وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامـــــــــعة الموصـــــــــل
كليـــــة التربيـــــة الأساسيـــــة
قســـم التربيـــة البدنية وعلوم الرياضة

دراسة ميدانية لحساب الطاقة المصروفة لمسافات مختلفة من الأركاض بدلالة عدد من المؤشرات الفسيولوجية

أحمد يقضان صالح أحمد

أطروحة دكتوراه
التربية البدنية وعلوم الرياضة

بإشراف

الأستاذ الدكتور

محمد توفيق عثمان آل حسين أغا

١٤٤٧ هـ ٢٠٢٥ م

ملخص الاطروحة

دراسة ميدانية لحساب الطاقة المصروفة لمسافات مختلفة من الأركاض بدلالة عدد من المؤشرات الفسيولوجية

الباحث	المشرف
أحمد يقضان صالح أحمد	أ. د. محمد توفيق عثمان آل حسين اغا
٢٠٢٥ م	١٤٤٧ هـ

يُشكّل فهم آليات استهلاك الطاقة في الجسم البشري محوراً جوهرياً في دراسة الفسيولوجيا الرياضية والأداء البدني، إذ ترتبط كفاءة تحويل الطاقة الكيميائية (من الغذاء) إلى طاقة ميكانيكية (حركة) بشكل وثيق بمدى تكيّف الأنظمة الحيوية مع متطلبات النشاط البدني. ومع تباين شدة التمارين ومدتها، تتفاوت مساهمة المسارات الأيضية (الهوائية واللاهوائية) في توفير الطاقة، مما يفرض تحديات منهجية في القياس الدقيق لإنفاق الطاقة، لا سيما في الأنشطة عالية الشدة وقصيرة المدى (High-Intensity Training-HIT)، إذ يُعَد قياس إنفاق الطاقة في الأنشطة عالية الشدة وقصيرة المدى (مثل الركض السريع) تحديًا منهجيًا بسبب هيمنة المسارات الأيضية اللاهوائية، التي تعجز الطرق التقليدية (كقياس استهلاك الأكسجين) عن تقييمها بدقة ، بسبب محدودية قياس استهلاك الأكسجين في تفسير نقل الطاقة السريع عبر تحليل الكلوكوز وإنتاج اللاكتات، يهدف البحث الحالي إلى ما يأتي:

- التعرف على قيم بعض المتغيرات الفسيولوجية[*] عند اداء مسافات مختلفة من الأركاض.
- التعرف على الفروق في صرفيات الطاقة قبل وبعد إدخال قياسات لاكتات الدم في حساب إجمالي صرفيات الطاقة (TEE) لمسافات مختلفة[**] من الأركاض.
- تحديد نسبة مساهمة كل من: (استهلاك الأوكسجين أثناء الجهد(VO_2) ، الدين الأوكسجيني (EPOC)، تركيز لاكتات الدم، في حساب إنفاق الطاقة الكلي (TEE) لمسافات مختلفة من الأركاض.
- التعرف على الفروق في المتغيرات الفسيولوجية بين المسافات المختلفة أثناء الجهد البدني.
- التعرف على الفروق في المتغيرات الفسيولوجية بين المسافات المختلفة أثناء مرحلة الاستشفاء.
- التعرف على العلاقة بين صرفيات الطاقة والمتغيرات الفسيولوجية خلال فترات الجهد لمسافات مختلفة من الأركاض.

