

Croissance Normale de l'enfant

1 INTRODUCTION-DEFINITIONS :

L'enfant n'est pas un adulte miniature, mais un être en développement, et la croissance staturo-pondérale est le reflet de son état de santé. Ainsi, toute pathologie chronique aura un retentissement sur la croissance de l'enfant et entraînera un retard de croissance, d'où l'importance d'une surveillance régulière de la croissance staturo-pondérale du nourrisson et de l'enfant.

La croissance humaine est un processus dynamique complexe qui débute au moment de la fécondation et s'achève par la soudure des cartilages de conjugaison à la fin de la puberté.

Le développement désigne l'ensemble des phénomènes qui concourent à la transformation de l'individu de la conception jusqu'à l'âge adulte. Il comporte une dimension quantitative : la croissance et une dimension qualitative: la Maturation.

La croissance somatique est le résultat de l'accroissement de ses différentes parties en poids, taille ou volume. Il s'agit d'un phénomène qualitatif lié à une multiplication cellulaire. Elle est évaluée de façon globale par la croissance staturo-pondérale, mais peut être évaluée segment par segment ou organe par organe.

La maturation consiste en un perfectionnement des structures et fonctions des différents organes du corps jusqu'à la maturité complète à l'âge adulte. Croissance et maturation contribuent au développement normal de l'enfant de la conception à l'âge adulte et font intervenir de nombreux facteurs endogènes et exogènes.

2 PHYSIOLOGIE DE LA CROISSANCE

2.1 PHYSIOLOGIE DE LA CROISSANCE STATURALE

La croissance staturale est liée à l'allongement des os longs et des os de la colonne vertébrale. Celle-ci s'effectue sous la dépendance de facteurs génétiques, hormonaux, nutritionnels et environnementaux.

Au niveau des os longs, c'est le cartilage de croissance (ou cartilage e conjugaison) qui est le principal responsable de la croissance staturale. C'est à son niveau que s'effectue la prolifération des chondrocytes qui vont augmenter de volume et s'ossifier au cours des années jusqu'à la fusion ultime des régions épiphysaires et métaphysaires à la fin de la puberté.

2.2 FACTEURS DE REGULATION DE LA CROISSANCE

Il s'agit de facteurs endogènes (génétiques, hormonaux) et exogènes (environnement).

2.2.1 Facteurs génétiques:

Les facteurs génétiques seraient responsables de plus de 70% de la taille d'un adulte. L'acquisition de la taille finale se fait essentiellement au moment de la puberté (âge de début de puberté et amplitude du pic de croissance pubertaire). Il existe plusieurs déterminants génétiques de la croissance staturale.

- **Différences selon l'ethnie** : On sait aujourd'hui, grâce à une étude récente de l'OMS (Organisation mondiale de la santé) que jusqu'à l'âge de 5 ans, les enfants de différentes ethnies et différents pays, lorsqu'ils sont élevés et nourris dans les mêmes conditions idéales, auront le même développement statural-pondéral. Après 5 ans, il existe des différences entre les pays et les ethnies. Ainsi, la taille à l'âge adulte est bien corrélée dans un même groupe ethnique mais diffère selon les pays. Les pays où les individus sont les plus grands sont les pays nordiques (Suède, Danemark, Allemagne) et les pays où les individus ont la taille la plus basse sont les pays d'Asie. Cependant, ces différences sont d'une part liées à des facteurs génétiques (Segments inférieurs plus courts chez les asiatiques et plus longs chez les africains), mais aussi probablement à des facteurs environnementaux.

- **Différence selon le sexe** : La taille finale est supérieure chez l'homme par rapport à la femme. Ceci est lié à une période de croissance pubertaire qui débute plus tôt, mais dure moins longtemps et dont l'amplitude est moindre chez la fille par rapport au garçon.

- **Corrélations familiales** : Il existe un lien entre la taille des parents et de l'enfant. On peut l'évaluer grâce à la taille cible génétique qui prend en compte la taille des parents et le sexe de l'enfant afin de déterminer le potentiel de taille final d'un enfant. Celle-ci n'est pas interprétable lorsque la différence est très importante entre les deux parents.

Taille cible (cm) = Taille père (cm) + Taille mère (cm) + 6.5 cm pour les garçons

Taille cible (cm) = Taille père (cm) + Taille mère (cm) - 6.5 cm pour les filles

Cette notion de corrélation familiale est confirmée par l'observation des jumeaux homozygotes qui ont des tailles très proches l'un de l'autre, même s'ils sont élevés dans des environnements différents, ce qui n'est pas tout à fait exact pour les jumeaux dizygotes.

A ce jour, les gènes responsables des différences de tailles génétiques (normales) n'ont pas encore été découverts, mais les nouvelles techniques d'analyse complète du génome ont permis de découvrir de gènes candidats.

- **Certaines anomalies génétiques** (chromosomiques ou liées à des mutations de gènes) s'accompagnent de petite taille. C'est le cas de la Trisomie 21, du syndrome de Turner, etc...

- **Accroissement séculaire de la taille**

Il s'agit d'un phénomène général d'évolution de l'espèce qui n'est pas nouveau et qui est lié au potentiel d'adaptation à l'environnement. Ainsi, on constate depuis toujours une augmentation de la taille et du poids des individus de génération en génération.

2.2.2 Facteurs environnementaux.

2.2.2.1 Facteurs nutritionnels.

L'alimentation joue un rôle fondamental dans la croissance de l'enfant en stimulant la synthèse hépatique de l'IGF1, principal facteur de croissance osseuse. Ainsi, toute malnutrition, qu'elle soit liée à une carence d'apport ou à une pathologie de l'absorption sera responsable d'un retard de croissance, initialement pondéral puis statural. A l'inverse, un excès de poids s'accompagne habituellement d'une avance staturale et d'une précocité pubertaire.

2.2.2.2 Pathologies viscérales chroniques

Toute pathologie chronique va retentir sur la croissance. Il s'agit essentiellement des pathologies entraînant une malabsorption (Maladie cœliaque, Mucoviscidose, Maladie de Crohn), mais aussi des pathologies inflammatoires chroniques (AJI) ou de l'insuffisance rénale chronique qui vont entraîner un état de résistance relative à l'hormone de croissance.

2.2.2.3 Croissance intra-utérine

La Croissance post-natale est influencée par la croissance fœtale et cette dernière est liée à des facteurs essentiellement génétiques et environnementaux (nutrition et vascularisation maternelles). Sur le plan hormonal, les hormones les plus actives à cette période sont l'insuline et les IGFs (Insulin growth factors). L'hormone de croissance n'intervient pas pendant la période fœtale.

2.2.2.4 Facteurs socio-économiques

Il a été démontré que la taille était corrélée au niveau socio-économique des individus. Classiquement, les enfants issus de milieux défavorisés sont plus petits que les enfants issus de milieux favorisés. Ceci est particulièrement vrai dans les pays en voie de développement.

2.2.2.5 Facteurs psycho-affectifs

De même que les facteurs socio-économiques, les facteurs psycho-affectifs interviennent sur la croissance de l'enfant. En cas de maltraitance physique ou psychologique, il a été décrit des cas de « nanisme psychosocial » qui s'accompagnent de taux effondrés d'IGF1 alors que la sécrétion d'hormone de croissance est normale.

