



Conférence FFESSM
Samedi 19 novembre 2022

Comment entraîner les jeunes enfants d'une manière plus sécuritaire et efficace?

Sébastien RATEL
Maître de Conférences Universitaire - HDR
Université Clermont Auvergne



UFR SCIENCES ET TECHNIQUES
DES ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES
Université Clermont Auvergne

Problématique

La difficulté dans l'entraînement des jeunes catégories est de programmer et bâtir sur un organisme encore immature et en plein développement.

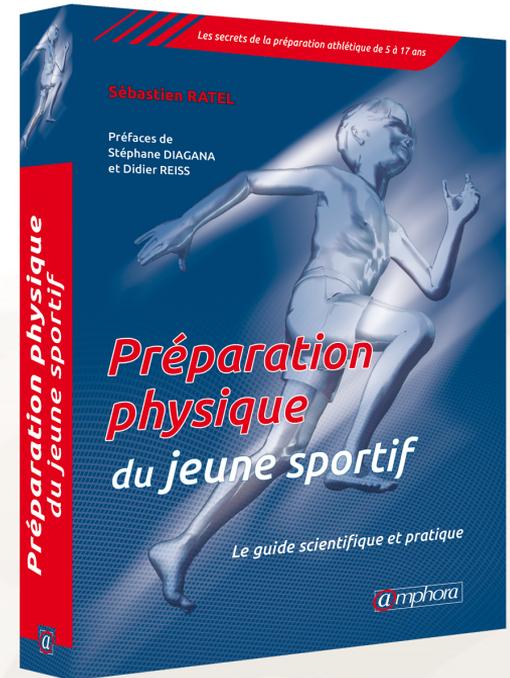
Les variables de croissance et maturation venant se rajouter à celles qui régissent les principes de l'entraînement.

Quels sont les grands principes à respecter dans l'entraînement des jeunes catégories?



Croissance et maturation

- **La croissance**
Augmentation progressive des dimensions du corps, d'un organe ou d'un tissu
- **La maturation**
Progression de la fonction d'un organe ou d'un système biologique jusqu'à son état de maturité qui correspond au fonctionnement adulte
- **Le développement (croissance + maturation)**



Croissance et maturation

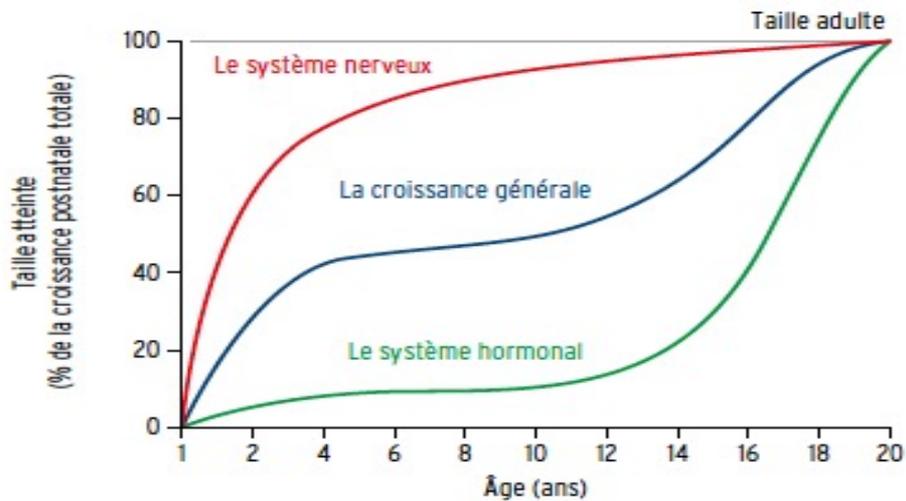


Figure 2.1. Courbes de croissance systémiques. La croissance de chaque structure est exprimée en pourcentage de l'accroissement total depuis la naissance jusqu'à l'âge de 20 ans. La valeur mesurée à 20 ans équivaut à 100 % sur l'échelle verticale (adapté de Scammon (1)).

Croissance et maturation

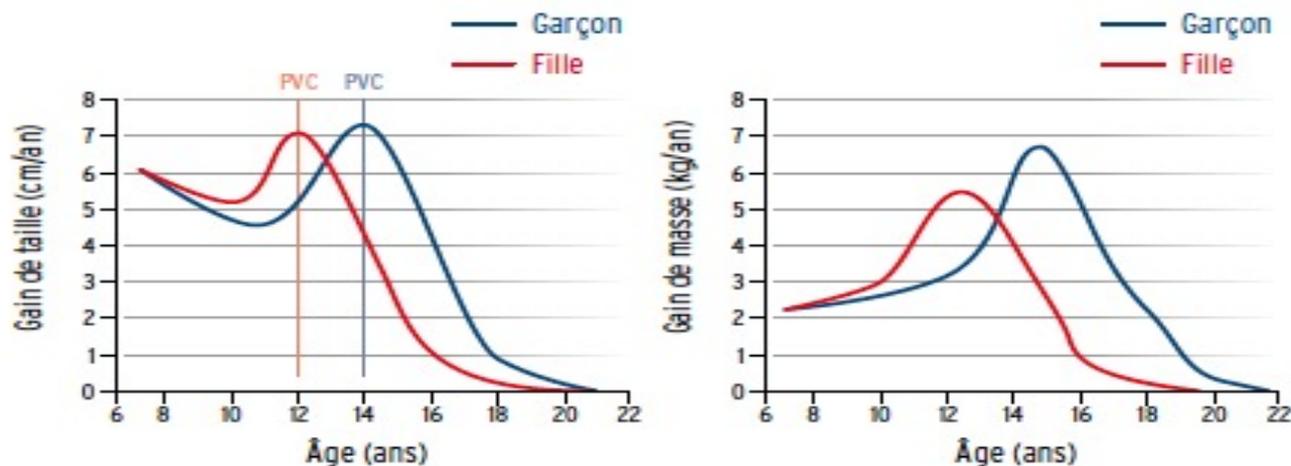


Figure 2.2. Vitesse d'accroissement de la taille et de la masse corporelle chez les filles et les garçons. Le PVC correspond au pic de vélocité de croissance staturale (adapté de Sempé et coll. (2)). Il représente la transition entre l'enfance et l'adolescence. L'âge au PVC peut être estimé en utilisant les équations de Mirwald et coll. (3) (cf. section 4, p. 34).

Intérêt d'évaluer le PVC (maturation somatique)

L'entraîneur ou le préparateur physique doit prendre en compte la maturation de l'enfant afin:

- **de considérer que les gains rapides de performance au moment du PVC ne sont pas uniquement liés à l'entraînement proposé**
- **d'analyser plus justement les performances entre deux enfants de même âge chronologique**
- **de réduire la charge d'entraînement juste avant le PVC qui est une phase sensible de blessures en raison de l'allongement rapide des membres inférieurs et de l'augmentation associée de la raideur musculotendineuse**
- **de proposer des contenus d'entraînement plus adaptés (souplesse, endurance, force, etc.)**

Intérêt d'évaluer le PVC (maturation somatique)

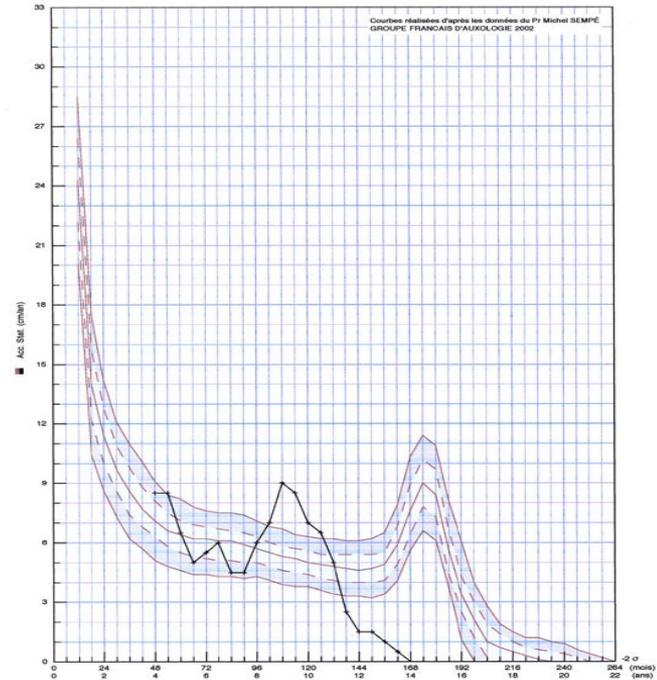
L'entraîneur ou le préparateur physique doit prendre en compte la maturation de l'enfant afin:

- de considérer que les gains rapides de performance au moment du PVC ne sont pas uniquement liés à l'entraînement proposé
- **d'analyser plus justement les performances entre deux enfants de même âge chronologique**
- de réduire la charge d'entraînement juste avant le PVC qui est une phase sensible de blessures en raison de l'allongement rapide des membres inférieurs et de l'augmentation associée de la raideur musculotendineuse
- de proposer des contenus d'entraînement plus adaptés (souplesse, endurance, force, etc.)

