

الخصائص الفيزيولوجية للتدريب الهوائي و اللاهوائي لدى الأطفال و المراهقين

د. درويش محمد- جامعة أم البواقي - الجزائر- derouiche.mohammed@univ-oeb.dz

د. الأطرش زبير - جامعة أم البواقي- الجزائر - latrache.Zoubir@univ-oeb.dz

د. شريط عادل - جامعة أم البواقي- الجزائر - cheriet.adel@univ-oeb.dz

Abstract: This study aims to identify the characteristics of growth in the child and adolescent and its relationship to aerobic and anaerobic training, Where a set of changes occur from the biological, psychological, kinetic and even mental aspects, so the process of aerobic and anaerobic training must take into account the different stages of growth, hormones also play an important role in the formation and building of the body, where we notice a set of differences between the sexes that determine the nature of the bodily components. And in order to avoid the methodological problems related to training the physical characteristics of the child and adolescent it is important to study the various adaptations and transformations in all aspects, including (functional organs, muscular development, physical components, psychological and behavioral changes ... etc). Maximum volume of oxygen develop As we progress through the stages of growth, This would clarify the optimal methods and stages for developing aerobic fitness. Addressing the energy sources and their ratios to the anaerobic mechanism (ATP, PCr, glysogen), clarify how to train and deal with high intensity physical activity.

Key words: Physiology, Aerobic Training, Anaerobic Training.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف عن خصائص النمو لدى الطفل و المراهق و علاقته بالتدريب الهوائي و اللاهوائي، أين تحدث مجموعة من التغيرات من الجانب البيولوجي و النفسي و الحركي و حتى الذهني، لذلك فإن عملية التدريب الهوائي و اللاهوائي يجب أن يراعى فيها مختلف مراحل النمو. كما تلعب الهرمونات دورا مهما في تكوين و بناء الجسم أين نلاحظ مجموعة من الفروق بين الجنسين و التي من شأنها أن تحدد طبيعة المكونات الجسمية. ومن أجل تفادي المشاكل المنهجية المتعلقة بتدريب الصفات البدنية للطفل و المراهق من المهم أن ندرس مختلف التكيفات و التحولات من جميع الجوانب منها (الأجهزة الوظيفية، التطور العضلي، المكونات الجسمية، التغيرات النفسية والسلوكية...الخ). تتطور مستويات الحجم الأقصى للأكسجين كلما تقدمنا في مراحل النمو وهذا من شأنه أن يوضح الطرق و المراحل المثلى لتطوير اللياقة الهوائية. التطرق إلى أنواع المصادر الطاقوية ونسبها للآلية اللاهوائية (ATP، PCr، glycogène)، يوضح كيفية التدريب و التعامل مع النشاط البدني العالي الشدة.

الكلمات المفتاحية: الفيزيولوجيا، التدريب الهوائي، التدريب اللاهوائي.

مقدمة:

يؤكد البيولوجيون على وجود مشاكل منهجية متعلقة بتدريب الصفات البدنية للطفل و المراهق . من أجل المعرفة الدقيقة لتأثير التمارين أو التدريب على الأجسام الغير ناضجة بيولوجيا (في طور النمو) من المهم أن نقوم بمجموعة من الدراسات الخاصة بمختلف الفئات العمرية لتطور ونمو الطفل. منها الدراسات الطولية، الدراسات التي تضم التوائم المتماثلة (متدرب و غير متدرب)، الدراسات التي تطرح مشاكل أخلاقية في إنجازها، مثل دفع الطفل إلى أقصى حد أي حتى الإرهاق، أو أخذ عينات من الأنسجة. (Laurent G, 2002, P04).

إن التغيرات المتعلقة بالنمو لدى الطفل و المراهق من شأنها أن توضح مختلف التطورات الحاصلة في مستويات الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) المطلق المعبر عنه بالترادقية، الذي يرتفع خطيا كلما تقدمنا في العمر وصولا إلى 18 سنة، و هذا راجع إلى التطورات الحاصلة في الجهاز الرئوي و القلي الوعائي من جهة وإلى التحولات المرفولوجية منها الطول و الوزن في مختلف مراحل النمو قبل البلوغ وما بعد البلوغ. كما تختلف هذه النسب بين الذكور و الإناث عند الأخذ بعين الاعتبار ذروة النمو و التي تختلف نوعا ما بين الجنسين (الذكور و الإناث). بينما الحجم الأقصى للأكسجين ($VO_2 max$) النسبي و المعبر عنه (مل\كلغ\د) لا يخضع إلا إلى تغيرات ضعيفة لدى الذكور، بينما ينخفض لدى الإناث عند البلوغ بسبب زيادة الكتلة الدهنية، إضافة إلى تأثير العوامل الوراثية التي تلعب دورا كبيرا في تحديد مستويات الحجم الأقصى للأكسجين المستهلك (VO_2max).

ممارسة النشاطات البدنية و الرياضية من شأنها أن تؤدي إلى تحسين مستويات القدرة القصوى الهوائية سواء على مستوى النشاط البدني المدرسي (EPS) أو التدريب في النوادي الرياضية (Le Chevalier et al, 1989, P6). كما أشار (Bar-Or (1987) أن الأطفال الأقل من 10 سنوات قبل سن البلوغ بالكاد تكون لديهم حساسية للتدريب الهوائي، حيث سجل الباحث وجود تأثير ضعيف أو غياب كلي للتغير في قيم الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) لدى الأطفال في هذا العمر تحت تأثير برنامج مهم يستخدم الآلية الهوائية (Bar-Or ,1987).

بينما النتائج المسجلة لدى البالغ تشير إلى الحساسية الكبيرة للتدريب و هذا ما تم تأكيده من طرف Kobayachi et al و Sprynarova . أن مرحلة البلوغ هي الأحسن و المفضلة من أجل زيادة قيم الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max)، أين تكون سرعة النمو في ذروتها مع تسجيل تطور جد معتبر (Kobayachi et al, 1978; Sprynarova , 1974).

و إذا تطرقنا إلى العمل اللاهوائي اللبني لدى الفئة المدروسة أغلب الدراسات تشير إلى أن هذه الآلية أقل تطورا لدى الطفل مقارنة مع البالغين و هذا ما أشار إليه (Massicotte, 1980) . هذا النشاط الضعيف لهذه الآلية تم التطرق إليه من خلال النظر في التغيرات الحاصلة في تركيبات اللاكتات العضلي أو الدموي، أين تم تسجيل مستويات منخفضة من حمض اللبن لدى الأطفال حيث فسر (Eriksson et al., 1971) ذلك إلى ضعف نشاط أنزيم الفوسفو فركتو كيناز في هذه المرحلة. وما هو ملاحظ أيضا أن تركيز حمض اللبن يرتفع بعد أداء التمرينات العالية الشدة بشكل واضح مع التقدم في العمر.

في هذه الدراسة النظرية سوف نتطرق إلى مختلف العوامل الخاصة بتطور اللياقة الهوائية و اللاهوائية لدى الأطفال و المراهقين خلال النمو و البلوغ مع تأثير عامل الجنس، التدريب و عامل أخرى منها الوراثية.

1-تعريف المصطلحات:

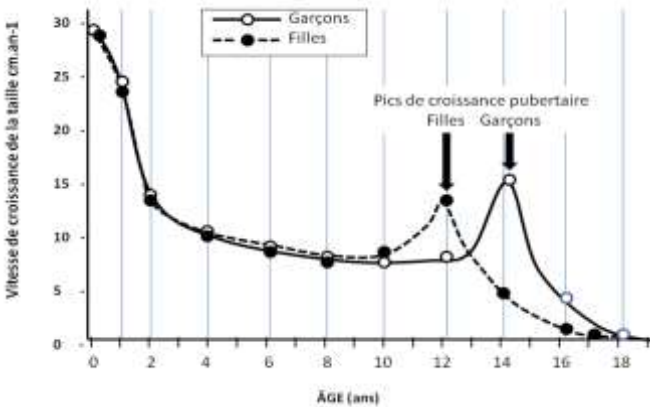
- 1-1 الفيزيولوجيا : علم وظائف الأعضاء هو علم أساسي في الطب المرضي، يهتم بدراسة الوظائف وخصائص مختلف مكونات الجسم.
- 2-1 التدريب الهوائي: يتمثل في أداء التمرينات البدنية التي تحدث تغيرات على مستوى الجهاز القلبي الوعائي و التنفسي من أجل الرفع من كفاءة إنتاج الطاقة و بالتالي الرفع من صفة المداومة، مع تطور الآليات التي تسمح بنقل و استخدام الأكسجين من طرف الخلايا التي تصبح أكثر فعالية (Wilmore J H et al, 2006, P 214).
- 3-1 التدريب اللاهوائي: وهو أداء التمرينات البدنية التي تتميز بتوتر عضلي أقصى مثل تمارين السرعة، أين تكون الكمية الكبرى من الطاقة ناتجة من جهاز الـ ATP و الفوسفو كرياتين (PCr) و عن طريق الهدم اللاهوائي للجليكوجين (الجليكوليز) (Wilmore J H et al, 2006, P 234).

