Misan Journal for Physical Education Sciences
مجلة ميسان لعلوم التربية البدنية
Vol. 31, No. 2, Year 2026
ISSN: 3007-7508
DOI: https://doi.org/10.61265/mjph.2026.31243

دراسة مقارنة أنماط التعب العضلي والوظيفي وفق مراكز اللعب المختلفة للاعبي كرة اليد

A Comparative Analysis of Muscular and Functional Fatigue Patterns Across Playing Positions in Handball Players

م.د نورس نجيب احمد
جامعة ديالى / كلية التربية الاساسية/ قسم التربية البدنية وعلوم الرياضة
Basicspor50te@uodiyala.edu.iq

الملخص

جاءت اهمية هذه الدراسة من سعيها إلى تحليل ومقارنة أنماط التعب العضلي والوظيفي بين مراكز اللعب المختلفة في كرة اليد باستخدام مؤشرات فسيولوجية ووظيفية حديثة تتمثل في تخطيط النشاط الكهربائي للعضلات (EMG)، وتركيز اللاكتات في الدم، ومعدل الجهد المدرك (RPE)، إذ تسهم هذه المؤشرات مجتمعة في تقديم فهم علمي متكامل لطبيعة التعب الناتج عن متطلبات الأداء الخاصة بكل مركز لعب، وهدف البحث الى تحليل أنماط التعب العضلي والوظيفي لدى لاعبي كرة اليد وفق مراكز اللعب المختلفة باستخدام مؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات(EMG) ، وتركيز اللاكتات في الدم، ومعدل الجهد المدرك(RPE) ، أُستخدمت الباحثة المنهج الوصفي المقارن بأسلوب الدراسة الميدانية التحليلية، تكوَّن مجتمع البحث من لاعبي نادي الرياضي للشباب، والبالغ عددهم (18) لاعبًا، والمنتظمين في التدريب والمشاركين في المنافسات الرسمية، وشملت اجراءات البحث الميدانية اجراء التجارب والاختبارات التي شملت اختبارات الوثب العمودي من الثبات (سارجنت)، قياس حامض اللاكتيك في الدم، قياس معدل النبض، سرعة الاستشفاء القلبي، اختبار معدل الجهد المدرك(RPE) ، قياس النشاط الكهربائي للعضلات(EMG) ، أظهرت الدراسة فروقًا دالة إحصائيًا وحجم أثر كبير بين مراكز اللعب (الزاوية ـ الساعد ـ الارتكاز (دائرة) في مؤشرات التعب العضلي والوظيفي، بما يؤكد عدم تجانس الاستجابات الفسيولوجية بين المراكز، اذ سجل لاعبو الارتكاز أعلى قيم سعة إشارة EMG (RMS) وأدنى قيم التردد الوسيط (MDF) في العضلات المدروسة، ما يدل على مستوى تعب عضلي محيطي أكبر مقارنةً بلاعبي الساعد والزاوية، ترافق ذلك مع قيم لاكتات و RPEأعلى لدى لاعبي الدائرة، مما يشير إلى تحميل أيضي ووظيفي أكبر خلال بروتوكول الجهد المتقطع، وتوصي الباحثة تصميم برامج حمل تدريبي مخصصة لمتطلبات كل مركز، و مراقبة الحمل الداخلي والوظيفي بشكل دوري باستخدام مزيج من مؤشرات موضوعية وذاتية (HR : HRR /، لاكتات، EMGعند الإمكان، وRPE للتعرف على تغيّرات التعب مبكرًا وتعديل الأحمال.