Cas d'une maturation précoce

Deux enfants de même âge chronologique (nés le même jour) peuvent avoir un écart de maturation biologique (ou de PVC) allant jusqu'à 4-5 ans

COURBE DE VITESSE DE CROISSANCE
JEAN-MARC G.
PUBERTÉ PRÉCOCE



Effet de l'âge relatif (sur une même année civile)

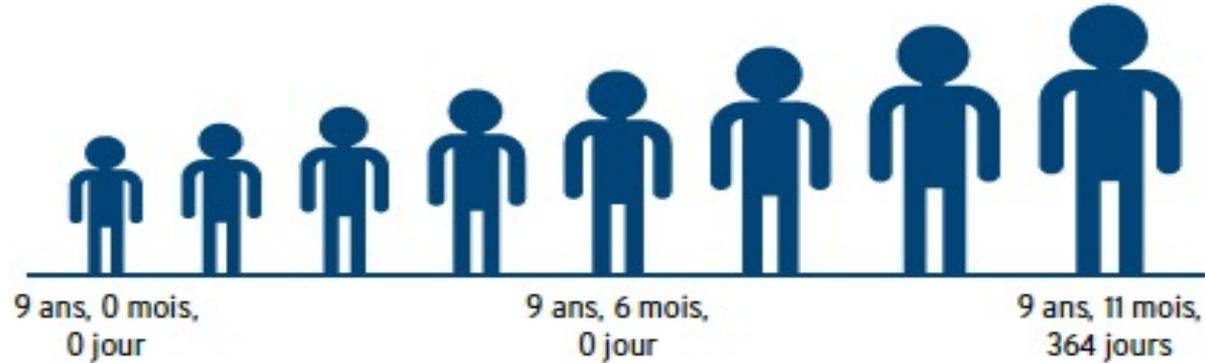
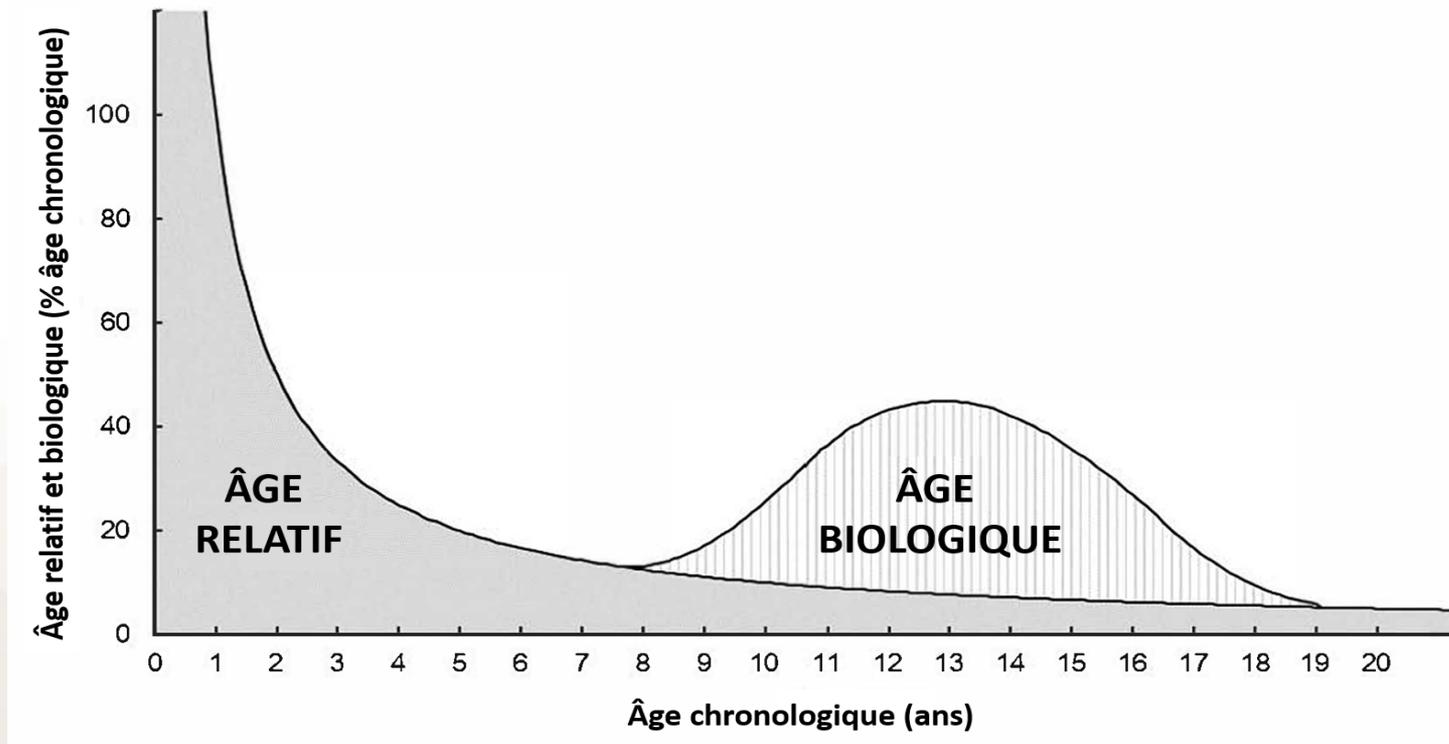


Figure 2.4. Illustration de l'effet de l'âge relatif sur les dimensions corporelles d'enfants nés au cours d'une même année civile.



Adapté de Cobley et al., 2020

Intérêt d'évaluer le PVC (maturation somatique)

L'entraîneur ou le préparateur physique doit prendre en compte la maturation de l'enfant afin:

- de considérer que les gains rapides de performance au moment du PVC ne sont pas uniquement liés à l'entraînement proposé
- d'analyser plus justement les performances entre deux enfants de même âge chronologique
- **de réduire la charge d'entraînement juste avant le PVC qui est une phase sensible de blessures en raison de l'allongement rapide des membres inférieurs et de l'augmentation associée de la raideur musculotendineuse**
- de proposer des contenus d'entraînement plus adaptés (souplesse, endurance, force, etc.)

L'enfant grandit par les membres inférieurs puis par le tronc

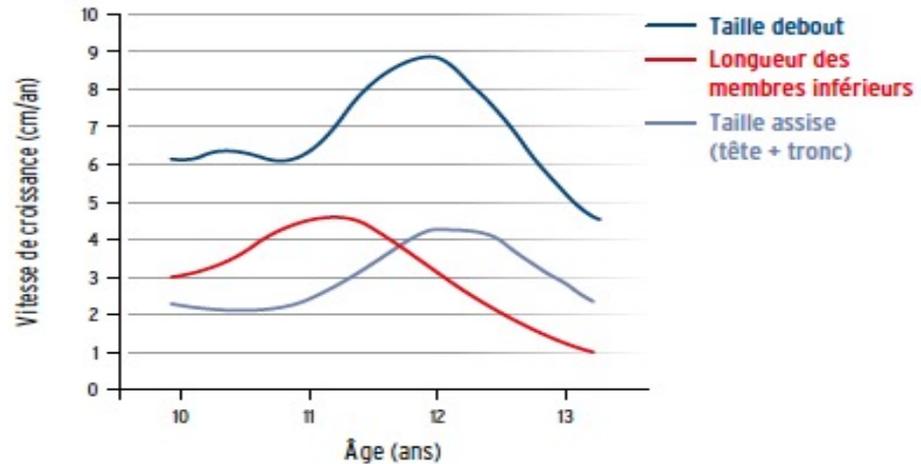
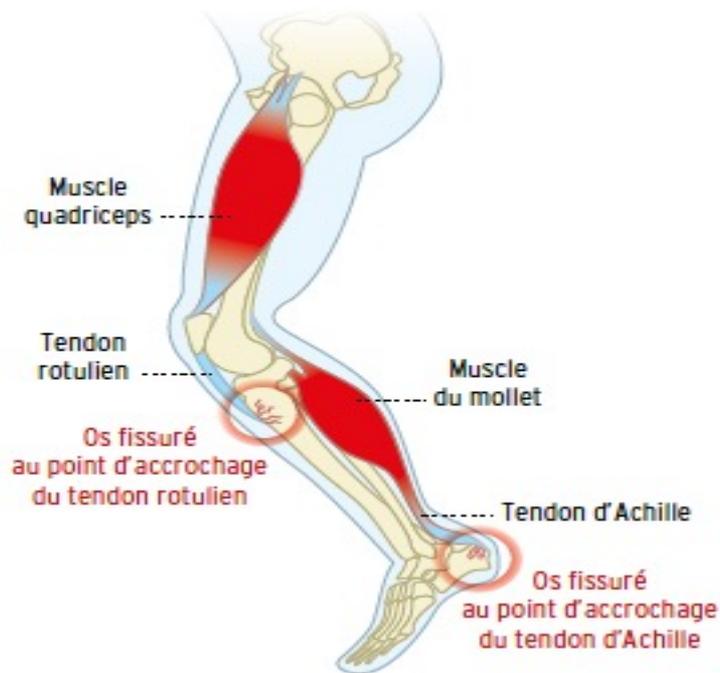