2- تطور التحولات البيومترية لدى الأطفال و المراهقين:

1-2 تطور القامة :

تزداد سرعة نمو القامة مرة أخرى مع بداية سن البلوغ (المرحلة الثانية من مخطط Tanner) لتصل إلى الذروة القصوى بمتوسط 12 سنة لدى الإناث و 14 سنة لدى الذكور. في المتوسط تصل الذروة القصوى للنمو إلى 9 سم\سنة لدى الإناث و 10 سم\سنة لدى الذكور، وبمتوسط تطور كلي عند البلوغ يتراوح بين 20 إلى 30 سم لدى الإناث و من 25 إلى 35 سم لدى الذكور. يظهر هذا النمو خاصة في العظام الطويلة للجزء السفلي و العلوي التي تستفيد من هذا الدفع مما يمنح المراهق مؤقتا الشكل المميز في الجسم. بعد ذلك عند نهاية مرحلة البلوغ النمو الجديد في الجذع يصحح عدم التوازن للوصول إلى نسب نهائية عند نهاية فترة المراهقة (Cazorla G, 2015, P 13).

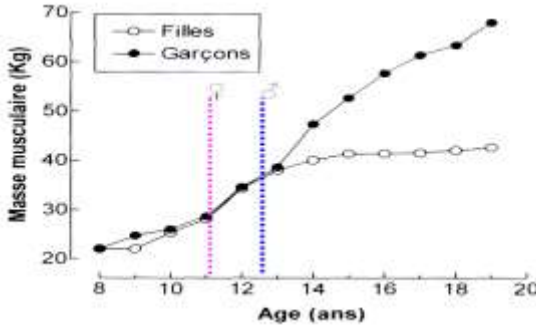
سرعة النمو في القامة تنخفض بعد ذلك لتصبح تقريبا منعدمة عند 16-17 سنة لدى الإناث و من 18-20 سنة لدى الذكور. بشكل ملحوظ قبل حدوث اندماج الغضاريف الموجودة في العظام الطويلة و التي تفصل جسم العظم (Diaphyse) عن مشاشة العظم (Épiphyse) (Ducher G et Courteix, 2008). تشير هذه الفروق بين الإناث و الذكور إلى أن هذا الأخير يمثل نموا أطول في سن البلوغ، مما يفسر في النهاية اختلاف الحجم بنسبة 10 % تقريبا لصالحه، بالإضافة إلى ذروة نمو أعلى.



شكل رقم (01): سرعة نمو القامة (سم\سنة) خلال مرحلة الطفولة، البلوغ، و المراهقة لدى الذكور و الإناث حسب (Cazorla G, 2015, P 13).

2-2 التغيرات العضلية :

لدى الذكور الكتلة العضلية تمثل 25% من الوزن الكلي الجسم عند الولادة و بعد ذلك تتطور إلى 40% عند البلوغ (Malina, R.M et Bouchard, C, 1991, P 116). أغلب عمليات تطور النسيج العضلي تأتي عند البلوغ تحت تأثير الهرمونات ذات التأثير البنائي العالي، منها أولاً هرمون التستستيرون الذي يتضاعف تركيزه من 10 إلى 20 مرة أثناء المراهقة، هرمون النمو (GH) و هرمون (IGF-1) تكون لديهم تراكيز مرتفعة أيضاً. تبدي الإناث تطوراً عضلياً خطياً عملياً مقارنة مع النمو العضلي الذي يتم قياسه خلال مرحلة ما قبل البلوغ. فقط هرمون النمو (IGF-1) وبطريقة متواضعة هرمون التستستيرون اللذان يعززان زيادة طفيفة ولكنها دالة في كتلة العضلات أثناء مراحل نمو الإناث (Ramos E et al, 1998, P 526). يرتبط التضخم العضلي السريع الملاحظ أثناء البلوغ عند الذكور بتدخل هرمون التستستيرون على مستوى العضلات أين يتم زيادة عملية البناء البروتيني و الرفع من نسبة البروتينات التقلصية (الأكتين و الميوزين) على مستوى الألياف العضلية، التضخم العضلي يرجع أيضاً إلى عوامل وراثية، نوعية التغذية و مستوى النشاط البدني مما يطرح إشكالية في تقييم تأثيرات العوامل المختلفة من أجل تفسير الزيادة في كتلة العضلات (Ramos E et al, 1998, P 526).

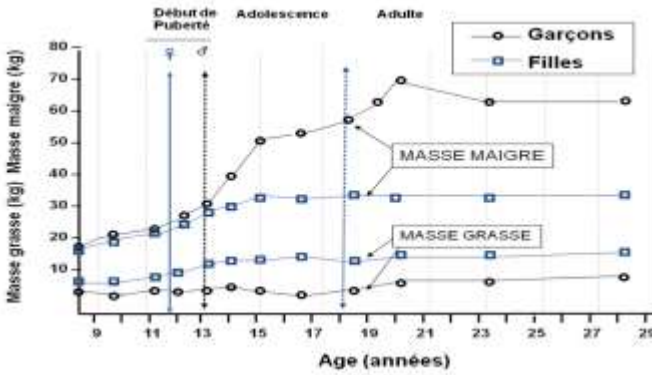


شكل رقم (02): تطور الكتلة العضلية أثناء النمو لدى الذكور و الإناث. الخط العمودي يوضح بداية البلوغ على التوالي لدى الإناث و الذكور حسب (Forbes, 1972). (Van Praagh E, 2008, P78)

3-2 المكونات الجسمية :

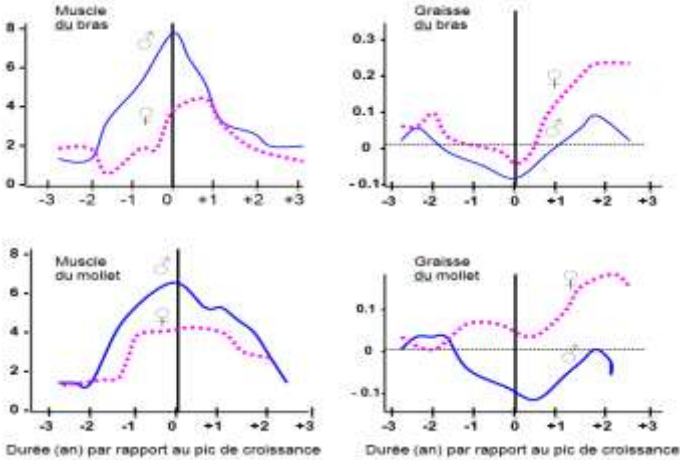
الخصائص الفيزيولوجية للتدريب الهوائي و اللاهوائي لدى الأطفال و المراهقين

فيما يخص النمو العضلي و العظمي نلاحظ خلال مرحلة المراهقة تحولات بين نسبة الكتلة الدهنية (MG) و الكتلة الغير ذهنية (MM). التحولات التي تطرأ على الكتلة الدهنية خلال مرحلة المراهقة تعتبر ذات أهمية كبيرة خاصة من حيث مستوى الأداء الحركي، حيث أن زيادة الدهون يمكن أن يعيق مستوى الصحة. كما نعلم أن المراهق الذي يعاني من زيادة الوزن أو السمنة مع المشكلة النفسية الملقاة على عاتقه فهو معرض أيضا إلى الأمراض القلبية الوعائية (Eisenmann J. C, 2007)، و مرشح ليصبح شخصا بالغاً يعاني من زيادة الوزن أو السمنة مع كل الأخطار المحدقة منها: ارتفاع الضغط الدموي الشرياني، ارتفاع الدهون الثلاثية في الجسم، خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية، مرض السكري الذي لا يعتمد على الأنسولين، مشاكل في العظام و المفاصل... الخ. (Artero E. G, 2009)



شكل رقم (03): يوضح تغيرات الكتلة الغير ذهنية (MM) و الكتلة الدهنية (MG) لدى الإناث و الذكور بين 8 إلى 28 سنة حسب (Malina et bouchard, 1991). حيث تم ملاحظة أن الكتلة الغير ذهنية (MM) تستمر في الزيادة لدى الذكور بينما الكتلة ذهنية (MG) تنخفض بشكل ملحوظ أثناء مرحلة المراهقة و تستقر بعد ذلك، هذا ما يغير النسبة بين MG\MM و بالتالي النسبة التي تمثل كتلة الدهون (MG) بينما يبقى الوزن ثابت. على العكس لدى الإناث الكتلة الدهنية (MG) ترتفع بشكل ملحوظ أثناء مرحلة البلوغ و المراهقة بينما الكتلة الغير ذهنية (MM) لا ترتفع خطياً عند الوصول إلى 15 سنة و تستقر بعد ذلك مما يؤدي إلى الرفع من نسبة الكتلة الدهنية (MG) مقارنة مع الكتلة الجسمية الكلية (Malina R. M et bouchard C, 1991).