الكلمات المفتاحية: التعب العضلي والوظيفي، مراكز اللعب، كرة اليد

ABSTRACT

The importance of this study lies in its attempt to analyze and compare muscular and functional fatigue patterns across different playing positions in handball using modern physiological and functional indicators, namely electromyography (EMG), blood lactate concentration, and rating of perceived exertion (RPE). Collectively, these indicators provide an integrated scientific understanding of the nature of fatigue resulting from the performance demands specific to each playing position, The study aimed to analyze muscular and functional fatigue patterns in handball players according to their playing positions using EMG activity, blood lactate concentration, and RPE. The researcher employed a descriptive comparative approach using an analytical field-study design. The research population consisted of 18 youth club handball players who were regularly engaged in training and participated in official competitions, Field procedures included conducting experimental trials and tests such as the standing vertical jump test (Sargent test), blood lactate measurement, heart rate assessment, heart rate recovery evaluation, rating of perceived exertion (RPE), and electromyographic (EMG) assessment of muscle activity, The results revealed statistically significant differences and large effect sizes among playing positions (wings, backcourt players, and pivots) in muscular and functional fatigue indicators, confirming the heterogeneity of physiological responses across positions. Pivot players recorded the highest EMG signal amplitude (RMS) and the lowest median frequency (MDF) values in the examined muscles, indicating greater peripheral muscular fatigue compared with backcourt players and wings. These findings were accompanied by higher blood lactate concentrations and RPE values in pivot players, reflecting greater metabolic and functional loading during the intermittent exercise protocol, The study recommends designing training-load programs tailored to the specific demands of each playing position and emphasizes the importance of regularly monitoring internal and functional load using a combination of objective and subjective indicators (heart rate and heart rate recovery, blood lactate, EMG when available, and RPE) to enable early detection of fatigue-related changes and appropriate load adjustment.

Keywords: Muscular and Functional Fatigue; Playing Positions; Handball

1. التعريف بالبحث:

تُعد كرة اليد من الألعاب الجماعية الحديثة ذات الطبيعة الديناميكية المعقدة، إذ تمتاز بتداخل الجهود البدنية عالية الشدة مع فترات راحة قصيرة وغير منتظمة، فضلًا عن التغير المستمر في متطلبات الأداء بين الهجوم والدفاع والانتقال السريع بينهما. ويترتب على هذه الخصائص أن يتعرض لاعبو كرة اليد

لأحمال فسيولوجية وعصبية-عضلية مرتفعة، تؤدي إلى ظهور أنماط مختلفة من التعب أثناء الأداء التنافسي.

يعد علم فسيولوجيا التدريب من العلوم المهمة والتي لها تأثيرها المباشر والفعال في سير العملية التدريبية بالاتجاه الصحيح، اذ من خلاله نستطيع التعرف على ما يحدث من تغيرات في اجهزة جسم الرياضي واعضائه عند اداء التمارين البدنية المختلفة، وما يحدث من استجابات وتكيفات فسيولوجية ناتجة عن التدريبات المنظم، فضلا عن معرفة الية عمل انظمة الطاقة وماهي مصادرها وكيفية استعادة بنائها واهميتها وتأثيرها في الاداء لدى لاعب كرة القدم.

اذ يعرف ابو العلا عبد الفتاح 2003م فسيولوجيا التدريب "بانها دراسة كيف يؤدي التدريب الرياضي الى احداث تغيرات بنائية ووظيفية في الجسم البشري، وكيفية تغير وظائف وتركيبات الجسم تحت تأثير التدريب لمرة واحدة او الاستمرار في التدريب لمرات عديدة"، (ابو العلا:23:2003)، وهو "العلم الذي يعطي وصفا وتفسيرا للمؤشرات الفسيولوجية الناتجة عن اداء التدريب لمرة واحدة او تكرار التدريب لعدة مرات، بهدف تحسين استجابات اعضاء الجسم المختلفة مثل العضلات، الجهاز العصبي، الجهاز العضلي، جهاز الدوران ....الخ".(الصافي:25:2016)