Figure 2.3. Vitesse de croissance de la taille debout, de la longueur des membres inférieurs et de la taille assise (longueur tête + tronc) en fonction de l'âge chez la fille. Le pic de croissance des membres inférieurs se situe environ 6 mois avant celui de la taille debout (11,2 ans) tandis que le pic de croissance de la taille assise s'observe environ 4 mois après celui de la taille debout (12,2 ans).

Figure 4.6. Illustration des ostéochondroses situées au niveau du genou (maladie d'Osgood-Schlatter) et du talon (maladie de Sever). Chez le jeune sportif, l'os à proximité des articulations est en pleine croissance; il est encore cartilagineux et fragile. À force de tractions, il finit par être victime de microfissures au point d'insertion des tendons.



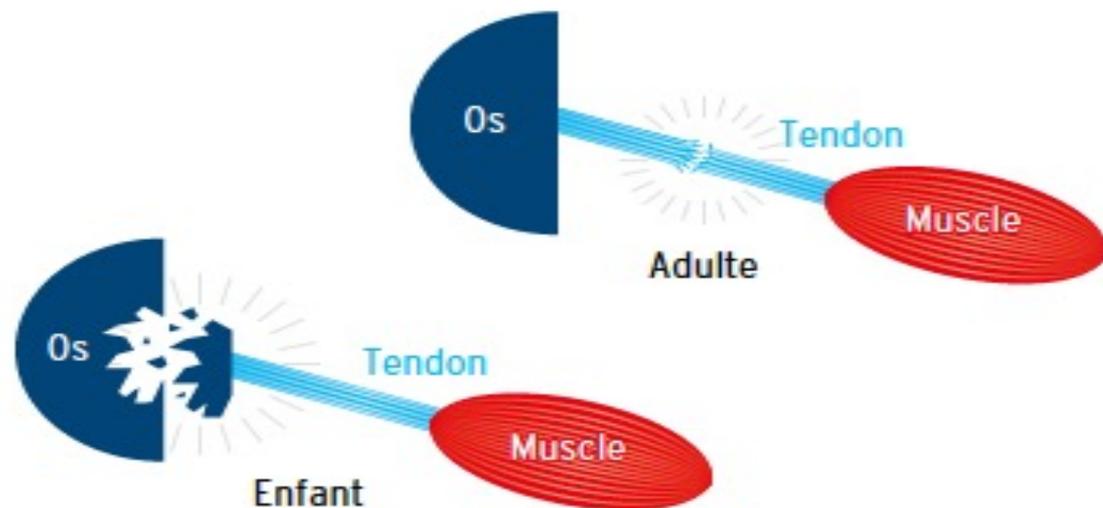


Figure 4.5. Fractures ou arrachements d'apophyses osseuses (adapté de Reinberg (5)).

Intérêt d'évaluer le PVC (maturation somatique)

L'entraîneur ou le préparateur physique doit prendre en compte la maturation de l'enfant afin:

- de considérer que les gains rapides de performance au moment du PVC ne sont pas uniquement liés à l'entraînement proposé
- d'analyser plus justement les performances entre deux enfants de même âge chronologique
- de réduire la charge d'entraînement juste avant le PVC qui est une phase sensible de blessures en raison de l'allongement rapide des membres inférieurs et de l'augmentation associée de la raideur musculotendineuse
- **de proposer des contenus d'entraînement plus adaptés (souplesse, endurance, force, etc.)**

Exemple de la souplesse

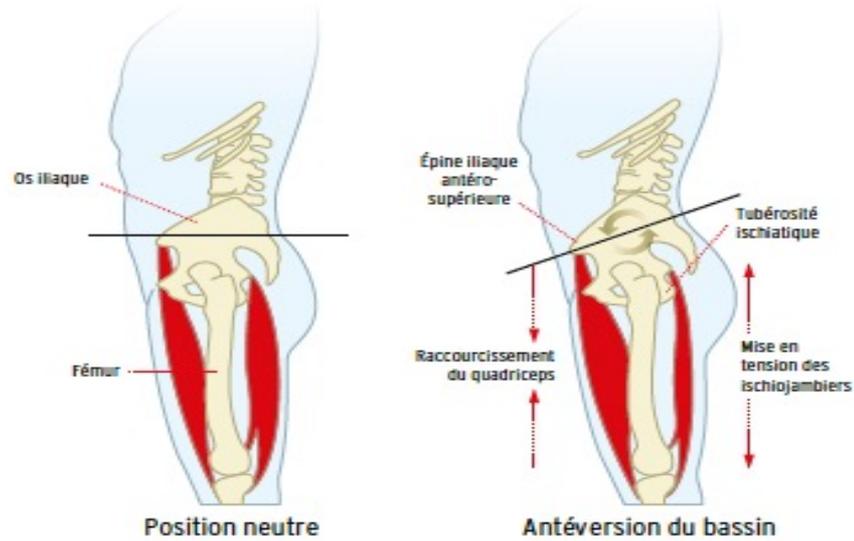
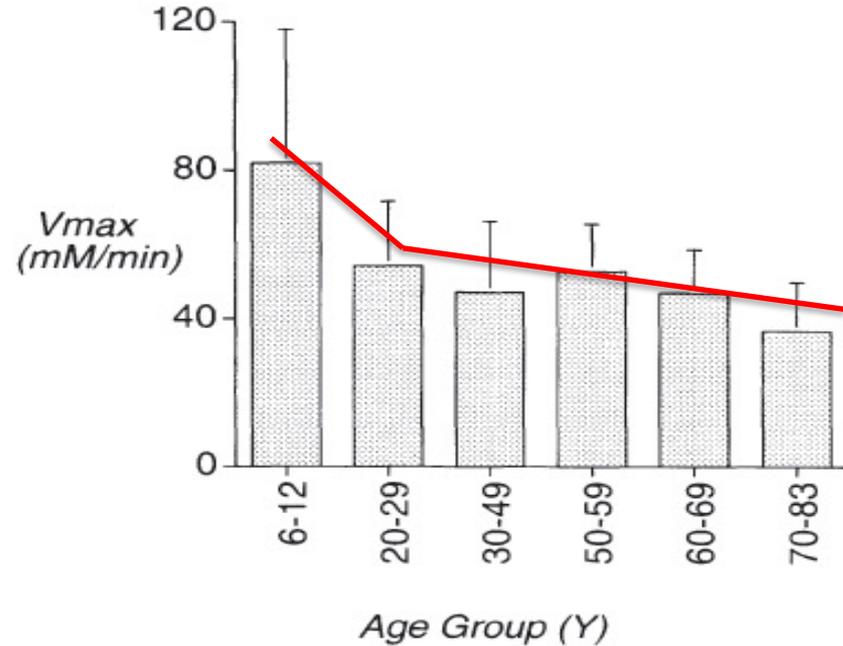


Figure 4.1. Illustration du basculement du bassin en avant (antéversion) par raccourcissement du quadriceps. Les conséquences sont une mise en tension des ischiojambiers et une hyperlordose lombaire.

Nécessité d'étirer les chaînes musculaires durant le PVC

Exemple de l'endurance musculaire

Baisse de la capacité oxydative musculaire (V_{max}) des fléchisseurs plantaires (muscles du mollet) au moment de la puberté



Taylor et coll. Ageing: Effects on oxidative function of skeletal muscle *in vivo*. Molecular and Cellular Biochemistry, 174: 321-324, 1997.