خلال فترة البلوغ يكون هناك فرق كبير في زيادة الكتلة الغير ذهنية (MM) مقارنة بالكتلة الذهنية (MG) بين الذكور و الإناث و هذا يفسر الأداء الحركي الضعيف لدى الإناث، خاصة عند الممارسات الرياضية التي تتطلب القوة و القدرة العضلية. بينما من المحتمل تحت تأثير هرمون النمو (GH) فإن سرعة أخذ الكتلة الذهنية (MG) يستقر أو حتى ينخفض عند الاقتراب من ذروة النمو العظمي لدى الذكور و الإناث. ثم نلاحظ بعد ذلك لدى الإناث زيادة كبيرة خلال السنتين التي تلي ذروة نمو العظام. (Cazorla G, 2015, P 24).



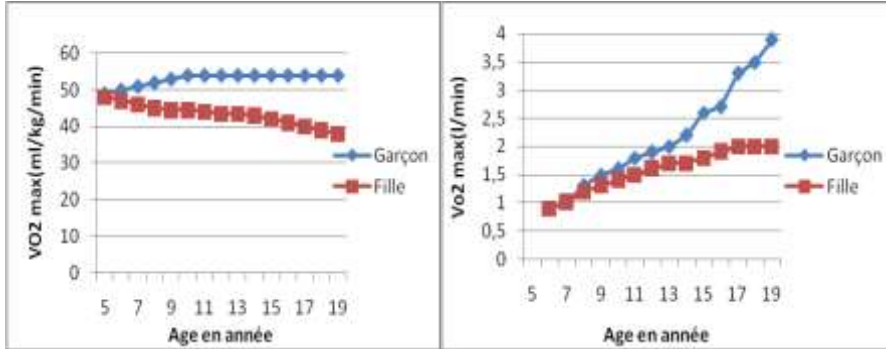
شكل رقم (04): التطور النصف سنوي (ملم في 2^1 السنة) للنسيج العضلي و الدهني للذراع و الساق لكل من الذكور و الإناث، بالتوازي مع السرعة القصوى للنمو (ذروة النمو). حسب Tanner et al (1981). تم ملاحظة (1) الزيادة المعتبرة في الكتلة العضلية لدى الذكور و التطور الكبير في النسيج الدهني لدى الإناث، (2) منحنى ذروة سرعة تطور الكتلة العضلية عند ذروة سرعة النمو يكون لدى الذكور و لكن ليس لدى الإناث. (3) انخفاض سرعة تطور النسيج الدهني خاصة لدى الذكور يكون بالقرب من ذروة النمو. أهمية تطور النسيج الدهني على مستوى الذراع لدى الإناث هي السمة التي تظهر لدى النساء البالغات (Tanner J M et al, 1981).

3- اللياقة الهوائية:

3-1 تطور الآلية الهوائية خلال مراحل النمو:

عند التعبير عن الحجم الأقصى للأكسجين (ل\د)، نطلق في هذه الحالة على الحجم الأقصى للأكسجين (VO₂max) بالمطلق، الذي يرتفع خطيا و صولا إلى 18 سنة لدى الذكور و 14 إلى 15 سنة لدى الإناث، وإذا تم التعبير عن الحجم الأقصى للأكسجين (VO₂max) ب (مل\كلغ\د) في هذه الحالة نطلق عليه النسبي و الذي لا يرتفع لدى الذكور و ينخفض لدى الإناث. و هذا يعني أنه كلما زادت الكتلة الجسمية للشباب خلال نموه، كلما انخفض الحجم الأقصى للأكسجين (VO₂max) وهذا لا يبدو منطقيا ولكنه ببساطة نتيجة لزيادة الوزن الذي يصبح مرتفعا (Cazorla G, 2015, P 33).

كما يشير Le Chevalier G M et al (1986) أن الحجم الأقصى للأكسجين (VO₂max) المطلق يرتفع بالانتظام بين 6 إلى 16 سنة تناسبا مع تطور الأبعاد الجسمية (الطول و الوزن) و العمر. كما يصل إلى متوسط 1 لتر عند عمر 6 سنوات. تسجل قيم أيضا لدى الإناث تصل إلى 2 لتر، و 3 لتر لدى الذكور عند عمر 16 سنة. الحجم الأقصى للأكسجين لدى الذكور دائما يكون أكثر ارتفاعا مقارنة مع الإناث في نفس العمر. ولكن هذا الفرق يكون ضئيل قبل البلوغ، ولكنه يتزايد في سن 13 عامًا عند البلوغ، نظرا لأن الحد الأقصى من (VO₂max) يستقر في هذا الوقت عند الإناث. الفرق بين الجنسين يرجع بسبب كبير إلى الفرق في الكتلة العضلية، التي تزداد نموا بداية من سن البلوغ (Le Chevalier J M et al, 1989, P6).



شكل رقم (05): التغيرات في الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين مع التقدم في العمر. يتم التعبير عن القيم في المنحنى (أ) (L/min) و في المنحنى (ب) (ml/kg/min). حجم الأكسجين الأقصى المطلق (ل\د) يرتفع خطيا و صولا إلى 18 سنة لدى الذكور و 14-15 سنة لدى الإناث. بينما الحجم الأقصى للأكسجين المعبر عنه (مل\كلغ\د) النسبي لا يرتفع لدى الذكور و ينخفض لدى الإناث حسب (Léger L et al, 1997).

الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) النسبي المعبر عنه بـ ($VO_2 ml/kg/min$) يصبح متعلق بالبيانات البيومترية التي تسمح بالمقارنة بين الأشخاص مع بعضهم البعض، أو دراسة تطور هذا المؤشر لدى الأطفال أثناء نموهم . عامة قيم حجم الأكسجين (VO_2max) النسبي لا تخضع إلا لتغيرات ضعيفة لدى الذكور . بينما لدى الإناث تنخفض بوضوح أثناء البلوغ. حيث نلاحظ مرحلتين (Le Chevalier J M et al, 1989, P6):

✓ المرحلة الأولى: تتمثل في المرحلة المتواجدة بين 6 سنوات و المظاهر الأولى للبلوغ، حوالي 10 سنوات و نصف لدى الإناث و 12 سنة لدى الذكور. القيم المتوسطة تصل إلى 45 مل\كغ\د لدى ذكر يبلغ 6 سنوات، و ترتفع وصولا إلى 50 مل\كغ\د عند 10 إلى 12 سنة . القيم تكون منخفضة قليلا لدى الإناث.

✓ المرحلة الثانية : تتزامن مع مرحلة البلوغ . حيث نلاحظ في هذه الفترة استقرارا، و نلاحظ أيضا انخفاض في قيم (VO_2max) لدى الذكور و انخفاض واضح جدا لدى الإناث حتى و لو أعقب ذلك ارتفاع في نهاية مرحلة البلوغ. انخفاض الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) لدى الإناث راجع أساسا إلى زيادة نسبة الكتلة الدهنية.

2-3 تأثير العوامل الوراثية على اللياقة الهوائية:

الملاحظات التي توصل إليها (Szczyney (1983) في إطار دراسة منجزة على شباب في المرحلة الثانوية، أشارت إلى أن ذروة تطور المداومة، التي تم تقييمها من خلال اختبار (كوبر 12 دقيقة)، تكون أثناء حدوث النمو في الطول. كما علمنا أن القدرة الهوائية القصوى (PMA) ترجع بحد كبير إلى العوامل الوراثية. الدراسات التي تشهد على ذلك كانت خاصة بالمقارنة بين التوائم الأحادية و الثنائية البويضة (الزيقوت) (Klissouras, 1971 ; Pirnay et Crielaard,) (1983). التوائم الأحادية الزيقوت التي تأتي من نفس البويضة و لها نفس المورثات بينما ثنائية الزيقوت المتطورة عن طريق بويضتين منفصلتين مع صفات وراثية مختلفة. واحد من هذه التوائم يقوم ببرنامج للنشاطات البدنية بينما يتم وضع الإخوة في حالة راحة كعينة شاهدة. في نهاية التجربة تم تسجيل الاختلافات الحاصلة بين مجموعتي التوائم .

