

L'entraînement en force

Sébastien Ratel, Vincent Martin

1. Introduction

En raison des exigences du sport de haut niveau, les jeunes sportifs sont de plus en plus exposés à des régimes d'entraînement impliquant des charges de travail élevées. L'entraînement en force avec des appareils à charges additionnelles ou utilisant la masse corporelle est de plus en plus pratiqué par les jeunes sportifs pour augmenter leur force musculaire et le niveau de leur performance sportive. Cependant, bien que l'intérêt de l'activité physique soit de promouvoir la santé, l'entraînement en force pourrait prédisposer le jeune enfant à des risques de blessures, une croissance altérée et des difficultés psychologiques. Par conséquent, un certain nombre de questions peuvent être posées. Est-ce que l'entraînement en force est bénéfique pour augmenter la force musculaire et la performance athlétique chez l'enfant prépubère ? Quelles sont les conséquences de l'entraînement en force sur la santé du jeune sportif ? À quel âge devrions-nous proposer un entraînement en force dans les programmes d'entraînement ? Ce chapitre apportera des éléments de réponse à ces questions.

2. Terminologie

Dans ce chapitre, l'entraînement en force sera défini comme tout programme régulier d'exercices effectués avec charges additionnelles ou encore utilisant la masse corporelle, dans le but d'accroître la force musculaire. Les méthodes incluent les exercices utilisant le poids du corps tels que les pompes et les tractions, les charges libres ou les machines à poids et divers systèmes créant une résistance tels que les machines hydrauliques, les systèmes pneumatiques et isocinétiques et les ergomètres à charge de friction. Les exercices à intensité élevée seront définis comme tout exercice qui excède la puissance maximale du métabolisme aérobie et qui font appel essentiellement aux voies métaboliques anaérobies.

Les termes *prépubertaire* et *enfant* se référeront aux filles âgées de moins de 11 ans et aux garçons âgés de moins de 13 ans pour lesquels le développement des caractéristiques sexuelles secondaires n'a pas encore débuté. Les termes *pubertaire* et *adolescent* seront appliqués aux filles âgées entre 12 et 18 ans et aux garçons âgés entre 14 et 18 ans.

3. Efficacité de l'entraînement en force chez l'enfant

Dans le passé, plusieurs études ont montré que l'entraînement en force était inefficace chez les enfants. Par exemple, dans un article fréquemment cité, Vrijens (1978)

n'a rapporté aucune augmentation de la force des extenseurs du genou et des fléchisseurs du coude chez des jeunes enfants prépubères après un entraînement en force de 3 séances par semaine durant 8 semaines. Seul le groupe post-pubère a présenté une augmentation significative de la force et de la surface de section transversale musculaire des extenseurs du genou et des fléchisseurs du coude. Vrijens (1978) en a conclu que l'entraînement en force était inefficace avant la puberté en raison des faibles niveaux circulants d'androgènes. Cependant, dans cette étude, l'intensité de l'entraînement était modérée (en moyenne 70% d'une répétition maximale) et le volume d'entraînement par séance était insuffisant (une seule série d'exercice). L'inefficacité de l'entraînement en force chez les enfants prépubères a ensuite été rapportée par Docherty et coll. (1987). Ces auteurs ont montré qu'un programme d'entraînement en force de 3 séances par semaine durant 4 à 6 semaines était inefficace chez des enfants prépubères pour augmenter significativement la force isocinétique des extenseurs et des fléchisseurs du genou. **Cependant, le faible volume d'entraînement par séance et la courte durée du programme pourraient avoir compromis les résultats de l'étude.** Par conséquent, bien que les études mentionnées ci-dessus présentent plusieurs limites méthodologiques (*i.e.* un programme d'entraînement inapproprié en termes d'intensité, de fréquence et de durée et, dans certains cas, un manque de contrôle de la croissance et/ou de l'apprentissage), l'entraînement en force n'a pas été recommandé chez les enfants prépubères (Vrijens, 1978).

