice de Masse Corporelle (IMC ou BMI en anglais) qui est égal à : $\text{masse corporelle (kg) / Taille}^2 \text{ (m}^2\text{)}$. Chez l'adulte, la valeur de l'IMC témoigne du statut pondéral ou de la catégorie de corpulence à laquelle il appartient (**tableau 1.1**).

Pour définir le statut pondéral de l'enfant, la valeur de l'IMC est insuffisante, il est nécessaire de suivre son évolution en comparaison avec les courbes de références de la population française. L'IMC augmente de la naissance à l'âge de 1 an où il atteint un pic. Il diminue ensuite jusqu'à l'âge de 6 ans,

pour augmenter de nouveau jusqu'à l'âge adulte. Cette nouvelle augmentation caractérise le rebond d'adiposité. Un IMC supérieur au 97^e percentile définit une surcharge pondérale. En accord avec les normes internationales, une valeur d'IMC supérieure aux valeurs de la courbe déterminant un IMC supérieur à 30 à l'âge adulte représente un statut pondéral d'obésité.

Tableau 1.1 : Classification de la corpulence en fonction de l'IMC chez l'adulte (WHO, 1998)

Classification	IMC (kg/m ²)	Risque
Maigreur	< 18,5	
Normal	18,5 - 24,9	
Surpoids	25,0 - 29,9	Modérément augmenté
Obésité	≥ 30,0	Nettement augmenté
Classe I	30,0 - 34,9	- obésité modérée ou commune
Classe II	35,0 - 39,9	- obésité sévère
Classe III	≥ 40,0	- obésité massive ou morbide

Une nouvelle augmentation avant l'âge de 6 ans représente un **rebond d'adiposité précoce** et est considérée comme un facteur majeur de risque de développer une obésité au cours de la croissance (**figure 1.2**).

Chaque sujet possède sa propre horloge biologique qui le conduit progressivement jusqu'au stade adulte. Cependant le tempo avec lequel sa maturation biologique avance n'est pas nécessairement en phase avec son âge chronologique. Dans un groupe d'enfants, certains sont en avance dans leur développement biologique par rapport à leur âge civil, d'autres peuvent momentanément être en retard. La différence entre deux enfants peut varier de 3 à 5 ans. Enfin, un enfant peut avoir un âge biologique qui recouvre exactement son âge chronologique.

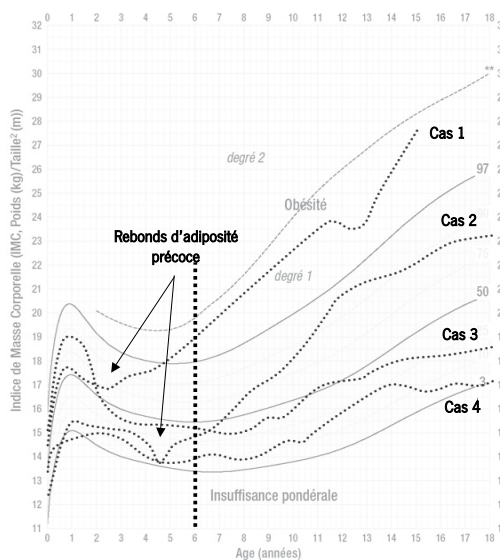
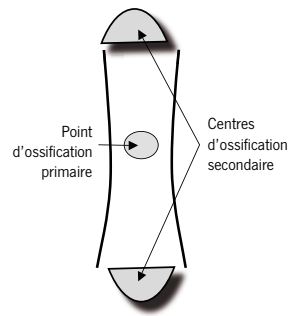


Figure 1.2 : Rebond d'adiposité précoce (adapté de Rolland-Cachera *et al.*, 1987).

1.1.1. Mécanisme

1.1.1.1. Croissance en longueur : exemple le radius

- juste avant la naissance le fœtus possède un centre d'ossification primaire et deux centres d'ossification secondaire (**figure 1.3**);
- évolution au cours de la petite enfance (**figure 1.4a et 1.4b**).



