ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

علاقة بعض المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية باقتصاد الركض لعدائي 5000 متر

م.م فادي محمد شيت يونس محمد الجرجري [1] أ.د محمد توفيق عثمان آل حسين أغا [2]
الموصل/مديرية تربية نينوى [1]
جامعة الموصل/كلية التربية الاساسية/قسم التربية البدنية وعلوم الرياضة [2]
([1] fadi.bep34@student.uomosul.edu.iq, [2] dr.mohammedtwfeeq@uomosul.edu.iq)

المستخلص: ان أهمية هذه الدراسة هي تحديد العلاقات بين المتغيرات الحركية والاقتصاد. ان علاقة بعض المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية باقتصاد الركض موضوع نقاش على نطاق واسع ولا سيما في رياضات التحمل وعلى الرغم من أن عديد من الدراسات قد أظهرت بالفعل مجموعة متنوعة من التغييرات في كينماتك الركض الاقتصاد الركض، إلا أن القليل منها عمد بتحليل العدائين التنافسيين وركز على ركض 5000 متر.

هدف البحث الى التعرف للعلاقة بين صرفيات الطاقة (الاقتصاد) مع زمن التلامس والطيران الازاحة الافقية والعمودية والمسار والكفاءة الميكانيكية في اثناء خطوة.

ويفرض الباحثان ان هناك علاقة بين صرفيات الطاقة (الاقتصاد مع زمن التلامس والطيران الازاحة الافقية والعمودية المقطوعة والمسار والكفاءة الميكانيكية في اثناء خطوة.

استخدم الباحثان المنهج الوصفي لملائمته وطبيعة البحث. وتكونت عينة وبشكل عمدي والبالغ عددهم (6 لاعبين) من عدائي المسافات المتوسطة والطويلة لمنتخب محافظة نينوى من الذين يتمرن بشكل مستمر على الركض المسافات ومتكيفين مع التكنيك ركض (5000) متر في المضمار. وكان هناك تجانس مقبولا بين افراد العينة الواحدة إذ كانت قيمة معامل الاختلاف اقل من (30%).

استنتج الباحثان: وجود علاقة ارتباط طردية بين الازاحة الافقية والمسار مع الصرفيات الطاقة/دقيقة (EEm) في نصف الدورة في مرحلة التلامس، ووجود علاقة بين الازاحة العامودية في الدورة (1، و12) مع الصرفيات الطاقة/كم/ساعة (EEKm).

وأوصى الباحثان الى اجراء دراسة على نفس المتغيرات في الجو البارد او على السير المتحرك، وبمتغيرات بايوميكانيكية أخرى (معدل الحمل العمودي، القوى العمودية، زوايا المفاصل وثباتها).

الكلمات المفتاحية: الفسيولوجية – البايوميكانيكية – اقتصاد – الركض – عدائى 5000 متر

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

1-المقدمة:

الركض هو شكل من أشكال الأساسية لحركة البشرية، وهو نشاط بدني شائع جداً وأكثر أنماط الحركة انتشاراً في الأنشطة الرياضة. يعتمد أداء مسافة الركض في الغالب على إنتاج الطاقة الهوائية باستدامة، وتحويل هذه الطاقة إلى حركة أمامية، والذي يشار إليها بالاقتصاد الركض (Running Economy-RE). ولأن الركض حركة غير مقيدة نوعا ما، فإن العدائيين يحققون الحركة الأمامية باستخدام "الطاقة الناتجة"، مع التباين الكبير بينهم في أنماط الخطوات (Nummela et al., 2007, 655-661) كينماتيك الأطراف السفلية (Ahn et al., 2014, 102-112). حسب أسلوب وتكنيك الركض ومسافته.

الركض، وتشكل محدداً حاسماً لأداء ركض التحمل (Di Prampero, 2003, 420-429; Ingham et al., 2008, 345-350). ثبت أن (RE) يمثل (65%) من التباين في أداء السباق على مدى (10) كم في المجموعات المتجانسة من العدائين المدربين تدريباً عالياً. اذ ثبت أن الجمع بين الـ (RE) و الـ ($\dot{V}O_2max$) يفسر (96%) من التباين في أداء عدائي المسافات المتوسطة النخبة (Ingham et al., 2008, 345-350). فكلما انخفضت تكلفة التمثيل الغذائي التي تم قياسها عند سرعة ركض معين، كانت (RE) للفرد أفضل.

بصورة عامة لا يوجد اتفاق في الأدبيات للجوانب الكنيماتكية الأكثر أهمية التي قد تؤثر في (RE) والأداء والانجاز وهذه المتغيرات هي طول الخطوة وترددها، وزوايا الأطراف السفلية، والإزاحة العمودية للجسم (التذبذب العمودي)، والتغير في السرعة الأفقية في أثناء ملامسة الأرض (الكبح – الاصطدام)، وتوجد اختلاف في نتائج الدراسات، إذ وضحت دراسات وجود علاقة قوية بين اقل زمن اتصال بالأرض مع اقتصاد بالركض (Nummela et al., 2007, 655-661; Santos-Concerto et al., 2014, 1118-1123) ودراسات أخرى كانت النتائج عكسية (Di Michele & Merin, 2014, 414-418). والعلاقة بين اقتصاد الطاقة او الجهد – أي الركض ومعدل الخطوة وطول خطواتها – غير واضحة النتائج ففي دراسة (Santos-Concerto et al., 2014, 1118-1123)، كانت نتائجه مخالفة لما جاء بدراسة (Tartaruga et al., 2012, 367-375)، في حين العوامل الزمنية الأخرى بما في ذلك زمن مرجحة الساق وغيرها قد اخذت القليل من اهتمام الباحثان. أن شكل الطرف السفلي عند لمس الأرض يحدد جانباً مهماً من تكنيك الركض ومن ثم الطاقة المصروفة التي تتضمن نوعية ضرب القدم (Ahn et al., 2014, 102-112)، والذي نستطيع التعبير عنه من بوساطة قياس زاوية القدم لحظة اللمس، فضلا عن زاويتي الساق والفخذ.

وقد تستهلك حركة الساق المتأرجحة بنسبة (20٪) تقريباً من الطاقة المصروفة كتكلفة الانتقال (Modica, 2005, 2126-2131 &Kram)، قد تكون الحد الأدنى لزاوية مفصل الركبة في أثناء مرحلتي الارتكاز والمرجحة من المتغيرات الرئيسة أيضا؛ ولان نسبة كبيرة من الشغل ومن ثم القدرة تعمل ضد الجاذبية في اثناء الركض، لذا يفترض ان يكون هناك تذبذب عمودي كبير لمركز كتلة الجسم (م.ك.ج) (Center of Mass-CM or COM) (Saunders et al., 2004, 465-485)، أو أجزاء أخرى من الجسم كـ (الحوض والجذع ومرجحة الذراعين) التي قد تكون مرتبطة بالاقتصاد.