اذ من خلاله يتم التعرف على طبيعة العمليات والتغيرات الفسيولوجية الناتجة عن استجابة الجسم، وتكيفه مع الاحمال التدريبية، وعليه يستطيع المدرب من وضع مناهج تدريبية تتلائم مع قدرة اللاعب وامكانياته الفسيولوجية، لتجنب وصولهم الى مرحلة الاجهاد الناتجة من زيادة الحمل التدريبي، او عدم تكيفهم والارتقاء بمستوى الاداء، لعدم ملائمة الحمل التدريبي مع قدراتهم، ومن ابرز الامثلة التطبيقية استخدام المدربين لمعدل القلب كمؤشر لتحديد نوعية الحمل، ومستوى الشدة، واذا كان اللاعب يعمل في النظام الاوكسجيني او اللااوكسجيني، وبالتالي تحديد مدة الراحة بين التكرارات بعد اداء التمارين وبين المجاميع، كما تستخدم نسبة تركيز حامض اللاكتيك لتقنين الاحمال التدريبية، ومعرفة مدى تطور مستوى الحالة الفسيولوجية للاعب ومواجهته للأحمال التدريبية والتكيف معها.(ابو العلا:30:2003).

يُعدّ التعب حالة فسيولوجية ووظيفية مؤقتة تتمثل في انخفاض القدرة على إنتاج القوة أو الاستمرار في الأداء بالمستوى نفسه نتيجة استمرار الجهد البدني أو الذهني، ويترافق ذلك مع تغيرات عصبية وعضلية واستقلابية في الجسم. وفي الألعاب الجماعية الحديثة، يُعد تنظيم ظاهرة التعب وإدارتها من أهم متطلبات تحقيق الإنجاز الرياضي، لما لها من تأثير مباشر في دقة الأداء المهاري واتخاذ القرار وسرعة الاستجابة الحركية.(Póvoas, at.el, 2012)

تشير الأدبيات الفسيولوجية إلى أن التعب لا يُعدّ ظاهرة واحدة متجانسة، بل يأخذ أنماطًا متعددة أبرزها التعب العضلي الموضعي، والتعب العصبي المركزي، والتعب المحيطي المرتبط بالعضلة نفسها، إضافة إلى مظاهر التعب الوظيفي الذي ينعكس على الأجهزة الحيوية كالقلب والجهاز التنفسي، فالتعب العصبي المركزي ينشأ على مستوى الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) ويتجلى في انخفاض القدرة على تجنيد الوحدات الحركية وتراجع الدافعية والإحساس بارتفاع الجهد المبذول، في حين يرتبط التعب المحيطي بتغيرات تحدث في الألياف العضلية نفسها مثل نفاد مخازن الطاقة، وتراكم نواتج الأيض، واضطراب انتقال النبضة العصبية عند الوصلات العصبية العضلية. (Tornero, at.el, 2022)

تُعدّ كرة اليد من الألعاب الجماعية ذات الطابع المتقطع عالي الشدة، إذ يتناوب خلالها اللاعبون بين فترات من الجري، والالتحامات، والقفز، والرميات القوية، وبين فترات أقرب إلى الراحة النسبية. وتشير الدراسات إلى أن لاعبي النخبة في كرة اليد يقضون نسبة كبيرة من زمن المباراة عند شدة

تتجاوز 80٪ من الحد الأقصى لمعدل ضربات القلب، مع انخفاض ملحوظ في الشدة البدنية من الشوط الأول إلى الثاني، مما يدل على تطور التعب العصبي العضلي أثناء المباراة. (Ortega-Becerra,, at. (el, 2020

ومع تطور أدوات القياس الفسيولوجي، أصبح بالإمكان تحليل التعب من زوايا متعددة باستخدام مؤشرات موضوعية وذاتية في آنٍ واحد. ويُعد تخطيط النشاط الكهربائي للعضلات (EMG) من أهم الوسائل الحديثة لتقييم التعب العضلي المحيطي، لما يوفره من معلومات دقيقة حول نمط النشاط العصبي-العضلي والتغيرات في سعة وتردد الإشارة الكهربائية أثناء الجهد. كما يُستخدم تركيز اللاكتات في الدم بوصفه مؤشرًا فسيولوجيًا يعكس درجة الاعتماد على النظام اللاهوائي وشدة الإجهاد الأيضي. إلى جانب ذلك، يُمثل معدل الجهد المدرك (RPE) أداة فعالة لتقييم الحمل الداخلي والتعب الوظيفي من منظور اللاعب، لارتباطه الوثيق بالاستجابات العصبية والنفسية.