Augmentation du demi-temps de récupération de la phosphocréatine post-exercice ($t_{1/2}\text{PCr}$) au moment de la puberté

$t_{1/2}\text{PCr}$ représente le temps nécessaire pour reconstituer 50% des réserves initiales après un exercice

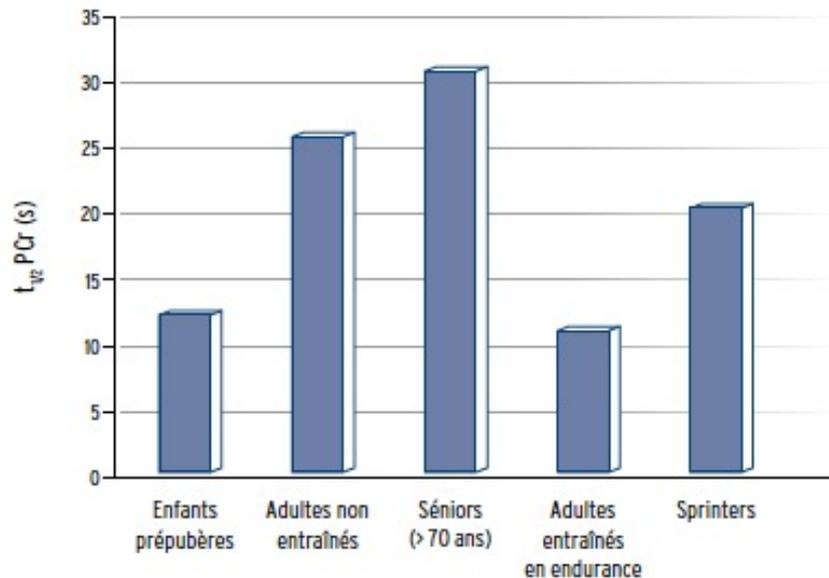


Figure 5.5. Comparaison du temps nécessaire pour reconstituer 50 % des réserves de phosphocréatine ($t_{1/2}\text{PCr}$) après l'exercice entre les enfants, les adultes non entraînés, les séniors de plus de 70 ans, les adultes bien entraînés en endurance et les sprinters. Un faible $t_{1/2}\text{PCr}$ témoigne d'une forte capacité aérobie musculaire et d'une capacité de récupération élevée.

Authors



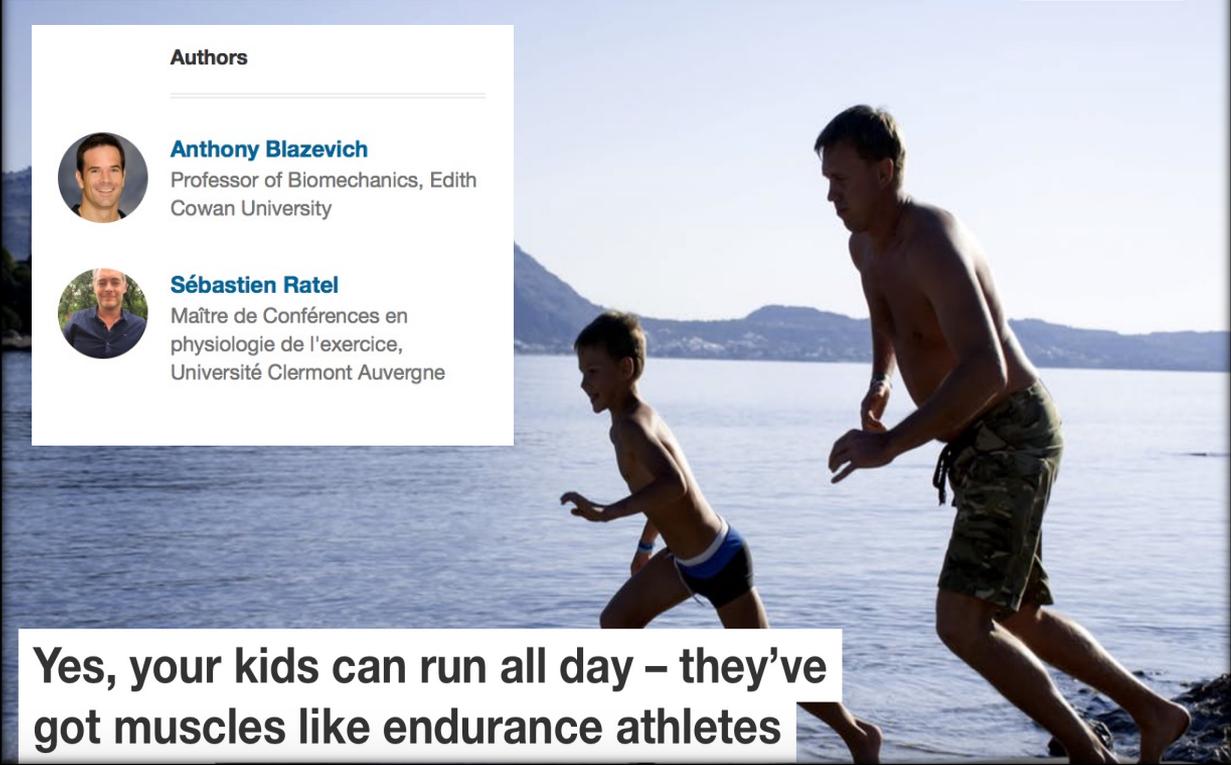
Anthony Blazeovich

Professor of Biomechanics, Edith Cowan University



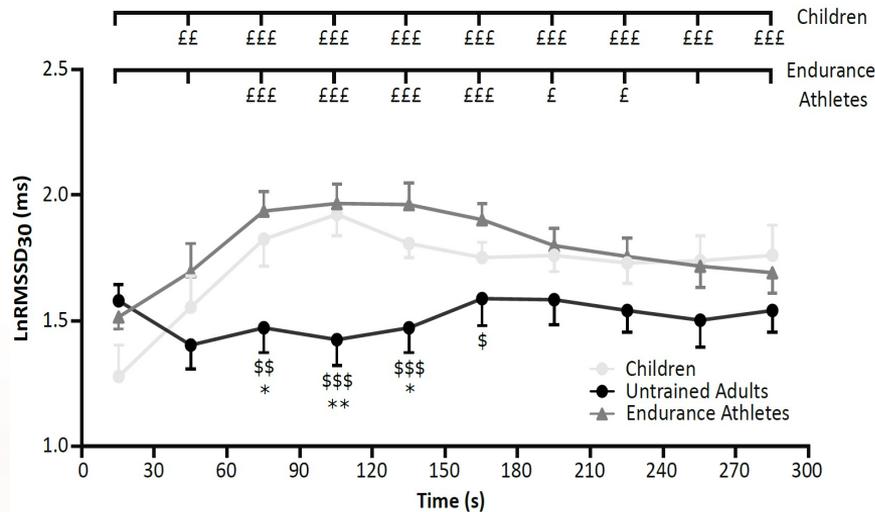
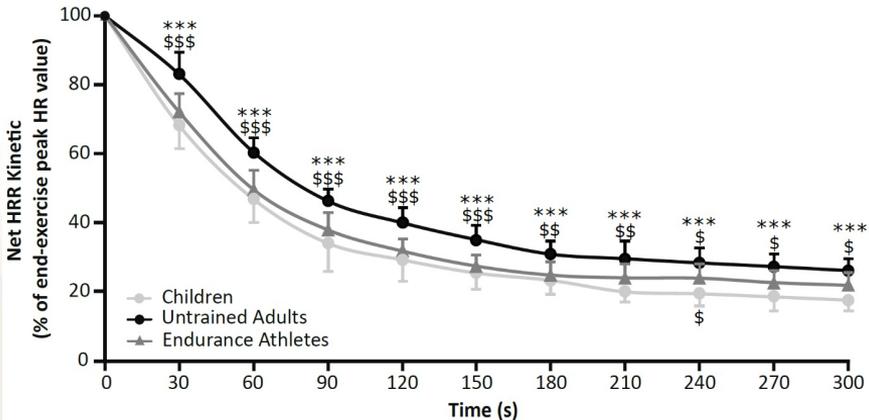
Sébastien Ratel