وأظهرت الدراسات ان تقليل الازاحة العمودية لمركز الكتلة (م.ك.ج) يسهم في اقتصاد الركض بشكل أفضل (Tartaruga et al., 2012, 367-375; Heise & Martin., 2001, 438-442)، في حين لم تجد دراسات أخرى هذه العلاقة (Williams & Cavanagh., 1987, 1236-1245). وبصورة عامة يوجد تغيير في السرعة الأفقية لـ (م.ك.ج) بسبب الكبح والتباطؤ عند الاصطدام؛ وهذا يتطلب إعادة التسارع (تعجيل) مما يؤدي الى تكلفة في الطاقة من أجل الحفاظ على سرعة ثابتة (Heise & Martin., 2001, 438-44) وهذا يتفق مع دراسة (Williams & Cavanagh., 1987, S107-S118) التي وجدت أن حدوث تسارع كبير في السرعة الأفقية لـ (م.ك.ج) مرتبط بأفضل اقتصاد للطاقة (RE).

في الآونة الأخيرة، افترضت بعض الدراسات أن الحالة (الوضعية) في اثناء الركض يمكن أن يؤثر على الاقتصاد والأداء، مثل ميل الجذع للأمام والدوران المستعرض للحوض، ولكن بدون دليل مقنع حتى الآن. أجرى (Williams &

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

(Cavanagh., 1987, 1236-1245) دراسة كينماتكية، اذ قسما 31 عداءً إلى مجموعات (منخفضة ومتوسطة وعالية) اقتصاداً في الركض، ووجدا اختلافات بين المجموعات لـ(50) متغيراً كينماتيكياً. تم دراسة خطوة واحدة على الميدان مرتبطة باقتصاد الركض وعلى جهاز المشي. لكن هذه الدراسة لم تدرس طول السباق وعلى التكنيك ومن ثم الأداء والانجاز

عرض نتائج هذه الدراسات التي توحي الى وجود ثغرة في تفسير النتائج، لذا يجد الباحثان اهمية لدراسة العلاقة ببعض المؤشرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية عند أداء ركض (5000) متر التي قد تتأثر نتيجة لأداء والتكنيك ومن ثم صرفيات طاقة أي الاقتصاد وكفاءته الميكانيكية.

مشكلة البحث:

ان أهمية هذه الدراسة هي تحديد العلاقات بين المتغيرات الحركية والاقتصاد؛ ولان التعلم والأداء يتأثران بمجموعة من المتغيرات البشرية التشريحية (كالطول والكتلة)، والفسيولوجية (استجابة، تأقلم، وتكيف) والمتغيرات العضلية الهيكلية الاساسية (مكونات ونوع على مستوى الفرعي).

المشكلة ان الركض وبأداء تكنيك بآلياته (البايوميكانيكية) وآثاره موضوع نقاش على نطاق واسع ولا سيما في رياضات التحمل. على الرغم من أن العديد من الدراسات قد أظهرت بالفعل مجموعة متنوعة من التغييرات في كينماتك الركض ذات العلاقة مع اقتصاد الركض، إلا أن القليل منها عمد بتحليل العدائين التنافسيين وركز على ركض 5000 متر.

علاوة على ذلك، استنتجت الدراسات التي تبحث في هذا المجال على المتغيرات في الغالب من حيث المعلمات المنفصلة (اما من الناحية فسيولوجية او الكنيماتكية) التي تحدث في المراحل الفرعية من دورة المشي والركض سواء في الميدان او على السير المتحرك.

اهداف البحث:

-التعرف الى العلاقة بين صرفيات الطاقة (الاقتصاد) مع الازاحة الافقية والعمودية المقطوعة وزمن التلامس القدم مع الأرض والطيران والمسار لمركز كتلة الجسم في اثناء خطوة للركض 5000 متر

فرضيات البحث: يفترض الباحثان ان:

-هناك علاقة بين صرفيات الطاقة (الاقتصاد) مع الازاحة الافقية والعمودية المقطوعة وزمن التلامس القدم مع الأرض والطيران والمسار لمركز كتلة الجسم في اثناء خطوة للركض 5000 متر

مجال البحث:

المجال البشري: عدائي مساقات الطويلة لتربية محافظة نينوى.

المجال المكاني: ملعب كلية التقنية الشمالية.

المجال الزماني: 5/12-2022/29/5.

تحديد المصطلحات:

زمن التلامس ((C-T) Contact-Time): هي زمن بقاء القدم متصلا بالأرض في اثناء مرحلة الارتكاز (اصطدام، ثني، دفع) أي من لحظة اللمس الى لحظة الترك ووحدة قياسه (ثانية).

زمن الطيران ((F-T)Flight-time): هي زمن بقاء الجسم في الهواء من لحظة الترك الى لحظة اللمس مرة أخرى ووحدة قياسه (ثانية).

الازاحة الافقية-التلامس (Contact-Horizontal (C-HD) Displacement): هي الازاحة الافقية المقطوعة لمركز كتلة الجسم في مرحلة التلامس القدم بالأرض ووحدة قياسها (متر)..

الازاحة العمودية-التلامس (Contact-Vertical (C-VD) Displacement): هي الازاحة العمودية المقطوعة لمركز كتلة الجسم في مرحلة التلامس القدم بالأرض ووحدة قياسها (سنتمتر).

الازاحة الافقية-الطيران (Flight-Horizontal (C-HD) Displacement): هي الازاحة الافقية المقطوعة لمركز كتلة الجسم في مرحلة الطيران من لحظة ترك القدم الأرض الى لحظة اللمس مرة أخرى ووحدة قياسها (متر)..

الازاحة العمودية-الطيران (Flight-Vertical (C-VD) Displacement): هي الازاحة العمودية المقطوعة لمركز كتلة الجسم في مرحلة الطيران من لحظة ترك القدم الأرض الى لحظة اللمس مرة أخرى ووحدة قياسها (سنتمتر).

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

سرعة–التلامس ((C–S) Contact–Speed): هي سرعة مركز كتلة الجسم في مرحلة التلامس ووحدة قياسها (متر/ثانية).

سرعة–الطيران ((F–S) Flight–Speed): هي سرعة مركز كتلة الجسم في مرحلة الطيران ووحدة قياسها (متر/ثانية).

المسار–التلامس ((C–P) Contact–Path): وهو المسافة المقطوعة لمركز كتلة الجسم في مرحلة التلامس ووحدة قياسه (متر).