Au cours de ces deux dernières décennies, un nombre important de sociétés savantes et de revues de synthèse ont toutefois réfuté l'idée selon laquelle l'entraînement en force serait inefficace chez les enfants prépubères (American Academy of Pediatrics Council on Sports et coll., 2008 ; American College of Sports Medicine, 2006 ; Faigenbaum et coll., 2009 ; Faigenbaum et Myer, 2010). **Les données récentes de la littérature scientifique indiquent en effet que les enfants prépubères peuvent augmenter leur force musculaire lorsque l'entraînement est bien mené et contrôlé.** Une des premières études cliniques qui a bien contrôlé les charges de travail et qui a montré des bénéfices de l'entraînement en force chez les enfants prépubères est celle de Sewall et Micheli (1986). Dix-huit enfants prépubères ont réalisé un entraînement progressif en force sur des machines à poids 3 fois par semaine durant 9 semaines. Les enfants entraînés ont augmenté la force des muscles des membres supérieurs et inférieurs de 43% en moyenne alors que le groupe contrôle n'a subi une augmentation que de seulement 9% en moyenne. Des conclusions similaires ont été rapportées par Weltman et coll. (1986) chez des garçons prépubères à la suite d'un programme d'entraînement de 3 séances par semaine durant 14 semaines sur des machines à résistance hydraulique. Les auteurs ont trouvé une augmentation de 18 à 37% de la force isocinétique des muscles extenseurs et fléchisseurs du coude et du genou par rapport au groupe contrôle. Il a été conclu que l'entraînement en force avec un équipement à résistance hydraulique était à la fois sain et efficace chez les enfants prépubères.

Ramsay et coll. (1990) ont rapporté des gains similaires de force isométrique et isocinétique par rapport aux études citées ci-dessus sur divers groupes musculaires

malgré un programme d'entraînement plus long de 20 semaines, à une fréquence de 3 séances par semaine. Faigenbaum et coll. (1996) ont également étudié les effets de divers protocoles d'entraînement en force et ont rapporté des gains de force surprenants, atteignant jusqu'à 74% sur les extenseurs du genou et sur des exercices de développé couché après seulement 8 semaines d'entraînement.

Le degré de variabilité des gains de force pourrait être lié à des différences de volume d'entraînement (*i.e.* la quantité de travail réalisée par séance d'entraînement et par semaine). Il semble que les programmes à fort volume d'entraînement (*i.e.* 3 séries de 10-15 répétitions par exercice avec une charge modérée, 2-3 séances par semaine, et une durée d'entraînement de 8-14 semaines) induisent des gains de force majorés par rapport aux programmes d'entraînement à plus faible volume (Faigenbaum et coll., 1996). **De plus, la spécificité de l'entraînement et des tests d'évaluation pourrait contribuer à expliquer les différences de gains de force chez les enfants.**

Les formes d'entraînement combinées ont également été étudiées chez l'enfant. Ainsi, il a été récemment montré chez des jeunes footballeurs qu'associer un programme d'entraînement en force avec un programme spécifique au football augmentait plus significativement la force maximale des muscles des membres inférieurs et supérieurs et la performance athlétique (*i.e.* sprint de 30 m et la hauteur du saut vertical) qu'un entraînement en force seul (Christou et coll., 2006). De plus, la combinaison d'un entraînement en force avec de la plyométrie augmente plus la force musculaire qu'un entraînement en force seul chez des enfants de 12 ans (Ingle et coll., 2006). **Comme chez l'adulte, il paraît donc important de combiner l'entraînement en force avec des modalités d'exercice spécifiques à la discipline sportive de l'enfant afin d'obtenir un transfert des gains de force dans le geste spécifique.**

Enfin, l'effet du sexe sur les gains à l'entraînement en force chez l'enfant a également été étudié. **Il apparaît ainsi qu'il n'existe aucune, ou alors de faibles différences de gains de force, après entraînement chez les filles et les garçons avant et au début de la puberté** (Blimkie, 1989; Falk et Tenenbaum, 1996; Ingle et coll., 2006; Lillegard et coll., 1997; Malina, 2006). Cependant, d'autres études sont nécessaires avant de pouvoir tirer des conclusions définitives sur l'effet combiné de l'entraînement en force et du sexe.

En résumé, les enfants prépubères peuvent augmenter leur force musculaire en participant à un programme d'entraînement en force bien contrôlé sur des machines de musculation. En moyenne, les gains de force sont compris entre 10% et 40% au décours d'un entraînement en force de courte durée (< 20 semaines) (Falk et Tenenbaum, 1996). Cependant, des gains de force allant jusqu'à 74% ont été rapportés chez des enfants prépubères (Faigenbaum et coll., 1996). Bien que les conditions optimales de développement de la force par l'entraînement chez les enfants soient encore débattues, les enfants développent significativement plus de force sur des machines à poids après des programmes d'entraînement à répétitions élevées avec des charges modérées qu'avec des programmes à plus faibles répétitions avec des charges plus lourdes (Faigenbaum et coll., 2001; Faigenbaum et coll., 1999). Il s'avère aussi qu'une

fréquence d'entraînement de deux séances par semaine est suffisante pour induire des gains de force significatifs chez les jeunes athlètes (Faigenbaum et coll., 1996). Cependant, des séances d'entraînement plus fréquentes et plus spécifiques sont susceptibles d'induire des gains de force plus élevés.