2.2.2.6 Facteur hormonaux

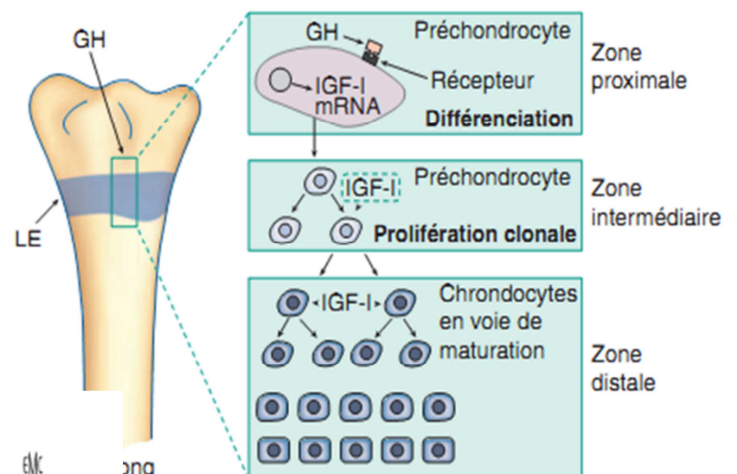
Les hormones intervenant sur la croissance sont les hormones thyroïdiennes, l'hormone de croissance et l'IGF1, ainsi que les hormones sexuelles. Les glucocorticoïdes n'ont pas d'effet en physiologie sur la croissance mais interviennent en pathologie.

2.2.2.6.1 Hormones thyroïdiennes :

Les hormones thyroïdiennes agissent essentiellement sur la maturation osseuse au niveau des épiphyses, mais ont aussi une action locale sur le cartilage de croissance.

2.2.2.6.2 Hormone de croissance :

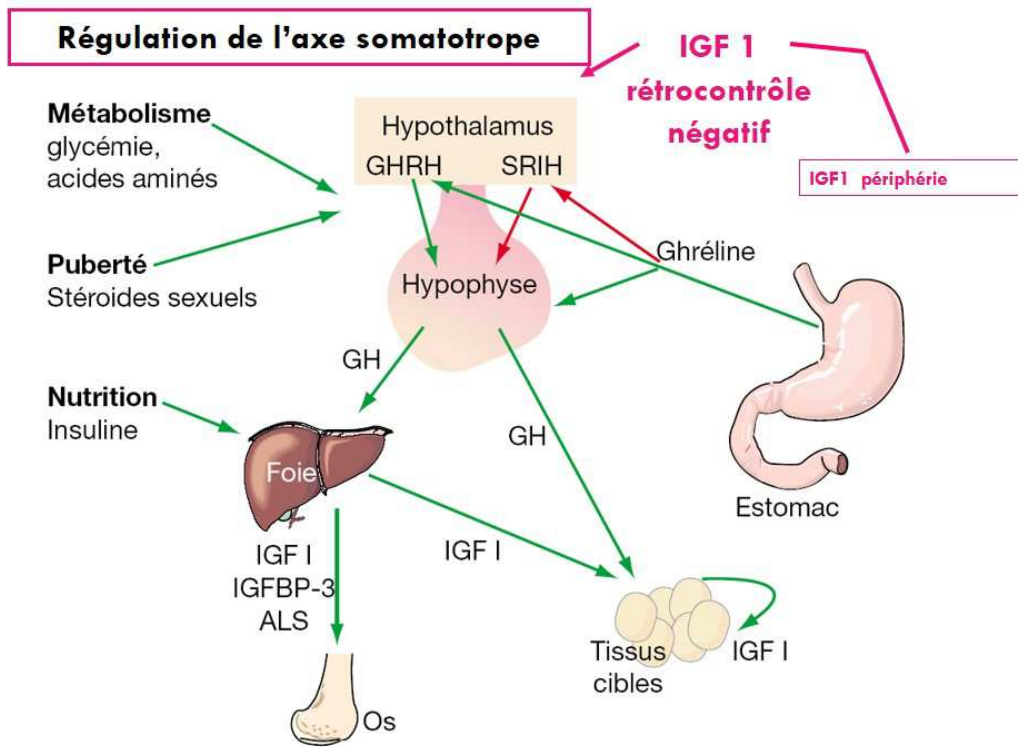
L'hormone de croissance (Growth Hormone=GH) agit soit directement, soit par le biais du système des IGFs (IGF1 et IGF2) dont elle régule la sécrétion, notamment au niveau hépatique. C'est essentiellement l'IGF1 qui va agir au niveau des récepteurs



de l'IGF (IGFR) au niveau des cartilages de croissance pour induire la chondrogenèse. La sécrétion de l'IGF1 est régulée au niveau hépatique par la nutrition.

Figure 1: Représentation de l'effet de la GH et de l'IGF1 sur le cartilage de croissance.

L'hormone de croissance est sécrétée par les cellules somatotropes de l'hypophyse et est régulée par la somatolibérine ou GHRH (Growth Hormone Releasing Hormone) qui stimule directement la synthèse et la libération de GH par l'hypophyse et par la somatostatine (SMS), qui inhibe la production de GH. Il existe un rétrocontrôle négatif exercé par la GH et par l'IGF1. D'autres hormones telles que la leptine, et la ghréline, ainsi que les hormones sexuelles, les glucocorticoïdes et les hormones thyroïdiennes interviennent dans la régulation de la sécrétion de la GH.



Le Bouc. Med Clin Endoc Diab. 2006,21: 14-21

Figure 2: facteurs de régulation de l'axe somatotrope

La sécrétion de l'hormone de croissance s'effectue de manière pulsatile, essentiellement la nuit. Elle est maximale pendant les deux premières années de la vie et au moment de la

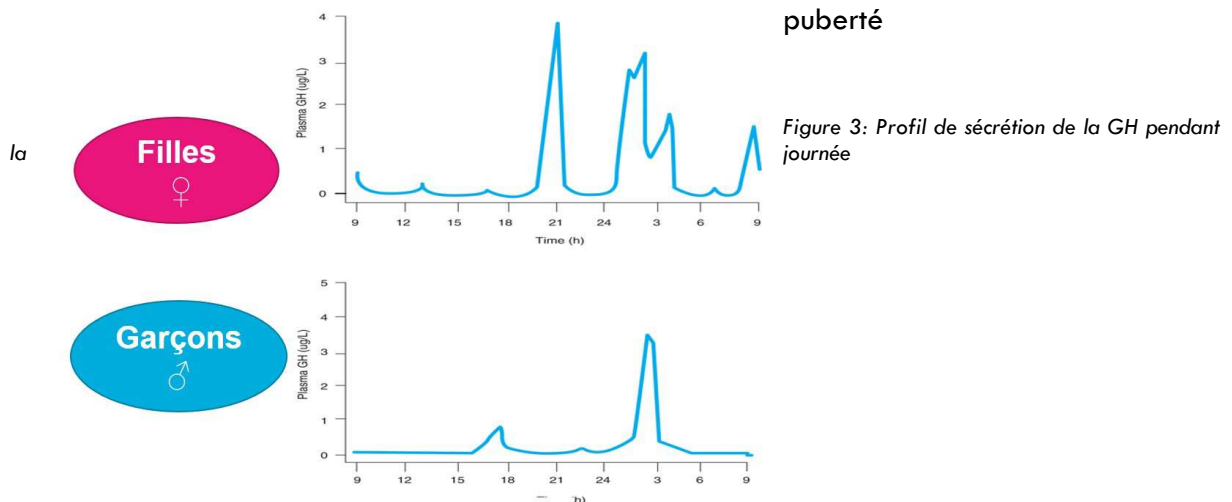


Figure 3: Profil de sécrétion de la GH pendant journée

2.2.2.6.3 Hormones sexuelles

Les hormones sexuelles (testostérone chez le garçon, œstradiol chez la fille et le garçon) n'interviennent qu'au moment de la puberté en physiologie. Elles agissent en stimulant la sécrétion de l'hormone de croissance au niveau hypophysaire et sont responsables de l'accélération de la vitesse de croissance en période pubertaire. Les œstrogènes ont une action directe de maturation osseuse sur le cartilage de croissance se traduisant à la fin de la puberté par la soudure des cartilages de conjugaison traduisant la fin de la croissance staturale et l'acquisition de la taille définitive.