دراسة هذه الفروق سمحت بتقييم العامل الوراثي في تحديد بعض القدرات البدنية. فيما يخص الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) العامل الوراثي يلعب دورا رئيسيا . تخطيطيا و حسب الدراسات تم وضع 70 إلى 90% لهذا العامل. في دراسة Klissouras et

al (1973) بنسبة 92%، في دراسة Pirnay et Crielaard (1983) بنسبة 93 %، و فقط بنسبة 67% من طرف (1983) Shephard الذي يقدم عوامل الترجيح إلى الطريقة المستخدمة. وإلى عدم المبالغة في التأثير الوراثي. ومع ذلك لا يمكن أن تؤدي هذه النتائج إلى التقليل من آثار التدريب. حسب نتائج عدة دراسات من طرف Pirnay et al (1983)، زيادة الحجم الأقصى للأكسجين يمكن أن يصل من 30 إلى 40% مقارنة مع القيم الأولية.

3-3 تأثير ممارسة النشاطات البدنية و الرياضية و التدريب على المداومة الهوائية خلال مراحل النمو:

تأثير ممارسة النشاطات البدنية و الرياضية على تطور القدرة القصوى الهوائية مثير للجدل. يشير (Flandrois et al, 1981) أن تأثير التمرين البدني يكون واضح و حقيقي، كما تطرق إلى نوعين من ممارسة النشاط البدني و الرياضي: في المدرسة أثناء حصص التربية البدنية و الرياضية (EPS) من جهة، و في النادي من جهة أخرى.

➤ في الوضعية الأولى: الدراسة كانت متعلقة بالتلاميذ الذين تتراوح أعمارهم من 11 إلى 16 سنة المستفيدين حسب المؤسسة التربوية من 5 ساعات أسبوعية من النشاط البدني الرياضي. التأثير كان دال عند جميع المجموعات المختبرة. لكل من الإناث و الذكور، ومع ذلك فإن التطورات التي لوحظت ليست معتبرة بشكل عام، ومن الواضح أن لها علاقة بعدد الحصص المخصصة للنشاطات البدنية و الرياضية و تعتمد أيضا على نوع الأنشطة التي تمارس و الخاصة بالألية الهوائية (Le Chevalier J M et al, 1989, P6).

➤ في الوضعية الثانية: متعلقة بالأطفال الرياضيين. حيث أن تأثير الممارسة مؤكد و لا جدال فيه. وما هو ملاحظ أن الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) يكون مرتفع بوضوح مقارنة مع أطفال عاديين من نفس العمر، بينما حجم الأكسجين النسبي يتجه نحو الانخفاض خلال مرحلة البلوغ. يتم المحافظة على هذه المستويات أو ترتفع بشكل طفيف لدى الذكور. وهذه الظاهرة تلاحظ أيضا لدى الإناث، حيث أن الانخفاض يلاحظ عند حدود 13 سنة متبوعا بارتفاع في قيم (VO_2max) النسبي نحو القيم التي سجلت قبل البلوغ. مهما كانت حالة التمرينات، القدرة الهوائية لدى الذكور دائما أعلى من الإناث عند نفس العمر.

عكس الطفل قبل البلوغ، البالغ لديه حساسية كبيرة للتدريب و هذا ما تم تأكيده من طرف Sprynarova (1974) و Kobayachi (1978). أن مرحلة البلوغ هي الأحسن و المفضلة من أجل زيادة قيم الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max)، أين تكون سرعة النمو في ذروتها مع تسجيل تطور جد معتبر. (Laurent G 2001, P 10)

جدول رقم (01): التكيفات الحاصلة تحت تأثير تدريب المداومة لدى الأطفال بعد تدريب لمدة 6 إلى 36 شهرا (النتائج وجدت في الدراسات الطولية لدى عينات توأم حقيقي) حسب 2001, (Laurent G P 10).

التكيفات	عينة شاهدة	عينة تدريبية	الفرق
حجم القلب	36+ %	43+ %	7%
القدرة الحيوية	34+ %	58+ %	24%
القدرة القصوى الهوائية	37+ %	55+ %	18%

وما هو ملاحظ لدى الأطفال :

➤ من الناحية البيوكيميائية و المرفولوجية نلاحظ :

- ✓ استخدام كبير للدهون و بالتالي توفير أفضل للجليكوجين العضلي .
- ✓ زيادة مساحة الألياف العضلية من النوع IIa .

و على سبيل المثال ذكر عمره من 11 13 سنة : يتدرب لمدة 4 أشهر زيادة بنسبة 39 للفوسفوكرياتين (PCr) و زيادة بنسبة 31% للجليكوجين العضلي و بنسبة 83% في نشاط أنزيم الفوسفو فركتو كيناز (PFK) و هذا يشير إلى أن التدريب الهوائي يرفع أيضا من قدرات الآليات الطاقوية الأخرى (Laurent G , 2001, P 10).

4-3 المرحلة المفضلة للتطوير الهوائي:

تنقسم الآراء إلى مشكلة العمر الزمني و العمر البيولوجي. إذا اشرنا إلى العمر البيولوجي فإنه يعتبر الفترة المفضلة لتطوير القدرات الهوائية أي بمعنى سرعة ارتفاع الذروة (Peak Velocity, Heigh PHV). و هذا يمثل النمو الذي يصاحبه البلوغ. (Laurent G, 2001)

من حيث التوقيت و عندما يتم التعبير عن الحجم الأقصى للأكسجين (VO_2max) بـ اللتر\دقيقة (المطلق) ، فإنه يرتفع لدى الذكور وصولا إلى سن البلوغ بينما لدى الإناث تصل

المستويات إلى الذروة عند سن 14 إلى 15 سنة حتى وإن لم يتم ممارسة أي نشاط بدني . على مستوى الإيقاع كما هو الحال بالنسبة للنمو ، الحجم الأقصى للأكسجين (VO2max) المطلق لدى الإناث يسجل ارتفاعا دالا بتأخر حوالي عام و نصف مقارنة مع القيم التي يسجلها أيضا الذكور . عامة كذلك لدى الإناث و الذكور أكبر سرعة لتطور الحجم الأقصى للأكسجين تتزامن مع ذروة النمو (PCM). هذا التزامن أو هذه المرحلة يمكن أن تعتبر كأحسن وقت مفضل من أجل زيادة التدريب الهوائي من حيث الشدة و المدة (Cazorla (G, 2015, P 34).

3-5-5 كيفية تطوير القدرة الهوائية:

أوضحت نتائج العديد من الدراسات، وأكدت تلك التي تم الحصول عليها في إطار رسالتين للدكتوراه (Berthoin S, 1994 ; Gouthon P, 2001) الباحثة عن اختيار أفضل استراتيجيات التدريب، لتطوير القدرة الهوائية في المدرسة (المداومة والقدرة) للمراهقين. تجتمع نتائج هاتين الأطروحتين لتظهر في:

✓ ساعتين من حصة التربية البدنية و الرياضية (EPS) في الأسبوع تكفي من أجل تطوير القدرة الهوائية.

✓ التدريب على المداومة (الجري لمدة وبشدة تحت قصوى أقل من السرعة القصوى الهوائية VMA، و لكن نسبيا مرتفع $\leq 90\% FCmax$ أو $\leq 70\% VMA$) يطور فقط المداومة (الحد الزمني 100 يرتفع بطريقة دالة) و القليل جدا من السرعة القصوى الهوائية VMA، و لكن هذا التدريب أكثر ملائمة من أجل الوقاية من أخطار الأمراض القلبية الوعائية خلال مرحلة المراهقة .

✓ تدريب القدرة القصوى الهوائية (PMA) (تمارين التدريب الفكري لمدة قصيرة بشدة قصوى أو فوق قصوى $VMA \leq$) يطور السرعة القصوى الهوائية و لكن ليس المداومة الهوائية .

✓ في الحالتين السابقتين، فقط المراهقين الذين استفادوا من تقييم أولي للسرعة القصوى الهوائية (VMA) من أجل ضبط و تحديد سرعة الجري وفقا لنسب التدريب المبرمجة، حصلوا على أفضل النتائج .

