الفصل الثالث

العوامل المحددة للكفاءة الرياضية

المقدمة

تتحدد كفاءة تنفيذ عمل عضلي والتي يطلق عليها الكفاءة البدنية للإنسان بعدد كبير من العوامل ، ومن العوامل يمكن ذكر الآتي:

- تنامي (تطور) صفات القوة – السرعة وبالأخص التنسيق العصبي العضلي للحركة.
- الإمكانيات البايولوجية – لطاقة الجسم (الهوائية واللاهوائية).
- تقنية تنفيذ التمرين.
- فن تنفيذ المنافسة الرياضية.
- الإعداد النفسي للرياضي (الإدارة الذاتية).

تشكل القوة المميزة بالسرعة والإمكانيات البايولوجية مجموعة العوامل الإضافية (الإمكانيات الداخلية)، وتتحدد العوامل الثلاثة الأخرى وهي؛ التقنية والفن والإعداد النفسي للرياضي ضمن مجموعة واحدة لتشكل عوامل الإنتاجية التي تحدد درجة تحقيق العوامل الإضافية في ظروف محددة لهذا النوع من الرياضة. فمثلا تكمن التقنية الناجحة في تنفيذ التمرين تحقيق درجة وكفاءة عاليتين من إمكانية القوة – السرعة في كل جزء من أجزاء الحركة. أو في عناصر انفرادية من عناصر التمرين. إن الفن المكتمل لتنفيذ الصراع التنافسي يساعد على التحقيق لإمكانات القوة – السرعة والطاقة البايولوجية أو في أحد الأجزاء.

ومن بين العناصر البايوكيميائية التي تحدد قابلية القوة – السرعة للفرد يجب ذكر قبل كل شيء التركيز الإجمالي والخواص الأنزيمية لانقباض زلال العضلات. وتتناسب القوة التي

تتنامى في العضلات المتقلصة طردياً مع عدد الاتصالات (الأوامر) العرضية بين الخيوط الاكتينية والعضلينية في الألياف العضلية.

إن العدد المحتمل لهذه التشكيلات، وبالتالي قيمة التعزيزات العظمى تعتمد على التركيز الإجمالي للأكتين وطول الخيوط المايوسينية ضمن الساركومير الواحد، الذي يدخل في تركيب الألياف العضلية. إن سرعة تكوين وتحطيم الفواصل في الألياف العضلية للخلايا الهيكلية، وما يرتبط بذلك من تنامي سرعة التوتر وتقلص العضلات يعتمد على ATP لنشاط الميوزين (العضلين). إن سرعة التحطم الأنزيمي لـ ATP تحت تأثير الميوسين، الذي يتميز بصورة واضحة في الخيوط العضلية لأنواع مختلفة، وتكون السرعة في الخيوط العضلية البيضاء التي تتقلص بسرعة أكبر مما هي عليه في الخيوط الحمراء التي تتقلص ببطء – وبالمناسبة– فإن تحديد ATP لنشاط المايوسين يشكل واحداً من العوامل البايوكيميائية الأساسية، التي يمكن بموجبها تقسيم الخيوط العضلية إلى أنواع مختلفة. وفي العضلات الهيكلية للإنسان، يلاحظ وجود الألياف التي تتقبض بسرعة وببطء وفق علاقات مختلفة. وتعتمد الألياف ذات الانقباض السريع والبطئ، بصورة مباشرة على الخصائص الوظيفية للعضلات وتدخل الألياف المشار إليها في تركيب وحدات حركية مختلفة ويمكن التفريق بينها بواسطة عتبة التأثير، وعندما يكون تردد التأثير صغيراً ستساهم في تمارين ذات الكثافة المعتدلة الوحدات الحركية البطيئة بالدرجة الرئيسة، ومع زيادة كثافة التمرين حيث يصبح تردد المؤثر أكبر فإن مضاعفة إنتاجية العمل ستعتمد بصورة أكبر على مساهمة الألياف العضلية ذات الانقباض السريع. وكلما كانت نسبة هذه الألياف أكبر في تركيب العضلات الهيكلية كلما كانت صفاتها في القوة – السرعة أعلى في عضلات الإنسان (intacus) التي تكون قيمة القدرات المتناهية تتناسب طردياً مع السرعة الإجمالية لانشطار ATP ، وكلما ساهمت وحدات حركية سريعة في العمل بدرجة أكبر كلما كانت السرعة المشار إليها أكبر.