4. Les mécanismes physiologiques du développement de la force

Bien que les facteurs du développement de la force au décours d'un entraînement en force aient été largement examinés chez les adultes (Folland et Williams, 2007 ; Gabriel et coll., 2006), peu d'études se sont intéressées aux mécanismes responsables des gains de force chez les enfants. De nombreux facteurs situés au niveau musculaire, nerveux, ou encore tendineux, pourraient contribuer au développement de la force après un programme d'entraînement en force (Folland et Williams, 2007 ; Gabriel et coll., 2006). Cependant, la contribution relative de ces facteurs pourrait être différente suivant l'âge, le sexe et la maturation de l'enfant.

Afin de déterminer la contribution de l'hypertrophie musculaire à l'augmentation de la force chez les enfants, plusieurs études ont inclus des mesures biométriques dans l'évaluation des gains de force après l'entraînement (Granacher et coll., 2011 ; Mersch et Stoboy, 1989 ; Ramsay et coll., 1990). Ces études ont utilisé des techniques de mesure indirectes telle que l'anthropométrie ou des méthodes directes d'imagerie médicale. Les résultats de ces études montrent que, avant la puberté, les programmes d'entraînement en force n'induisent pas d'hypertrophie musculaire significative (Granacher et coll., 2011 ; Ramsay et coll., 1990). Cependant, certaines études ont remis en question cette conclusion et ont suggéré que l'hypertrophie musculaire pouvait survenir chez les enfants prépubères après un programme d'entraînement en force (Fukunaga et coll., 1992 ; Mersch et Stoboy, 1989). En effet, Mersch et Stoboy (1989) ont rapporté une augmentation de la surface de section transversale musculaire des extenseurs du genou (de 4 à 9%) chez deux garçons jumeaux monozygotes prépubères après un entraînement en force de 10 semaines par rapport à leur jumeau témoin respectif. Des conclusions similaires ont été rapportées par Fukunaga et coll. (1992) sur une cohorte de 52 filles et garçons prépubères. Dans cette étude, la section transversale musculaire des fléchisseurs du coude a augmenté en moyenne de 8% après un programme d'entraînement isométrique en force de 12 semaines. Cette hypertrophie a été attribuée à une augmentation significative des surfaces osseuse et musculaire. Le groupe contrôle n'a en revanche subi qu'une augmentation de la surface graisseuse. De façon intéressante, l'augmentation de la surface de section musculaire après entraînement a été corrélée avec l'âge squelettique. Par conséquent, même s'il est encore prématuré de tirer des conclusions définitives, ces deux études laissent entrevoir des possibilités d'hypertrophie musculaire après un entraînement en force chez les enfants avant la puberté. Ces possibilités semblent majorées avec l'avancée en âge.

D'après Fukunaga et coll. (1992), l'augmentation de la surface musculaire après un entraînement en force chez les enfants prépubères représenterait 50% de celle observée chez les adultes. Les travaux de Faigenbaum (Faigenbaum, 2000; Faigenbaum et coll., 2009) suggèrent par ailleurs que des programmes d'entraînement en force plus intenses, avec des durées d'entraînement plus longues, et des techniques de mesure plus sensibles du volume musculaire pourraient potentiellement mettre en évidence des effets plus importants de l'entraînement en force sur l'hypertrophie musculaire chez des enfants prépubères.