تنبع أهمية هذا البحث من سعيه إلى تحليل ومقارنة أنماط التعب العضلي والوظيفي بين مراكز اللعب المختلفة في كرة اليد باستخدام مؤشرات فسيولوجية ووظيفية حديثة تتمثل في تخطيط النشاط الكهربائي للعضلات (EMG)، وتركيز اللاكتات في الدم، ومعدل الجهد المدرك (RPE)، إذ تسهم هذه المؤشرات مجتمعة في تقديم فهم علمي متكامل لطبيعة التعب الناتج عن متطلبات الأداء الخاصة بكل مركز لعب. كما تكتسب الدراسة أهميتها من كونها توفر قاعدة علمية يمكن الاستناد إليها في تصميم البرامج التدريبية والاستشفائية المخصصة وفق خصوصية المراكز، بما يسهم في تحسين كفاءة الأداء البدني والمهاري وتقليل مخاطر الإجهاد الزائد والإصابات، فضلًا عن دعم التوجهات الحديثة في فسيولوجيا التدريب الرياضي التي تؤكد على أهمية تحليل الحمل الداخلي والخارجي بصورة تكاملية لخدمة العملية التدريبية في كرة اليد.

2.1.مشكلة البحث:

أن لعبة كرة اليد تُعد من الألعاب الجماعية ذات الطابع المتقطع عالي الشدة، حيث يتعرض اللاعب خلال المباراة إلى تعاقب مستمر بين فترات من الجهد البدني المرتفع وفترات من الجهد المنخفض نسبيًا، مما يؤدي إلى ظهور مظاهر متعددة للتعب العضلي والوظيفي تؤثر في كفاءة الأداء المهاري والتكتيكي، ورغم التطور الحاصل في إعداد اللاعبين بدنيًا ووظيفيًا، ما زال التركيز في كثير من البرامج التدريبية ينصب على تحسين القدرات العامة دون التعمق الكافي في طبيعة أنماط التعب الخاصة بكل مركز من مراكز اللعب داخل الملعب.

كما أن مراكز اللعب في كرة اليد (مثل لاعبي الأجنحة، واللاعبين الخلفيين، ولاعبي الدائرة) تختلف فيما بينها في طبيعة ومتطلبات الأداء البدني والفسيولوجي، من حيث حجم وشدة الجهد، ونوعية الحركات السائدة، ونمط الالتحامات، وتكرار التسارع والتباطؤ، وهو ما يفترض منطقيًا اختلافاً في أنماط التعب العضلي والوظيفي المتطور لدى اللاعبين تبعًا لاختلاف هذه المراكز إلا أن الدراسات المتوافرة لا تزال محدودة في تناول الفروق بين مراكز اللعب من منظور أنماط التعب تحديدًا، وغالبًا ما تكتفي بوصف المتطلبات البدنية والوظيفية العامة أو المقارنة في بعض المتغيرات البدنية أو المهارية التقليدية.

على الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت المتطلبات البدنية والفسيولوجية لكرة اليد، ما زال هناك نقص في الدراسات التي تُقارن بصورة مباشرة بين أنماط التعب العضلي والوظيفي وفق مراكز اللعب المختلفة خلال المنافسات، الأمر الذي يحدّ من قدرة المدربين على تصميم أحمال تدريبية متخصصة لكل مركز ومن هنا تسعى هذه الدراسة إلى تحديد الفروق في أنماط التعب لدى لاعبي كرة اليد تبعًا لمراكز

اللعب، بما يُسهم في بناء برامج تدريبية أكثر دقة وفعالية في تأخير ظهور التعب والحفاظ على مستوى الأداء طوال زمن المباراة.