تعد إمكانية الجسم للطاقة البايولوجية من أهم العوامل البايوكيميائية التي تحدد كفاءته البدنية، فإنه من المستحيل تنفيذ أي عمل مهما كان إذا لم يكن هناك صرف للطاقة ، ويتحقق توليد الطاقة خلال العمليات العضلية بالطريقة الهوائية واللاهوائية ، وجرت العادة اعتمادًا على الطبيعة البايوكيميائية، إن تقسيم عمليات الطاقة إلى ثلاث صفات وظيفية أساسية للجسم تؤثر بصورة مباشرة في قيمة وظيفة الكفاءة الرياضية:

- الكفاءة اللاهوائية اللاأسيدية المرتبطة بعمليات تحول الطاقة لعمليات ATP والفسفوكرياتين.
- الكفاءة اللاهوائية لتحلل السكر والتي تعكس عملية التحلل السكري خلال العمل الذي يحدث خلاله تراكم حامض اللبنيك.
- الكفاءة الهوائية المرتبطة بإمكانية تنفيذ العمل نتيجة تعزيز العمليات الهوائية في سبحيات الخلايا حيث يلاحظ في آن واحد زيادة إيصال ونضوب O_2 في الأنسجة العاملة.
- ويمكن لكل عنصر من عناصر الكفاءة البدنية أن يوصف بمساعدة ثلاثة أنواع من العوامل البايوكيميائية.

- عوامل القدرة، التي تعكس سرعة تحرر الطاقة في العمليات الميتابولية .
- عامل الحجم الذى تنعكس فيه أبعاد المستودعات التي تسمح بالاستخدام أو الحجم الإجمالي للتغيرات الميتابولية في الجسم ، التي تحدث أثناء تنفيذ التمرين .
- عوامل الفعالية التي تحدد درجة تحرر الطاقة في العمليات الميتابولية التي تستخدم في تنفيذ عمل عضلي محدد ويمكن لهذه العوامل أن تتخذ صيغة عدد كبير من المؤثرات البايوكيميائية المتنوعة، فيعكس جزء منها تقويم التغيرات البايوكيميائية في أعضاء وأنسجة إنفرادية لذلك فهي تتخذ أهمية موضعية، والثانية تهتم بالكفاءة البدنية الشاملة.

المؤشرات الهوائية واللاهوائية لكفاءة الرياضيين:

تتميز عمليات الطاقة الهوائية واللاهوائية بوضوح تبعاً لقيمة القدرة، ويتم بلوغ القدرة العظمى لمواد الطاقة التي تتفق مع القدرة العظمى للعملية اللاهوائية في تلك التمارين التي يستمر طولها ما يقارب (٥ ثوان) وتساوي عند الرياضيين المصنفين حوالي ٣٦٠٠ جول / كغم. دق، إن التعزيز الأعظم لموادً الطاقة في عملية التحلل السكري اللاهوائي يحل في تلك التمارين، التي تشكل استمراريتها القصوى حوالي ٣٠ ث، وتساوي ٢٤٠٠ جول / كغم. دق، ويتم بلوغ القدرة العظمى للعملية الهوائية في تلك التمارين التي تشكل استمراريتها القصوى ما يقارب ٢ – ٧ دق. وتساوي ١٢٠٠ جول / كغم. دق (يساوي معدل قيمة القدرة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين حوالي ٦٠ مل / كغم. دق) وعليه فإن قيمة القدرة الهوائية العظمى للعمليات الهوائية اللاأسيدية في تحلل السكر تشكل : ١ : ٢ : ٣ .