Contrairement à ceux rapportés chez les enfants prépubères, les résultats sur les adaptations musculaires des adolescents à l'entraînement en force ne souffrent d'aucune controverse. **Dans cette population, les gains de force pourraient être expliqués par une hypertrophie musculaire plus conséquente en raison des taux circulants plus élevés d'hormones gonadiques et de croissance (Faigenbaum, 2000).**

Alors que l'hypertrophie musculaire reste encore sujet à controverses, les adaptations nerveuses après l'entraînement en force s'avèrent plus évidentes chez les enfants prépubères (Blimkie, 1989; Ozmun et coll., 1994; Ramsay et coll., 1990; Weltman et coll., 1986). Par exemple, Ozmun et coll. (1994) ont rapporté des gains de force des fléchisseurs du coude (+25%) chez des enfants prépubères après un entraînement en force de 8 semaines sans toutefois noter de changements dans la circonférence des bras. Ces résultats suggèrent que les gains de force ne sont pas dus à une hypertrophie musculaire, et la plus grande amplitude des signaux électromyographiques (+17%) démontre une activation nerveuse augmentée. De la même façon, Weltman et coll. (1986) ont attribué les gains de force à des adaptations nerveuses après un entraînement en force de 14 semaines chez des enfants prépubères en l'absence de modification des circonférences musculaires. Cependant, il faut interpréter ces conclusions avec prudence. En effet, ces auteurs ont suggéré que les gains de force étaient d'origine nerveuse car ils n'ont pas observé d'hypertrophie. Or, dans ces travaux, la variation de masse musculaire a été mesurée à partir de méthodes anthropométriques. Il est désormais admis que l'anthropométrie induit un biais de mesure par rapport aux méthodes de référence (*i.e.* l'imagerie par résonance magnétique), plus particulièrement chez les enfants prépubères (Tonson et coll., 2008). De plus, comme l'ont indiqué Folland et Williams (2007), toute augmentation de la force spécifique (normalisée à la taille du muscle) peut être expliquée non seulement par des adaptations nerveuses mais aussi par des modifications de l'architecture musculotendineuse.

À notre connaissance, une seule étude a mesuré directement les adaptations nerveuses à la suite d'un entraînement en force chez des enfants prépubères. En utilisant la technique de la secousse surimposée, Ramsay et coll. (1990) ont montré que 10 semaines d'entraînement en force augmentaient significativement l'activation nerveuse des fléchisseurs du coude (+9%) et des extenseurs du genou (+12%) et qu'un entraînement supplémentaire de 10 semaines n'engendrait que de faibles gains additionnels (+3 et +2% pour les fléchisseurs du coude et les extenseurs du genou, respectivement). Cette étude démontre en l'occurrence que les adaptations

nerveuses surviennent de façon prédominante au début de l'entraînement, conformément à ce que l'on observe chez l'adulte.

D'autres facteurs potentiels tels que les propriétés intrinsèques du muscle squelettique pourraient également expliquer l'augmentation de la force après un entraînement en force chez l'enfant. Ramsay et coll. (1990) ont en effet montré qu'un entraînement en force pouvait augmenter la force évoquée par une stimulation électrique sans modifier la surface de section musculaire, indiquant ainsi des adaptations périphériques dans le couplage excitation-contraction. Bien que ce soit encore spéculatif, il est probable que les gains de force induits par l'entraînement en force soient aussi attribués, dans une certaine mesure, à une coordination motrice améliorée, notamment dans les tâches motrices multi-articulaires complexes (Blimkie, 1993), et à des changements d'architecture musculaire comme l'angle de pennation des fibres (Behm et coll., 2008 ; Faigenbaum et coll., 2009). Une levée des inhibitions centrales pourrait également être à l'origine de l'augmentation de la force après entraînement en force chez les enfants (Faigenbaum et coll., 2009).

En résumé, les gains de force au décours d'un entraînement en force chez les enfants prépubères semblent être principalement expliqués par des adaptations nerveuses et très modestement par une hypertrophie musculaire. En revanche, les gains de force chez les adolescents pourraient être plus largement expliqués par une hypertrophie musculaire en raison des plus forts taux circulants d'hormones androgéniques.

5. Réversibilité des gains de force chez l'enfant

Les gains de force induits par l'entraînement en force peuvent être partiellement ou complètement perdus si le stimulus d'entraînement est insuffisant ou aboli (Mujika et Padilla, 2000). Seules quelques études se sont intéressées aux effets du désentraînement sur la force musculaire à l'issue d'un programme d'entraînement en force chez les enfants (Blimkie et coll., 1989 ; Christou et coll., 2006 ; Derenne et coll., 1996 ; Faigenbaum et coll., 1996 ; Sewall et Micheli, 1986 ; Tsolakis et coll., 2004). Cela est d'autant plus surprenant que les jeunes athlètes ont des périodes d'entraînement réduites ou des périodes d'inactivité qui sont expliquées par la planification de l'entraînement, les blessures, les déplacements ou bien la démotivation.