المسار–الطيران ((F–P) Flight–Path): وهو المسافة المقطوعة لمركز كتلة الجسم في مرحلة الطيران ووحدة قياسه (متر).

صرفيات الطاقة بالدقيقة (Expenditure of energy/min (EEm)): هي الطاقة المصروفة للجسم بالدقيقة ووحدة قياسها (كيلوكلري/دقيقة).

صرفيات الطاقة/كم/ساعة (Expenditure of energy/km/h (EEkm)): هي الطاقة المصروفة للجسم/كيلومتر/ساعة ووحدة قياسها (كيلوكلري/كم/ساعة).

الكفاءة الميكانيكية ((MEH) Mechanical efficiency): هي الطاقة المنتجة من العمليات الايضية في العضلات العاملة المستغلة في الشغل كحركة ميكانيكية.

2–منهجية البحث واجراءاته الميدانية:

2–1 المنهج المستخدم: استخدم الباحثان المنهج الوصفي لملاءمته طبيعة البحث الحالي.

2–2 مجتمع البحث وعينته: تم اختيار مجتمع البحث بالطريقة العمدية والمتمثلة بعدائي منتخب محافظة نينوى بركض المسافات الطويلة (5000) متر للموسم الرياضي2022/2021 لفئة المتقدمين والبالغ عددهن (6) عدائيين، وبهذا اصبحت العينة تمثل نسبة (100%) من مجتمع البحث الحالي. وقد راعى الباحثان عند اختياره لعينة البحث، ان هذه العينة مستمرة في التدريب ومتكيفين للعدو في المضمار وعلى السير المتحرك على حد سواء، وتبين الجدول (1) الذي يبين بعض مواصفات عينة البحث نلاحظ ان هناك تجانس مقبولا بين افراد العينة الواحدة إذ كانت قيمة معامل الاختلاف اقل من (30%) .

الجدول (1) يبين مواصفات والقياسات عينة البحث

المتغيرات	المعالم الإحصائية		
	(س)	(+ع)	(خ)
العمر(سنة)	24,656	4,152	%16,842
الطول (سم)	170,600	3,782	%2,217
الكتلة (كغم)	62,200	2,490	%4,003
عمر التدريبي (سنة)	5,800	1,095	%1,095
مؤشر كتلة الجسم (BMI)	22,249	0,512	%2,302
المساحة السطحية للجسم (BSA)	1,689	0,032	%1,897

2–3 الأجهزة والأدوات المستخدمة: (جهاز وحدة قياس الأيض القابل للارتداء (k5 Cosmed) إيطالي المنشأ مع كافة ملحقاته، متحسس للنبض نوع (GARMIN)، جهاز قياس الطول والكتلة نوع (Medical Scale Detector) أمريكي المنشأ).

كاميرات سريعة عدد (1) (240 إطار/ثانية) نوع (AHASO V50 Elite, Action camera).

2–4 وسائل جمع البيانات: استخدم الباحثان الاختبارات والقياسات وسائل لجمع البيانات التي شملت على وفق ما يلي:

2–4–1 الاختبارات البدنية:

2–4–1–1 الاختبارات البدنية في المضمار: تم استخدام ركض (5000) متر في المضمار وذلك على وفق شروط وقواعد الاتحاد الدولي للساحة والمضمار. إذ تم تتبع زمن وسرعة العداء في كل دورة . ومن ثم تم تحليل الزمن والسرعة المقطوع ومعالم الخطوات (طول الخطوة وترددها) في اوقات مختلفة وهي على وفق ما يلي: (الانطلاق، ونصف الدورة، و(الدورة الأولى–1 دقيقة)، و(الدورة السادسة–6 دقيقة)، و(الدورة الحادية عشر–11 دقيقة)، و(الدورة الثانية عشر –12 دقيقة).

2–4–2 القياسات الجسمية:

2–4–2–1 قياس طول الجسم وكتلة: تم قياس طول وكتلة أفراد عينة البحث باستخدام جهاز (قياس الطول والكتلة) نوع (Detecto). بعد تشغيل الجهاز وتصفيره يقف المختبر على الجهاز حافي القدمين ويعمد الشخص القائم بالقياس بتحريك اللوحة المعدنية لتلامس رأس المختبِر، وبعد التثبيت يقرأ المؤشر الذي يمثل طول المختبر بالسنتيمتر، أما قياس الكتلة

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

فبعد أن تستقر القراءة على الشاشة الالكترونية يمثل الرقم كتلة المختبِر بالكيلوغرام.

2-4-3 المتغيرات الفسيولوجية: تم قياس المتغيرات الوظيفية بطريقة معملية عن طريق جهاز تحليل الغازات بالطريقة المفتوحة بجهاز وحدة قياس الأيض (Metabolic Measurement System) (K5). إذ يتم أولا إدخال البيانات الخاصة بكل مختبر وهي الطول والكتلة وتاريخ الميلاد والجنس. بعد وضع القناع الخاص للتنفس على وجه المختبر ونعمد بتثبيته بشبكة خاصة على الرأس ونتأكد من انه لا يوجد أي تسريب للقناع من أي جهة إذ يجب ان يكون الزفير داخل الجهاز كي تكون القراءات صحيحة.

يبدأ الجهاز بتسجيل القراءات بشكل مستمر بالنقر على زر (Start) ويبدأ الجهاز بأخذ القراءات آليا (breath by breath) التي تظهر على شاشة الجهاز نفسه المعدة لهذا الغرض، وفي نهاية الاختبار ننقر على (Stop Test). وقد عمد الباحثان بأخذ متوسط قيم المتغيرات لزمن (15 ثانية) كما أشار اليه دليل استخدام جهاز (K5) (User Manual, 2020, p.25) في الانطلاقة، نصف الدورة، و(1) دقيقة، و(6) دقيقة، و(11) دقيقة، و(12) دقيقة، وقد شملت متغيرات الدراسة على وفق ما يلي:

-**المتغيرات الوظيفية:** (صرف الطاقة في الدقيقة (Energy Expenditure-EEm) (كيلو كالري/دقيقة)، صرف الطاقة لكل كيلومتر (Energy Expenditure-EEkm) (كيلو كالري/كم/ساعة)).

