

طرق قياس الاستهلاك الطاقي لدى الرياضيين
Methods of measuring athletes energy expenditure

عمورة يزيد جامعة الجزائر 3 amoura-yazid@outlook.com	بن حاحة برهان الدين* جامعة الجزائر 3 benhahaeps@gmail.com
---	---

تاريخ الارسال: 2021/ 08 / 01 تاريخ القبول: 2021/ 11/ 04	
معلومات المقال	ملخص: إن قياس كمية الطاقة المستهلكة من طرف الرياضي أمر هام، إذ من خلال استخدام البيانات المتحصل عليها يمكن تعديل الحمية الرياضي و برنامجه التدريبي لتحسين أدائه خلال المنافسة. هدف الباحث إلى تسليط الضوء على بعض الطرق المستخدمة حاليا لقياس كمية الطاقة المستهلكة من طرف الرياضيين.
	الكلمات المفتاحية : طرق قياس الاستهلاك الطاقي لدى الرياضيين
Article info	Received: 01/08/2021 Accepted :04/11 / 2021
	Abstract The measurement of athletes' energy expenditure can provide us with some very important data which can be used to adjust the athletes' diet and training programs in order to enhance their ability to perform during competition. The researcher aimed to describe some of the methods which are used to measure the athletes' energy expenditure.
	Keywords: Methods of measuring athletes energy expenditure

1. مقدمة

لبلوغ الأداء الرياضي المثالي و المحافظة عليه لأطول فترة زمنية ممكنة لبدأ من أن نتحكم بكل العوامل المؤثرة عليه تعتبر الطاقة التي يستهلكها الرياضي خلال فترة زمنية معينة من بين هذه العوامل، إذ تؤثر هذه الطاقة على الأداء الرياضي بشكل غير مباشر وذلك عن طريق التأثير على حالة الميزان الطاقي لدى الرياضي و الذي بدوره يؤثر على عدة عوامل ذات صلة وثيقة بالأداء الرياضي مثل

- قدرة الرياضي على تحمل مختلف أنواع الأعباء التدريبية و التنافسية
- قدرة الرياضي على بناء أنسجة عضلية جديدة و المحافظة على كتلته العضلية
- إمكانية تعرض الرياضي للإصابات.

لتحكم بكمية الطاقة المستهلكة من طرف الرياضي نحتاج إلى قياسها و تقديرها بشكل سليم و دقيق، لبلوغ هذا النوع من القياس و التقدير نحتاج إلى وسائل تسمح بذلك، توجد عدة طرق لقياس الاستهلاك الطاقي لدى الرياضي و يهدف هذا العمل إلى تسليط الضوء على البعض منها عن طريق توضيح ما يلي

- المبدأ الذي تعتمد عليه كل الطريقة لقياس الطاقة المستهلكة من طرف الرياضي
- العتاد اللازم لاستخدام كل طريقة
- نوعية البيانات التي توفرها كل طريقة
- إمكانية استخدام كل طريقة
- طبيعة الظروف الذي يتم فيه استخدام كل طريقة
- المشاكل التي تعاني منها كل طريقة.

2. طرق مخبرية لقياس كمية الطاقة المستهلكة من طرف الرياضي

1.2 Direct calorimetry

تهدف هذه الطريقة إلى تقييم الحرارة المولدة من طرف المفحوص، إذ يتوجب على هذا الأخير التواجد داخل غرفة صغيرة ذات جدران عازلة التي تتخللها مجموعة من الأنابيب، يتم ضخ الماء في الأنابيب بشكل مستمر وتقاس الحرارة المولدة من طرف المفحوص عن طريق قياس الفرق بين درجة حرارة الماء الداخل و الآتي في الأنابيب.

(Judy A. Driskell & Ira Wolinsky, 2011, P 153)

تتميز هذه الطريقة بدقة عالية و تستخدم من أجل

- قياس الطاقة المستهلكة خلال الراحة.
- قياس الطاقة المستهلكة خلال ممارسة الأنشطة البدنية التي لا تتطلب الكثير من الحركة.
- قياس الاستهلاك الطاقي الذي يدوم ما بين 2 إلى 24 ساعة.