ومن الممكن الحفاظ على القدرة العظمى للعملية الهوائية، التي يتوصل لها عند الدقيقة الثانية أوالثالثة من العمل، لغاية الدقيقة الخامسة عشرة – الثلاثين، كما أنها تتناقص تدريجياً عند التمارين الطويلة ويشكل معدل المستوى الهوائي لمواد الطاقة في سباق الضاحية حوالي ٨٠ – ٨٥ ٪ من القيمة العظمى للقدرة الهوائية.

إن قدرة العمليات اللاأسيدية واللاهوائية لتحلل السكر تنخفض مع زيادة الزمن الأقصى لتنفيذ التمرين ويرتبط ذلك مع القيم النسبية غير الكبيرة لحجم الطاقة.

تتجاوز العملية الهوائية نسبة لحجم الطاقة ببضع مرات العمليات اللاأسيدية واللاهوائية في تحلل السكر. إن مستودعات المواد التي تتأثر بالأنزيمات والتي تستخدم الأكسدة في العضلات العاملة تضم ليس فقط احتياطياً داخل العضلات من كربوهيدرات ودهون، وإنما أيضاً السكر والحوامض الدهنية واحتياطي النشا في الكبد وفي العضلات غير العاملة، إضافة إلى الاحتياطي من الدهون لمختلف أنسجة الجسم. ولو تم تقويم حجم العمليات البايوطاقية نسبة لاستمرارية العمل التي يتم خلالها المحافظة على السرعة القصوى لمواد الطاقة في هذه العملية فإن حجم العملية الهوائية سيبدو أنه يتجاوز بعشرة أضعاف حجم العملية اللاهوائية اللاأسيدية.

ونلاحظ اختلافات واضحة في مؤشرات فاعلية العمليات البايوطاقية المختلفة ومن أجل التقويم العددي لكفاءة تحويل طاقة العمليات الميتابولية إلى شغل ميكانيكي يمكن الاستعانة بنوعين من المؤشرات:

- نسبة العدد الإجمالي لآلية العمل المنفذ إلى حجم التغيرات الميتابولية التي تحدث في الجسم، أي المكافئ الميكانيكي لوحدة استخدام المواد المتأثرة بالأنزيمات (فوسفوكرياتين السكر، الأوكسجين).
- نسبة مجموع الطاقة المفيدة المصروفة إلى الحجم الإجمالي للطاقة التي تتحرر في هذه العملية الميتابولية، أي معامل الفاعلية (*efficiency*) يتكون معامل الفاعلية الإجمالي عند تحويل الطاقة في العمليات الميتابولية إلى شغل ميكانيكي (*EM*) من اثنين من المؤشرات:

١) فاعلية تحول الطاقة التي تتحرر أثناء التحول الميتابولي في طاقة إعادة تكوين بعض المركبات الفسفورية *ATP* ويسمى الفاعلية الفسفورية (*EM*).

٢) فاعلية تحويل طاقة *ATP* إلى شغل ميكانيكي، أي فاعلية النمازج الكيميا – ميكانيكي.

إن فاعلية التمازج الكيميا – ميكانيكي في العمليات الميتابولية الهوائية واللاهوائية تكون متساوية تقريباً، وتشكل ٥٠ ٪. وفي ذات الوقت فإن الفاعلية الفسفورية تتخذ أكبر قيمة لها في العمليات اللاأسيدية اللاهوائية، إذ تساوي حوالي ٨٠ ٪ كما تتخذ أقل قيمة لها ٤٤ ٪ في التحلل اللاهوائي للسكر، أما في العملية الهوائية فتساوي ٦٠ ٪ تقريباً.

ولقد تم الحصول على القيم الإجمالية لمعايير الطاقة للقدرة والحجم والفاعلية من خلال قياسات عملية مباشرة لمواد الطاقة عند الرياضيين المصنفين. إن قيم هذه المؤشرات عند الأشخاص الذين يعيشون حياة معتلة النشاط تكون أقل بكثير.