2-4-4 القياسات البايوميكانيكية: إن عملية التحليل البايوميكانيكي باستخدام الحاسوب تمر بعدة مراحل وقد عمد الباحثان باتباع الخطوات الآتية في عملية التحليل وهي على وفق ما يلي:

1-تصوير الحركة: تم تصوير عينة البحث في اثناء ادائهم ركض (5000) متر في المضمار وعلى السير المتحرك من الجهة اليمنى للعداء، باستخدام آلة تصوير من نوع (Akaso)، وتم تثبيت ارتفاع آلتي التصوير وبعدهما عن مركز الحركة كما مثبت في الجدول (2)، وتم تصفير الـ Zoom لآلتي التصوير، في المضمار تم وضع آلة التصوير في نهاية مسافة (400) متر لكل دورة و200 متر بالنسبة للانطلاقة. وتم وضع على بعد 5.50 متر من مجال الركض وبارتفاع 120 سم.

2-التحليل باستخدام برنامج (Tracker):

-يرفع الفيديو المراد تحليله على البرنامج.

-يشغل الفيديو ومن ثم يحدد بداية ونهاية المقطع المراد تحليله (لخطوة واحدة).

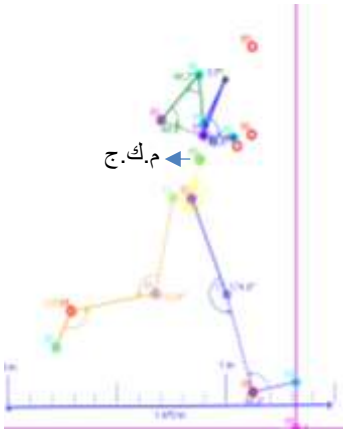
-نعمد بإجراء معايرة (مقياس رسم) ومن ثم تكوين نقاط على المفاصل ونعمد بتسميتها مثلا (راس، كتف، مرفق، الخ) الشكل (1) ومن ثم نتتبع تأشير النقاط الى نهاية الحركة. بعدها نعمد بإدخال كتلة كل جزء بالاعتماد على معادلات خاصة ببرنامج (Excel) بتوزيع كتل كل جزء من اجزاء الجسم كنسبة من كتلة الكلية (حسب نسب فشر).

-بعد تحديد نقاط الكتل لجميع أجزاء الجسم نعمد بإنشاء مركز كتلة للجسم (م.ك.ج) وعند طريق نافذة معينة في البرنامج نعمد بتحديد نقاط الكتلة لجميع أجزاء الجسم فتظهر نقطة (م.ك.ج) لتحديد حركته ومساره على طول مقطع الفيديو. الشكل (2).

-من نافذة (المتغيرات) يتم تحديد المتغيرات المراد قياسها، إذ يتم تتبعها وإظهارها على شكل ملف (Excel).

الشكل (1) يوضح نقاط على المفاصل

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452



شكل (2) يوضح (م.ك.ج) وقياس زاويا المفاصل

3-استخراج البيانات الخام: عمد الباحثان باستخراج البيانات الخام للمتغيرات المدروسة على وفق ما يلي:

4-البيانات المقاسة: عمد الباحثان باستخراج البيانات الخام وذلك باستخدام برنامج (**Tracker**) والذي هو برنامج يستخدم في تحليل الحركات الفديوية استفاد الباحثين منه في هذا الغرض، وقد عمد الباحثان باستخراج المتغيرات في مرحلتي (التلامس والطيران) وقد شملت المتغيرات الآتية:

أولا: مرحلة التلامس:

-**زمن التلامس مع الأرض (ثا):** يحدد زمن التلامس من لحظة لمس القدم الى لحظة ترك الأرض للقدم نفسها .

-**الازاحة الافقية لـ (م.ث.ج) (م)** (تم استخراج المتغيرات بالطريقة نفسها التي استخراج بها زمن)

-**الازاحة العمودية لـ (م.ث.ج) (سم)** (من لحظة لمس الأرض الى لحظة ترك الأرض)

-**مسار (م.ث.ج) (متر)** (هي المسافة المقطوعة من لحظة ترك الأرض الى لحظة لمس الأرض مرة اخرى)

-**أعلى سرعة (م/ثا):** (تم تحديد أعلى سرعة من مرحلة (التلامس) في الخطوة وعلى أساسها تم تحديد زوايا المقاسة عند تلك السرعات).

ثانيا: الطيران:

زمن الطيران (ثا) : هي من لحظة ترك القدم للأرض الى لحظة قبل اللمس بالقدم الأخرى.

الازاحة الافقية لـ (م.ث.ج) (م) (تم استخراج المتغيرات بالطريقة نفسها التي استخراج بها زمن)

الازاحة العمودية لـ (م.ث.ج) (سم) (من لحظة الدفع الى اعلى نقطة في مرحلة الطيران)

مسار (م.ث.ج) (متر) (هي المسافة المقطوعة من لحظة ترك الأرض الى لحظة لمس الأرض مرة اخرى)

أعلى سرعة (م/ثا): (تم تحديد أعلى سرعة من مرحلة (الطيران) في الخطوة وعلى أساسها تم تحديد زوايا المقاسة عند تلك السرعات).

البيانات المحسوبة: عمد الباحثان بحساب البيانات وذلك بوساطة الاستفادة من البيانات الخام المقاسة وبعض المعادلات التي تم ادخالها في برنامج (Excel) الذي استفاد الباحثان منه في معالجة البيانات الخام حسابياً التي شملت على وفق ما يلي:

القدرة (واط) = الشغل/الزمن

الكفاءة الميكانيكية = صرفيات الطاقة/الشغل الخارجي

اذ ان الشغل = القوة × الإزاحة

2-5 التجربة الاستطلاعية:

عمد الباحثان بأجراء تجربة استطلاعية بتاريخ 2022/3/12، إذ تم اجراء اختبار تجريبي على اللاعبين في الميدان (5000 متر) ركض، وكان الهدف من التجربة على وفق ما يلي:

1-التعرف على بيئة الاختبار (زمن، كيفية ربط الجهاز، توفير المستلزمات والأدوات ...)

2-إمكانية اجراء الاختبار مع حمل الجهاز.

3-قابلية العداء على التكيف او التالف مع قناع الوجه.

4-مكان وضع الكاميرة مع تحديد ارتفاعها وبعدها عن مضمار الركض .

2-6 التجربة الرئيسة:

عمد الباحثان مع فريق العمل المساعد بإجراء التجربة الرئيسة الأولى في ملعب الجامعة التقنية الشمالية وذلك للفترة من 14-2022/3/31، إذ تم ربط جهاز (K5) على اللاعب والتأكد من القراءات بعد اجراء المعايرة على البيئة المحيطة .. بعدها بدء اللاعب بالركض مسافة (5000) متر بصورة منفردة. وفي نهاية السباق تم سحب البيانات الخاصة باللاعب.