Maître de Conférences en physiologie de l'exercice, Université Clermont Auvergne



Yes, your kids can run all day – they've got muscles like endurance athletes

Récupération de la fréquence cardiaque après une épreuve maximale



Dupuy et coll., Eur. J. Appl. Physiol. 2022

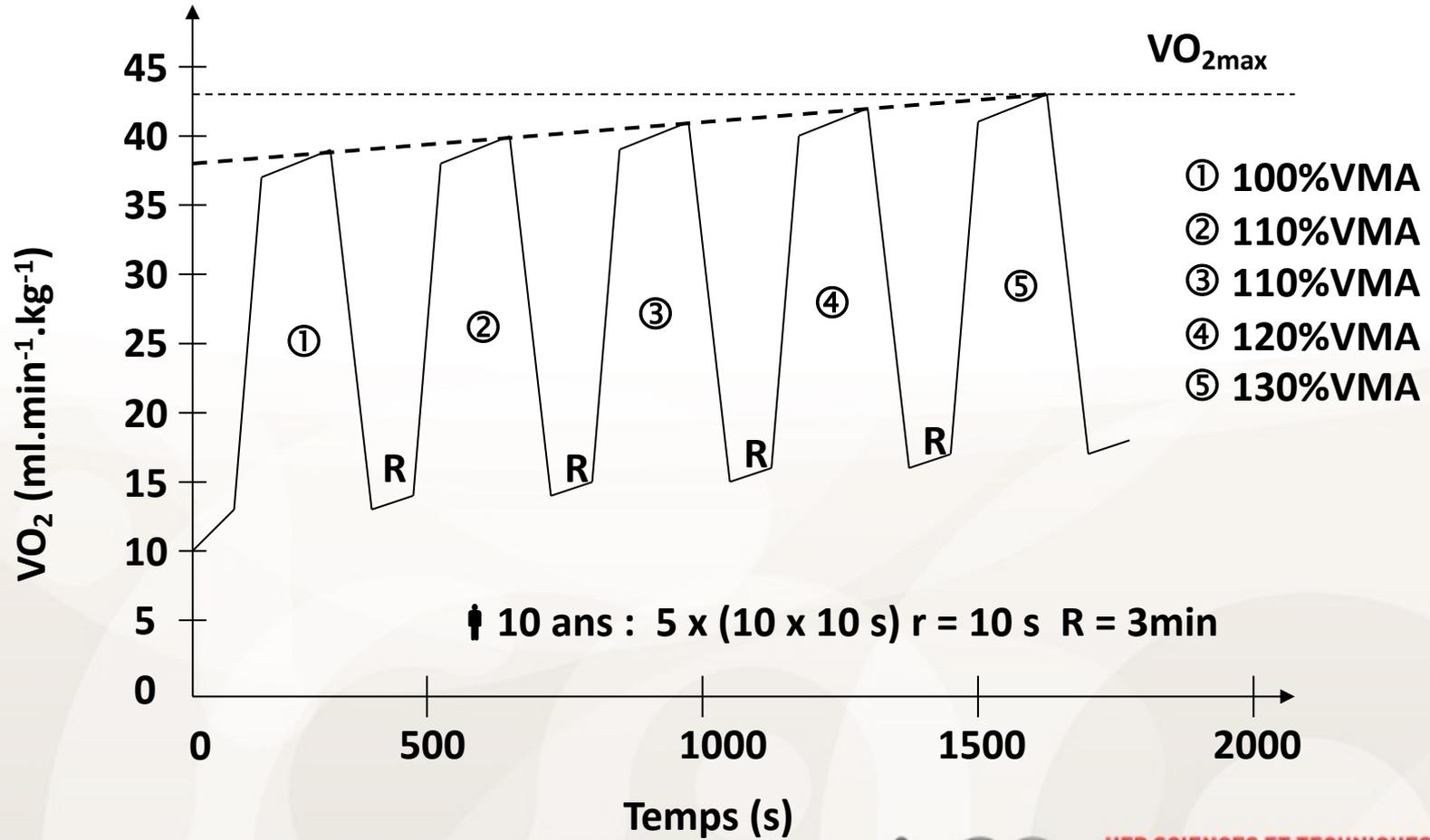
Récupération de la fréquence cardiaque

Enfants = Athlètes endurants > Adultes

Réactivation parasympathique

Enfants = Athlètes endurants > Adultes





S1	4 x (10 x 10 secondes) à 110 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 min	S2	3 x (10 x 10 secondes) à 110 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 min 1 x (10 x 10 secondes) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes
S3	2 x (10 x 10 secondes) à 110 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes 4 x (10 x 10 secondes) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes	S4	1 x (10 x 10 secondes) à 110 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes 3 x (10 x 10 secondes) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes
S5	4 x (10 x 10 secondes) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes	S6	3 x (10 x 10 secondes) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes 1 x (10 x 10 secondes) à 130 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes
S7	2 x (10 x 10 s) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes 2 x (10 x 10 secondes) à 130 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes	S8	1 x (10 x 10 secondes) à 120 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes 3 x (10 x 10 secondes) à 130 % de VMA, r = 10 secondes, R = 3 minutes
S9	4 x (5 x 20 secondes) à 110 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes	S10	3 x (5 x 20 secondes) à 110 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 1 x (5 x 20 secondes) à 120 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes
S11	2 x (5 x 20 secondes) à 110 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 2 x (5 x 20 secondes) à 120 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes	S12	1 x (5 x 20 secondes) à 110 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 3 x (5 x 20 secondes) à 120 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes
S13	1 x (5 x 20 secondes) à 110 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 2 x (5 x 20 secondes) à 120 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 1 x (5 x 20 secondes) à 130 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes	S14	1 x (5 x 20 secondes) à 110 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 1 x (5 x 20 secondes) à 120 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes 2 x (5 x 20 secondes) à 130 % de VMA, r = 20 secondes, R = 3 minutes

R représente la récupération entre chaque série, r représente la pause entre chaque course.

Exemple : 1 x (10 x 10 secondes) à 100 % de VMA, r = 10 secondes (1 série de 10 courses de 10 secondes à 100 % de VMA séparées par des pauses passives de 10 secondes) ou 1 x (5 x 20 secondes) à 100 % de VMA, r = 20 secondes (1 série de 5 courses de 20 secondes à 100 % de VMA séparées par des pauses de 20 secondes).

Table 5.1. Exemple d'un programme d'entraînement intense par intervalles courts. Ce programme permet une amélioration de VO_{2max} de 9 % et un gain de VMA de 5 % sur une période de 7 semaines à raison de 2 séances de 30 minutes par semaine (14 séances : S1 à S14) chez des enfants (42).

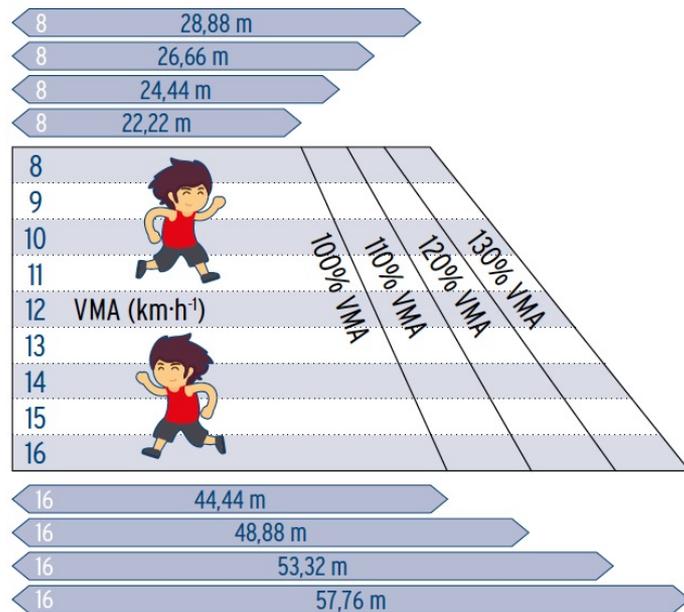
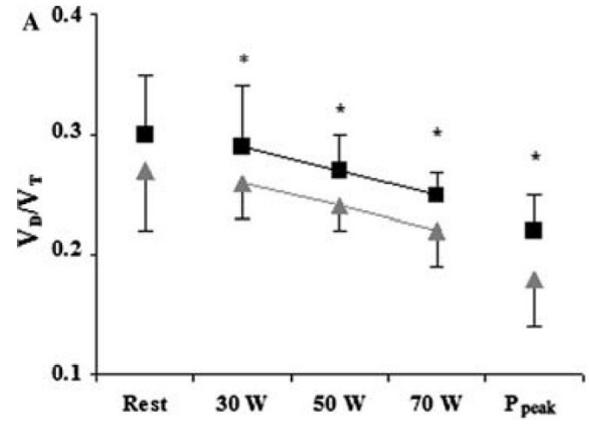
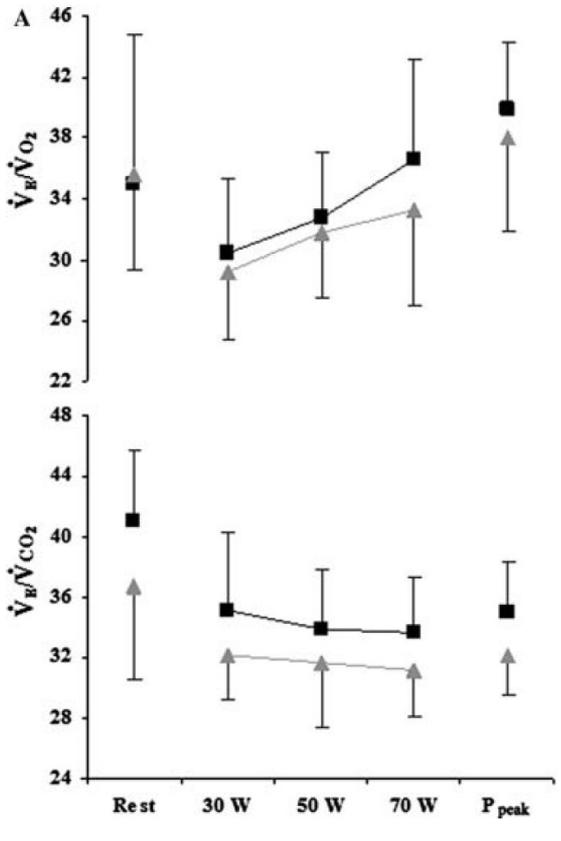


Figure 5.9. Exemple d'organisation de séance.