جدول رقم (٥)

يمثل معايير القدرة والحجم والفاعلية لعمليات ميتابولية مختلفة

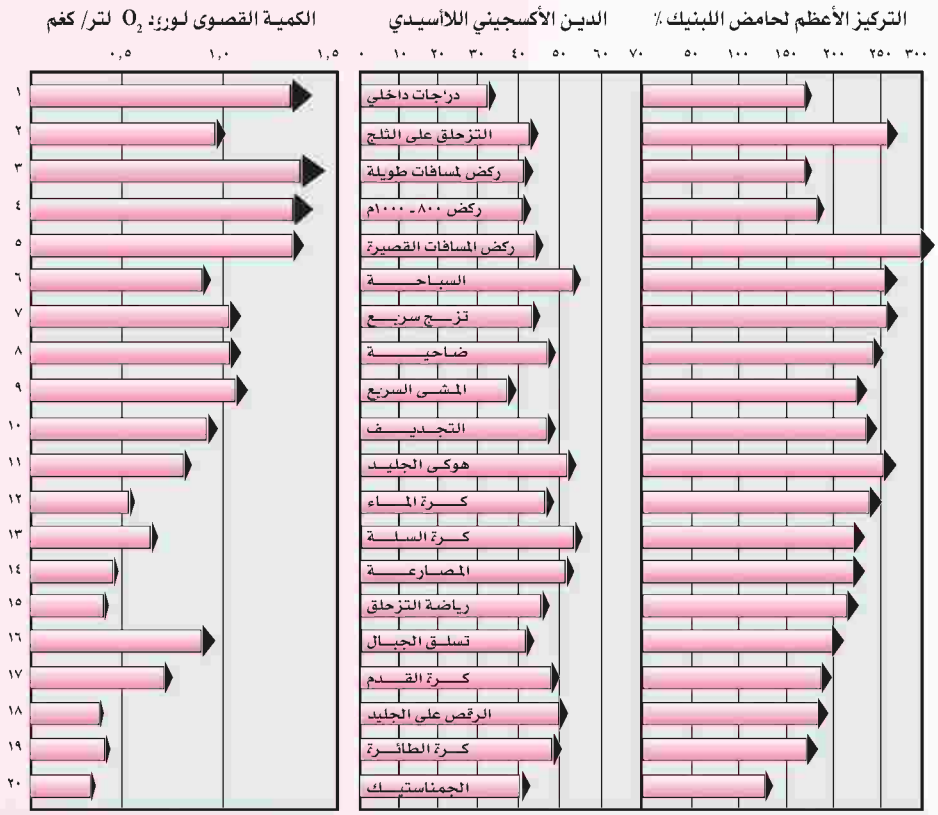
مصدر الطاقة	القدرة العظمى كج / كغم . دق	زمن الحفاظ على القدرة / ث	الحجم الأعظم كج / كغم	الفاعليـــة ٪		
				EP	EC	EM
عملية لاهوائية لاأسيدية	٣٧٧٠	٦	٦٣٠	٨٠	٥٠	٤٠
التحلل اللاهوائي للسكـر	٢٥٠٠	٦٠	١٠٥٠	٣٦ – ٥٢	٥٠	٢٢
العمليـة الهوائيـة	١٢٥٠	٦٠٠	--	٦٠	٥٠	٣٠

EP = الفاعلية الفسفورية
EC = فاعلية التمازج الكيميا – ميكانيكي .
EM = شغـل ميكانيـكي

خصوصية كفاءة الأداء الرياضية:

تحمل معايير ظهور كفاءة الأداء البدنية في هذا النوع من الرياضة أو ذاك طبيعة متخصصة، وتعتمد هذه الخصوصية على العلاقة بين مستوى تطور كفاءة الرياضي الهوائية واللاهوائية التي تنشأ تحت تأثير التدريب (الشكل رقم ١٦). ولعل أكبر قيمة للمؤشرات القصوى للقدرة الهوائية يمكن تأشيرها عند العدائين في المسافات الطويلة ، والمتزلجين على الجليد، وراكبي الدراجات في سباق المسافات الطويلة. إن أكبر قدرة لا أسيدية لا هوائية يبديها العدائون في المسافات القصيرة ولاعبو هوكي الجليد.