2-7 الوسائل الإحصائية:

عولجت البيانات إحصائيا باستخدام الحاسوب الالكتروني، واستخدام البرامج الإحصائية

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

نوعي (Spss، Excel)، وتم استخدام الوسائل الإحصائية الآتية: (الوسط الحسابي، الانحراف المعياري، الارتباط (المتعدد)).

3- عرض النتائج ومناقشتها:

3-1 عرض نتائج العلاقة بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة في اثناء التلامس مع الأرض من الخطوة:

الجدول (2) يبين الأوساط الحسابية والانحراف للمتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) في اثناء التلامس مع الأرض من الخطوة

المتغيرات	س-	ع±
C-Th	0.215	0.013
C-T1	0.229	0.023
C-T6	0.233	0.031
C-T11	0.234	0.040
C-T12	0.230	0.033
C-HDh	1.033	0.134
C-HD1	0.966	0.139
C-HD6	0.969	0.172
C-HD11	1.006	0.218
C-HD12	1.040	0.138
C-VDh	9.764	1.877
C-VD1	9.357	1.809
C-VD6	10.289	3.015
C-VD11	11.161	2.637
C-VD12	11.041	2.933
C-Sh	5.469	0.692
C-S1	4.958	0.707
C-S6	4.950	1.286
C-S11	5.140	1.684
C-S12	5.431	0.997
C-Ph	1.040	0.146
C-P1	0.954	0.142
C-P6	0.957	0.141
C-P11	0.998	0.206
C-P12	1.020	0.092
Eemh	16.721	2.954
EEm1	19.587	3.554
EEm6	21.272	4.096
EEm11	21.613	5.090
EEm12	22.463	4.719

المتغيرات	س-	ع±
EEKmh	63.172	12.902
EEKm1	80.833	16.139
EEKm6	90.875	15.053
EEKm11	92.292	15.425
EEKm12	84.390	9.914

الجدول (3) يبين العلاقة بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة في اثناء التلامس مع الأرض من الخطوة

المتغيرات	المعنوية	EEmh	EEm1	EEm6	EEm11	EEm12	EEKmh	EEKm1	EEKm6	EEKm11	EEKm12
C-Th	Pearson Correlation	-0.566					-0.281				
	Sig. (2-tailed)	0.241					0.59				
C-T1	Pearson Correlation		-0.698					-0.576			
	Sig. (2-tailed)		0.123					0.231			
C-T6	Pearson Correlation			-0.56					-0.131		
	Sig. (2-tailed)			0.248					0.805		
C-T11	Pearson Correlation				-0.767					-0.543	
	Sig. (2-tailed)				0.075					0.266	
C-T12	Pearson Correlation					-0.768					-0.803
	Sig. (2-tailed)					0.074					0.055
C-HDh	Pearson Correlation	.817*					0.689				
	Sig. (2-tailed)	0.047					0.13				
C-HD1	Pearson Correlation		-0.233					-0.37			
	Sig. (2-tailed)		0.657					0.47			
C-HD6	Pearson Correlation			-0.102					-0.476		
	Sig. (2-tailed)			0.848					0.34		
C-HD11	Pearson Correl				0.397					0.186	

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

EEKm12	EEKm11	EEKm6	EEKm1	EEKmh	EEm12	EEm11	EEm6	EEm1	EEmh	المعنوية	المتغيرات
7					35					on Correlation	S12
0.582					0.175					Sig. (2-tailed)	
				0.701					.836*	Pearson Correlation	C-Ph
				0.121					0.038	Sig. (2-tailed)	
			-0.187					-0.029		Pearson Correlation	C-P1
			0.722					0.956		Sig. (2-tailed)	
		-0.269					0.192			Pearson Correlation	C-P6
		0.607					0.716			Sig. (2-tailed)	
	0.445					0.644				Pearson Correlation	C-P11
	0.377					0.168				Sig. (2-tailed)	
0.321					0.598					Pearson Correlation	C-P12
0.535					0.21					Sig. (2-tailed)	
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).											
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).											

*** معنوي عند نسبة خطأ ≤ (0,05)**

يتبين من الجدول (3) انه لا توجد علاقة الارتباط ذات دلاله معنوية بين بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة (بالدقيقة وعلى أساس السرعة) في اثناء التلامس مع الأرض من الخطوة الا هنا وهناك في المتغيرات (C-HDh مع EEmh، C-VD1 مع EEkm1، C-VD12 مع EEkm12، C-S11 مع EEm11، C-Ph مع EEmh) اذ كانت القيم المعنوية (0.047، 0.042، 0.040، 0.043، 0.038) على التوالي.

EEKm12	EEKm11	EEKm6	EEKm1	EEKmh	EEm12	EEm11	EEm6	EEm1	EEmh	المعنوية	المتغيرات
										ation	
	0.724					0.435				Sig. (2-tailed)	
-0.339					0.016					Pearson Correlation	C-HD12
0.511					0.976					Sig. (2-tailed)	
				-0.181					-0.222	Pearson Correlation	C-VDh
				0.731					0.673	Sig. (2-tailed)	
			-.827-*					-0.71		Pearson Correlation	C-VD1
			0.042					0.114		Sig. (2-tailed)	
		-0.597					-0.265			Pearson Correlation	C-VD6
		0.211					0.612			Sig. (2-tailed)	
	0.024					0.254				Pearson Correlation	C-VD11
	0.964					0.627				Sig. (2-tailed)	
-.833-*					-0.648					Pearson Correlation	C-VD12
0.04					0.164					Sig. (2-tailed)	
				0.53					0.781	Pearson Correlation	C-Sh
				0.28					0.067	Sig. (2-tailed)	
			-0.34					-0.114		Pearson Correlation	C-S1
			0.51					0.83		Sig. (2-tailed)	
		-0.246					0.203			Pearson Correlation	C-S6
		0.639					0.7			Sig. (2-tailed)	
	0.636					.825*				Pearson Correlation	C-S11
	0.174					0.043				Sig. (2-tailed)	
0.28					0.6					Pears	C-

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

3-2 مناقشة نتائج يبين العلاقة بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة في اثناء التلامس مع الأرض من الخطوة:

نلحظ ان هناك علاقة ارتباط طردي بين الازاحة الافقية والمسار مع الصرفيات لكل دقيقة (EEm) في نصف الدورة وهذه العلاقة تدل على وجود اقتصاد في الجهد للتلامس ومن ثم تدل على ان قطع مسارات او ازاحات طويلة تساعد على الاقتصاد في حين العلاقة السلبية الازاحات العمودية في اثناء الثني او الدفع فان تأثيرها سلبي نتيجة لعمليات التباطء (تعجيل السلبي).