Plusieurs études ont montré que les gains de force étaient réversibles lorsque les programmes d'entraînement étaient ralentis ou interrompus. Par exemple, sur une période de 9 semaines de désentraînement, Sewall et Micheli (1986) ont rapporté une baisse de 1,4% en moyenne par semaine de la force isométrique chez des enfants prépubères. Faigenbaum et coll. (1996) ont par ailleurs rapporté un déclin moyen de 3% par semaine à l'issue d'une période de désentraînement de 8 semaines. Plus récemment, Ingle et coll. (2006) ont montré que les gains de force obtenus par un entraînement combiné de 12 semaines (entraînement en force + pliométrie) disparaissaient totalement après 12 semaines de désentraînement chez des enfants en début de phase pubertaire. D'après Guy et Micheli (2001), la vitesse du déclin de la force est

dépendante de l'amplitude des gains de force acquis par l'entraînement, du niveau d'inactivité et de la durée du désentraînement. Les effets de la croissance sur la prise de masse musculaire et la production de la force devraient également être considérés pour expliquer les vitesses du déclin de la force durant les phases d'inactivité chez les enfants. Les valeurs rapportées chez les enfants semblent en moyenne légèrement supérieures aux valeurs rapportées chez les adultes (0,5% à 1,5% par semaine (Mujika et Padilla, 2001)). Il existe toutefois une certaine variabilité dans les résultats rapportés chez les adultes. Plus spécifiquement, les gains « récents » en force semblent très rapidement réversibles chez l'adulte (Mujika et Padilla, 2001), à une vitesse comparable à ce qui a été rapporté chez les enfants. Les vitesses de désentraînement rapportées chez les enfants pourraient donc être liées à la relative « jeunesse » des gains en force, qui nécessitent donc d'être stabilisés au cours du temps via le maintien d'un stimulus d'entraînement.

La quantité de travail nécessaire pour maintenir ou ralentir la perte des adaptations induites par l'entraînement au cours d'une période de désentraînement reste toutefois à être définie chez les enfants. Dans une étude impliquant 6 garçons prépubères, un programme d'entretien d'une seule séance par semaine n'a pas été suffisant pour maintenir les gains de force acquis au cours d'un programme d'entraînement progressif en force de 20 semaines (Blimkie et coll., 1989). En revanche, De Renne et coll. (1996) ont montré dans un groupe de jeunes joueurs de baseball qu'un entraînement en force avec une seule séance hebdomadaire était aussi efficace qu'un entraînement avec deux séances par semaine pour maintenir les gains de force durant une période de désentraînement. **D'autres auteurs ont observé que 8 semaines d'entraînement incluant seulement des séances de football pouvaient maintenir les gains de puissance musculaire induits antérieurement par 10 semaines d'entraînement en pliométrie chez des jeunes footballeurs prépubères** (Diallo et coll., 2001).

Par conséquent, des études complémentaires sont nécessaires pour que des recommandations puissent être faites chez les enfants afin de maintenir et entretenir leur niveau de performance au cours d'une période de réduction ou d'interruption de l'entraînement. Dans l'objectif du maintien d'un niveau de performance, les enfants devraient participer à des programmes d'entretien au cours des périodes de vacances (Faigenbaum, 2000). Bien que les données soient encore limitées, il semble que, chez les enfants prépubères, le déclin des gains de force durant une période de désentraînement soit expliqué par une baisse du niveau d'activation nerveuse et d'une coordination motrice moins efficace (Blimkie et coll., 1989; Blimkie, 1993). De plus, en raison d'une prise potentielle de masse musculaire par l'entraînement chez les enfants pubères (Vrijens, 1978), il est possible que les effets du désentraînement sur le déclin de la force soient expliqués chez les adolescents par une perte de masse musculaire et une altération de l'activation nerveuse, conformément à ce qui est observé chez l'adulte (Mujika et Padilla, 2001).