الشكل (١٦) مؤشرات الحجم للعمليات الهوائية واللاهوائية للرياضيين بمختلف الاختصاصات



ويمتلك راكبو الدراجات للمسافات القصيرة وعدائو المسافات المتوسطة ولاعبو كرة الماء القيم الكبرى للقدرة اللاهوائية في تحلل السكر. أما أكبر قيمة للحجم الهوائي فيلاحظ عند راكبي الدراجات في سباق المسافات الطويلة.

كما أن أعلى قيمة للحجم اللاأسيدي اللاهوائي يظهره عداء المسافات القصيرة ولاعبو كرة السلة والمصارعون. ويلاحظ أكبر قيمة للحجم اللاهوائي في تحلل السكر عند عدائي المسافات المتوسطة.

ويوجد في كل نوع من أنواع الرياضة عوامل ميتابولية « قيادية » ممكن أن تظهر تأثيراً معيناً على مستوى الإنجازات الرياضية (الجدول ٦).

جدول رقم (٦)

يمثل تأثير العوامل الميتابولية في تغير الإنجازات الرياضية في أنواع مختلفة من التمارين ٪

العوامل الميتابولية	ركض المسافات القصيرة	ركض المسافات الطويلة	التزلج على الثلج	التزلج السريع على الجليد	كرة السلة
١) القدرة الهوائية	٣٧,٠	٤١,٠	٢٥,٥	٧,٠	٨,٥
٢) الحجم الهوائي	--	١٧,٠	٣٠,٠	٥,٦	٦,٦
٣) الفاعلية الهوائية	--	٧,٧	١٢,٠	٣٥,٧	١٤,٠
٤) القدرة اللاهوائية في تحلل السكر	٩,٧	٦,٢	٤,٦	١٢,٥	--
٥) الحجم اللاهوائي في تحلل السكر	١٢,٩	١٤,٨	١١,٧	٢١,٠	٣٣,٠
٦) القدرة اللاهوائية اللاأسيدية	١٧,٩	٣,٦	٤,٤	٩,٠	٦,٢
٧) الحجم اللاهوائي اللاأسيدي	٧,٨	--	--	٥,٧	١٠,٠

ويبدو في الجدول المذكور أن نتائج ركض المسافات الطويلة، وكذلك التزلج على الجليد تعتمد بالدرجة الأساسية على القدرة الهوائية والحجم الهوائي والحجم اللاهوائي لتحلل السكر، أما في التزلج السريع على الجليد فإن النتائج تعتمد على الفاعلية الهوائية والحجم اللاهوائي لتحلل السكر، وفي كرة السلة على الحجم اللاهوائي لتحلل السكر والفاعلية الهوائية.

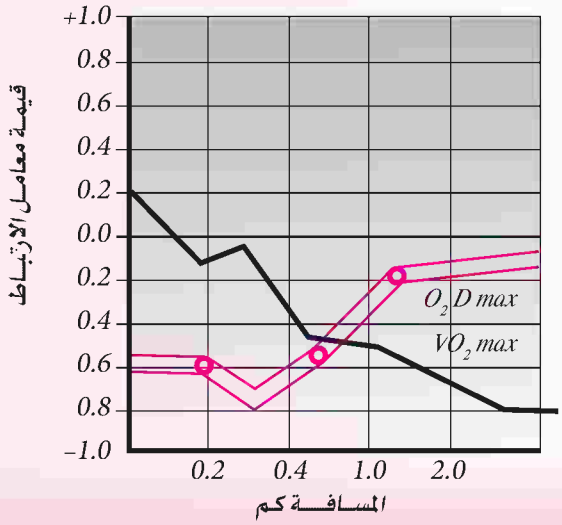
وهكذا فإن لكل نوع من أنواع الرياضة توجد مجموعة خاصة من عوامل الميتابول القيادية، التي تبدو تأثيراً محدداً على مستوى الإنجازات الرياضية. إن تأثير العوامل البايولوجية

للطاقة في مستوى الإنجازات الرياضية. لا يبقى ثابتاً إنما يتغير تبعاً للقدرة واستمرارية التمرين.