2.2.2.6.4 Les glucocorticoïdes

Ils n'ont pas de rôle en physiologie sur la croissance normale. Cependant, un excès de corticoïdes endogènes ou exogènes (corticothérapie prolongée) exerce un rôle négatif sur la croissance.

2.3 LES DIFFERENTES PHASES DE LA CROISSANCE

2.3.1 Croissance fœtale :

La période prénatale qui permet le développement d'un zygote microscopique en un nouveau-né de 50cm est la période avec la vitesse de croissance la plus spectaculaire.

- Le premier trimestre (période embryonnaire) de la grossesse correspond à la phase d'organogénèse pendant laquelle se forment les ébauches des principaux organes du corps. A la fin de cette période, le fœtus mesure environ 3cm et pèse près de 30 g.
- Le second trimestre (début de la période fœtale) est caractérisé par une accélération rapide de la croissance avec une vitesse de croissance de 2,5 cm/semaine à son maximum. Le poids triple lors du 2nd trimestre. Le pic de croissance statural se situe vers la 20^{ème} semaine de grossesse. A 6 mois, le fœtus a atteint 70% de sa taille finale. A la fin du 2nd trimestre, le fœtus mesure 36cm, pèse 1000g et est viable.
- Le 3^{ème} trimestre débute à la 29^{ème} semaine. Il se caractérise par une augmentation importante du poids (pic à la 34^{ème} semaine). Il s'agit d'une période importante pour la maturation des organes.

La croissance fœtale est essentiellement sous la dépendance de facteurs nutritionnels maternels. Les échanges se font à travers le placenta et nécessitent une nutrition maternelle correcte et une vascularisation materno-placentaire correcte. Les facteurs génétiques influencent peu la croissance postnatale en physiologie, mais des anomalies génétiques peuvent interférer sur la croissance fœtale (achondroplasie, Sd De Turner, Trisomie 21). Les hormones intervenant pendant la période fœtale sont les IGF1 et 2 (indépendamment de

l'hormone de croissance) et l'insuline. L'hormone de croissance et les hormones thyroïdiennes aux foetus interviennent peu sur la croissance foetale.

2.3.2 Période de la petite enfance (de 0 à 2-3 ans)

Pendant cette période, la croissance est encore sous l'influence de l'environnement intra-utérin et du système des IGFs et dépend essentiellement de l'alimentation. Pendant cette période et jusqu'à 2 ans, l'enfant va se développer afin d'atteindre sa taille cible génétique (Tracking). Il s'agit d'une période de croissance rapide (24cm/an la première année) qui s'achève entre 2 et 3 ans, lorsque la 2^{de} période débute.

2.3.3 Enfance et phase pré-pubertaire

La croissance pendant l'enfance (de 2 ans jusqu'au début de la puberté) est essentiellement sous la dépendance des hormones thyroïdiennes et de l'hormone de croissance. Il s'agit d'une période dont la vitesse de croissance est stable chez l'enfant sain entre 4 et 7cm/an. Elle s'achève au début de la puberté.

2.3.4 Phase pubertaire

La puberté se caractérise par une accélération de la vitesse de croissance liée à une augmentation de la sécrétion de la GH grâce aux hormones sexuelles. Elle s'achève par la soudure des épiphyses sous l'effet des œstrogènes. Le gain total pendant la puberté est en moyenne de 25 (F) à 27 cm (G). Les caractères sexuels apparaissent pendant cette période.

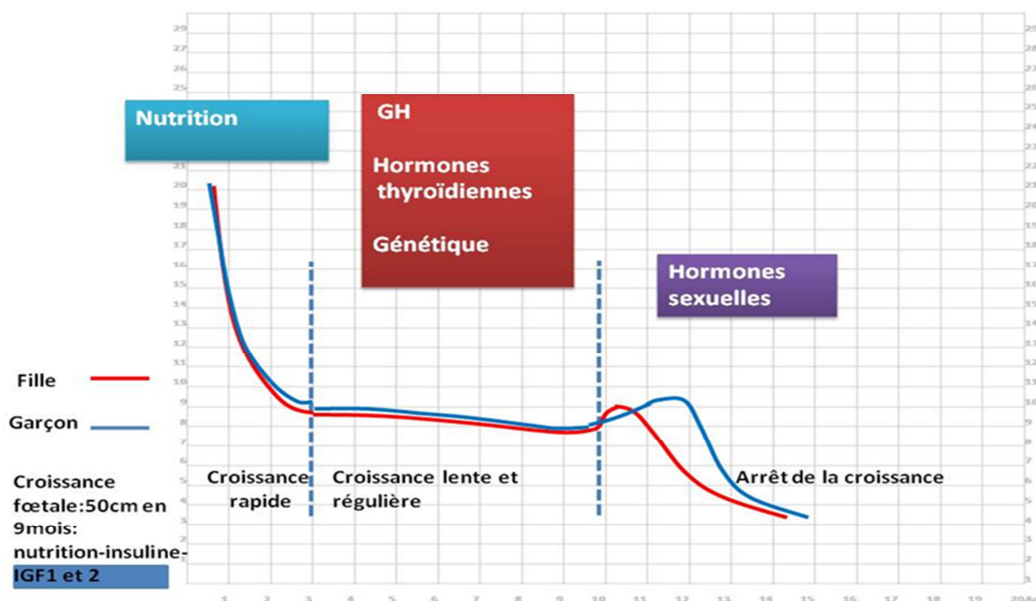


Figure 4: Les différentes phases de la croissance

3 ÉVALUATION DE LA CROISSANCE DE L'ENFANT

3.1 ÉVALUATION DE LA CROISSANCE FŒTALE

- Celle-ci peut être évaluée in-utéro grâce à l'échographie foetale. Les paramètres mesurés sont la longueur crano-caudale du foetus, ainsi que le diamètre bipariétal ou encore la longueur du foetus. Ces mesures seront comparées à des tables de références selon le terme.

- Elle peut être évaluée à la naissance par les données anthropométriques du nouveau-né selon son terme. Plusieurs courbes peuvent être utilisées (courbes de Lubchenko, courbes de Leroy et Lefort, plus récemment courbes Audipog).

Rappelons certaines définitions concernant le nouveau-né :

- Le terme normal se situe entre 38 et 41 Semaines d'aménorrhée (SA).
- La prématurité se définit si la naissance survient avant la fin de la 37^{ème} SA.
- La post maturité définit une naissance survenant au-delà de 42SA.
- Un nouveau-né présente un petit poids de naissance si ce dernier est inférieur à 2500g.
- Un nouveau-né est hypotrophe si son poids à la naissance est inférieur au 10^{ème} percentile par rapport aux courbes de références choisies.

3.2 EVALUATION DE LA CROISSANCE POST-NATALE

Les indicateurs permettant l'évaluation de la croissance postnatale sont globaux (Taille, poids) ou permettent l'évaluation de la croissance d'une partie du corps (périmètres crânien, abdominal, thoracique etc...)