لكن لا يمكن استخدامها في لقياس الاستهلاك الطاقي خلال تأدية معظم الرياضات و هي غير ملائمة لدراسة العينات الكبيرة (Ira Wolinsky & Judy A. Driskell, 2008, P 129) كما أن بناء و تشغيل غرفة عازلة مزودة بالقدرة على قياس الحرارة الضائعة من الجسم يعتبر أمراً صعباً و باهظ الثمن.

(Jim Mann & A. Stewart Truswell, 2002, P 82)

2.2 Indirect calorimetry

كلما زاد استهلاك الجسم للطاقة زاد استخدام غاز O_2 و إنتاج غاز CO_2 من طرف النظام الطاقي الهوائي، تهدف طريقة Indirect Calorimetry إلى قياس حجم غاز O_2 المستهلك و حجم غاز CO_2 المطروح للتحديد كمية الطاقة المستهلكة من طرف المفحوص خلال فترة الفحص

(Marie Dunford & J. Andrew Doyle, 2008, P 41)

هناك نوعان من Indirect Calorimetry يستخدم النوع الأول Closed circuit system فحين يستخدم النوع الثاني Open circuit system، يتساوى النوعان من حيث درجة الصدق لكن يعتبر النوع الثاني الأفضل لدراسة الأنشطة البدنية التي تتضمن الحركة.

Closed circuit spirometry 1.2.2

يتم استخدام في هذه الطريقة جهاز Spirometer، و هو عبارة عن أسطوانة مسدودة بإحكام و معبأة بغاز O_2 100% كما يحتوي الجهاز على ممتص كيميائي يقوم بالتخلص من غاز CO_2 الذي يطرحه المفحوص. خلال الفحص يقوم المفحوص باستنشاق غاز O_2 الموجود في الاسطوانة و يقوم الممتص الكيميائي بالتخلص من CO_2 الذي يطرحه المفحوص من ما يؤدي إلى انخفاض حجم غاز O_2 داخل الاسطوانة. لقياس حجم O_2 الذي استهلكه المفحوص خلال الفحص يتم حساب الفرق بين حجم غاز O_2 الذي كان داخل الاسطوانة عند بداية الفحص و غاز O_2 المتبقي داخل الاسطوانة عند نهاية الفحص، و لتحديد كمية الطاقة التي استهلكها المفحوص يتم ضرب حجم غاز الأكسجين المستهلك من طرف المفحوص في 5 Kcal/L.

تعاني هذه الطريقة من بعض المشاكل و هي كالتالي

- في حالة عدم سد الاسطوانة بإحكام يمكن للهواء الموجود بداخلها أن يختلط بهواء الغرفة من ما يقود إلى نتائج خاطئة.
- يمكن للممتص الكيميائي أن يفشل في التخلص من غاز CO_2 الذي يطرحه المفحوص ما يؤدي إلى تراكم هذا الغاز في الأسطوانة و بتالي التقليل من كمية غاز O_2 الذي يمتصه المفحوص، يمكن لهذا أن يحدث في حالة استخدام ممتص كيميائي رديء أو إذا كان إنتاج المفحوص للغاز CO_2 يفوق قدرة الممتص الكيميائي على التخلص منه.
- يمكن للمفحوص البالغ أن يستهلك ما بين 40 إلى 90 لتر من غاز O_2 خلال ممارسة جهد بدني لمدة 30 دقيقة لذلك يجب استخدام اسطوانة لها القدرة على احتواء حجم كبير من غاز O_2 ، هذا النوع من الاسطوانات ضخم و صعب النقل و الاستخدام.
- لا تسمح هذه الطريقة بالتعرف على مصدر الطاقة (الكربوهيدرات، الدهون) التي استهلكها المفحوص خلال الفحص كما يتوجب على المفحوص أن يكون على مقربة تامة من عتاد الفحص خلال فترة القياس ما يجعل هذه الطريقة غير ملائمة لقياس الطاقة المستهلكة خلال تأدية جهد بدني.