و كخلاصة لهذه الأبحاث، حتى في بيئة مدرسية مع عدد ساعات منخفض (3 ساعات في الأسبوع)، من الممكن أن يتم تطوير القدرة الهوائية في الحالات التالية :

✓ إنجاز حصص خاصة من أجل التطوير على التوالي: المداومة الهوائية ، أو القدرة القصوى الهوائية.

✓ تطبيق فردي لمحتوى الحصص التدريبية، مع الحاجة إلى التقييم الأولي للسرعة القصوى الهوائية (VMA) و المداومة الهوائية لدى التلاميذ ، بعد ذلك تسيير شدة النشاطات البدنية المقترحة باستخدام النسبة المئوية من السرعة الهوائية القصوى (VMA%) أو النسبة المئوية من النبض القلبي (% Fcmax) التي تم الحصول عليها بشكل فردي من خلال تشكيل مجموعات المستوى.

4- اللياقة اللاهوائية :

من أجل الفهم الجيد للتطورات التي تحدث لدى الأطفال و المراهقين، سنقوم بفصل كل ما يتعلق بالأبيض و ما ينتج عن العوامل الأخرى التي تلعب دورا من أجل تحقيق ما يسمى بالأداء (اللاهوائي). عندما تطول مدة النشاط العضلي الأقصى، حسب المدة، التدخلات الأيضية تعتمد على تحويل ATP المتاح، عن طريق هدم الفوسفو كرياتين (PCr)، تحلل الجليكوجين (glycogénolyse) مع إنتاج حمض اللبن و أيضا عن طريق التدخل المصاحب للأكسدة على مستوى الميتوكوندري (Cazorla G, 2015, P 39).

1-4 خصائص الآلية الطاقوية اللاهوائية اللائبينية :

يوضح Eriksson B.O (1980) فيما يخص حركة المواد الطاقوية، أن معدل استخدام ATP يكون متماثل لدى الأطفال و المراهقين و البالغين، لكن بالنسبة للفوسفوكرياتين (PCr) هو موضوع نتائج مثيرة للجدل وهذا في دراسة حيث يبدو أن معدل استخدام الفوسفوكرياتين يكون مرتفع بشكل ملحوظ خلال فترة المراهقة فقط (Eriksson B.O, 1980).

الأبحاث المتعلقة بالآلية الطاقوية اللاهوائية اللائبينية للطفل توضح أن القدرة اللاهوائية اللائبينية ترتفع من 7 إلى 15 سنة و أن أداء الذكور يكون دائما أعلى من الإناث عند سن معين. كل الدراسات توصلت إلى هذه النتائج، سواء من ناحية الوسائل المستخدمة في الاستقصاء (اختبار margaria، اختبار وينجايت، أو اختبار الحمولة\السرعة). كما يمكن أن يكون لدينا فكرة حول تطور هذه الآليات بتتبع التحسن التدريجي في القوة العضلية. و التي

تشكل من جهة كمؤشر جيد للألية اللاهوائية اللالبنية. النتائج المحصل عليها من طرف (1980) Bosco R et al تتقاطع كلياً مع النتائج السابقة. من جهة أخرى فإن:

- ✓ القوة المنتجة من طرف الذكور تكون أكبر من الإناث في جميع الأعمار.
- ✓ القوة لدى الذكور و الإناث ترتفع مع العمر، حيث نلاحظ زيادة كبيرة خلال مرحلة البلوغ، نحو 12 أو 13 سنة لدى الإناث و من 13 إلى 15 سنة لدى الذكور. لكن هذه الزيادة تكون أكثر وضوحاً لدى الذكور، حيث أن الفرق بين الجنسين يصبح أكثر وضوحاً عند البلوغ. التحسن المفاجئ في القوة يلاحظ خلال مرحلة البلوغ و هذا مرتبط بنسبة إنتاج الهرمونات الجنسية التي تتدخل خلال هذه المرحلة (Assmusssen E, 1973). تأثير الهرمونات الجنسية (الاندروجينات) يكون أكثر حدة لدى الذكور نظراً لتأثيرها على عمليات بناء العضلات و أعلى من تأثير الأستروجينات.

الدراسة المنجزة من طرف (Szczeny (1983، المتعلقة فقط بالذكور وهم تلاميذ مدرسة ثانوية، و التي أشارت إلى أن تحسين الأداء يعتمد على عوامل القوة و السرعة التي تتزامن مع ذروة نمو وزن الجسم. حيث يظهر ذلك عند نهاية البلوغ بمتوسط 14 إلى 15 سنة، و يتوافق ذلك إلى حد كبير لدى الذكور مع زيادة الكتلة العضلية. إن الفرق بين الطفل و البالغ يكون نوعي مع وجود أيضاً فرق بين الجنسين، و لكن بأفضلية لدى الذكور، و يظهر ذلك منذ سن البلوغ. الألية اللاهوائية اللالبنية تتأثر بالتدريب خاصة خلال مرحلة البلوغ أين تعتبر هذه الفترة كمرحلة حرجة (Le Chevalier J M et al, 1989, P3).

2-4 الألية اللاهوائية اللبينية:

في ضوء الدراسات القليلة التي تم تخصيصها للنشاط الأيضي لعملية الجليكوليز، و التي توصلت إلى وجود تطور مرتبط بالنضج عند البلوغ لدرجة أنه لا يوجد فرق بين نشاط بعض الأنزيمات الرئيسية مثل أنزيم الفوسفوفركتوكيناز (PFK)، اللاكتات ديدروجيناز (LDH) بين المراهق من 13-15 سنة و البالغ (Haralambie G, 1982). يؤدي تطوير النشاط الجليكوليكي إلى إنتاج كبير لحمض اللبن من طرف العضلات و هذا بدوره يحسن من كفاءة الأنظمة المعدلة لدرجة الأس الهيدروجيني (التوازن الحامضي القاعدي، PH). أغلب الدراسات تشير أن الألية اللاهوائية اللبينية تكون أقل تطوراً لدى الطفل مقارنة مع البالغين.

التركيز الأقصى لحمض اللبن البلازمي يرتفع تدريجيا مع العمر و يصل حوالي 6 ملي مول لدى الطفل البالغ 5 سنوات وإلى تركيز إلى 10 ملي مول لمتوسط عند 15 سنة . و لكن لا يتم الوصول بعد إلى القيم الخاصة بالبالغين. كذلك حسب (D, 1980Massicotte).
كما يشير (Weineck, 1983) إلى أن التخلص من حمض اللبن يكون أكثر بطئا لدى الطفل، و هذا يعطي نتيجة أن قدرات الاسترجاع تكون ضعيفة لدى الطفل مقارنة بالبالغ. كما أن التمرينات التي تستخدم الجلكزة اللاهوائية تحفز زيادة إفراز الكاتي كولامين و هي هرمونات توجد في العادة أثناء حالات الإجهاد (Weineck J, 1983, P 253). و هذا يشير إلى أن هذا النوع من التمارين يشكل إجهاد و ضغط لدى الأطفال. القدرة اللاهوائية ترتفع بشكل ملحوظ فقط مع بداية سن البلوغ . وهذا يفسر على وجه الخصوص بنشاط أنزيمي للجلكزة اللاهوائية أقل ارتفاعا لدى الطفل أين يكون النشاط مرتبط بدرجة النضج الجنسي (Ericksson et saltin, 1974).

عدة دراسات توصلت إلى زيادة دالة في التركيز العضلي لحمض اللبن لدى الطفل أثناء تمرين بشدة متصاعدة بعد فترات من التدريب الخاص. إذا كانت عملية التدريب بإمكانها أن تحدث تطور في عملية الجلكزة اللبينية، فمن الواضح أن هذا لا يعتمد فقط على مستوى النضج (Eriksson B.O et al , 1973). هذه الفرضية تم تأكيدها من خلال نتائج دراسة (Petersen et al (1999) . التي استخدمت تقنية التحليل الطيفي (P^{31} -MRS) و هي طريقة تستخدم لتقييم الطاقة العضلية (التصوير بالرنين المغناطيسي النووي والتحليل الطيفي للعضلات الهيكلية المخططة) قبل و بعد مرحلة من التدريب الشاق منجز على مجموعة من السباحين في سن قبل البلوغ والبلوغ، توصل الباحثين إلى نفس التغيرات عند كلا العينتين، و كانت الاستنتاجات توضح عدم نضوج الاعتماد على التمثيل الغذائي للجلكزة لدى للطفل، بل يتم التوجه إلى النوع المعتاد من النشاط البدني أو التدريب.