8 semaines d'entraînement (2 fois par semaine) en court-cour (100-130% VMA) améliore l'efficacité ventilatoire chez les enfants prépubères.

Baisse des équivalents respiratoires en O_2 et CO_2 et de l'espace mort par rapport au volume courant (V_D/V_T) après entraînement

Nourry et coll., Eur. J. Appl. Physiol. 2005

Exemple de la force

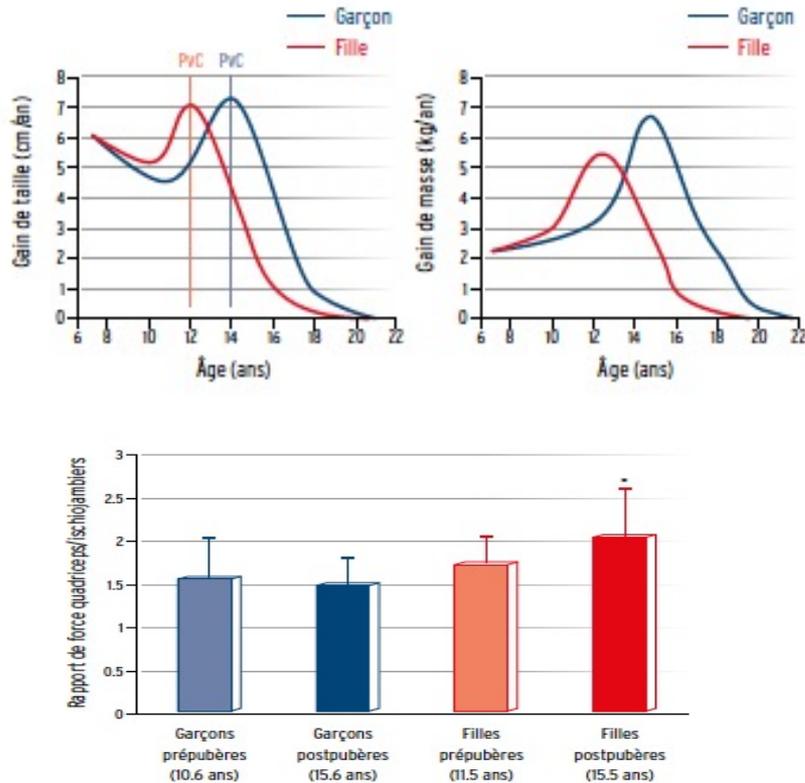


Figure 4.3. Rapport de force entre les quadriceps et les ischiojambiers en fonction du sexe et du stade de maturation (3). * indique une différence significative avec les précédents.

Les adolescents autour du PVC sont grands mais chétifs. Ils peuvent être caractérisés par des décompensations musculaires et une coordination altérée

Il est nécessaire de réajuster ces décompensations musculaires, de renforcer la musculature de soutien et d'améliorer la coordination motrice

Attention lors des réceptions de sauts

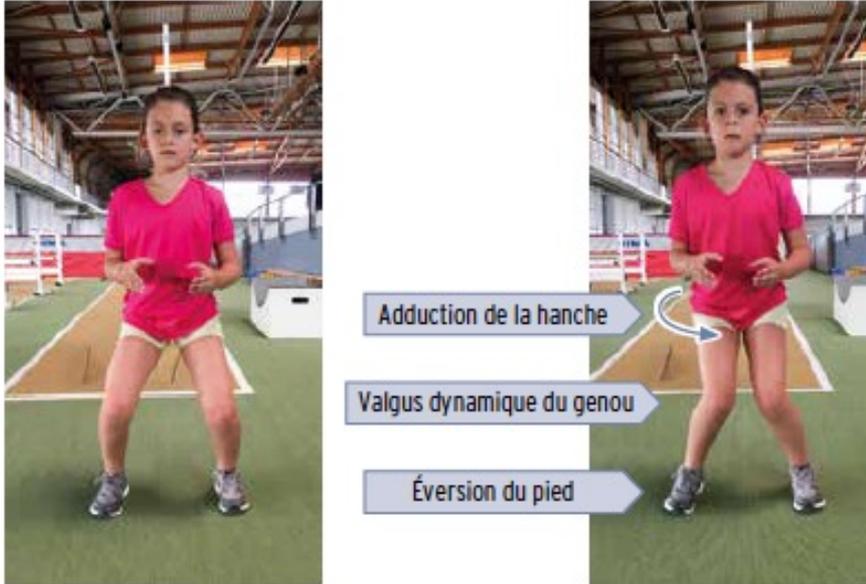


Photo 8.1. Position de réception correcte (à gauche ; genoux en varus) et incorrecte (à droite ; genoux en valgus dynamique, pieds en éversion et hanches en adduction) après un saut bipodal vertical.

Blessures du LCA et du ligament latéral interne lors de mauvaises réceptions

Attention lors des changements de direction



Photo 8.4. Exemple de sauts avec prises d'appui alternées des deux jambes en variant les directions.

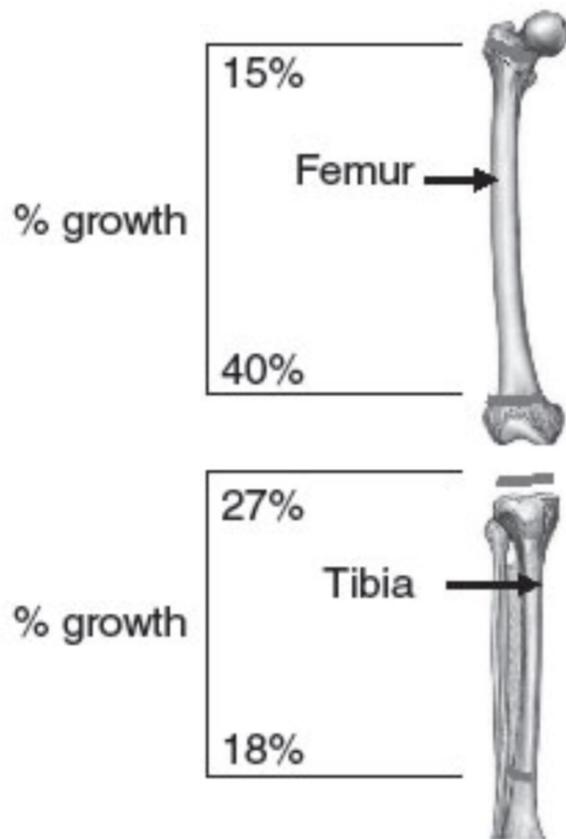


Photo 8.6. Contraintes exercées au niveau du genou lors des changements de direction.

**Blessures du LCA et du
ligament latéral interne lors
des changements brutaux
de direction**

- More growth occurs in the femur than tibia (55% versus 45%)

- 2/3 total leg growth occurs at the knee (67% versus 33%)



Travailler la proprioception, l'équilibre, la stabilité articulaire



Photo 8.7. Exercices d'équilibre unipodaux en ayant les yeux ouverts (à gauche) ou fermés (à droite) sur un bloc de mousse.



Photo 8.8. Successions d'équilibre pied droit puis pied gauche sur des blocs de mousse.

Renforcer le gainage corporel



Photo 8.2. Alignement correct de la charnière thoracolombaire (verrouillage du dos).