1.1.1.2. Croissance en épaisseur ou périostée

L'os est couvert de périoste (le périoste = membrane conjonctive qui enveloppe les os). Sans intervention du cartilage, le développement osseux dépendra des tractions et pressions exercées. D'où l'importance de la motricité enfantine dans la formation osseuse. Par ailleurs, la pratique précoce et intensive en particulier dans les sports dits « d'impact » tels que la gymnastique ou les sports de combat entraîne une augmentation de la densité minérale osseuse.

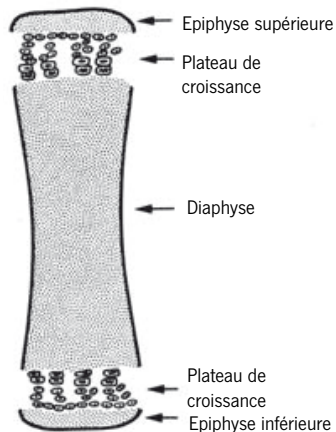


Figure 1.4a : Schéma d'un os en longueur avec ses épiphyses supérieures (distale) et inférieures (proximale) (d'après Tanner, 1962).

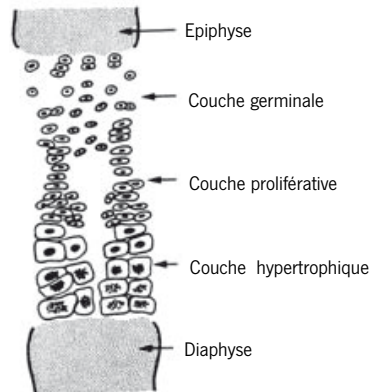


Figure 1.4b : Agrandissement de la jonction épiphyse-diaphyse. Les nouvelles cellules sont formées dans la zone de prolifération, puis passent dans la zone d'hypertrophie cellulaire afin de contribuer à l'accumulation d'os en haut de la diaphyse (d'après Tanner, 1962).

1.1.2. Les courbes de croissance

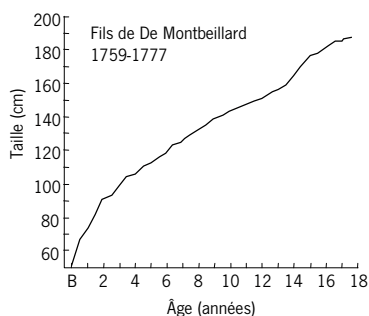


Figure 1.5a : La plus ancienne étude longitudinale (d'après Tanner, 1962).

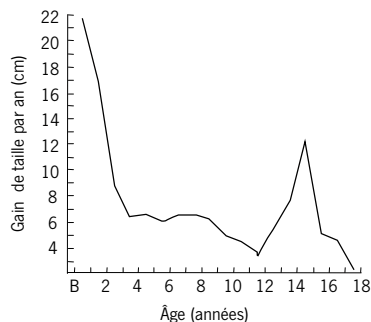


Figure 1.5b : Une courbe de vitesse de la taille (cm/an) (d'après Tanner, 1962).

La figure 1.5a montre le plus fameux de tous les enregistrements réalisés dans le domaine de la croissance humaine (Tanner, 1962). Il s'agit de la première étude longitudinale de la taille d'un garçon mesurée tous les 6 mois depuis sa naissance jusqu'à ses 18 ans. Les mesures ont été effectuées entre 1759 et 1777 par le comte Philibert Guéneau de Montbéliard sur son fils et les résultats ont été publiés par Buffon dans un supplément de la revue Histoire Naturelle. Elle montre la taille atteinte en fonction de l'âge. Si la croissance est assimilée à une forme de déplacement (analogue à un déplacement en train), il s'agit de ce fait d'une « courbe de distance ».