6. Les effets potentiels sur la croissance et la maturation

L'impact que peut avoir l'entraînement en force sur le développement corporel de l'enfant suscite encore de nombreuses questions par les entraîneurs et les parents. Pour répondre à cette question, la plupart des études ont comparé la taille des enfants s'entraînant intensément à celle d'enfants pratiquant une activité physique à intensité modérée (Malina, 2006). La littérature scientifique montre notamment que l'entraînement en force n'hypothèque pas l'augmentation de la taille des enfants, tout au moins lorsque les durées des programmes d'entraînement sont comprises entre 8 et 20 semaines (Malina, 2006). Cependant, il est nécessaire d'approcher cette question avec précaution puisque la vitesse d'augmentation de la taille avant la période pubertaire est d'environ 5 cm par an, et que les programmes d'entraînement en force d'une durée inférieure à 20 semaines sont trop courts pour détecter un effet éventuel de l'entraînement en force sur la taille des enfants (Falk et Eliakim, 2003). Pour répondre convenablement à la question, l'impact de l'entraînement en force sur la vitesse de croissance corporelle devrait être examiné longitudinalement sur plusieurs années jusqu'à l'atteinte de la taille définitive.

Jusqu'à présent, seul Sadres et coll. (2001) ont démontré sur une intervention de 21 mois que l'entraînement en force augmentait la force musculaire des enfants prépubères comparés à des enfants contrôles sans avoir d'effet néfaste sur leur croissance. Ce résultat peut paraître surprenant puisque les filles gymnastes prépubères, qui subissent des charges de travail importantes au cours de leur entraînement, ont des vitesses de croissance ralenties par rapport à des enfants contrôles (Bass et coll., 2000 ; Caine et coll., 2001). Cependant, ce résultat ne semble pas être lié à l'entraînement en lui-même mais plutôt à la sélection naturelle et aux troubles alimentaires, fréquemment observés dans cette population sportive (Bass et coll., 2000 ; Caine et coll., 2001) ; cf. chapitre 11 : « Sport intensif et croissance ». Cette conclusion a été confirmée chez des athlètes pubères pratiquant le sport à un niveau national en natation, tennis, handball et gymnastique (Damsgaard et coll., 2000). Damsgaard et coll. (2000) ont montré que les facteurs génétiques, la taille atteinte entre 2 et 4 ans avant de commencer le sport, ainsi que le niveau de maturation étaient des facteurs décisifs dans la taille atteinte entre 9 et 13 ans. De façon intéressante, ces auteurs n'ont montré aucune influence significative du type de sport et du nombre d'heures d'entraînement sur la maturation et la taille atteinte. Cela suggère fortement que le choix du sport chez les enfants est dépendant des facteurs anthropométriques, et que le sport en lui-même a une faible importance dans la taille de l'individu. Cela n'exclut cependant pas que la forme de l'entraînement ainsi que la nutrition puissent jouer un rôle dans la taille atteinte à l'âge adulte (cf. chapitre 11 : « Sport intensif et croissance »). Par conséquent, à présent, il n'existe pas d'argument scientifique qui permet d'affirmer qu'un entraînement bien conduit en force entrave la croissance et la maturation chez le jeune athlète.

Par ailleurs, il existe des preuves scientifiques montrant que l'entraînement en force peut avoir des effets positifs sur le développement psychomoteur et la santé de l'enfant. Il a ainsi été montré que l'entraînement en force permet d'améliorer la stabilité articulaire, le contrôle postural, l'activité spontanée de l'enfant et le taux de masse grasse (Faigenbaum et coll., 2009). L'entraînement en force a donc des effets très positifs sur le développement de l'enfant, à condition qu'il soit bien conduit.

7. Les risques de blessure

Malgré les bienfaits évoqués ci-dessus, il subsiste toujours une réticence à mettre en place de l'entraînement en force chez les enfants. Une des raisons les plus fréquemment invoquées est le risque potentiellement élevé de blessures qui est associé à l'utilisation des machines à poids et des charges libres. En effet, il est souvent rapporté que les programmes d'entraînement en force conduisent à des blessures des plateaux épiphysaires, des cartilages, des ligaments et des muscles. Cependant, la littérature scientifique récente ne supporte pas cette idée chez les jeunes sportifs, si les précautions d'usage et les recommandations sont bien respectées.