- Conditionne l'équilibre du corps
- Optimise la vitesse de déplacement, les changements de direction, les accélérations et les décélérations
- Restaure en permanence, et avec une grande réactivité, un équilibre sans cesse compromis au cours du geste sportif
- Permet de respecter l'alignement corporel dans les situations de frappe, de lancer et de réceptions
- Transmet les forces entre l'appui au sol et l'organisation gestuelle du haut du corps

— Quelques exemples :



Photo 7.1. Jeu d'équilibre en opposition impliquant un gainage corporel permanent.



Photo 7.2. Jeu de la brouette (serrer le ventre afin de ne pas creuser le dos).



Photo 7.3. Jeu du tunnel (serrer les fesses pour garantir l'extension du corps et permettre au partenaire de passer sous le tunnel).



Photo 7.5. Montée sur bloc (contrôler les petites oscillations latérales du genou et des épaules).

Mécanismes neuromusculaires adaptatifs après un entraînement de la force

Avant le PVC



Mécanismes
essentiellement
nerveux (meilleure
activation
neuromusculaire)

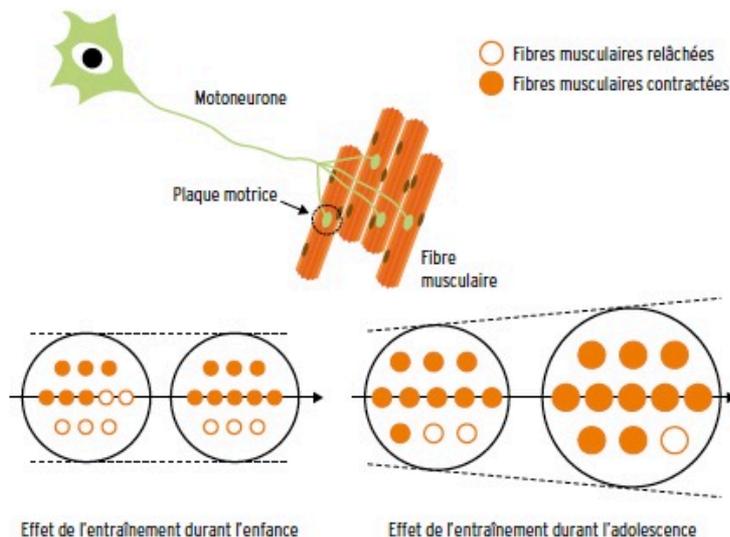


Figure 7.3. Mécanismes adaptatifs de l'entraînement de la force durant l'enfance et l'adolescence. Au cours de l'enfance, il se produit une amélioration de l'innervation intramusculaire (i.e. un meilleur recrutement et une meilleure synchronisation des unités motrices) sans augmentation de la taille des fibres musculaires innervées. Au cours de l'adolescence, l'augmentation de la force est majoritairement expliquée par l'hypertrophie des fibres musculaires.

Après le PVC



Mécanismes
nerveux et
musculaires
(hypertrophie
musculaire)

Les bénéfices de l'entraînement de la force chez l'enfant

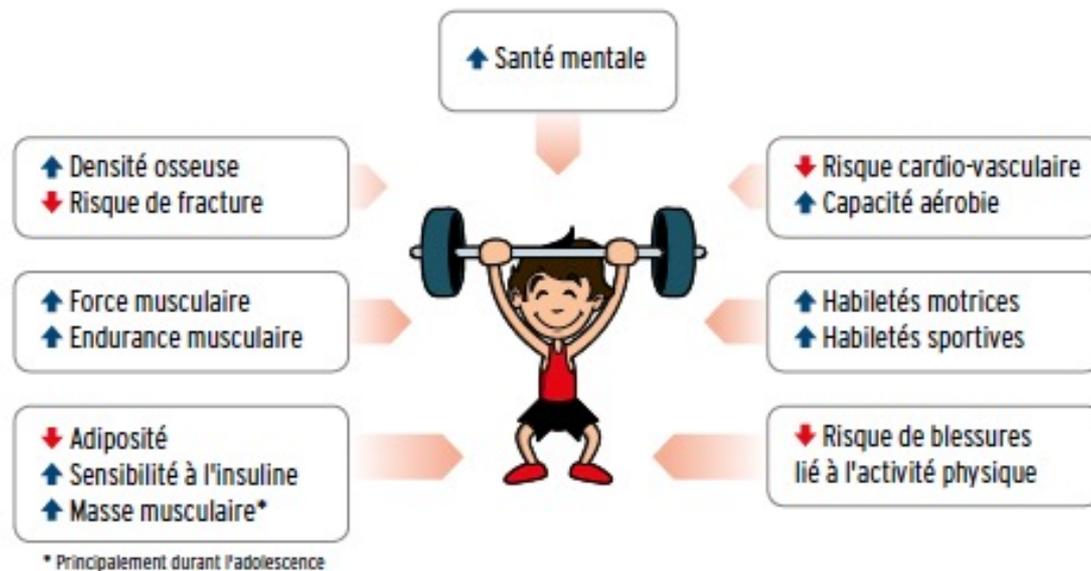


Figure 7.5. Les bénéfices de l'entraînement de la force au cours de la croissance.

La performance future de l'enfant est optimisée si celui-ci débute très tôt un programme d'entraînement basé sur les habiletés motrices générales et le développement des qualités neuromusculaires

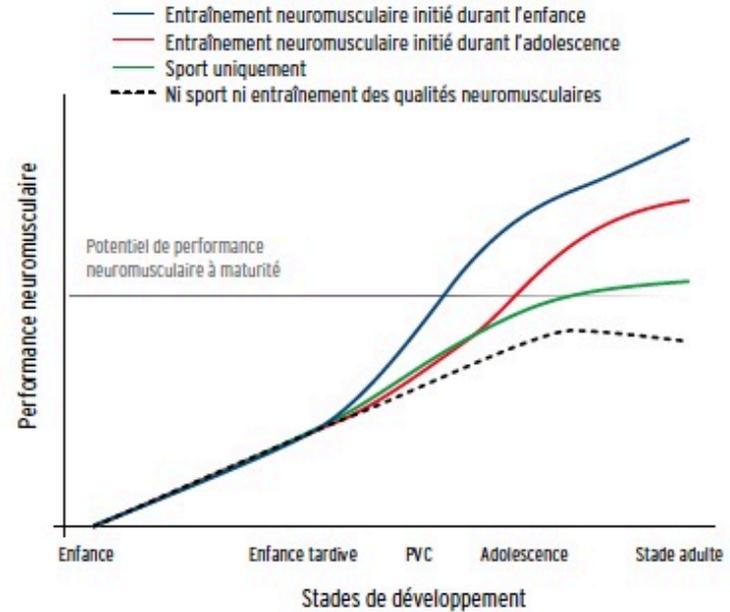


Figure 7.6. Modèle conceptuel comparant les effets d'un programme d'entraînement neuromusculaire diversifié initié à différentes périodes de la croissance de l'enfant sur la performance neuromusculaire. Ce modèle indique que la performance de l'enfant à l'âge adulte sera optimisée si celui-ci débute très tôt un programme d'entraînement basé sur les habiletés motrices fondamentales et le développement des qualités neuromusculaires (28). PVC : pic de vélocité de croissance staturale.

Prédiction de l'âge au PVC par rapport à l'âge chronologique

Results

Gender: Male Female
Date of Birth: 
(mm/dd/yyyy)
Date of Test: 
(mm/dd/yyyy)
Height: cm inches
(e.g. 170.5 cm or 67.1 inches)
Sitting Height: cm inches
(e.g. 82.3 cm or 32.4 inches)
Weight: kg pounds
(e.g. 60.3 kg or 132.7 lbs)

Calculate APHV

Clear

Home

Input:

Gender: Male
Date of Birth: 11/10/2000
Date of Test: 10/05/2011
Chronological Age: 10.9
Height: 139.5 cm
Sitting Height: 68 cm
Weight: 34.2 kg

Output:

Predicted APHV: 14.2
Predicted years from APHV: -3.3

1. Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G., Bailey, D.A., Beunen G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2002; 34(4); 689-694.