([*]) قام الباحث بتحديد المراحل المدروسة في ركض (١٠٠) م (٤٠٠) م ، ٣٠٠٠ م

تم اختيار مجتمع البحث من عدائي جامعات محافظة نينوى، وشملت عينة البحث ١١ عداء تراوحت أعمارهم ما بين (١٩–٢٢) سنة، تم اجراء التجانس في البيانات (الطول ، العمر ، الكتلة ، المتغيرات الفسيولوجية) ، ونفذت عينة البحث اختبارات جري لمسافة (١٠٠ ، و٤٠٠ ، و٣٠٠٠) متر على مضمار خارجي في ظل ظروف بيئية (٢٤–٢٦ درجة مئوية، ورطوبة ٤٠٪) ، وبصورة منفردة وراحة تصل الى ٤٨ ساعة بين اختبار واخر لضمان استعادة الشفاء، جُمعت البيانات الأيضية باستخدام جهاز تحليل غاز (Cosmed-k5) محمول، وقيست تركيز اللاكتات عبر عينات دم شعرية . تم حساب صرفيات الطاقة الكلية باستخدام المعادلة المعتمدة لدى(Scott, 2006) ، والتي تأخذ بالحسبان مساهمات الطاقة الهوائية في أثناء الجهد والاستشفاء، فضلا عن الطاقة اللاهوائية الناتجة عن تراكم اللاكتات، وقام الباحث بتحليل البيانات احصائيا باستخدام الحقيبة الاحصائية (SPSS V26) .

أظهرت النتائج فروقًا معنوية في مكونات إنفاق الطاقة عبر المسافات (P < ٠.٠٠٠١)، حيث سادت المسارات اللاهوائية في ١٠٠ متر، بطاقة موزعة بين الأوكسجين (٨.٥٧%)، EPOC (٦٨.٨٧٪)، واللاكتات (٢٢.٥٦٪). في ٤٠٠ متر، ظهر مزيج هوائي–لاهوائي (١٦.٧٨٪ أوكسجين، ٥٣.٠٤% EPOC، ٣٠.١٧٪ لاكتات)، بينما هيمنت الطاقة الهوائية في ٣٠٠٠ متر (٦٨.٠٠٪ أوكسجين، ٢٥.٩٦% EPOC، ٦.٠٤٪ لاكتات).

خلال الاستشفاء، لم تُسجّل فروق معنوية في معظم المتغيرات الفسيولوجية بين المسافات (P > ٠.٠٥)، باستثناء معدل ضربات القلب (P = ٠.٠٠٤) الذي اختلف بين ١٠٠م وكل من ٤٠٠م و٣٠٠٠م.

أما العلاقة بين إنفاق الطاقة والمتغيرات الفسيولوجية، فكانت غير معنوية في ١٠٠ متر، لكنها ظهرت معنوية لعدة متغيرات في ٤٠٠م و٣٠٠٠م، مما يعكس تباين أنماط الارتباط بحسب شدة المسافة وطبيعة الجهد ، في ضوء النتائج السابقة توصل الباحث الى عدد من الاستنتاجات:

١. تباين أنماط إنفاق الطاقة حسب المسافة

- في ١٠٠ متر: سيطرة النظام اللاهوائي مع مساهمة كبيرة لـ EPOC واللاكتات، واستهلاك أوكسجين منخفض.
- في ٤٠٠ متر: نمط طاقي مختلط يجمع الأنظمة الهوائية واللاهوائية.
- في ٣٠٠٠ متر: هيمنة العمليات الهوائية والاعتماد الكبير على استهلاك الأوكسجين.
- القيم الإحصائية أكدت أهمية النظام اللاهوائي في الجهود القصيرة، مع تراجع دوره في المسافات الأطول.

٢. أهمية الاعتماد على مؤشرات متعددة

- قياسات اللاكتات تُعد مكملة وضرورية بجانب استهلاك الأوكسجين، خاصة لتقييم الفعاليات اللاهوائية.