Par exemple, Sewall et Micheli (1986) n'ont rapporté aucune blessure chez des enfants prépubères pratiquant des séances d'entraînement en force sur des machines à poids trois fois par semaine durant 9 semaines. Weltman et coll. (1986) ont également montré, chez des garçons prépubères, qu'un entraînement de 14 semaines en force sur des appareils à résistance hydraulique n'induisait aucun dommage musculaire et osseux. De plus, Lillegard et coll. (1997) n'ont rapporté qu'une seule blessure mineure chez des enfants exposés à un régime d'entraînement en force de 12 semaines. Étant donné que les charges de travail sur des machines à poids sont calculées à des pourcentages d'une répétition maximale (1 RM), Faigenbaum et coll. (2003) ont cherché à savoir si les exercices sollicitant 1 RM pouvaient être potentiellement dangereux chez les enfants. Pour répondre à cette question, des filles et des garçons âgés entre 6 et 13 ans ont effectué un test avec 1 RM sur des machines à poids pour les membres supérieurs et inférieurs. Aucune blessure n'a été rapportée et les enfants ont bien toléré le test. Faigenbaum et coll. (2003) en ont conclu que les enfants peuvent réaliser des tests à 1 RM à condition que les recommandations soient bien respectées.

Par conséquent, il semble que les risques de blessure associés à l'entraînement en force chez les enfants ne soient pas plus élevés que ceux associés à la pratique du sport de loisirs et de compétition (Faigenbaum et Myer, 2010 ; Guy et Micheli, 2001). Myer et coll. (2009) ont par ailleurs rapporté que le taux d'incidence des entorses et lésions musculaires était moins élevé chez les enfants que chez les adultes dans le cadre de l'entraînement en force, ce qui est conforme à ce qui est rapporté pour d'autres pratiques sportives (cf. chapitre 14 : « Les problèmes médicaux de l'enfant sportif »). La majorité des blessures associées à la pratique de l'entraînement en force chez les enfants résultent donc d'accidents qui sont potentiellement évitables grâce à la mise en place d'un encadrement renforcé et au respect strict des règles de sécurité.

8. Les recommandations pratiques

De nombreuses sociétés savantes et plusieurs revues de synthèse (Behm et coll., 2008 ; Faigenbaum, 2000 ; Hass et coll., 2001 ; Webb, 1990) ont proposé des recommandations pour augmenter la force musculaire et la performance athlétique tout en réduisant les risques de blessures chez les enfants. Ces recommandations précisent que :

- 1) Les programmes d'entraînement en force doivent être proposés par des professionnels qualifiés qui ont une expérience d'enseignement avec les enfants. Il est nécessaire que les entraîneurs et les enseignants utilisent un niveau de langage qui soit adapté aux enfants. **Tous les exercices doivent être clairement expliqués et correctement démontrés** aux enfants. Les lieux de pratique doivent être exempts de tout danger, et le matériel doit être adapté aux caractéristiques morphologiques des enfants (les machines de musculation notamment).
- 2) Un échauffement de 5 à 10 min comprenant des exercices aérobies et d'étirement est nécessaire avant toute séance d'entraînement en force. Il a été notamment montré qu'un **échauffement dynamique** augmentait les performances aérobie et anaérobie chez les enfants (Faigenbaum et coll., 2005 ; Faigenbaum et coll., 2006).
- 3) Les premières séances d'entraînement en force doivent être orientées **vers du travail technique**, et notamment vers un travail de placement sur des appareils de renforcement musculaire variés avec des charges légères (<50% d'1 RM). Débuter un programme d'entraînement en force avec une seule série de 13 à 15 répétitions sur chaque appareil permet non seulement d'augmenter la performance mais aussi de parfaire la réalisation gestuelle garante de la prévention des blessures.
- 4) **Des exercices incluant le poids du corps, des élastiques et des médecine-balls devraient être proposés en début de programme chez les débutants.** Des exercices incluant des charges libres pourraient ensuite être proposés. Il est également important d'inclure des exercices pluri-articulaires dans les programmes d'entraînement parce qu'ils permettent de **travailler la coordination motrice**. Afin d'assurer un transfert de force dans l'activité sportive, **la combinaison d'un entraînement en force avec un programme d'entraînement au geste sportif spécifique est fortement recommandée.**
- 5) **Les groupes musculaires majeurs doivent être sollicités**, sur des amplitudes articulaires complètes. Les exercices renforçant la musculature de soutien, notamment au niveau abdominal et lombaire, doivent aussi être incorporés dans les programmes d'entraînement. Afin d'éviter tout traumatisme au niveau du rachis, les mouvements de musculation ou d'haltérophilie avec des charges soulevées au-dessus de la tête sont à proscrire chez les enfants. Le développement musculaire doit enfin être symétrique, assurant ainsi un bon équilibre des forces autour de l'articulation (Mountjoy et coll., 2008).
- 6) La charge d'entraînement doit être **augmentée progressivement** tout au long du programme. Cela peut être fait en augmentant l'intensité, le nombre de répétitions ou le nombre de séries. La charge de travail sur les machines à poids peut être

Tableau 1. Recommandations pratiques pour la mise en place d'entraînement en force de difficulté croissante chez les enfants prépubères. (Adapté de Faigenbaum et coll., 2009.)