La figure 1.5b représente une « courbe de vitesse ». Il s'agit du nombre de centimètres acquis par an (cm/an). On peut constater qu'entre la naissance et la première année la taille atteint, dans ce cas précis, presque 22 cm. À savoir une vitesse de croissance plus jamais atteinte ultérieurement. Nous assistons ensuite à une première phase de décélération très rapide jusqu'à 4 ans, puis une deuxième phase plus lente jusqu'à 11 et demi. Suit une phase d'accélération, qui se termine par un pic appelé « **pic de croissance staturale** » ou « *peak height velocity* » (PHV). À partir de 14-15 ans il apparaît une deuxième décélération rapide qui s'achève aux alentours de 17-18 ans.

1.1.3. Régulation endocrinienne : l'axe hypothalamo-hypophysaire

Les hormones agissent directement sur les phénomènes spécifiques de la croissance de l'os. Les principales sont :

- les hormones de croissance (GH),
- les hormones thyroïdiennes,
- les hormones sexuelles.

L'hormone de croissance (GH), d'origine hypophysaire, par son activité directe au niveau du cartilage de conjugaison est le principal facteur hormonal de régulation de la croissance. Les somatomédines (SM) ou facteurs de croissance insulinosemblables (IGF) représentent une famille de substances agissant comme médiateurs de la GH sur la croissance squelettique.

Les hormones thyroïdiennes (T3 et T4) accélèrent la prolifération cartilagineuse et activent la maturation osseuse (soudure des cartilages de conjugaison).

Les hormones sexuelles sont plus spécifiquement des facteurs de maturation que des facteurs de croissance. Les androgènes peuvent être soit d'origine surrénalienne (DHA ou dehydroépiandrostérone), soit testiculaire (testostérone). Leur action se traduit d'abord par une accélération de la croissance et en même temps d'une avance marquée de la maturation du squelette. Les œstrogènes ont pratiquement les mêmes effets que les androgènes au niveau du cartilage de conjugaison.

Toutes ces hormones sont, en grande partie, réglées par des facteurs de régulation provenant de l'axe hypothalamo-hypophysaire (Orsetti, 1980).

1.2. CROISSANCE MUSCULAIRE

L'évolution du tissu musculaire est comparable à celle de la taille et du poids. Les différences liées au sexe apparaissent clairement au moment du début de la phase pubertaire. (figures 1.6, 1.7).

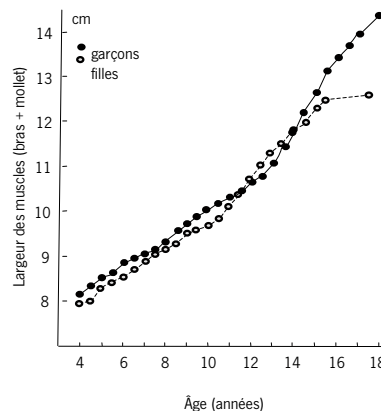


Figure 1.6 : Évolution de la largeur des muscles en fonction de l'âge et du sexe (courbe de distance) (d'après Tanner, 1962, 1978).

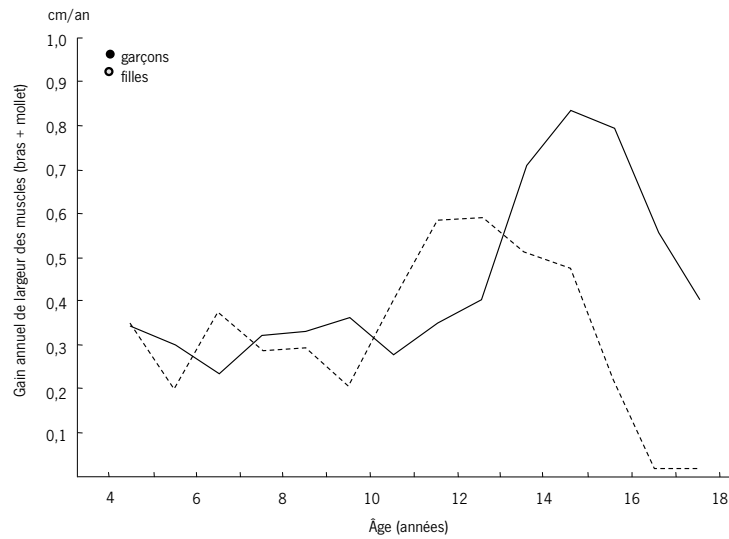


Figure 1.7 : Évolution du tissu musculaire en fonction de l'âge et du sexe (courbe de vitesse) (d'après Tanner, 1962, 1978).