3.2.1 Evaluation de la taille

La prise de la taille doit se faire chez un enfant déchaussé avec une toise homologuée.

Chez le nourrisson, elle se fera en position couchée à l'aide d'une toise horizontale.

Chez le grand enfant, elle se fera en position debout à l'aide d'une toise verticale.

Il est à noter qu'il existe une différence de près de 2 cm entre la taille couchée et la taille debout.

3.2.2 Evaluation du poids :

La prise du poids de l'enfant doit se faire sur un enfant déshabillé ou très légèrement vêtu et pieds nus.

Les nourrissons doivent être pesés couchés ou assis sur un pèse-bébé mécanique ou électronique correctement taré avant la mesure. Le poids sera exprimé en kilogrammes et en grammes de façon précise.

Les grands enfants seront pesés sur un pèse personne mécanique ou électronique en position debout.

3.2.3 Calcul de l'indice de masse corporelle

Le calcul de l'Indice de masse corporelle (IMC) permet d'évaluer le poids en fonction de la taille : il se calcule selon la formule suivante : $IMC = \text{Poids (en Kg)} / (\text{Taille en m})^2$

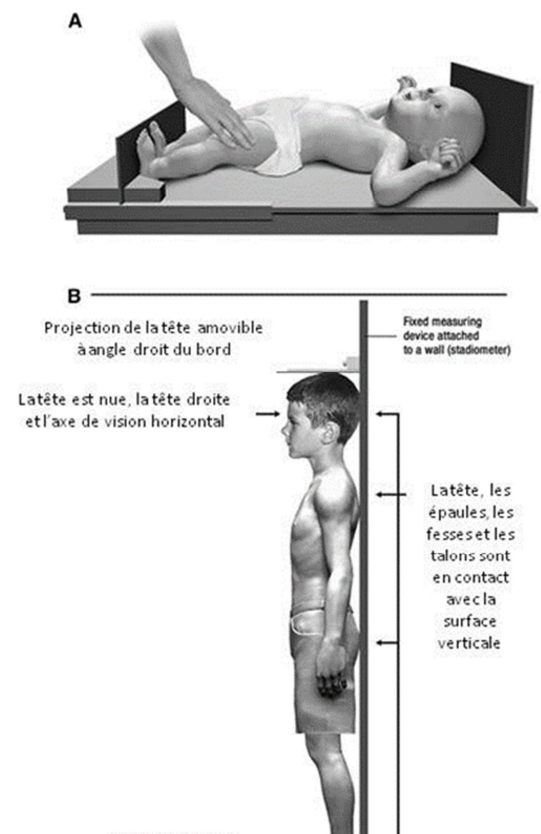


Figure 5: méthode de mesure de la taille chez le nourrisson(A) et chez l'enfant (B)

3.2.4 Le périmètre crânien

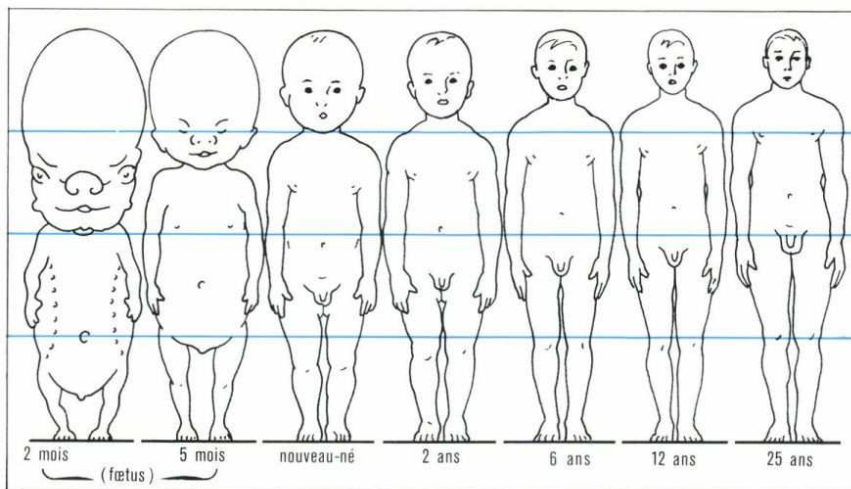
Son évaluation est fondamentale pendant les premières années de vie car il reflète le développement cérébral. Il se mesure à l'aide d'un mètre ruban souple en mesurant le périmètre céphalique maximal (passant par la bosse occipitale).

3.2.5 Les segments du corps

Le segment supérieur (SS) se définit par la mesure de la taille assise. Il évalue la distance entre le sommet du crâne et la base du tronc.

Le segment inférieur évalue la distance du pubis au sol.

Les proportions des différents segments du corps changent selon l'âge. Le rapport entre segment inférieur et segment supérieur (SI/SS) varie de 0.5 à la naissance près de 1 à l'âge adulte



Evolution des proportions du corps du deuxième mois fœtal à l'âge adulte (d'après Robbins).

Figure 6: proportion entre les différents segments du corps de la période fœtale à l'âge adulte.

3.2.6 Les périmètres

- Le périmètre thoracique est pris en position intermédiaire entre inspiration et expiration au niveau des mamelons ou au niveau de l'articulation sterno-xyphoïdienne. Le périmètre crânien est supérieur au périmètre thoracique jusqu'à 6 mois ($PC > PT$), puis $PC = PT$ à 6 Mois et vers 9 mois $PC > PT$). La surveillance du périmètre thoracique est utile dans les pathologies pulmonaires chroniques

- Le périmètre abdominal se mesure au niveau de l'ombilic chez l'enfant couché jusqu'à 2 ans 1/2, puis en position debout. Il est utile dans les pathologies digestives, notamment pour la surveillance d'une ascite.

Le périmètre brachial se mesure sur le bras gauche fléchi à angle droit. Il permet de juger de l'état nutritionnel de l'enfant.

3.3 EVALUATION DE LA CINÉTIQUE DE LA CROISSANCE

La croissance est un phénomène continu. Ainsi une mesure unique de la croissance staturale ou pondérale à un temps donné ne suffit pas à l'évaluation correcte de la croissance de l'enfant.

Il est fondamental d'effectuer une évaluation dynamique de celle-ci en mesurant l'enfant à plusieurs reprises, et établissant ainsi une courbe de croissance et calculant la vitesse de croissance (VC).

Les différents paramètres mesurés (Poids, Taille, PC) ou calculés (IMC, VC) pourront être rapporté sur la courbe de croissance de l'enfant et comparés à des normes ou références selon l'âge et le sexe.

3.3.1 Les courbes de croissance (cf annexe)

Les courbes de croissance sont établies par rapport à des références (comment devrait grandir l'enfant dans des conditions idéales) ou des normes (comment grandissent la majorité des enfants du même âge et sexe).

Il existe plusieurs courbes selon les pays et les générations.