Evaluation de la taille assise



Prédiction de la taille adulte

Results

Gender: Male Female
Date of Birth: 
(mm/dd/yyyy)
Date of Test: 
(mm/dd/yyyy)
Height: cm inches
(e.g. 170.5 cm or 67.1 inches)
Sitting Height: cm inches
(e.g. 82.3 cm or 32.4 inches)
Weight: kg pounds
(e.g. 60.3 kg or 132.7 lbs)

Calculate APHV

Clear

Home

Input:

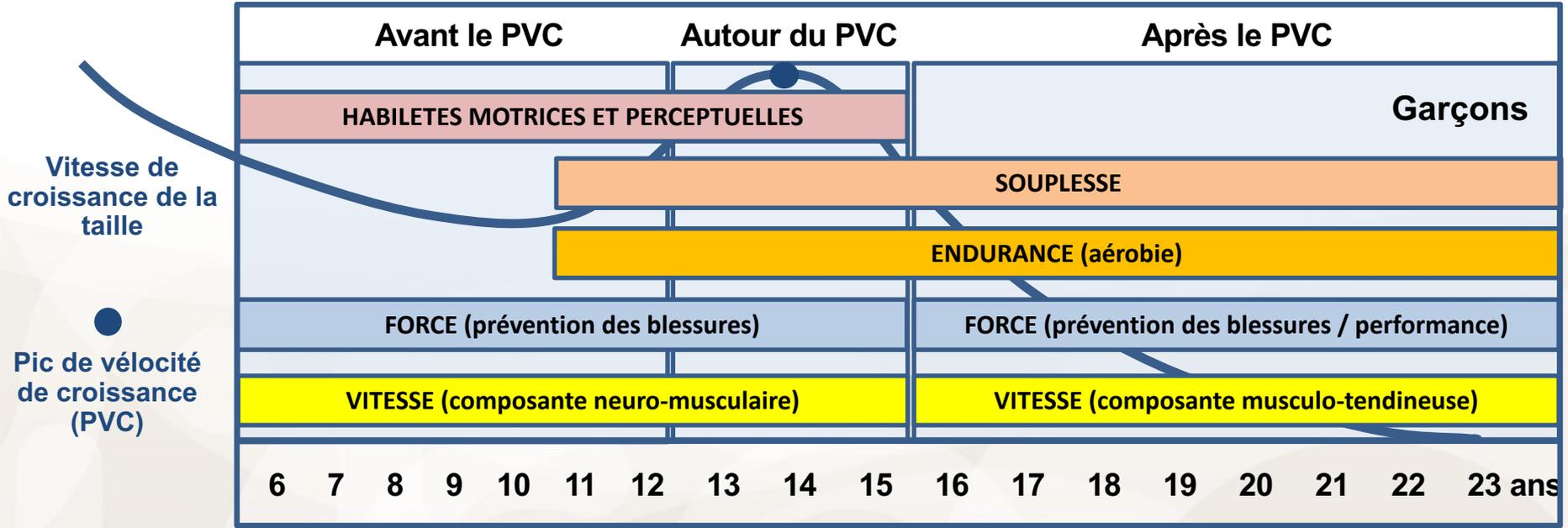
Gender: Male
Date of Birth: 11/10/2000
Date of Test: 10/05/2011
Chronological Age: 10.9
Height: 139.5 cm
Sitting Height: 68 cm
Weight: 34.2 kg

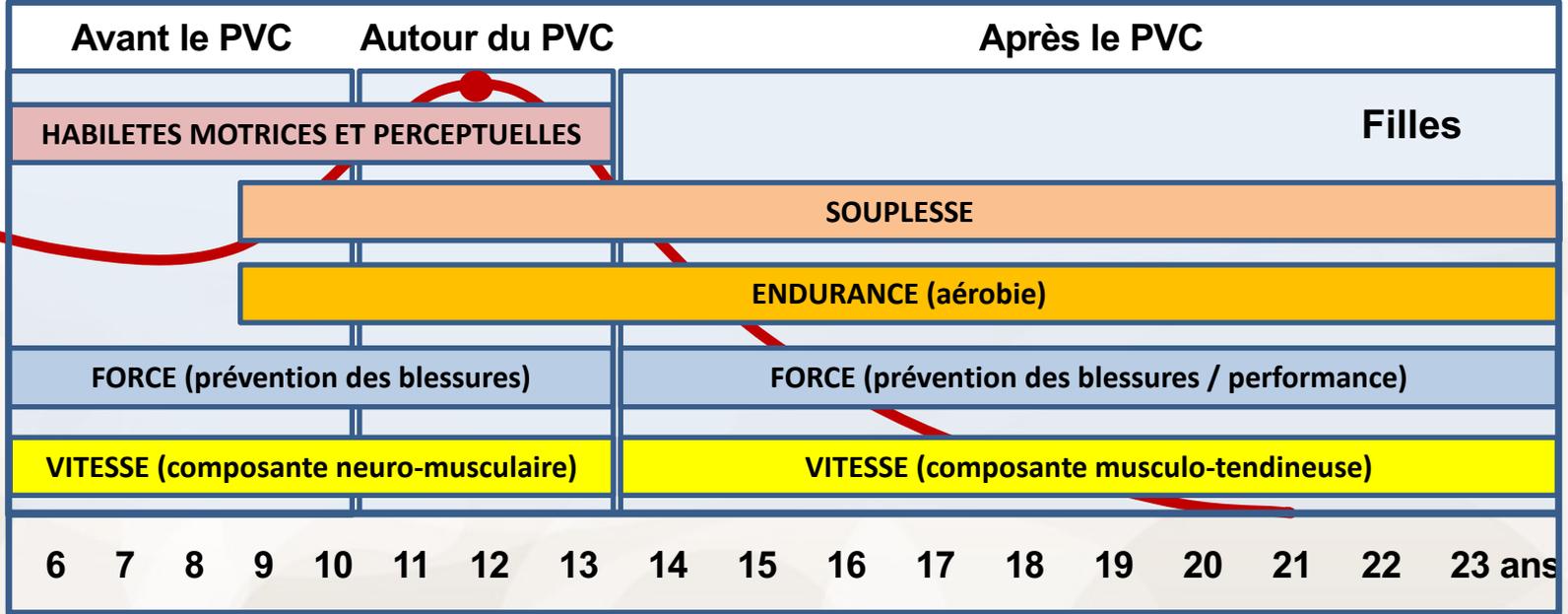
Output:

Predicted Maturity Classification: Average
Predicted Growth Remaining: 36.6 cm or 14.4 inches
Predicted Adult Height: 176.1 cm or 69.3 inches
Current Percentage Adult Height: 79.2

1. Sherar, L.B., Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G., Thomas, M. 2005. Prediction of adult height using maturity based cumulative height velocity curves. *Journal of Pediatrics*. 14:508-514



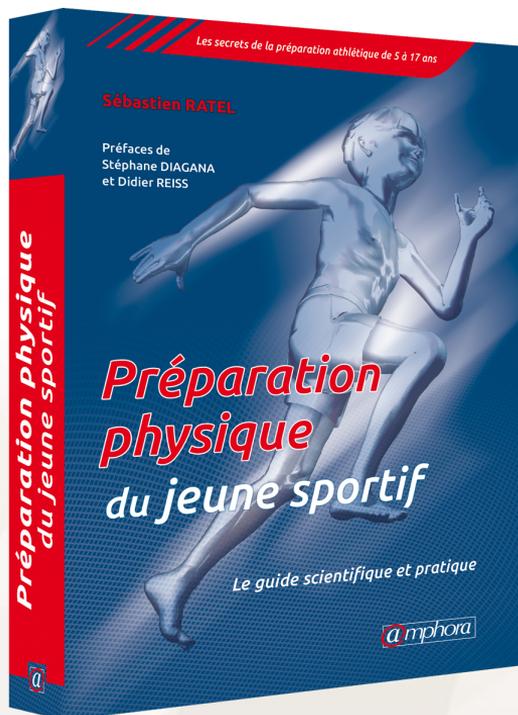




Vitesse de croissance de la taille

Pic de vélocité de croissance (PVC)

Merci pour votre attention



SOMMAIRE SIMPLIFIÉ

- 1 • Quelles sont les spécificités du jeune sportif au cours de l'exercice ?
- 2 • Est-il nécessaire d'évaluer la maturation biologique ?
- 3 • Doit-on adapter l'échauffement chez les jeunes sportifs ?
- 4 • Est-il important de faire des étirements chez les jeunes sportifs ?
- 5 • L'enfant est-il métaboliquement né endurant ?
- 6 • Les efforts lactiques sont-ils à proscrire chez les enfants ?
- 7 • La « musculation » est-elle réservée uniquement aux adultes ?
- 8 • Comment aborder le travail pliométrique au cours de la croissance ?
- 9 • Comment développer la vitesse au cours de la croissance ?
- 10 • L'entraînabilité des qualités physiques est-elle dépendante de la maturation ?
- 11 • Comment structurer l'entraînement au cours de la croissance ?
- 12 • Quelles sont les recommandations du CIO dans la préparation du jeune sportif ?

sebastien.ratel@uca.fr



**UFR SCIENCES ET TECHNIQUES
DES ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES**
Université Clermont Auvergne