(Ira Wolinsky & Judy A. Driskell, 2008, P 130)

Open circuit spirometry 2.2.2

تعتبر هذه الطريقة الأكثر استخداما لقياس حجم غاز الأكسجين المستهلك خلال الجهد البدني

(Victor L. Katch, William D. McArdle & Frank I. Katch, 2011, P 214)

يقوم المفحوص في هذه الطريقة باستنشاق الهواء المحيط به و الذي يمتلك تكوينا ثابتا (O_2 20.93%، CO_2 0.03%

(N 79.04%، CO_2 0.03%) (William D. McArdle, Frank I. Katch & Victor L. Katch, 2010, P 181)

ثم يزفر بغازاته التنفسية في أنبوب موصول بنظام يعمل على قياس حجم الهواء المطروح و تحديد النسب المئوية لغاز

O_2 و CO_2 الموجودة فيه (Ira Wolinsky & Judy A. Driskell, 2008, P 131)

يتم تحديد حجم غاز O_2 الذي استهلكه المفحوص وفقا للعملية الحسابية التالية

حجم غاز O_2 المستهلك (VO_2) = حجم غاز O_2 المستنشق - حجم غاز O_2 المطروح

(Stanley P. Brown, Wayne C. Miller & Jean M. Eason, 2006, P 111)

Doubly labeled water 3.2

الطرق المذكورة سابقا لها القدرة على توفير نتائج دقيقة، لكن البعض منها يحد من حركة المفحوص و البعض الآخر يتطلب من هذا الأخير أن يبقى ثابتا خلال فترة الفحص ما يقلل من نفع هذه الطرق

في دراسة المجال الرياضي كما لا يمكن لأي من الطريق المذكورة سابقا قياس كمية الطاقة المستهلكة خلال تأدية الأنشطة البدنية اللاهوائية (أنشطة بدنية ذات شدة عالية) لهذا الغرض تم ابتكار طريقة الماء المضاعف الوسم. يتناول المفحوص في هذه الطريقة جرعة من ماء مضاعف الوسم ($2H_2^{18}O$) ثم يمارس أنشطته اليومية بشكل عادي لمدة 5 إلى 7 أيام، يتم قياس حجم غاز CO_2 المطروح من طرف المفحوص و بقايا الماء الموسوم في بوله، و باستعمال هذه البيانات تحسب كمية الطاقة التي المستهلكة من طرف المفحوص خلال فترة الفحص. تتمثل عيوب هذه الطريقة في ما يلي

- قياس تركيز الماء الموسوم باهظ الثمن.
- يمكن لجودة الماء الموسوم التأثير على دقة النتائج.
- بالرغم من أن الطريقة مناسبة لتقدير الاستهلاك الطاقي الإجمالي لعدة أيام إلا أنها لا تسمح بمعرفة كمية الطاقة التي استهلكها المفحوص خلال نشاط بدني معين.

(Ira Wolinsky & Judy A. Driskell, 2008, P133-134)

3. طرق غير مباشرة لقياس كمية الطاقة المستهلكة من طرف الرياضي

تعتبر الطرق المذكورة سابقا جد مكلفة، تتطلب طاقما مدربا على استخدامها و يصعب استخدامها في دراسة العديد من الأنشطة الرياضية لهذا يتم استخدام طرق أخرى لقياس الاستهلاك الطاقي و هي تتمثل في ما يلي

Heart rate monitoring 1.3

إن صعوبة قياس حجم غاز O_2 المستهلك من طرف المفحوص في الميدان تدفع بالمختصين إلى تطوير طرق غير مباشرة لتسجيل الاستجابات الفسيولوجية المرتبطة بحجم غاز O_2 المستهلك من طرف المفحوص. تتضمن العوامل الفسيولوجية المدروسة معدل ضربات القلب، درجة حرارة الجسم و التهوية الرئوية، لكن يتم استخدام معدل ضربات القلب بشكل أكبر لوجود علاقة الخطية بينه و بين حجم غاز O_2 المستهلك أو كمية الطاقة المستهلكة خلال ممارسة النشاط البدني الدينامي الذي يتم فيه استخدام مجموعات عضلية كبيرة، بمعنى آخر كلما زاد معدل ضربات القلب زاد حجم غاز O_2 المستهلك خاصة عندما يتراوح معدل ضربات القلب بين 110 إلى 150 ضربة في الدقيقة