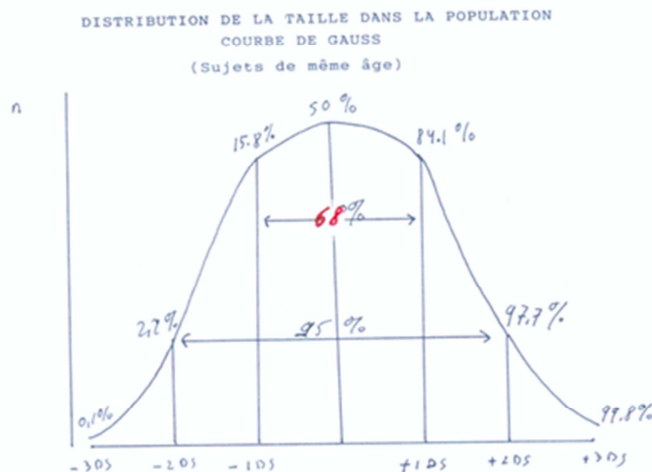
En l'absence de courbes nationales, il est conseillé d'utiliser les courbes de références de l'OMS établies en 2007 pour les enfants de 0 à 5 ans et les courbes de normes de croissance de 5 à 18 ans pour les enfants plus grands.

Ces courbes sont exprimées en écart-type ou en percentiles.

3.3.1.1 Les courbes exprimées en écart-type (ou déviations standards)

Elles concernent essentiellement les variables ayant une distribution gaussienne.

La taille dans une population se distribue symétriquement de part et d'autre de la moyenne, selon une courbe de Gauss permettant de calculer des écarts types (déviations standards). Ainsi, 68% des enfants se trouvent entre -1 et $+1$ DS et 97,8% des enfants se trouvent entre -2 et $+2$ DS. La « normalité » se définit entre -2 et $+2$ DS en termes statistiques.



Le poids ne se distribue pas symétriquement, les écarts par rapport à la moyenne étant plus grands du côté des poids élevés. On ne peut donc utiliser les écarts type.

3.3.1.2 Les courbes de percentiles

Les courbes de croissance pondérale sont alors exprimées en percentiles (le percentile correspond au pourcentage d'enfants (même âge, même sexe, même origine ethnique) de la population normale qui atteignent une valeur plus petite ou égale à la valeur mesurée pour l'individu). Ainsi 50% des enfants seront au-dessous de la valeur médiane et 50% au-dessus de la médiane (définie par le 50^{ème} percentile).

On peut aussi utiliser les percentiles pour les variables gaussiennes comme la taille, elles sont plus précises. La normalité se définira entre au 3^{ème} percentile et le 97^{ème} percentile (ce qui correspond à peu près à -2 DS (2,5^{ème} p) et +2 DS (97,5^{ème}p)). Et la moyenne se confond avec la médiane.

L'élaboration de courbes selon l'âge et le sexe pourra concerner la taille, le poids, l'IMC, la VC mais aussi les différents segments du corps.

3.3.1.3 Construction de la courbe de croissance de l'enfant.

Après avoir pesé, toisé et pris le PC à l'enfant en consultation, on rapporte les différentes mesures sur les courbes de références (ou normes) ce qui nous permet de situer l'enfant par rapport aux références (ou normes) selon l'âge et le sexe. La deuxième étape importante est le suivi des différents paramètres en fonction du temps, ce qui permettra d'évaluer l'enfant par rapport à lui-même et d'évaluer la dynamique de la croissance. Toute accélération ou décélération de la vitesse de croissance devra être explorée.

3.4 VALEURS REPERES DE LA CROISSANCE.

3.4.1 Le poids

Le poids moyen à la naissance est de 3300 (± 500) g. Il existe une perte physiologique de 5 à 10% du poids durant les premiers jours de vie.

- Vers 5 mois, le poids double (6-7 kg)
- Vers 1 an, le Poids triple (10kg)
- Vers 2 ans, le poids quadruple (12kg)

3.4.2 La taille

La taille moyenne à la naissance est de 50cm

- De 0 à 3 mois, le nourrisson prend 3cm/mois 3 mois : 60cm
- De 3 à 6 mois il prend 2cm/mois 6 mois : 65 cm
- De 6 à 12 mois, il prend 1-1,5 cm/mois 9 Mois : 70cm, 12 Mois : 75 cm
- A 4 ans, la taille moyenne est de 100
- Entre 4 et 10-12 ans : VC de 4-5 cm/an

3.4.3 Le périmètre crânien (PC)

A la naissance, le PC est de 35 (± 1) cm.

Il augmente de 2cm/mois les 3 premiers mois puis de 1cm/mois le 2nd trimestre, puis de 0,5 cm/mois les 3^{ème} et 4^{ème} trimestres. Jusqu'à 12 mois, la formule ci-dessous permet d'estimer la valeur du PC : $PC = \text{Taille}/2 + 10$.

Les valeurs moyennes du PC selon l'âge sont :

- A 12 Mois, PC= 47 cm
- A 18 mois, PC= 48 cm
- A 02 ans, PC= 49 cm
- A 03 ans, PC= 50 cm
- A 04 ans, PC= 51 cm
- A l'âge adulte, PC= 55 à 57 cm.

4 EVALUATION DE LA MATURATION OSSEUSE

4.1 MATURATION OSSEUSE

De même que le développement de l'enfant, le développement de l'os se fait grâce aux deux processus de « croissance » et de « maturation » osseuses.

La croissance de l'os permet un allongement de l'os en longueur sous l'effet de l'hormone de croissance.

La maturation osseuse est la consolidation de l'os, il s'agit du processus d'ossification qui débute au 5^{ème} mois de vie fœtale et s'achève à la fin de la puberté. Elle débute au niveau des points d'ossification qui sont au centre des os (petits os du poignet) ou au centre et aux extrémités des os longs.

La maturation osseuse se poursuit en 3 Stades :

- 1) la maturation prénatale où s'ossifient surtout les maquettes cartilagineuses diaphysaires. Ainsi à la naissance, les points épiphysaires visibles sont les points fémoraux inférieurs (environ 36 SA), les points tibiaux supérieurs (38 SA), les points huméraux supérieurs de façon inconstante (41-42 SA). Les os ronds visibles à la naissance sont au niveau du tarse, le calcaneus (24 SA), l'astragale (28 SA) et le cuboïde. Aucun os carpien n'est visible chez un nouveau-né.
- 2) la maturation postnatale de l'enfance durant laquelle s'ossifient les petits os du tarse et du carpe, les épiphyses des os longs et la voûte du crâne.
- 3) la maturation de l'adolescence, où s'ossifient les cartilages de croissance (soudure de la métaphyse et de l'épiphyse).

Il existe une asymétrie de développement entre le côté gauche et le côté droit et la maturation osseuse est plus lente chez le garçon que chez la fille.

Plusieurs méthodes d'évaluation radiologique permettent d'évaluer le degré de maturation osseuse. Leur principe repose sur l'évaluation de la chronologie d'apparition des noyaux épiphysaires et des os longs, de leur croissance, de leur modelage et de la disparition des cartilages de conjugaison par rapport à des données de référence.

L'évaluation de la maturation osseuse permettra de déterminer « l'âge osseux de l'enfant ».

4.2 METHODES D'EVALUATION DE LA MATURATION OSSEUSE

Plusieurs méthodes d'évaluation radiologique permettent d'évaluer le degré de maturation osseuse. Leur principe repose sur l'évaluation de la chronologie d'apparition des noyaux épiphysaires et des os longs, de leur croissance, de leur modelage et de la disparition des cartilages de conjugaison par rapport à des données de référence.

L'évaluation de la maturation osseuse permettra de déterminer « l'âge osseux de l'enfant ». Celui-ci peut se faire selon plusieurs méthodes selon l'âge mais il s'agit toujours d'une évaluation qualitative et quantitative des noyaux d'ossification des os.