فكما ذكرت الدراسات التي أظهرت التدخلات الحادة على أن زيادة الازاحة العمودية تؤدي إلى زيادة ($\dot{V}O_2$) (Tseh et al., 2008, 91–95)، وتؤدي عند الركض إلى حالة الإرهاق. حتى ان كانت ضئيلة فتزيد الـ($\dot{V}O_2$) كثيرا (Fourchet et al., 2014, 199–203; Hayes & Caplan, 2014, 556–562)، مما يعني أن العديد من العوامل الفسيولوجية والبايوميكانيكية تساهم في زيادة ($\dot{V}O_2$) في أثناء الجهد (McKenna & Hargreaves, 2008, 286–287; Levine, 2008, 25–34).

ووجود تحسن في (RE) لانخفاض الإزاحة العمودية عند الركض (Moore et al, 2014, 1–11)، وربما للإزاحة العمودية الصغيرة في أثناء مرحلة الارتكاز (Divert et al., 2008, 512–518). اذ ذكرت (Kyrolainen *et al.,* 2001) ان اعلى تنشيط لعضلة الساق في أثناء مرحلة الدفع للعضلة ذات الرأسين الفخذية في أثناء الكبح والدفع مرتبط مع أعلى ($\dot{V}O_2$)، اذ ان زيادة النشاط العضلي للأطراف السفلية كآلية محتملة لزيادة ($\dot{V}O_2$) ومن ثم يُنظر إليها على أنها سلبي للـ (RE) (Kyrolainen et al., 2001, 1330–1337).

وقد تؤدي ازمنة التلامس الطويلة مع الأرض إلى تكلفة ايضية عالية لأنها تولد القوة ببطء، مما يعني مراحل كبح طويلة نتيجة لتباطء العدائين (Nummela et al., 2007, 655–661)

تشير النتائج المستمدة من دراسات التلاعب في تردد الخطوة ودراسات إعادة التدريب الشاملة على المشي التي توجه العدائين إلى تبني طريقة الركض الذاتي، إلى أن تقليل الازاحة العمودية بين الجسم (م.ك.ج) والقدم عند التلامس الأرضي الأولي وتقليل من قمم الكبح وقوى الدفع أي الازاحة العمودي (Arendse et al., 2004, 272–277; Fletcher et al., 2008, 365–380)، ونبضات الكبح (فقدان سرعة أقل) التي يولدها العداء (Heiderscheit et al., 2011, 296–302; Lieberman et al., 2015, 3406–3414).

3-3 عرض نتائج العلاقة بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة في اثناء الطيران من الخطوة:

الجدول (4) يبين الأوساط الحسابية والانحراف للمتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) في اثناء الطيران من الخطوة

المتغيرات	س-	ع±
F-Th	0.131	0.010
F-T1	0.128	0.030
F-T6	0.127	0.025
F-T11	0.131	0.022
F-T12	0.141	0.030
F-HDh	0.638	0.084
F-HD1	0.579	0.144
F-HD6	0.573	0.186
F-HD11	0.619	0.219
F-HD12	0.641	0.135
F-VDh	11.407	2.469
F-VD1	11.899	3.072
F-VD6	11.426	4.074
F-VD11	12.702	2.683
F-VD12	13.050	3.569
F-Sh	5.382	0.640
F-S1	4.928	0.722
F-S6	5.029	1.265
F-S11	5.236	1.411
F-S12	5.156	0.954
F-Ph	0.698	0.165
F-P1	0.634	0.213
F-P6	0.648	0.278
F-P11	0.675	0.267
F-P12	0.722	0.194
MEH	160.949	3.907
ME1	162.781	20.735
ME6	159.740	14.498
ME11	161.476	14.991

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

المتغيرات	س−	ع±
ME12	165.281	16.987

الجدول (5) يبين العلاقة بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة في اثناء الطيران من الخطوة

المتغيرات		EEm h	EEm 1	EEm 6	EEm 11	EEm 12	EEK mh	EEK m1	EEK m6	EEK m11	EEK m12
المتغيرات المعنوية	المتغيرات المتغيرات										
Pearson Correlation	F-Th	−0.405					−0.493				
Sig. (2-tailed)		0.425					0.321				
Pearson Correlation	F-T1		−0.083					−0.269			
Sig. (2-tailed)			0.877					0.606			
Pearson Correlation	F-T6			−0.093					−0.627		
Sig. (2-tailed)				0.862					0.183		
Pearson Correlation	F-T11				0.117					−0.314	
Sig. (2-tailed)					0.825					0.544	
Pearson Correlation	F-T12					−0.134					−0.371
Sig. (2-tailed)						0.800					0.469
Pearson Correlation	F-HDh	0.796					0.547				
Sig. (2-tailed)		0.058					0.261				
Pearson Correlation	F-HD1		0.001					−0.220			
Sig. (2-tailed)			0.998					0.676			
Pearson Correlation	F-HD6			0.085					−0.447		
Sig. (2-tailed)				0.873					0.374		
Pearson Correlation	F-HD11				0.681					0.314	
Sig. (2-tailed)					0.137					0.544	
Pearson Correlation	F-HD12					0.384					−0.097
Sig.						0.45					0.85

المتغيرات		EEm h	EEm 1	EEm 6	EEm 11	EEm 12	EEK mh	EEK m1	EEK m6	EEK m11	EEK m12
المتغيرات المعنوية	المتغيرات المتغيرات										
(2-tailed)						2					5
Pearson Correlation	F-VDh	−0.493					−0.516				
Sig. (2-tailed)		0.320					0.294				
Pearson Correlation	F-VD1		−0.681					−.887−*			
Sig. (2-tailed)			0.136					0.018			
Pearson Correlation	F-VD6			−0.416					−0.805		
Sig. (2-tailed)				0.412					0.053		
Pearson Correlation	F-VD11				0.097					−0.341	
Sig. (2-tailed)					0.855					0.509	
Pearson Correlation	F-VD12					−0.704					−.910−*
Sig. (2-tailed)						0.118					0.012
Pearson Correlation	F-Sh	0.591					0.336				
Sig. (2-tailed)		0.217					0.515				
Pearson Correlation	F-S1		−0.006					−0.204			
Sig. (2-tailed)			0.991					0.698			
Pearson Correlation	F-S6			0.355					−0.108		
Sig. (2-tailed)				0.489					0.839		
Pearson Correlation	F-S11				0.806					0.534	
Sig. (2-tailed)					0.053					0.275	
Pearson Correlation	F-S12					0.592					0.340
Sig. (2-						0.216					0.509