I

Abstract

"A Field Study to Calculate Energy Expenditure for Different Running Distances Based on Selected Physiological Indicators"

Researcher *Ahmed Yakdhan Saleh*

Supervised by *Prof. Dr. Mohammed T. Al Husaen Aga*

1447 AH 2025AD

Understanding the mechanisms of energy expenditure sin the human body is a core focus in the study of exercise physiology and physical performance. The efficiency of converting chemical energy (from food) into mechanical energy (movement) is closely tied to the degree of biological systems' adaptation to the demands of physical activity. As exercise intensity and duration vary, the contribution of metabolic pathways (aerobic and anaerobic) to energy supply also changes, presenting methodological challenges in accurately measuring energy expenditure—especially in high-intensity, short-duration activities (High-Intensity Training, HIT). Measuring energy expenditure in such activities (e.g., sprinting) is methodologically challenging due to the dominance of anaerobic metabolic pathways, which traditional methods (like oxygen consumption measurement) cannot evaluate precisely. This limitation stems from the inability of VO_2 measurement alone to explain the rapid energy transfer via glucose breakdown and lactate production.

The present study aims to:

- Identify values of selected physiological variables during running over different distances.
- Examine differences in energy expenditure before and after including blood lactate measurements in the calculation of Total Energy Expenditure (TEE) over different running distances.
- Determine the percentage contribution of each of: oxygen consumption during effort (VO_2), oxygen debt (EPOC), and blood lactate concentration to total energy expenditure (TEE) across running distances.
- Identify differences in physiological variables between different distances during physical effort.
- Identify differences in physiological variables between distances during the recovery phase.
- Examine the relationship between energy expenditure and physiological variables during effort phases over different running distances.

Participants were selected from university sprinters in Nineveh Province. The sample included 11 runners aged 19–22 years. Homogeneity was ensured in data

(height, age, body mass, and physiological variables). The sample performed running tests over distances of 100, 400, and 3000 meters on an outdoor track under environmental conditions (24–26 °C, 40% humidity), individually and with 48 hours of rest between sessions to ensure recovery. Metabolic data were collected using a portable gas analysis device (Cosmed K5), and blood lactate concentrations were measured via capillary blood samples. Total energy expenditure was calculated using Scott's (2006) equation, which accounts for aerobic energy contributions during exercise and recovery as well as anaerobic energy from lactate accumulation. Data were statistically analyzed using SPSS V26.

Results revealed significant differences in the components of energy expenditure across distances ($P < 0.001$):

- For 100 m, anaerobic pathways dominated, with contributions from oxygen (8.57%), EPOC (68.87%), and lactate (22.56%).
- For 400 m, a mixed aerobic–anaerobic pattern appeared (16.78% oxygen, 53.04% EPOC, 30.17% lactate).
- For 3000 m, aerobic energy predominated (68.00% oxygen, 25.96% EPOC, 6.04% lactate).

During recovery, there were no statistically significant differences in most physiological variables between distances ($P > 0.05$), except for heart rate ($P = 0.004$), which differed between 100 m and both 400 m and 3000 m.

The relationship between energy expenditure and physiological variables was non-significant for 100 m but showed significant correlations for several variables at 400 m and 3000 m, reflecting differences in these associations based on distance intensity and exercise nature.

Based on these results, the researcher concluded:

1. **Variation in energy expenditure patterns by distance:**

- 100 m: Dominance of anaerobic pathways with high EPOC and lactate contribution, low oxygen consumption.
- 400 m: A mixed energy pattern combining aerobic and anaerobic systems.
- 3000 m: Predominance of aerobic metabolism with heavy reliance on oxygen consumption.
- Statistical values confirmed the importance of anaerobic systems in short, high-intensity efforts, with a decreasing role over longer distances.

2. **Importance of using multiple indicators:**

- Lactate measurements are complementary and essential alongside oxygen consumption, particularly for assessing anaerobic activities.

University of Mosul

College of Basic Education

Depart. Physical Education & Sport Sciences

A Field Study to Calculate Energy Expenditure for Different Running Distances Based on Selected Physiological Indicators

A Thesis Submitted By

Ahmed Yakdhan Saleh Ahmed

PhD Thesis

Physical Education and Sports Science

Supervised by

Prof. Dr. Mohammed T. Al Husaen Aga

2025 A.D. **1447 A.H.**