ولعل هذا يتجلى بوضوح في أن أكبر تأثير في مؤشر القدرة الهوائية العظمى على الإنجازات الرياضية في الركض يمكن ملاحظته في مسافة ٥ – ١٠ كيلو مترات ولا يمكن ملاحظة هذا التأثير في المسافات القصيرة، وعلى عكس ذلك يحدث مع مؤشر الحجم اللاهوائي الأعظم إذ يظهر تعديلاً كبيراً في الإنجازات الرياضية في ركض المسافات القصيرة والمتوسطة، في حين يهبط تأثيره بصورة حادة في ركض المسافات الطويلة.

(الشكل رقم ١٧) يمثل مؤشرات ربط الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين والقيمة العظمى للدين الأوكسجيني بالإنجازات الرياضية، في الركض لمسافات مختلفة.

الشكل (٩٢) مؤشرات ربط الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين والقيمة العظمى لدين O_2 بالانجازات الرياضية في الركض لمسافات مختلفة



جدول رقم (٧)

يوضح قيمة مؤشرات القدرة والحجم والفاعلية اللاهوائية والعمليات الهوائية عند رياضيي التزلج السريع على الجليد لمهارات مختلفة

المستوى الرياضى	$Vo_{2\,Max}$ مل/كغم . دق	الزمن/ ث	الدين o_2 الشامل مل/كغم	الدين o_2 اللاأسيدي مل/كغم
رياضيون من الدرجة الثانية والثالثة	٥١	١٥٠	١٠١	٢٥
رياضيو الدرجة الأولى ، ومرشح إلى بطل رياضي	٦٩	٢٠٠	١٢٧	٣١
بطل رياضة	٧٢	٢٧٠	١٣٧	٣٤
بطل رياضة دولي	٧٦	٣٤٠	١٤١	١٣٥

تأثير التدريب في كفاءة الرياضيين:

تتأثر مؤشرات الكفاءة البدنية بصورة حادة بسبب التدريب. ولعل هذا يظهر بوضوح عند مقارنة مؤشرات القدرة والحجم وفاعلية عمليات الطاقة البايولوجية عند الرياضيين من مختلف المهارات الرياضية.

تبين المعلومات الواردة في الجدول المذكور أعلاه، أنه مع مضاعفة مستوى مهارة الرياضيين تتحسن مواصفات الطاقة البايولوجية للكفاءة البدنية، بالإضافة إلى ذلك ينبغي الإشارة إلى أن الطاقة البايولوجية قد ظهرت بدرجات متفاوتة. فمثلاً عند الرياضيين المبتدئين الذين يتمرنون في تلك الأنواع من الرياضة التي يتطلب فيها إظهار صفة التحمل تشكل قيمة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين ما يقارب ٤٠ - ٤٥ مل / كغم. دق، في الوقت الذي تساوي فيه هذه القيمة عند الرياضيين الدوليين ٨٠ - ٩٠ مل / كغم. دق. وهذا يعني أن التدريب المنتظم الذي يمتد لسنوات عديدة تتحسن مؤشرات القدرة الهوائية بمقدار الضعف تقريباً في الوقت الذي يمكن أن يتحسن فيه مؤشر الحجم الهوائي بأكثر من ٤ مرات (الجدول رقم ٨).