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

المتغيرات		EEm h	EEm 1	EEm 6	EEm 12	EEm 11	EEk mh	EEk m1	EEk m6	EEk m11	EEk m12
المتغ يرات	المعنوية										
	tailed)										
F-Ph	Pearson Correlation	0.095					-0.016				
	Sig. (2-tailed)	0.858					0.976				
F-P1	Pearson Correlation		-0.330					-0.407			
	Sig. (2-tailed)		0.523					0.424			
F-P6	Pearson Correlation			-0.354					-0.745		
	Sig. (2-tailed)			0.491					0.089		
F-P11	Pearson Correlation					0.070				-0.294	
	Sig. (2-tailed)					0.896				0.571	
F-P12	Pearson Correlation				-0.243						-0.741
	Sig. (2-tailed)				0.642						0.092
ME H	Pearson Correlation	-0.533					-0.699				
	Sig. (2-tailed)	0.276					0.123				
ME 1	Pearson Correlation		-0.185					-0.299			
	Sig. (2-tailed)		0.726					0.566			
ME 6	Pearson Correlation			-0.253					-0.754		
	Sig. (2-tailed)			0.629					0.083		
ME 11	Pearson Correlation					0.193				-0.302	
	Sig. (2-tailed)					0.715				0.561	
ME 12	Pearson Correlation				-0.200						-0.622
	Sig. (2-tailed)				0.704						0.187

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*** معنوي عند نسبة خطأ ≤ (0,05)**

يتبين من الجدول (5) انه لا توجد علاقة الارتباط ذات دلاله معنوية بين بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة (بالدقيقة وعلى أساس السرعة) في اثناء الطيران من الخطوة عدا في المتغيران (F-VD1 مع EEkm1، F-VD12 مع EEkm12) اذ كانت القيم المعنوية (0.018، 0.012) على التوالي .

4-3 مناقشة نتائج العلاقة بين المتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية لمراحل الركض (5000 متر) مع الصرفيات الطاقة في اثناء الطيران من الخطوة:

نلحظ من الجدول وجود علاقة بين الازاحة العامودية في الدورة (1، و12) مع الصرفيات الطاقة/كم/ساعة (EEkm) اذ تدل هذه العلاقة الى الإيجابية على ان الازاحة العمودية كلما زادت ساعدت على الاقتصاد في الطيران من الركض في تلك الدورتان (1، 12) وهما الدورتان اللتان كانتا فيهما السرعة عالية مقارنة للصرفيات الطاقة بالمقارنة مع دورات الأخرى فنلحظ الأوساط الحسابية لصرفيات (EEkm) (80.833، 84.390) على التوالي هي اقل من الدورات الأخرى (6، 11) (90.875، 92.292) جدول (2)، اذ ان الصرفيات قد كانت قليلة في تلك الدورتان والسرعة العالية تدل مع الازاحة العمودية في الطيران على كبر طول الخطوة اذ كلما ارتفع مركز ثقل الجسم عند الطيران دل على كبر طول الخطوة مما يسهم في اقتصاد الركض، اذ ذكرت دراسة (Raffalt et al., 2013, 213-222) توجد زيادة في زمن الطيران مع زيادة طول الخطوة . ان من أسباب التي تساعد على حفظ الطاقة في الركض هي قابلية الجسم (وتر العرقوب) على خزن الطاقة واطلاقها في اثناء الدفع من اجل الطيران للأمام والاعلى. وبوساطة دورة التقلص والتمدد، يمكن تخزين الطاقة أثناء التقلصات اللامركزية داخل المكون المرن المتسلسل لوحدة وتر- عضل في وتر العرقوب التي يمكن إطلاقها بشكل سلبي في أثناء المرحلة التقلص مركزي (concentric phase) للحركة، مما يقلل من متطلبات الطاقة الصافية للحركة. تشير الدراسات إلى أنه في أثناء

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452

الركض بسرعة معتدلة، يمكن للأوتار الموجودة في قوس القدم ووتر العرقوب تخزين طاقة كامنة (17٪ و35٪) على التوالي من الطاقة الكنتكية والكامنة المكتسبة والمفقودة في خطوة؛ (مُقدرة من استجابات نموذج القدم المبتور) (Andrew, 2016)؛ اذ إن الخصائص الهيكلية المتغيرة باللفافة (aponeuroses) والأوتار حول الكاحل والركبة والورك التي تعزز التخزين والاطلاق الطاقة الكامنة أثناء الركض من شأنها أن تعزز اقتصاد الركض (RE) (Lussiana et al., 2013, e246–253; Padulo et al., 2013, e69006). من هذا المنطلق يمكن القول ان الفرد في حالة تقليل الازاحة العمودية في مرحلة الارتكاز وخزن الطاقة ومن ثم اطلاقها في مرحلة الدفع بشكل سلبي يساعد على الاقتصاد، وفي دراسة (الحبيب، 2013) عند المقارنة بين الساق المسيطرة وغير المسيطرة لدى عدائي المسافات القصيرة، فعلى الرغم من وجود فروق معنوية بين الساقين في طول الخطوة اذ كانت الازاحة العمودية معنوية في اثناء مرحلة دفع الساق المسيطرة وكان زمن طيرانها ومسافتها العمودية أطول من الأخرى وهذه ساعدت على حفظ للطاقة والاكتساب السرعة في السباق مقارنة للإزاحة العمودية في مرحلة الثني او الدفع في اثناء التلامس مع الارض. هذه العملية عكس ما تم ملاحظتها في مرحلة التلامس مع الأرض اذ وجدت علاقة الارتباط طردية بين الازاحة العمودية مع الصرفيات/كم/ساعة (EEkm) وهذه تدل على أثر السلبي للتذبذب العمودي (الازاحة العمودية) في اثناء التلامس سواء في الثني او الدفع جدول (3) في دورة (1، 12) من مرحة التلامس. تشير النتائج المستمدة من هذه الدراسة ان هناك علاقة ارتباط بين اقتصاد الركض والمتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية وكلما زادت سرعة الركض كانت افضل اقتصادا في الجهد وقلة في صرفيات الطاقة كما لحظنا من العلاقات في الدورة (1، 12) الا ان الانخفاض الحاد في الكفاءة الميكانيكية تدل على ضعف استغلال الطاقة المحررة من العضلات العاملة كشغل منجز في الحركة الميكانيكية. وهذا يعني ان الجسم لم يكون في حالة ثبات أي اتزان الداخلي وقد يكون فسيولوجي بسبب ارتفاع درجة حرارة المركزية مما سبب إعادة توزيع الدم لتشتيت الحرارة او خارجي نتيجة لعدم ثبات الجسم بحركات زائدة في الحوض والمفصل الركبة ودوران الجذع نتيجة غياب عزم مضاد من مرجحة الذراعين.