1.3. CROISSANCE DU TISSU ADIPEUX

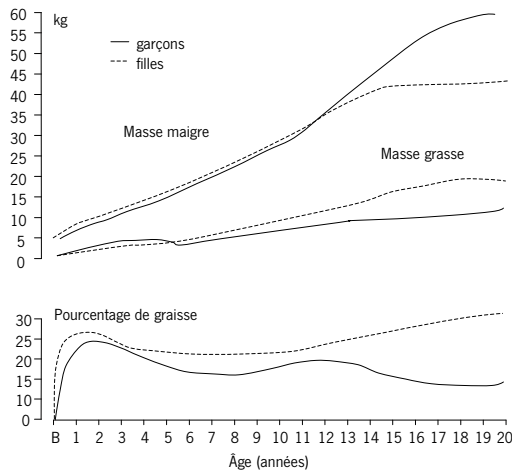


Figure 1.8 : Évolution de la masse grasse chez des filles et des garçons en fonction de l'âge (d'après Malina et Bouchard, 1991).

La masse grasse augmente au cours des premières années, puis change peu jusqu'à environ 5-6 ans. Elle augmente plus rapidement chez la fille que chez le garçon (**figure 1.8**) et cette augmentation est encore davantage visible chez la fille au moment de la puberté, tandis qu'elle a tendance à plafonner vers 13-15 ans chez le garçon. Le pourcentage de graisse augmente rapidement dans les deux sexes au cours de la

petite enfance, puis diminue progressivement chez le garçon, tandis que la fille augmente progressivement son pourcentage de graisse corporelle à partir de 10 ans.

1.4. LOIS DE LA CROISSANCE

La croissance est un processus comportant des phases de stabilité et des phases d'accélération. Nous pouvons définir plusieurs périodes caractéristiques :

- de 0 à 2 ans : on assiste à une croissance très rapide,
- de 2 ans à la puberté : une stabilité de la vitesse de croissance s'opère,
- à la puberté : on assiste à une nouvelle accélération.

Essentiellement définie par rapport à la puberté, la croissance répond à certaines lois.

Loi des alternances : elle repose sur le fait que les parties du corps ou d'un membre n'évoluent pas toutes à la même vitesse. Par exemple, un os s'allonge et grossit alternativement et non simultanément.

Loi des proportions : les différentes parties du corps ou organes ne se développent pas à la même vitesse. Par exemple, le cerveau atteint 80 % de sa taille adulte dès 3 ans alors que l'appareil de reproduction n'est mature qu'à la puberté.

2 La maturation biologique

La croissance rend compte de l'aspect dynamique du développement, mais elle ne suffit pas à expliquer la mise en jeu fonctionnelle d'un système, ni de son adaptation progressive. La croissance est de ce fait un processus d'augmentation dans le temps (quantitatif), tandis que la maturation est un processus de transformation dans le temps (qualitatif).

Les plus grandes modifications se font au cours d'une étape de transition qui se situe entre l'enfance et l'âge adulte. Interviennent dans ce processus des notions de : *tempo*, c'est-à-dire étude de la vitesse des changements corporels et de *timing*, à savoir quand ces modifications s'opèrent.

2.1. LA PUBERTÉ

Du latin *pubere*, littéralement se couvrir de poils. Il s'agit d'une période (plus ou moins de 3 ans) de transition qui inclut l'apparition des caractères sexuels secondaires, la maturation du système de reproduction ainsi que l'accélération des caractères somatiques de type infantile aux caractères somatiques de l'adulte (cf. pic de croissance staturale ou pondérale). Ces transformations s'amorcent à la puberté et se complètent dans l'adolescence.