(Jie Kang, 2012, P465)

إن قياس الاستهلاك الطاقي باستخدام معدل ضربات القلب غير مكلف و لا يتطلب إدخال أدوات طبية في جسم المفحوص (Andrew P. Hills, Najat Mokhtar & Nuala M. Byrne, 2014, P 5)

إذ يمكن مراقبة و تسجيل معدل ضربات قلب المفحوص باستخدام جهاز يتكون من حزام و ساعة يد، يرتدي الفحوص الحزام على مستوى صدره و يقوم الجهاز الصغير الموجود في الحزام بإرسال موجات نحو المستقبل الموجود في ساعة يد أين يتم رقمنة الموجات و عرضها على شاشة الساعة. تمتلك النماذج الحديثة من هذا الجهاز القدرة على تخزين البيانات لأيام أو أسابيع ما يسمح لها بتوفير بيانات حول شدة، مدة و تكرار النشاط البدني الممارس من طرف المفحوص.

رغم النقاط الإيجابية لهذه الطريقة لا يزال التساؤل مطروحا حول ما إذا كان معدل ضربات القلب يعبر بدقة عن الطاقة المستهلكة خلال ممارسة الأنشطة البدنية ذات الشدة المنخفضة و يرجع هذا إلى ضعف العلاقة بين معدل ضربات القلب و حجم غاز O_2 المستهلك خلال ممارسة الأنشطة البدنية ذات الشدة المنخفضة. من ما يحد من قدرة استعمال هذه الطريقة لقياس الطاقة المستهلكة خلال تأدية الأنشطة البدنية اليومية علما أن هذه الأنشطة تتميز بشدة منخفضة أو متوسطة (Jie Kang, 2012, P465-466).

كما أن النشاط البدني ليس العامل الوحيد الذي يؤثر على معدل ضربات القلب إذ يمكن للعوامل نفسية (توتر و القلق) و طبيعة المحيط الخارجي (درجة الحرارة المرتفعة) أن تؤثر على معدل ضربات القلب دون أن يمارس المفحوص أي نشاط بدني (Jean-Michel OPPERT, 2005, P9).

Motion sensors 2.3

مجسات الحركة عبارة عن أجهزة ميكانيكية و إلكترونية يتم تثبيتها على جسم المفحوص لتقوم بتسجيل حركة أو تسارع جذعه أو أحد أطرافه (ساق، ذراع). يوجد عدة أنواع من مجسات الحركة و التي تختلف في ما بينها من حيث درجة التعقيد و التكلفة.

Pedometers 1.2.3

يعتبر عداد الخطى مجس حركة بسيط يتم تثبيته في حزام المفحوص أو على رصغه أو كاحله لكي يقوم بقياس عدد الخطوات التي قام بها المفحوص خلال فترة الفحص.

هذا الجهاز متوفر تجاريا و هو مزود بشاشة يتم من خلالها عرض مجمل الخطوات المفحوص كما يمكن أن يعبر عن هذه الخطوات بصيغة طاوقية (Kcal)، يمكن ضبط بعض النماذج على حسب طول خطوة المفحوص ما يزيد من دقة النتائج المتحصل عليها.

التكلفة المنخفضة لعداد الخطى و حجمه الصغير يجعلان منه ملائما للدراسات الوبائية التي تغطي العينات الكبيرة. كأداة بحث يعاني هذا الجهاز من بعض المشاكل و هي كآالي

- لا يفرق الجهاز بين المشي و الجري.
- بالنسبة للجهاز تستهلك كل خطوة نفس الكم من الطاقة بغض النظر عن السرعة التي ينتقل بها المفحوص.
- لا يمتلك عداد الخطى القدرة على تخزين البيانات لمدة طويلة كما لا يوفر بيانات حول مدة، شدة و تكرار النشاط البدني.