إذا تم تدريب هذه العملية الأيضية بالشكل الصحيح مثل العمليات الأخرى فإنه من الممكن أن تتطور أيضا و بطريقة جيدة لدى الطفل قبل البلوغ و بعد البلوغ . و إذا لم يتم التطور بشكل طبيعي في وقت مبكر فهذا يبين أن الطفل يستخدم بكثرة التدريب الهوائي في وقت مبكر و بأكثر كفاءة. من جانب آخر، وبالنظر إلى كل هذه النتائج، نعتقد أنه في مرحلة ما قبل البلوغ ، يجب أن يستفيد الطفل قبل كل شيء من التدريب الذي يهدف إلى تنمية القدرة

الهوائية (التحمل والقدرة)، ومع بداية سن البلوغ، تعتبر فترة مواتية جدا للبحث عن تحقيق تطور مهم للقدرة الهوائية القصوى، تدريجياً يجب أن نأخذ في عين الاعتبار تطوير القدرات المعروفة باسم "اللاهوائية" دون خطر (Cazorla G, 2015, P 40).

3-4 العناصر المؤثرة على الأداء اللاهوائي لدى الطفل و المراهق:

1-3-4 فيما يخص القدرة القصوى (Pmax):

أ- السرعة القصوى (المثلى) (vitesse optimale):

السرعة القصوى هي أكثر انعكاساً للنضج العضلي العصبي و التنسيق الحركي كما تعتمد على توزيع الألياف العضلية ذات التقلص السريع. التنسيق بين العضلات من أجل حركة الدواسة موضوع العديد من الدراسات التي تعتمد على استخدام إشارات التخطيط الكهربائي العضلي (Hautier C.A et al, 1998)، هذه الدراسات سمحت بإنشاء نمط تحفيز و استخدام بين العضلات خاص بالتدوير لدى الأطفال. النتائج التي تم التحصل عليها عند سرعات التدوير الثابتة المنجزة عند 80، 100، 110، 120% من السرعة القصوى و ضد حمولة احتكاك تمثل 50% من الحمولة المثالية. السرعة القصوى يتم حسابها عن طريق متوسط مجموعات السرعة-القدرة التراكمية للسباقات المنجزة ضد حمولات الاحتكاك (الكبح الآلي) 25، 50، 75، 100 غ\كغ (Arsa L.M et al, 1996). أظهرت الدراسة أنه من أجل سرعات التدوير الثابتة، نمط الاستخدام والتحفيز بين العضلات لدى الطفل يكون مماثل مقارنة مع البالغ (Ratel et al, 1996). الاستنتاجات الخاصة بهذه الدراسة لا يمكن نقلها عند التمرينات فوق قصوى، و لكنها تشير إلى وجهات نظر بحثية لها علاقة مع نوعية الألياف العضلية. في الواقع وهذا ما تم اكتشافه من طرف (Faulkner J.A et al , 1986) على العضلة المعزولة.

ب- الحمولة القصوى (المثلى) : (charge optimale):

زيادة القوة يكون معتبر خلال مرحلة البلوغ، كما أن التأثير البنائي البروتيني للأندروجينات الخصية و الكظرية مسئولاً عن هذه الزيادة، وهذا يفسر الزيادة الضعيفة للقوة لدى الإناث خلال هذه المرحلة (Gerbeaux M et al 1986). لدى الطفل البالغ من العمر 13 سنة النسبة المثوية للألياف العضلية من النوع II مستقلة عن تركيزات هرمون

التستستيرون في الدم، من ناحية أخرى مساحة هذه الألياف مرتبط بشكل كبير بهذه التركيزات (Mérou A et al, 1991).

ج- تأثير النمو (influence de la croissance):

عدة دراسات أشارت إلى وجود علاقة ارتباطية كبيرة بين القدرة الميكانيكية الخارجية المتطورة أثناء التمرينات القصيرة و العالية الشدة و الأبعاد الجسمية (Davies C.T.M et al, 1972). ترجع القدرة العضلية الوظيفية للطفل أكثر إلى الكتلة النشطة من العضلات أو إلى عوامل الميكانيكية الحيوية. في الواقع الفرق في القدرة القصوى بين الطفل و البالغ يستمر حتى عندما يتم مراقبة الكتلة العضلية، الكتلة الغير ذهنية، الطول، مساحة المقطع العرضي للعضلة (Mercier B et al, 1989). نظريا يجب أن ترتبط القدرة بحجم العضلات النشطة، وهذا يطرح مشكلة تحديد هويتها في الحركة . في نفس سياق الفكرة، نتائج دراسة Sargeant et dalton (1986) مثيرة للاهتمام و التي تظهر أن الزيادة وحدها فقط في حجم الجزء السفلي من الجسم لا تفسر الفروق في القدرة بين البالغ و الطفل، بينما تفسر تأثير التدريب لدى الطفل. (Duché P et al, 2001, P119).

2-3-4 فيما يخص العناصر العضلية :

أ- نوعية الألياف العضلية :

من بين الدراسات التي استخدمت أخذ عينة من النسيج العضلي لدى الطفل (1979, Lunberg A et al) أين تم أخذ عينات لدى أطفال يبلغون من العمر من شهرين إلى 11 سنة. تم التوصل إلى أن نسبة الألياف البطيئة هو 58,9% مع نسبة اختلاف كبيرة من 38 إلى 83% ليس لها علاقة بالعمر. عملية أخذ عينات من النسيج العضلي و التي تحدث أضرارا في النسيج أدت إلى الحد من عدد الدراسات المنشورة لدى الأطفال. في دراسة أخرى أشارت إلى نسبة 58,8% من الألياف البطيئة لدى الأطفال البالغين من العمر 6 سنوات (Bell R.D et al, 1980)، و بنسبة 54,8% عند 11-13 سنة حسب دراسة (Eriksson P et saltin B, 1974)، 43,6% من الألياف البطيئة عند 16-17 سنة (Fournier M et al, 1982).

الدراسة الحديثة من طرف Jansson (1996) أشارت إلى زيادة في نسبة الألياف البيضاء من 0-10 سنوات لتتخفض فيما بعد وصولا إلى 35-40 سنة (Jansson E, 1996). هذه الدراسات تشير إلى أنه يوجد فرق بسيط في نسبة مختلف الألياف العضلية بين الأطفال و

الشباب البالغين، حتى بافتراض أن انخفاض نسبة الألياف البطيئة يتم تعويضه من خلال زيادة مصاحبة في نسبة الألياف السريعة (Glenmark B et al, 1992). وعلى الرغم من ذلك أوضح Bell et al (1980) إلى وجود توزيعا متشابهها لأنواع الألياف العضلية بين الأطفال و البالغين، الأعمال التي قام بها Colling-saltin (1980) تشير إلى أن نسبة الألياف العضلية السريعة أكثر انخفاضاً لدى الأطفال حيث تصل إلى نفس النسب المذكورة للبالغين فقط عند نهاية فترة المراهقة (Colling-saltin A.S, 1980).

ب- تدفق الطاقة اللاهوائية:

نظرا للصعوبات التقنية لعملية أخذ عينة من النسيج العضلي، و الاختلافات بين الأفراد، الفروق في التركيز للمركبات الطاقوية بين الألياف العضلية، لاحظ (Tesch P.A et al, 1989) مع المعطيات القليلة المتاحة عامة أن تركيزات الـ ATP و الفوسفوكرياتين لدى الأطفال قريبة جدا من القيم التي تم الحصول عليها لدى البالغين (4,4 إلى 6,5 ملي مول في العضلة من الـ ATP، 14 إلى 20 ملي مول في العضلة للفوسفوكرياتين). هذه النتائج تم تأكيدها من خلال دراسات منجزة بطريقة الرنين المغناطيسي النووي أو الفوسفور 31 (P³¹ RMN) و التي تبين أن مخزون الفوسفوكرياتين (PCr) متماثل لدى البالغ و الطفل (Ferretti G et al, 1994).