Les méthodes les plus utilisées sont :

- La méthode de Lefebvre et Koifman (hémisquelette) utilisée avant 1 an, rarement en pratique.
- La méthode morphologique de Greulich et Pyle utilisée à partir de l'âge de 1 an et jusqu'à la fin de la puberté (Etude de la main et du poignet Gauche)
- Le test de Risser (Crête iliaque) utilisé essentiellement au moment de la puberté
- La méthode de Sauvegrain et Nahum (Genou, main et poignet Gauches) en période péri-pubertaire.

La méthode la plus utilisée en pratique est celle de Greulich et Pyle. Il s'agit d'effectuer une radiographie de la main et du poignet gauche à l'enfant et de la comparer aux radiographies d'enfants d'âge différents de même sexe regroupés dans l'atlas (images de référence). On comparera le nombre de points d'ossification et le degré de maturation de chaque os et on attribuera l'âge osseux qui correspond le plus à l'enfant.

Age osseux

L'âge osseux (AO) ainsi évalué, sera comparé à l'âge chronologique (AC=âge réel de l'enfant) et à l'âge statural (AS= âge médian des enfants de la même taille). Chez un enfant normal, $AC=AS=AO$.

Les épiphyses présentes sont selon l'âge :

- Naissance : 4 points d'ossification :
 - Calcanéum et astragale
 - Epiphyse inférieure du fémur (Point de Béclard)
 - Epiphyse supérieure du Tibia (Point de Todd)
 - Cuboïde
- 1-3 Mois : Epiphyse humérale supérieure
- 3-6 Mois : Grand os, os crochu, tête fémorale
- 1-1.5 ans : épiphyse distale du péroné, épiphyse inférieure du radius, grosse tubérosité de l'humérus
- Au-delà de 4 ans, on peut estimer le nombre de points d'ossification selon la formule : $Age+2$
- Le pisiforme apparaît à 10 ans
- Le sésamoïde du court adducteur du pouce apparaît au début de la puberté : 11 ans chez la fille et 13 ans chez le garçon

4.3 EVOLUTION DES FONTANELLES ET DES SUTURES

L'ossification de la voûte du crâne est incomplète à la naissance afin de permettre le développement du cerveau. Elle va donc laisser des zones membranaires au niveau des sutures. Les sutures forment à leurs croisements des fontanelles.

4.3.1 Les sutures :

Ce sont des espaces membraneux séparant entre eux les os de la voûte. On distingue 3 sutures principales et 2 sutures accessoires :

Sutures principales :

- **la suture sagittale** d'orientation antéro-postérieure sépare les 2 os pariétaux
- **la suture coronale** ou transversale antérieure croise perpendiculairement la suture sagittale. Elle sépare les os frontaux en avant des os pariétaux en arrière
- **la suture occipito-pariétale** ou lambdoïde sépare l'écaille occipitale des 2 os pariétaux en allant d'une écaille temporale à l'autre.

Sutures accessoires :

- **La suture métopique**, inconstante, sépare les 2 os frontaux ;
- La suture pariéto-temporale ou squameuse

Les sutures sont normalement palpées en période néonatale. A la fin de la première année elles sont très étroites (1mm). Les sutures coronale, sagittale et lambdoïde se ferment progressivement. La fermeture complète est tardive (jusqu'à 25 ans). La suture métopique se ferme à 3 ans.

En cas de craniosténose, les sutures se soudent prématurément et occasionnent des déformations crâniennes et peuvent entraîner un retard de développement psychomoteur en l'absence de traitement.

En cas d'hypertension intracrânienne, les sutures peuvent se disjoindre et être plus facilement palpables.

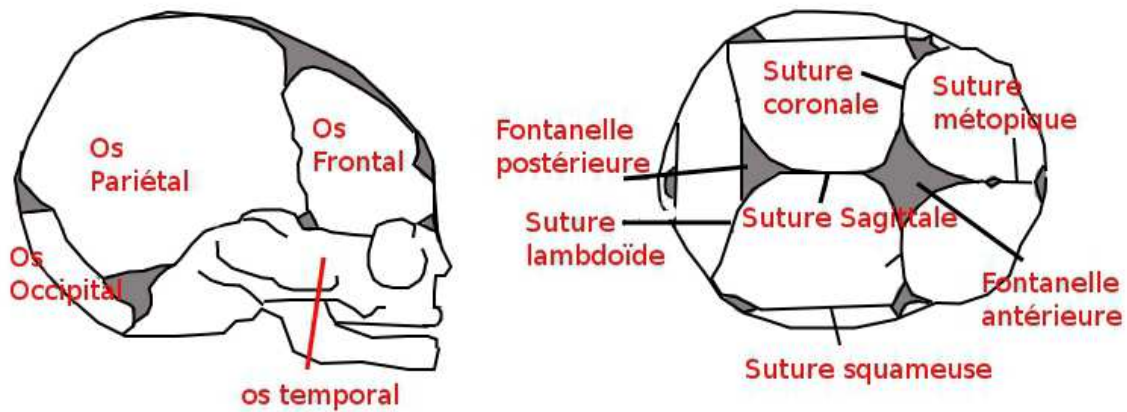
4.3.2 Les fontanelles

Les principales sont :

- **La fontanelle bregmatique** (bregma, grande fontanelle, ou fontanelle antérieure) est située au croisement des sutures sagittale, métopique et coronale. C'est un espace membraneux losangique à grand axe antéro-postérieur, et dépressible sous le doigt. Elle est limitée en avant par les 2 os frontaux et en arrière par les 2 os pariétaux. Elle se ferme en général vers l'âge de 12 mois (entre 8 mois et 2 ans).

- **La fontanelle lambdatique** (lambda, petite fontanelle, fontanelle occipitale ou fontanelle postérieure) est située à la jonction de la suture occipito-pariétale et de la suture sagittale. Elle a des dimensions plus réduite que le bregma. Elle est de forme triangulaire en « Y » inversé ou lambda. Elle se comble vers 3 semaines de vie.

La fermeture des fontanelles peut être retardée en cas d'hydrocéphalie ou en cas d'hypothyroïdie congénitale ou de rachitisme.



5 MATURATION DENTAIRE

La dentition est l'ensemble des phénomènes d'éruption et de développement des organes et des arcades dentaires.

La maturation dentaire est l'ensemble des étapes par lesquelles la dent parvient à un complet développement : Cela comprend l'odontogenèse et l'éruption dentaire. Elle commence dès la vie embryonnaire et s'achève à l'âge adulte.

L'Age dentaire est le stade de dentition atteint à chaque âge civil par la moyenne des sujets (Maturation dentaire/ âge civil)

La dentition chez l'homme comporte une dentition temporaire (dents de lait) et une dentition permanente (définitive)

- **Les dents temporaires ou dents de lait** sont au nombre de 20 et font éruption entre l'âge de $\pm 6 - 10$ mois pour la mâchoire inférieure ($7-12$ mois pour la mâchoire supérieure) et ± 30 mois;
- **Les dents permanentes** apparaissent entre ± 6 et 13 ans et comprennent 28 dents (32 avec les dents de sagesse);