جدول رقم (٨)
يمثل تحسين مؤشرات القدرة والحجم وفاعلية عمليات الطاقة البايولوجية
تحت تأثير التدريب الذي يستمر لبضع سنوات

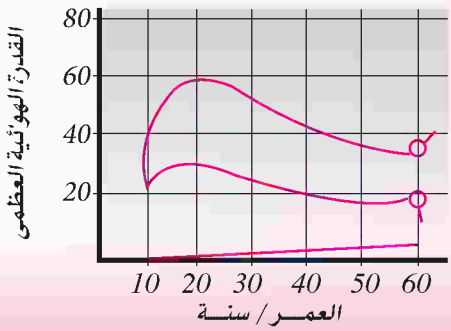
معايير الطاقة البايولوجية	الرياضي المبتدئ	رياضي دولي	نسبة التحسن
القدرة الهوائية مل/كغم. دق	٤٥	٩٠	١٠٠
اللاأسيدية مل/كغم. دق	٦٠	١٠٢	٧٠
تحلل السكر مل/كغم. دق	٢٠	٣٥	٧٥
الحجم الهوائي مل/كغم	٣,٢	١٣,٠	٣٠,٦
اللاأسيدي مل/كغم	٢١,٥	٥٤,٥	١٥٣
تحلل السكرغ/كغم	٠,٨	٢,٢	١٧٥
الفاعلية الهوائية	٤٤	٨٥	٩٣

العمر والكفاءة الرياضية:

تكشف كفاءة الأداء عند الرياضيين تغيرات منطقية تتناسب مع العمر، وتتضاعف إمكانيات مواد الطاقة بالطرق الهوائية وتتضاعف مع النضوج البدني للجسم واكتمال الدوائر الحسية للإنسان. ومع زيادة العمر تزداد القيمة الميتابولية الإجمالية للإنسان، وكذلك يزداد عدد الأنزيمات الأساسية للتبادل الهوائي واللاهوائي، وكذلك نشاط وثبوت هذه الأنزيمات في العمل، ويتضاعف احتياطي مواد الطاقة في الأنسجة ويستكمل عمل الأنظمة المسؤولة عن إيصال الأوكسجين والمواد الغذائية إلى العضلات، وطرد نواتج الانحلال. وعادة ما تصل هذه المؤشرات إلى القيمة العظمى عند الأعمار من ٢٠ – ٢٥ سنة، إذ يتم الاكتمال الفسيولوجي الكامل للإنسان. ويتم في هذا العمر عادة بلوغ أعلى النتائج الرياضية في تلك الأنواع من الرياضة التي يتطلب فيها إنتاج الطاقة بشكل عالٍ.

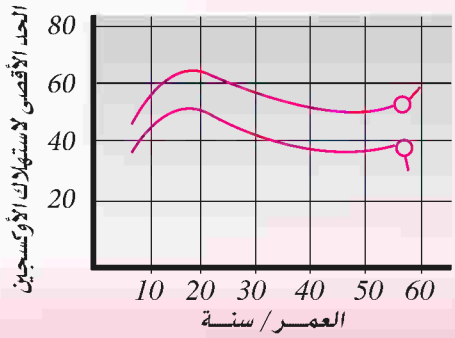
وبعد سن ٤٠ سنة تبدأ مؤشرات الكفاءة البدنية بالهبوط التدريجي، وعند بلوغ سن الـ ٦٠ سنة تصبح بمرتين أقل مما عليه في عمر البلوغ.