4-الخاتمة:

من خلال عرض النتائج وتحليلها ومناقشتها لعينة البحث تمكن الباحثان من التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:

1-توجد علاقة ارتباط بين اقتصاد الركض والمتغيرات الفسيولوجية والبايوميكانيكية عند السرعات العالية ممل قلل من صرفيات الطاقة وذي كفاءة عالية.

2-القوة المولدة من العضلات لا توازي الطاقة الناتجة من العمليات الايضية وهذا ضياع لمزيدة من الطاقة على شكل حرارة مما يسبب ارتفاع درجة حرارة المركز ومن ثم يؤثر على الاتزان الداخلي نتيجة لإعادة توزيع الدم للتشتيت.

3-هناك انخفاض في سرعة عدائي المسافات لمنتخب محافظة نينوى لضعف أداء والقدرة الهوائية واللاهوائية مما نتج عنها أسباب السابقة انفة الذكر.

من خلال ما تم التوصل إليه من استنتاجات يمكننا الخروج بالتوصيات الآتية:

1-اجراء دراسة على نفس المتغيرات في الجو البارد او على السير المتحرك.

2-اجراء دراسات بمتغيرات بايوميكانيكية أخرى (معدل الحمل العمودي، القوى العمودية، زوايا المفاصل وثباتها).

المصادر:

[1] الحبيب، محمود عمار سالم (2013): دراسة مقارنة تحليلية ميكانيكية ثلاثية الابعاد لخطوة الركض السريع بين الرجل المسيطرة وغير المسيطرة، جامعة الموصل، كلية التربية الاساسية، رسالة ماجستير غير منشورة.

[2] Ahn AN, Brayton C, Bhatia T, Martin P. Muscle activity and kinematics of forefoot and rearfoot strike runners. J Sport Health Sci. 2014; 3 (2): 102-112.

[3] Andrew, James. Shaw., (2016): The Reliability, Validity and Trainability of Running Economy in Trained Distance Runners, A Doctoral Thesis, Loughborough University, p1-135.

[4] Arendse, RE., Noakes, TD., & Azevedo, LB., (2004): Reduced eccentric loading of the knee with the pose running method. Med Sci Sports Exerc. 2004;36:p272-277.

and somatosensory feedback influence running economy and injury risk? Footwear Sci. 2014;6:p1–11.

[19] Nummela A, Keränen T, Mikkelsson LO. Factors related to top running speed and economy. Int J Sports Med. 2007; 28 (8): 655–661.

[20] Nummela, AT., Keranen, T., Mikkelsson, LO., (2007): Factors related to top running speed and economy. Int J Sports Med. 2007;28: p655–661.

[21] Padulo, J., Powell, D., Milia, R., (2013): A paradigm of uphill running.PLoS One. 2013;8:e69006.

[22] Raffalt, Peter C. , Hovgaard-Hansen, Line. , Jensen, Bente Rona., (2013): Running on a lower-body positive pressure treadmill: VO_2max, respiratory response, and vertical ground reaction force, Res Q Exerc Sport. 2013 Jun; 84 (2) :213-22. DOI: 10.1080/02701367.2013.784721.

[23] Santos-Concerto J, Tam N, Granados C, et al. Stride angle as a novel indicator of running economy in well-trained runners. J Strength Cond Res. 2014; 28 (7): 1889-1895.

[24] Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. Sports Med. 2004; 34 (7): 465-485.

[25] Tartaruga MP, Brisswalter J, Peyre-Tartaruga LA, et al. The relationship between running economy and biomechanical variables in distance runners. Res Q Exerc Sport. 2012; 83 (3): 367-375.

[26] Tseh, W., Caputo, JL., Morgan, DW., (2008): Influence of gait manipulation on running economy in female distance runners. J Sports Sci Med. 2008;7:91–95.

[27] Williams KR, Cavanagh PR, Ziff JL. Biomechanical studies of elite female distance runners. Int J Sports Med. 1987; 8: S107-S118.

[28] Williams KR, Cavanagh PR. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. J Appl Physiol. 1987; 63 (3): 1236-1245.

[5] Di Michele R, Merin F. The concurrent effects of strike pattern and ground-contact time on running economy. J Sci Med Sport. 2014; 17(4): 414-418.

[6] Divert, C., Morneau, G., Freychat, P., Baly, L., Mayer, F., Belli, A., (2008): Barefoot-shod running differences: Shoe or mass effect? Int J Sports Med 29, 2008: p512–518.

[7] Fletcher G, Bartlett R, Romanov N., (2008): Pose_ method technique improves running performance without economy changes. Int J Sports Sci Coach. 2008;3: p365–380.

[8] Fourchet F, Girard O, Kelly L., (2014): Changes in leg spring behaviour, plantar loading and foot mobility magnitude induced by an exhaustive treadmill run in adolescent middle-distance runners. J Sci Med Sport. 2014;18: p199–203.

[9] Hayes, PR., Caplan, N., (2014): Leg stiffness decreases during a run to exhaustion at the speed at VO_2max. Eur J Sport Sci. 2014;14:556–562.

[10] Heiderscheit, BC., Chumanov, ES., Michalski, MP., (2011): Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. Med Sci Sports Exerc. 2011;43: p296–302

[11] Heise GD, Martin PE. Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? Eur J Appl Physiol. 2001; 84(5): 438-442.

[12] Kyrolainen, H., Belli, A., Komi, PV., (2001): Biomechanical factors affecting running economy. Med Sci Sports Exerc. 2001;33: p1330–1337.

[13] Levine, BD., (2008): what do we know, and what do we still need to know? J Physiol. 2008;586: p25–34.

[14] Lieberman, DE., Warrener, AG., Wang, J., (2015): Effects of stride frequency and foot position at landing on braking force, hip torque, impact peak force and the metabolic cost of running in humans. J Exp Biol. 2015;218: p3406–3414.

[15] Lussiana, T., Fabre, N., Hebert-Losier, K., (2013): Effect of slope and footwear on running economy and kinematics. Scand J Med Sci Sports. 2013;23: p246–253.

[16] McKenna, MJ., Hargreaves, M., (2008): Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! J Appl Physiol. 2008;104: p286–287.

[17] Modica JR, Kram R. Metabolic energy and muscular activity required for leg swing in running. J Appl Physiol. 2005; 98(6): 2126-2131.

[18] Moore, IS., Jones, AM., Dixon, SJ., (2014): The pursuit of improved running performance: can changes in cushioning

ISSJ JOURAL
The International Sports Science Journal Vol. 4, issue 12, December 2022
ISSN: 1658- 8452