	Débutant	Débrouillé	Expert
Mode de contraction	EXC et CON	EXC et CON	EXC et CON
Type d'exercice	Mono- et pluri-articulaire	Mono- et pluri-articulaire	Mono- et pluri-articulaire
Intensité	50-70% 1 RM	60-80% 1 RM	70-85% 1 RM
Volume	1-2 séries × 10-15 rép.	2-3 séries × 8-12 rép.	≥ 3 séries × 6-10 rép.
Temps de récupération inter-séries (min)	1	1-2	2-3
Fréquence (jours/semaine)	2-3	2-3	3-4

EXC = excentrique

CON = concentrique

RM = répétition maximale

fixée en pourcentage d'1 RM. Cependant, les tests à 1 RM doivent être effectués avec un échauffement adéquat et en augmentant progressivement les charges. Ils doivent également être effectués sous le contrôle d'un professionnel. En moyenne, des charges de 70 à 80% sont généralement conseillées chez les enfants ayant une expérience de l'entraînement en force. Le tableau 1 fournit des recommandations quant à la charge d'entraînement à programmer en fonction du niveau de pratique.

- 7) Les modes de **contraction dynamiques** (i.e. excentrique et concentrique) sont à favoriser, car ils permettent l'apprentissage de la coordination motrice. Des contractions isométriques peuvent enrichir le programme d'entraînement, mais dans de faibles proportions.
- 8) Pour les sports où la force est un déterminant clé de la performance, une fréquence d'entraînement de 2 à 3 séances (non consécutives) par semaine est nécessaire. Il a en effet été montré chez les enfants qu'une seule séance d'entraînement par semaine était insuffisante pour induire des changements notables de la force musculaire (Faigenbaum et coll., 2002). Le tableau 1 propose des recommandations de fréquence d'entraînement en fonction du niveau de pratique.
- 9) En raison d'une plus faible fatigabilité musculaire chez les enfants (cf. chapitre 4 : « Fatigue musculaire chez l'enfant »), des intervalles de récupération plus courts que ceux habituellement employés par les adultes pourraient être proposés entre les exercices intenses chez les enfants. **Toutefois, avec l'augmentation du niveau de pratique et des charges d'entraînement, il est recommandé de proposer des durées de récupération inter-séries comparables à celles utilisées chez les adultes.** Cette recommandation pourrait également être applicable dans le cas des adolescents, dont la fatigabilité musculaire est plus élevée que celle des enfants (Sadres et coll., 2001). Le tableau 1 propose des recommandations de durée de récupération entre séries pour les enfants en fonction du niveau de pratique.

10) Enfin, les programmes de **renforcement musculaire doivent être considérés comme complémentaires** aux programmes d'entraînement dans la discipline sportive, et non pas comme un entraînement exclusif. Les objectifs doivent rester réalistes et établis suivant les capacités psychologiques et physiques, et les envies de chaque enfant.

9. Conclusion

Il est maintenant bien admis que l'entraînement en force est un moyen sain et efficace de développer la force, la puissance et la performance athlétique chez les enfants à condition de respecter les règles de sécurité sur chaque appareil et que les séances soient effectuées sous le contrôle d'un professionnel compétent. Les études ont montré des gains de force compris entre 10% et 40% après des programmes d'entraînement en force effectués sur des machines à poids. Contrairement aux idées reçues, les risques de blessure associés à l'entraînement en force chez les enfants ne sont pas plus élevés que ceux associés à la pratique du sport de loisirs et de compétition. À l'heure actuelle, il n'existe pas d'argument scientifique supportant l'idée selon laquelle l'entraînement en force altère la croissance et la maturation de l'enfant. L'entraînement en force seul ne doit toutefois pas se substituer à l'entraînement spécifique dans la discipline sportive mais doit plutôt être considéré comme un moyen complémentaire d'augmenter la force, la puissance et la performance athlétique à travers une planification bien contrôlée.

L'enfant et l'activité physique

de la théorie à la pratique

Sous la direction de
Sébastien Ratel & Vincent Martin