Accelerometers 2.2.3

أجهزة إلكترونية متطورة تستخدم حركة الجسم لقياس تسارعه. يعرض مقياس التسارع النتائج على شاشته كما يمكن تحميلها على شكل بيانات خام من أجل تحليلها بشكل أوسع، معظم مقاييس التسارع الحالية لها القدرة على عرض كمية الطاقة التي استهلكها المفحوص خلال فترة زمنية معينة.

لمقياس التسارع حجم صغير إذ أن حمل الجهاز لا يعيق حركات المفحوص، كما أن الجهاز قادر على تسجيل البيانات لمدة زمنية طويلة لكن ميزته الأساسية تتمثل في قدرته على استشعار تغير حركة المفحوص ما يجعله قادرا على توفير بيانات حول شدة، مدة و تكرار النشاط البدني الممارس من طرف المفحوص رغم هذا يعاني الجهاز من بعض المشاكل و هي كآالي

- قدرته على تقدير كمية الطاقة المستهلكة من طرف المفحوص مشكوك فيها إذ أوضحت العديد من الدراسات أن مقاييس التسارع تقلل من القيمة الحقيقية لطاقة المستهلكة من طرف المفحوص.
- غير قادر على استشعار بعض الحركات مثل رفع الأثقال أو ركوب الدراجة.
- لا يمكنه التفريق بين المشي و الجري في الأرضية الناعمة أو المدرجة.

(Jie Kang, 2012, P460-465)

4. خلاصة

- تطوير الطرق التي تسمح بقياس سهل لكمية الطاقة التي يستهلكها الرياضي في المحيط الرياضي لا يزال مستمرا.
- يحتاج الجانب الطاقوي في المجال الرياضي إلى المزيد من الاهتمام من طرف البحث العلمي الجزائري.

- معظم الطرق المذكورة في هذا العمل غير متوفرة بالنسبة للباحث الجزائري، لكنها جزء صغير من مجمل طرق قياس الطاقة في المجال الرياضي، لذا يجدر بالباحث الراغب في دراسة الطاقة المستهلكة من طرف الرياضيين الاطلاع على أكبر قدر ممكن من طرق قياس الطاقة لتقوية فرصته في العثور على طريقة تتماشى مع قدراته العلمية و المادية.

5. مراجع المؤلفات

1. Ira Wolinsky & Judy Driskell, 2008, Sports nutrition, Energy metabolism and exercise, USA, CRC Press.
2. Jie Kang, 2012, Nutrition and metabolism in sport, Exercise and health, USA, Routledge.
3. Jim Mann & A. Stewart Truswell, 2002, Essential of human nutrition, Second edition, New York, Oxford university press.
4. Judy Driskell & Ira Wolinsky, 2011, Nutritional assessment of athletes, Second edition, USA, CRC Press.
5. Marie Dunford & J. Andrew Doyle, 2008, Nutrition for sport and exercise, USA, Thomson Wadsworth.
6. Stanley P. Brown, Wayne C. Miller & Jane M. Eason, 2006, Exercise physiology, Basis of human movement in health and disease, USA, Lippincott Williams & Wilkins.
7. Victor L. Katch, William D. McArdle & Frank I. Katch, Essentials of exercise physiology, Fourth edition, China, Lippincott Williams & Wilkins.
8. William D. McArdle, Frank I. Katch & Victor L. Katch, 2010, Exercise physiology, Nutrition, energy, and human performance, China, Lippincott Williams & Wilkins.

المقالات

1. Andrew P. Hills, Najat Mokhtar, Nuala M. Byrne, 2014, Assessment of physical activity and energy expenditure, an overview of objective measures, Frontiers in nutrition, Volume 1.
2. Jean- Michel OPPERT et al, 2005, Activité physique et santé, Arguments scientifiques, pistes pratiques, Société française de nutrition.