فيما يخص النشاط الأنزيمي توصل (Haralambie) أنه بين عمر 3 و 19 سنة يوجد تشتت كبير في نشاط أنزيم الكرياتين كيناز. من أجل نفس المجموعة العضلية (vaste externe) (Haralambie G, 1982)، لم يتم ملاحظة وجود فرق بين النشاط الأنزيمي بين الطفل و البالغ. من جهة أخرى النتائج المتعلقة بمساهمة الجليكوليز اللاهوائي تشير سواء عن طريق أخذ عينة من النسيج العضلي أو استخدام تقنية الرنين المغناطيسي النووي أو الفوسفور 31 (P³¹ RMN) إلى نشاط الجلوكزة اللاهوائية أكثر ضعفا لدى الأطفال (Zanconato S et al, 1993). هذه المساهمة الضعيفة لدى الأطفال تم تأكيدها من خلال التطور أو التغيير في تركيزات اللاكتات العضلي أو الدموي، بعد تمرين أقصى أو فوق أقصى. بالرغم من التشتت الكبير في النتائج الراجع إلى المنهجيات المختلفة، حمض اللبن بعد التمرين يرتفع بشكل ملحوظ مع التقدم في العمر (Falgairette G et al, 1991).

أظهرت العديد من الدراسات الإرتباط الكبير بين لاكتات الدم و تركيزات التستستيرون . ومع ذلك أشار بين 6 إلى 12 سنة لا حظ زيادة دالة في الأداء اللاهوائي و اللاكتات الدموي بعد التمرين دون ملاحظة في نفس الوقت لزيادة في تركيز التستستيرون. هذه النتائج المتناقضة و التي تصب لصالح نضج النشاط الجليكوليكي خلال مرحلة البلوغ، ولكن لا تؤسس علاقة مباشرة مع تراكيز التستستيرون (الذي يمثل فقط مؤشرا للبلوغ و يرتبط إرتباطا وثيقا مع عوامل أخرى منها الأبعاد الجسمية)(Falgairette G et al, 1990). في نفس السياق النشاط الضعيف لأنزيم الفوسفوفركتوكيناز الملاحظ لدى الطفل لا يزال يستخدم غالبا من أجل تفسير انخفاض مستويات اللاكتات في الدم لدى الأطفال (Eriksson B.O et al., 1971). ومع ذلك في الوقت الحاضر من الصعب جدا معرفة ما إذا كان الطفل ينتج كميات أقل من حمض اللبن أو يتخلص منه أكثر من الشخص البالغ. من جهة أخرى إذا تطرقنا إلى الدراسات المتعلقة بدرجة الحموضة عن طريق تحديد الأس الهيدروجيني (PH)، فقد ظهر توافق في الآراء تشير إلى أن درجة الحموضة المرتفعة في العضلة أو الدم بعد التمرين أكثر ارتفاعا لدى الأطفال مقارنة مع البالغين مهما كان نوع التمرين (Hebestreil H et al, 1996).

4-4 تأثير التدريب اللاهوائي :

تدريب الذكور البالغين من العمر 11 إلى 13 سنة يرفع بطريقة دالة إحصائيا في تركيز العضلات من الـATP، و الفوسفو كرياتين (Eriksson P et saltin B, 1974). حيث نجد إلى نفس النتائج المتعلقة بالقدرة القصوى (Pmax). تشير الدراسات العرضية إلى أن القدرة القصوى (Pmax) مرتفعة لدى الأطفال الرياضيين مقارنة مع الأطفال الغير رياضيين عند نفس العمر. هذه النتيجة صالحة لكل من الذكور و الإناث ، كما يجب أن ينظر إليها بحذر قبل فترة البلوغ. في الواقع قبل 11 سنة القدرة القصوى (Pmax) (واط \كلغ) متماثلة بين الذكور الذين يمارسون أقل من 5 ساعات من النشاط البدني في الأسبوع (Falgairette B et al, 1993).

بداية من 11 سنة الدراسات الطولية أظهرت زيادة دالة إحصائيا في القدرة القصوى (Pmax)، و ذروة القدرة (Ppic) لدى الأطفال بعد برنامج تدريبي مقارنة مع عينة شاهدة (Rotstein A et al, 1986). التحسينات الأكثر أهمية لوحظت مع التدريب الذي

يغلب عليه تمارين السرعة . الدراسة الطولية التي قام بها (1989) Grodjinovsky et Dotan و المنجزة خلال ثلاث سنوات أظهرت زيادة معتبرة في القدرة القصوى (Pmax) (واط\كغ) لدى الرياضيين (+28%) و الأطفال الذين لديهم ساعتين من الممارسة الرياضية في الأسبوع (+26%). هذه الدراسة أظهرت أيضا أن الزيادة في مقدار التدريب من 6 ساعات في الأسبوع إلى 12 ساعة لدى الأطفال البالغين من العمر 12-13 سنة لا يؤدي إلى تغييرات معتبرة . (Grodjinovsky D et Dotan R, 1989).

الأداء اللاهوائي يمكن أن يطور لدى الطفل عن طريق التدريب خاصة بفضل عوامل التنسيق العضلي و التحفيز العصبي العضلي. عدة دراسات سجلت أن تأثيرات التدريب الخاص لدى الأطفال لم تكن قابلة للتحويل بشكل كبير، و أن التحسينات الأكثر دلالة إحصائيا في الأداء لوحظت في الاختبارات المستخدمة أثناء برنامج تدريبي (Diallo O et al, 2000). ومع ذلك عملية النضج تبقى المحفز الأساسي للزيادة و تحسن القدرة اللاهوائية أثناء التطور.

4-5 تأثير العوامل الوراثية على الأداء اللاهوائي :

الدراسة التي قام بها (1983) Crielaard et Pirnay تسلط الضوء على الاعتماد الجيني القوي في الأداء المنجز خلال التمرينات القصيرة المدة. في نفس السياق الفكري حدد عن طريق دراسة على توائم غير متجانسة و متجانسة البويضة للمؤشر الوراثي للقدرة القصوى (Pmax) بنسبة 92% (Crielaard J.M et Pirnay F, 1983). فيما يخص التأثير الوراثي على توزيع مختلف الألياف العضلية ، كانت النتائج متناقضة للغاية و ترجع خاصة إلى الطريقة المستخدمة . قدر كل من (1977) Komi et al النسبة المئوية للوراثة 99,5% ، بينما (1979) Karlsson et al أشار إلى نسبة 50%. كما خلص كل من (Simoneau et Bouchard 1998) أن التأثير الوراثي على الأداء اللاهوائي يبلغ 50%، مقارنة مع التغيرات الكلية للأداء اللاهوائي.

قائمة المراجع :

- 1) **Arsac, L.M., Belli, A. & Lacour, J.R.** (1996). Muscle fonction brief exercise : acurate measurements on a friction loaded cycle ergometer. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **74**, 100-106.
- 2) **Artero E. G. Espanã-Romero V. Ortega F. B. et al.** (2009). Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scand J Med Sci Sports.*
- 3) **Assmussen E**: Growth in muscular strenght and poxer. In: Physical activity human groxth and development G.L. Rarick(Ed) New-york, San Francisco, London : Academic Press, 1973, PP.60-79.
- 4) **Bar-Or O** : Réponses physiologique de l'enfant normal à l'exercice. In Médecine du sport. Paros : Masson 1987 , pp1-63.
- 5) **Bell, R.D., MacDougall, J.D., Billeter, R. & Howald, H.** (1980). Muscle fiber types morphometric analysis of skeletal muscle in six year old children. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **12**, 28-31.
- 6) **Bosco R, Nicoladze R, Cavalier B**, un moyen simple d'apprécier le développement musculaire chez l'enfant de 6 à 17 ans. In: le sport et l'enfant. Montepplier : Euromed (1980).
- 7) **Cazorla G**, développement biologique, capacités Physiologiques et physiques au cours de l'adolescence, Association pour la Recherche et l'Évaluation en Activité Physique et en Sport , Cours DU médecine du sport Marrakech , 2015.
- 8) **Colling-Saltin, A.S.** (1980). Skeletal muscle development in the human fetus and during childhood. In. K. Berg and B.O. Eriksson (Eds), Children and Exercise (pp. 193- 207), Baltimore, MD : University Park Press.

- 9) **Crielaard, J.M. & Pirnay, F. (1983).** Influence de l'heredite sur les performances physiques. *Médecine du Sport*, **T59**, 1.
- 10) **Davies, C.T.M., Barnes, C., Godfrey, S. (1972).** Body composition and maximal exercise performance in children. *Hum. Biol.*, **44**, 195- 214.
- 11) **Diallo, O., Dore, E., Duche, P. & Van Praagh, E. (2000).** Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J. of Sports Med. and Physical Fitness*, sous presse.
- 12) **Ducher G. Courteix D. (2008).** Réponses et adaptations osseuses à l'exercice au cours de la crois-sance. Dans : Van Praagh E. « Physiologie du sport. Enfant et adolescent ». *Sciences et Pratiques du Sport (éd. De Boeck)* : 97-126.
- 13) **Eisenmann J. C. Welk G. J. Ihmels M. J. Dollman (2007).** Fatness, Fitness, and Cardiovascular Disease Risk Factors in Children and Adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 39, No. 8, pp. 1251–56.
- 14) **Ericksson P, Saltin B:** Muscle Metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years comared to adults. *Acto peadiatria Belgica*, 1974, n° 28(suppl) : 257-265.
- 15) **Eriksson B.O. (1980).** Muscle metabolism in children, a review. *Acta Paediatr Scand Suppl*, 283: 20-8.
- 16) **Eriksson, B.O., Karlsson, J.& Saltin, B. (1971)** Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatr. Scand.*, **217** (suppl.): 154-157.
- 17) **Falgairrette, G., Bedu, M., Fellmann, N., Van Praagh, E. & Coudert, J. (1991).** Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **62**, 151-156.