- Fille : période prépubertaire de 9 à 12 ans ; période pubertaire de 12 à 14 ans,
- Garçon : période prépubertaire de 11 à 14 ans ; période pubertaire de 14 à 17 ans.

Il faut observer que la classification d'un enfant dans la catégorie prépubertaire ou pubertaire est purement conventionnelle car compte tenu des grandes variations individuelles, l'âge chronologique n'est pas un indicateur pubertaire pertinent. L'horloge biologique tourne à des vitesses différentes selon les individus.

Tableau 1.2 : Exemple de variation de la taille (variation gaussienne) chez 100 garçons âgés de 9 ans

Centiles		
3	3 G.	mesurent 120 cm
10	10 G.	mesurent 124 cm
25	25 G.	mesurent 128 cm
50	50 G.	mesurent 131 cm
75	25 G.	mesurent 136 cm
90	10 G.	mesurent 139 cm
97	3 G.	mesurent 143 cm

2.2. LES INDICATEURS DE MATURATION BIOLOGIQUE

2.2.1. Maturation somatique

La mesure longitudinale de la taille debout ou de la masse corporelle forme la base de l'évaluation de maturation somatique.

Âge du pic de croissance staturale (en anglais : Peak Height Velocity) ou pic de croissance pondérale (Peak Weight Velocity)

Le pic de croissance staturale (PCS) indique le taux de croissance maximal atteint au cours de la phase (sprint) pubertaire. L'âge pendant lequel le PCS est atteint est un des indicateurs de la maturité somatique. La courbe indique successivement : une phase ascendante, ce qui représente l'initiation de l'accélération pubertaire, suivie du pic de croissance staturale ou pondérale (figures 1.9, 1.10), puis enfin une phase de décélération jusqu'à l'âge de la fin de la maturation somatique.

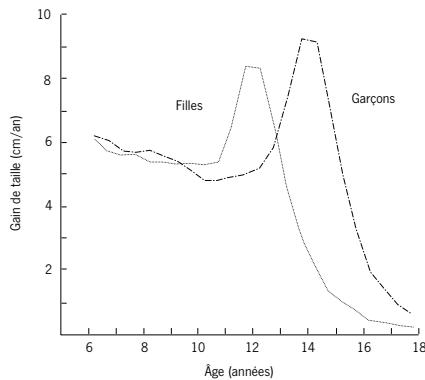


Figure 1.9 : Courbes individuelles de la taille debout (cm/an) d'une fille et d'un garçon suivis longitudinalement (Tanner, 1962).

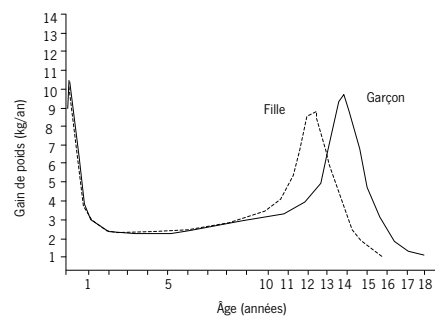


Figure 1.10 : Courbes individuelles de la masse corporelle (kg/an) d'une fille et d'un garçon suivis longitudinalement (Tanner, 1962).

Âge statural

Le pourcentage de taille adulte atteint pour un âge chronologique donné peut être utilisé comme un indicateur de maturation somatique. Les enfants qui sont proches d'une taille adulte par rapport à d'autres enfants pour un même âge chronologique seront considérés comme « avancés » dans leur maturation somatique.

Exemple : 2 garçons de 9 ans ont atteint la même taille de 129 cm. Cependant pour le premier cette taille représentera 75 % de sa taille définitive d'adulte, tandis que pour le second cela ne représentera que 69 %. Le premier est considéré comme ayant une maturation somatique plus avancée. Il existe plusieurs méthodes de prédiction de taille d'adulte, la plupart incluent l'information de la maturation osseuse dans les équations de prédiction.