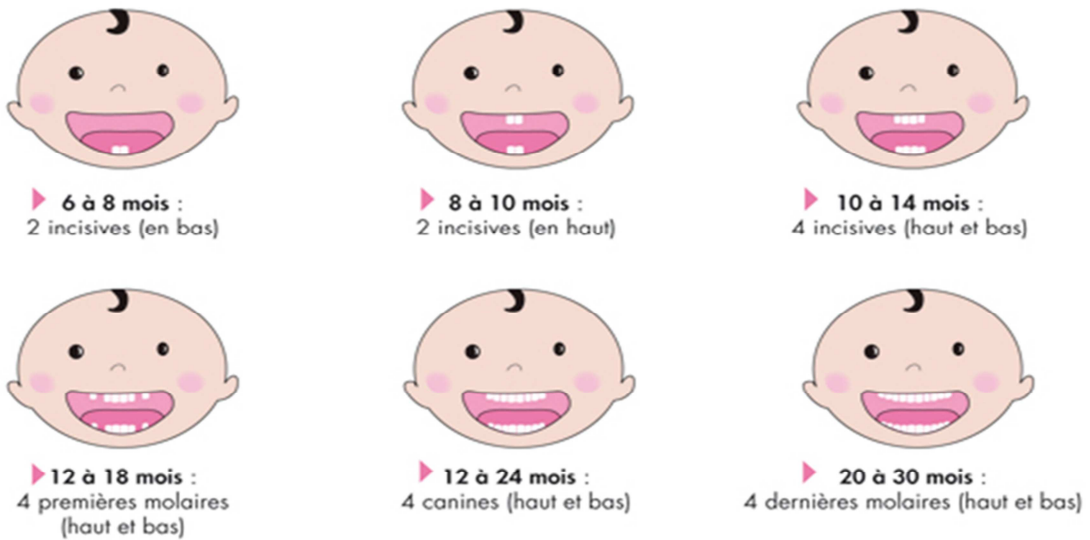
Les filles ont souvent un développement dentaire qui est plus rapide que celui des garçons;

La dentition primaire sera complétée entre la deuxième et la troisième année, et certaines dents primaires resteront en bouche jusque vers l'âge de 12 ans.

L'éruption dentaire est sous la dépendance de facteurs endocriniens (hormones thyroïdiennes et hormone de croissance), vitaminiques (vitamine D) et nutritionnels (apports calciques).

La date d'apparition dentaire varie selon les enfants, mais l'ordre chronologique d'apparition des dents est habituellement le même.

L'éruption dentaire temporaire s'effectue entre 6 et 30 mois et l'ordre d'apparition est donné par le tableau ci-dessous :



PREMIÈRE DENTITION ("DENTS DE LAIT") : 20 DENTS

Âge	Éruption dentaire	Nombre total de dents
5-9 mois	Quatre incisives médianes	4
7-11 mois	Quatre incisives latérales	8
10-18 mois	Quatre premières molaires	12
16-24 mois	Quatre canines	16
20-30 mois	Quatre deuxièmes molaires	20

DEUXIÈME DENTITION (PERMANENTE) : 32 DENTS

Âge	Éruption dentaire
6-7 ans	Premières molaires
7-8 ans	Incisives médianes
8-9 ans	Incisives latérales
8-9 ans	Premières prémolaires
10-12 ans	Canines
10-12 ans	Deuxièmes prémolaires
12-13 ans	Deuxièmes molaires
18-25 ans	Troisièmes molaires

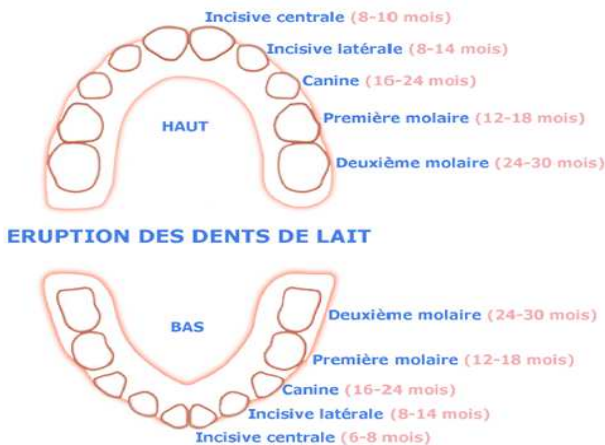


Figure 7: dentition temporaire



Figure 8: Dentition permanente

Entre 2ans et 2 ans ½, la denture temporaire est stable. La chute des premières dents débute vers 6 ans, celles-ci sont peu à peu remplacées par les dents définitives.

La dentition définitive débute avec les premières molaires définitives et l'éruption se déroule jusqu'à 22 ans (voire plus) avec les dents de sagesse.

L'intrication des dents de lait et des dents définitives constitue une période de denture mixte.

L'adolescent a 28 dents, les 4 dernières dents apparaissent à l'âge adulte (dents de sagesse).

6 MATURATION SEXUELLE

La puberté est la période de transition entre l'enfance et l'âge adulte. Il s'agit d'un ensemble de phénomènes complexes de maturation neuro-endocrinienne. Elle se caractérise par le développement des caractères sexuels et par l'accélération de la vitesse de croissance. Elle conduit à l'acquisition de la fonction de reproduction.

Le début de la puberté diffère d'un enfant à un autre et peut être influencé par des paramètres génétiques, d'environnement ou hormonaux.

6.1 AGE PHYSIOLOGIQUE DE DEBUT DE LA PUBERTE

La puberté débute :

- Chez la fille vers 11 ans (8-13 ans)
- Chez le garçon vers 12 ans (9-14 ans)

6.2 SIGNES CLINIQUES DE DEBUT DE LA PUBERTE ET SEQUENCE DE DEVELOPPEMENT PUBERTAIRE

Sur le plan biologique, le premier signe de début de la puberté est l'augmentation des taux de LHRH qui va stimuler la sécrétion de LH et de FSH. Ceux-ci vont stimuler les gonades pour sécréter la testostérone et l'œstradiol.

6.2.1 Signes de début de puberté sur le plan clinique :

- Chez les garçons, le premier signe clinique de la puberté est l'augmentation de volume des testicules. Un testicule pré-pubertaire a un volume < 3ml et un grand axe < 25mm.
- Chez la fille, le premier signe clinique de puberté est le développement mammaire, puisque l'augmentation de volume des ovaires ne peut être observée cliniquement.

6.2.2 Séquences de développement pubertaire :

- Chez la fille :

	Développement des seins
	Accélération de la vitesse de croissance
6 Mois	Pilosité pubienne
12 Mois	Pilosité axillaire
12-18 Mois	Vulve horizontale et sécrétante
24-30 Mois	Menstruations : Ménarche
	Cycles réguliers et ovulatoires après 2 ans

- **Chez le garçon****Développement des seins**

	Augmentation du volume testiculaire (>4ml/2.5cm)
6 Mois	Pilosité pubienne
12 Mois	Accélération de la vitesse de croissance Augmentation taille de la verge (>6cm), érections
12-18 Mois	Pilosité axillaire
>24	Mue de la voix, pilosité faciale et corporelle Gynécomastie fréquente, régressive Éjaculations