- 18) **Falgairrette, G., Bedu, M., Fellmann, N., Van Praagh, E., Jarrige, J.F. & Coudert, J.** (1990). Modifications of aerobic and anaerobic metabolisms in active boys during puberty. In. G. Beunen, J. Ghesquiere, T. Reybrouck and A.L. Claessens (Eds), *Children and Exercise* (pp. 42-49), Stuttgart : Enke.
- 19) **Falgairrette, G., Duché, P., Bedu, M., Fellmann, N. & Coudert, J.** (1993). Bioenergetic characteristics in prepubertal swimmers : compariso with active and non active boys. *Int. J. Sports Med.*, **14**, 444-448.
- 20) **Faulkner, J.A., Clafin, D.R. & McCully, K.K.** (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. In N.L. Jones, N. MacCartney & A.J. McComas (Eds.), *Human Muscle Power* (pp. 81-91).
- 21) **Ferretti, G., Narici, M.V., Binzoni, T., Gariod, L., Le Bas, J.F., Reutenauer, H. & Cerretelli, P.** (1994). Determinants of peak muscle power : effects of age and physical conditioning. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **68**, 111-115.
- 22) **Flandrois R, Grandmontagne M, Mayet M H, Favier R, Frusto J** : la consommation maximale d'oxygène chez l'enfant français. Sa variation avec le sexe, L'âge et l'entraînement. *J Physiol. (Paris)* , 1981, n° 78 : 186-194.
- 23) **Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A.W., Fergusson, R.J., Montpetit, R.R. & Chaitman, B.R.** (1982). Skeletal muscle adaptation in adolescent boys : sprint and endurance training and detraining. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **14**, 453-456.
- 24) **Gerbeaux, M., Pertuzon, E. & Mereaux, M.** (1986). Le developpement de la force durant la croissance chez l'enfant et l'adolescent. *J. Biophysique et Biomécanique*, **10**, 41-46.

- 25) **Glenmark, B., Hedberg, G. & Jansson, E.**(1992). Changes in muscle fiber type from adolescence to adult hood in women and men. *Acta Physiol. Scand.*, 146, 251-259.
- 26) **Grodjinovsky, D. & Dotan, R.** (1989). Longitudinal effects of participating in a 3 year sports class on selected physical and anthropometric variables of pubescent children. In S. Oseid & K.H. Carlsen (Eds.), *Children and Exercise XIII* (pp. 211-221). Champaign, IL : Human Kinetics.
- 27) **Haralambie G.** (1982). Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 year old adolescents. *Bull Europ Physiopath Resp* 18: 65-74.
- 28) **Hautier, C.A., Belli, A., Lacour, J.R.** (1998). A method for assessing muscle fatigue during sprint exercise in humans using a friction-loaded cycle ergometer. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 12, 231-235.
- 29) **Hebestreit, H., Meyer, F., Htay-Htay, Heigenhauser, G.H. & Bar-Or, O.** (1996). Plasma metabolites, volume and electrolytes following 30-s high-intensity exercise in boys and men. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 72, 563-569.
- 30) **Jansson, E. (1996).** Age-related fiber type changes in human skeletal muscle. In R.J. Maughan & S.M. Shireffs (Eds.), *Biochemistry of exercise IX* (pp. 297-307). Champaign, IL : Human Kinetics.
- 31) **Karlsson, J., Komi, P.V. & Viitasalo, J.H.T.** (1979). Muscle strength and muscle characteristics in MZ and DZ twins. *Acta Physiol. Scand.*, 106, 319-325.
- 32) **Kobayashi K, Kitamura K, Miura M, Sodeyama H, Miyos-Hita M, Matsui H:** Arobic power as related to body growth and training in japenese boys. A longitudinal Study. *J Appl.physiol* , 1978, n° 100 : 385-392.

- 33) **Komi, PV. Viitasalo, J.T., Havu, M., Thorstensson, A., Sjodin, B. & Karlsson, J.** (1977). Skeletal muscle fibers enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiol. Scand.*, **100**, 383- 392.
- 34) **Laurent G**, entrainement des qualités physiques chez l'enfant et l'adolescent, Notes de cours (revues en nov 2001).
- 35) **Le chevalier J M et al**, Energie et conduites motrices-collection Etudes et formation, 1989.
- 36) **Léger L. Bosquet L. Folch N.** (1997). Evaluation et développement des aptitudes aérobies au cours de la croissance. Dans : « Cazorla G. & Robert G. « L'enfant, l'adolescent et le sport. Crois-sance, maturation, développement, santé et pratique des activités physiques et sportives » Actes du quatrième colloque international de la Guadeloupe. 70-95
- 37) **Lunberg, A., Eriksson, B.O. & Mellgren, G.** (1979a). Metabolic substrates, muscle fiber composition and fiber size in late walking and normal children. *Eur. J. Paediatr.*, **130**, 79-92.
- 38) **Malina, R.M.; Bouchard, C.** (1991). Growth, maturation and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics :p. 115-131.
- 39) **Massicotte D** : l'enfant et activité physique.In : Physiologie appliquée de l'activité physique. Paris : Vigot 1980.
- 40) **Mercier, B., Mercier, J. et Prefaut, Ch.** (1989). Evolution en fonction des caractéristiques anthropométriques de la puissance maximale anaérobie en période de croissance. *Communication au 9ème Congrès National de la Société Française de Médecine du Sport*, 30 Nov-2 Dec., Paris.

- 41) Mero, A., Jaakkola, L. & Komi, P.V. (1991). Relationships between muscle fiber characteristics and physical performance capacity in trained athletes boys. *J. Sports. Sci.*, **9**, 161- 171.
- 42) Pérès, G., Delgado, A., Vandewalle, H. & Monod, H. (1989). Variation de la puissance maximale anaerobie et des variables forcevitesse sous l'effet de l'entraînement. *Cinésiologie*, **127**, 299-301.
- 43) Pirnay F, Crielaard J M: influence de l'hérédité sur les performances physiques. *Médecine du sport*, 1983 tome 57, n° 4.
- 44) Ramos E. Frontera W.R. Llopart A. Feliciano D.(1998). Muscle strength and hormonal levels in adolescents : gender related différences. *Int J Sports Med* **19**, 526-531.
- 45) Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O. & Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold maximal aerobic and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int. J. Sports. Med.*, **7**, 281-286.
- 46) Simoneau, J.A. & Bouchard, C. (1998). The effects of genetic variation on anaerobic performance. In E. Van Praagh (Ed.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 5-21). Champaign, IL : Human Kinetics.
- 47) Sprynarova S: Longitudinal Study of the influence of the influence of différent physical activity programs on functional capacity of the boys from 11 to 18 years. *Acta Paediatratica Belgica*, 1974, n° 28(suppl) : 204-213.
- 48) Tanner J.M. Hughes P.C.R. Whitehouse R.H. (1981). Radiographically determined widths of bone, muscle and fat in the upper arm and calf from 3-18 years. *Annals of Human Biology* **8**:495-517.

- 49) **Tesch, P.A., Thorsson, A. & Fujitsuka, N.** (1989). Creatine phosphate in fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol.*, **66**, 1756-1759.
- 50) **Van Praagh E**, Physiologie du sport, Enfant et adolescent, Ed de Boeck, Paris, 2008.
- 51) **Weineck J**, manuel d'entraînement, Paris : Vigot, 1983.
- 52) **Wilmore J.H, Costil D.L**, physiologie du sport et de l'exercice, Traduction de la 3ème édition américaine par Arlet et Paul D, Carole G, Hassen Z, Ed de Boeck, Bruxelles, 2006.
- 53) **Zanconato, S., Buchtal, S., Barstow, T.J. & Cooper, D.M.** (1993). 31P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *J. Appl. Physiol.*, **74**, 2214-2218.