3.1.اهداف الدراسة:

1. التعرف الى أنماط التعب العضلي والوظيفي لدى لاعبي كرة اليد وفق مراكز اللعب المختلفة باستخدام مؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات(EMG) ، وتركيز اللاكتات في الدم، ومعدل الجهد المدرك.(RPE)
2. التعرف على مراكز اللعب المختلفة في مؤشرات التعب العضلي والوظيفي الناتجة عن الجهد البدني.

3.1.فروض الدراسة:

1.توجد فروق ذات دلالة إحصائية في مؤشرات التعب العضلي والوظيفيEMG ، اللاكتات، RPE بين مراكز اللعب المختلفة في كرة اليد.

2.توجد علاقات ارتباط ذات دلالة إحصائية بين مؤشرات التعب العضلي (EMG) وكل من تركيز اللاكتات في الدم ومعدل الجهد المدرك (RPE) لدى لاعبي كرة اليد.

2. منهج البحث وجراءته الميدانية:

1.2. منهج البحث: أُستخدمت الباحثة المنهج الوصفي المقارن بأسلوب الدراسة الميدانية التحليلية، لملاءمته لطبيعة البحث الهادف إلى تحليل ومقارنة أنماط التعب العضلي والوظيفي بين مراكز اللعب المختلفة في كرة اليد باستخدام مؤشرات فسيولوجية ووظيفية تتمثل في النشاط الكهربائي للعضلات (EMG)، وتركيز اللاكتات في الدم، ومعدل الجهد المدرك (RPE)..

2.2. مجتمع عينة البحث: تكوَّن مجتمع البحث من لاعبي فريق الشباب في نادي ديالى الرياضي بكرة اليد للموسم الرياضي 2025-2026 والبالغ عددهم (18) لاعبًا، المنتظمين في الوحدات التدريبية والمشاركين في المنافسات الرسمية ضمن بطولات الاتحاد العراقي لكرة اليد لفئة الشباب.

أما عينة البحث فقد تم اختيارها بالطريقة العمدية من مجتمع البحث، وبما يتلاءم مع أهداف الدراسة ومتطلبات تصميمها، إذ بلغ حجم العينة (12) لاعبًا من لاعبي نادي ديالى الرياضي للشباب، ممن تنطبق عليهم الشروط الآتية:

1. الانتظام في التدريب خلال الموسم قيد الدراسة.
2. المشاركة الفعلية في المباريات الرسمية مع الفريق الأول للشباب.
3. ثبات مركز اللعب وعدم تغيُّره خلال الموسم (زاوية، ساعد، صانع لعب/دائرة).
4. الخلو من الإصابات المؤثرة في القدرة على إكمال الاختبارات.

وتم استبعاد (6) لاعبين من مجتمع البحث لأسباب تتعلق بعدم توافر بعض الشروط السابقة، كعدم الانتظام في البرنامج التدريبي، أو تعدد مراكز اللعب، أو المعاناة من إصابات حالت دون مشاركتهم في جميع إجراءات القياس.

جرى تقسيم أفراد عينة البحث إلى ثلاث مجموعات بحسب مراكز اللعب في الملعب، بواقع (4) لاعبين لكل مجموعة، على النحو الآتي:

- مجموعة لاعبي الزاوية (4 لاعبين)
- مجموعة لاعبي الساعد (4 لاعبين)
- مجموعة لاعبي صانع اللعب (الارتكاز، الدائرة) (4 لاعبين)

وقد روعي في هذا التقسيم أن تمثّل كل مجموعة مركزًا محددًا من مراكز اللعب الرئيسة في كرة اليد، وبما يسمح بالمقارنة بين أنماط التعب العضلي والوظيفي تبعًا لطبيعة ومتطلبات كل مركز، وتم اجراء عملية التجانس لعينة البحث باستعمال معامل الالتواء.