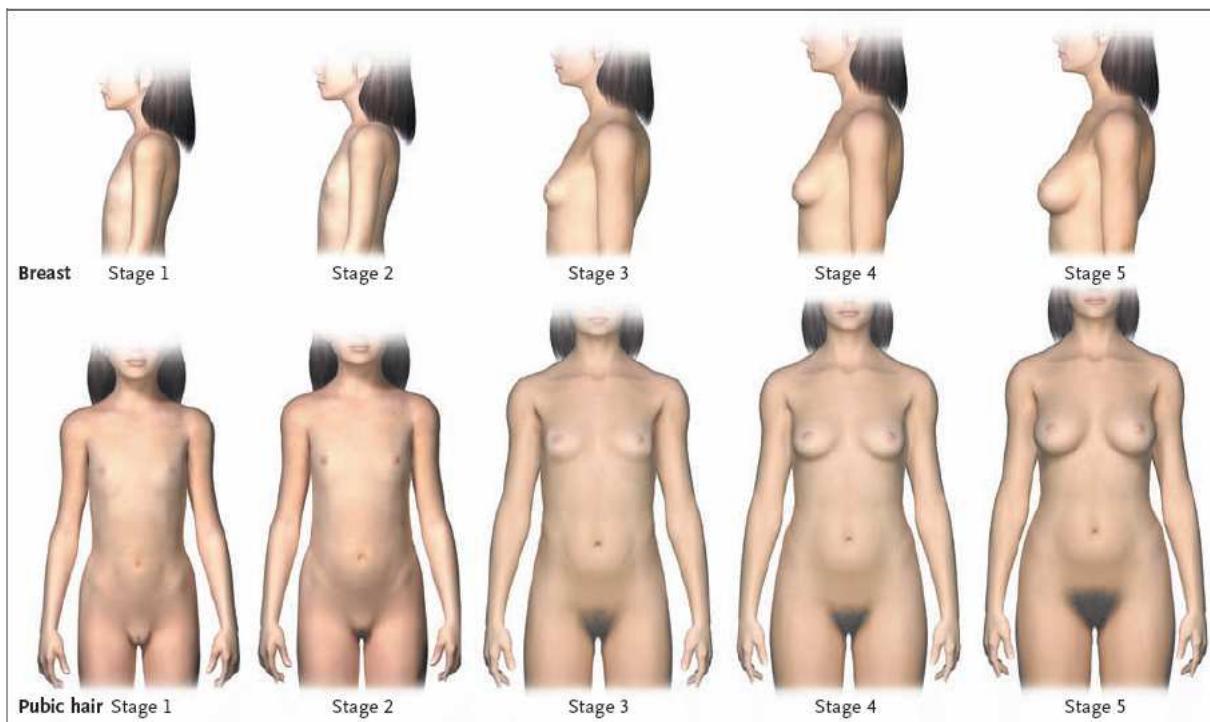
6.2.3 Stades pubertaires selon Tanner

L'évolution de la puberté peut être appréciée grâce à une classification prenant en compte les caractères sexuels secondaires. Il s'agit de la classification de Tanner qui évalue :

- chez la fille : le développement mammaire, le degré de pilosité pubienne et axillaire,
- chez le garçon : le volume des testicules et de la verge, la pilosité pubienne et axillaire.

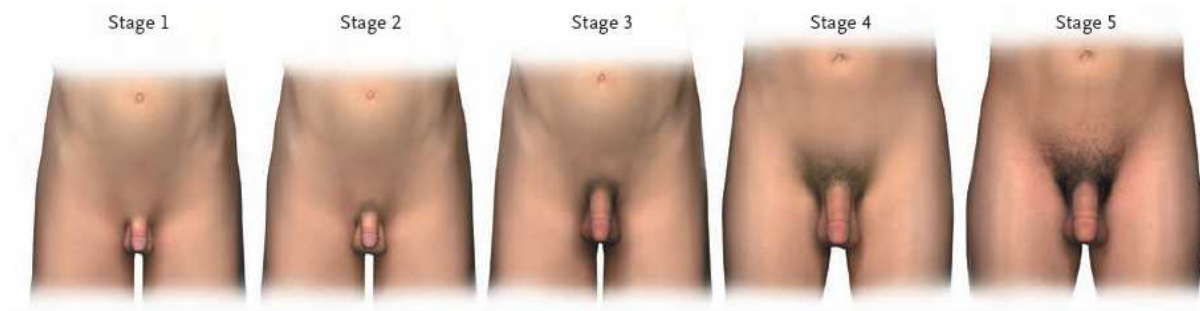
Stade	Âge osseux (moyen-ans)	Développement mammaire	Pilosité pubienne
1	< 10,75	Pas de tissu glandulaire	Pas de pilosité
2	10,75	Tissu glandulaire palpable	Quelques poils fins le long des grandes lèvres.
3	11,75	Augmentation de la taille des seins ; profil arrondi de l'aréole et du mamelon.	Poils pubiens plus pigmentés.
4	12,8	Augmentation de la taille des seins ; le mamelon est surélevé par rapport au sein.	Poils plus durs, recouvrant le mont de vénus.
5	14,8	Augmentation de la taille des seins ; profil arrondi de l'aréole et du mamelon.	Poils de type adulte, s'étendant vers les cuisses.

Figure 8: Stade Pubertaire selon Tanner chez la fille



Stade	Âge osseux (moyen-ans)	Testicules (longueur moyenne)	Pilosité pubienne
1	< 10,00	< 2,5 cm	Pas de pilosité
2	11,75	Augmentation (> 2,5 cm) des testicules ; amincissement du scrotum.	Quelques poils sur le scrotum
3	12,8	3,0 à 3,5 cm ; épaissement du pénis	Poils plus pigmentés, contournés sur le pubis.
4	14,5	3,5 à 4 cm.	Poils plus durs sur le pubis.
5	16,2	> 4 cm ; taille adulte du pénis.	Pilosité de type adulte, s'étendant vers les cuisses et la paroi abdominale.

Figure 9: stades pubertaires selon Tanner chez le garçon



6.2.4 Croissance pubertaire :

La puberté se caractérise par un pic de croissance osseuse.

L'accélération de la vitesse de croissance débute plus tôt et dure moins longtemps chez la fille que chez le garçon (4 ans vs 5 ans), mais le gain de taille est moins important (25 cm pour la fille vs 27 cm chez le garçon).

6.2.5 Maturation osseuse

Les œstrogènes sont responsables d'une maturation osseuse qui s'achève par la fusion des cartilages de conjugaison à la fin de la puberté.

Le premier signe osseux de début de puberté est l'apparition du sésamoïde du court adducteur du pouce qui apparaît à 11 ans chez la fille et à 13 ans chez le garçon.

La fin de la croissance se caractérise par une vitesse de croissance < 2 cm/an et un âge osseux > 15 ans chez la fille et > 16 ans chez le garçon.

6.2.6 Autres manifestations de la puberté

A l'ensemble des manifestations cliniques de la puberté, s'ajoutent des modifications psychologiques :

- Maturation affective et libidinale (crise d'adolescence)
- Acceptation des modifications corporelles et risque de dysmorphophobie
- Maturation intellectuelle et développement de la pensée abstraite et logique.

7 IMPORTANCE DE LA SURVEILLANCE DE LA CROISSANCE ET DU DEVELOPPEMENT

Un enfant en bonne santé grandit de façon régulière et constante. Toute pathologie chronique retentira sur la croissance staturale ou pondérale.

Ainsi, la surveillance régulière de la croissance la croissance staturo-pondérale par le médecin traitant de l'enfant, lui permettra de détecter de façon précoce une éventuelle pathologie sous-jacente, qu'elle soit d'ordre nutritionnelle, pulmonaire, neurologique, digestive, rénale, cardiaque ou endocrinienne.

8 BIBLIOGRAPHIE

- 1) Thibault H., Boulard S., Colle M., Rolland-Cachera M.-F. Croissance normale staturopondérale. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Pédiatrie, 4-002-F-63, 2009
- 2) Brauner R. Puberté normale. EMC (Elsevier SAS, Paris), Pédiatrie, 4-002-F-65, 2006
- 3) Sempé M : Croissance, développement maturation. Endocrinologie croissance
- 4) Rogol A.D, Hayden GF. Etiologies and Early diagnosis of short stature and growth failure in children and adolescents. The journal of paediatrics 2014 Vol164-5