الشكل (١٨) الديناميكية العمرية لمؤشر القدرة الهوائية العظمى

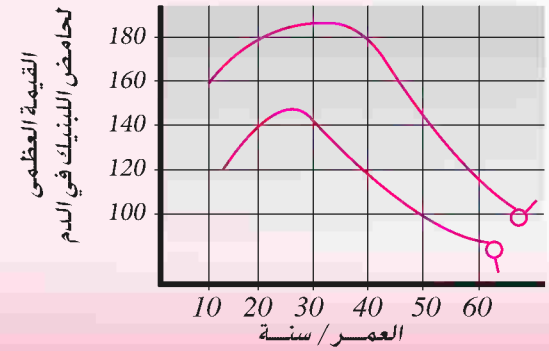


يلاحظ في فترة النمو البدني تمايز واضح في ديناميكية المؤشر البايولوجي فمثلاً أن MAM يزداد بسرعة عند الرجال لغاية ٢٠ عاماً، ويبقى محافظاً على القيمة القصوى لغاية سن الـ ٣٠ ثم يبدأ بالهبوط. أما عند النساء فإن هذا المؤشر يتم بسرعة أكبر والزيادة في عمر الفتوة (يبلغ القيمة القصوى في سن ١٨) ويتم أيضاً بوضوح أكبر بالنسبة للهبوط في القيمة عند التقدم بالعمر (الشكل رقم ١٨) ويبلغ المؤشر التكاملي لقدرة العملية الهوائية – قيمة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين – عند الرجال أكبر قيمة في سن ٢٥، وتبقى محافظة على هذا المستوى لغاية سن ٤٠ ثم تهبط، أما عند النساء فإن أكبر قيمة لهذا المؤشر تلاحظ عند عمر ٢٠ سنة وتبدأ بالانخفاض عند بلوغ عمر ٢٥ سنة (الشكل رقم ١٩).

الشكل (١٩) الديناميكية العمرية لمؤشر الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين



الشكل (٢٠) الديناميكية العمرية لمؤشر التراكم الأعظم لحامض اللبنيك في الدم



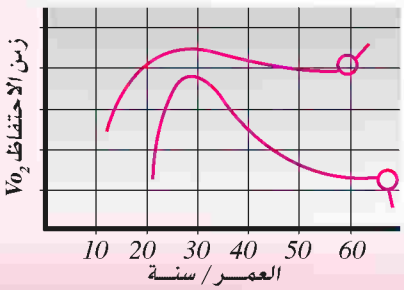
يلاحظ أكبر قيمة عظمى لتراكم حامض اللبنيك في الدم عند الرجال والنساء تظهر عند بلوغ سن ٢٢ سنة . ومن ثم تنخفض بسرعة بعد بلوغ سن ٣٠ عاماً (الشكل رقم ٢٠) تتسم مؤشرات الحجم وفاعلية العمليات البايولوجية للطاقة بوتيرة منخفضة في النمو.

وتبلغ أكبر قيمة لهذه المؤشرات عند سن ٢٥ – ٣٠ عاماً. وفي حالة التدريب المنتظم الهادئ يمكن المحافظة على هذا المستوى لغاية عمر ٤٠ – ٤٥ سنة، إن انخفاضها في سن الشيخوخة يمكن أن يظهر بوضوح أكبر عند النساء (الشكل رقم ٢١)، (الشكل رقم ٢٢).

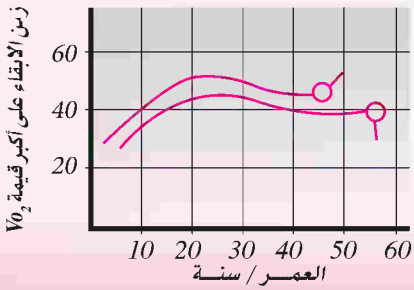
إن الديناميكية العمرية لمؤشرات كفاءة الأداء التي وردت الإشارة إليها ضرورية، وأن تؤخذ بنظر الاعتبار عند إعداد البرامج المتعلقة بالتنمية البدنية لجيل المستقبل وتنفيذ دروس التربية البدنية والدروس الرياضية للأشخاص من ذوي الفئات العمرية المختلفة ولكلا الجنسين.

الشكل (٢١ ، ٢٢) (أ) الديناميكية العمرية لمؤشر الحجم الهوائي .

(ب) الديناميكية العمرية لمؤشر الفاعلية الهوائية (عتبة التبادل اللاهوائي) .



الشكل (٢١)



الشكل (٢٢)