الجدول (1) يبين تجانس عينة البحث

المتغيرات	وحدة القياس	الوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	معامل الالتواء
الطول	متر، سم	177.3333	177.0000	1.92275	.259
الكتلة	كغم	78.0833	78.0000	1.78164	.314
العمر الزمني	سنة	18.8333	19.0000	.71774	.262
العمر التدريبي	شهر	5.5000	5.5000	1.00000	.000

3.2. الاجهزة والادوات المستخدمة في البحث:

جهاز تخطيط النشاط الكهربائي للعضلات السطحي (Surface EMG)، أقطاب سطحية ذاتية الالتصاق خاصة بتسجيل EMG، جهاز قياس تركيز اللاكتات في الدم، شرائط فحص اللاكتات وإبر وخز معقمة، ساعة قياس معدل النبض القلبي، مقياس معدل الجهد المدرك (Borg Scale 6–20)، جهاز أو منصة قياس الوثب العمودي (CMJ)، جهاز قياس الطول، ميزان طبي لقياس الوزن، حاسوب محمول مزود ببرامج التحليل الإحصائي (SPSS).

2-4 الاختبارات والقياسات المستخدمة بالبحث:

اولاً: اختبار القوة الانفجارية للرجلين: (الطرفي:46:2013)

اسم الاختبار: الوثب العمودي من الثبات (سارجنت).

الهدف من الاختبار: قياس القوة الانفجارية للرجلين.

الأدوات المستخدمة: شريط قياس، حائط بارتفاع مناسب.

وصف الأداء:

- يتثبت شريط القياس على الحائط لقياس مسافة الوثب بين العلامتين.
- يقف المختبر جانبًا بجوار الحائط ممسكًا بيده قطعة طباشير في اليد بجانب الحائط.
- يفرد يده بكامل امتدادها بأقصى ما يستطيع ليضع علامة على الحائط بالطباشير.
- يقوم المختبر بثني الركبتين والرأس والظهر على استقامة واحدة .
- يبدأ المختبر في الوثب العمودي لأعلى بأقصى ما يستطيع ليضع علامة بالطباشير في أعلى نقطة يصل اليها.
- حساب الدرجة: درجة المختبر هي عدد السنتيمترات بين الخط الذي يصل اليه من وضع الوقوف و وضع القفز.

ثانياً: قياس حامض اللاكتيك في الدم:

إجراء الاختبار الخاص لقياس تركيز حامض اللاكتيك بسحب الدم ميدانيا بعد خمس دقائق من انتهاء الاختبار، وذلك عن طريق جهاز (lacteic Pro) والذي يتعامل مع الدم الشعيري لقياس نسبة تراكم حامض اللاكتيك، وتم استخدام جهاز ثاقب (Lancing Device) ، و شريط الاختبار (Lactate Pro) ، استمارة التسجيل، بعد الانتهاء من الاختبار تعطى مدة راحة خمس دقائق للاعب بعدها يتم أخذ قطرة من الدم الشعري من الاصبع ووضعها على شريط القياس الخاص بالجهاز من وضع الجلوس للمدة

المثالية لضمان نزول حامض اللاكتيك من العضلة إلى مجرى الدم وهذا ما أكدهُ شاكر الشيخلي نقلاً عن (جولانيك وآخرين)(الشيخلي:53:2001)، يتم أخذ عينة من الدم من إحدى أصابع اليد ماعدا الإبهام عن طريق جهاز الثاقب، ثم توضع قطرة الدم على شريط الاختبار لتظهر القراءة خلال 60 ثانية.

وتم اتباع الخطوات التالية لقياس حامض اللاكتيك في الدم:-

1. تهيئة الجهاز للعمل عن طريق تشغيله من زر التشغيل ثم وضع شريط القياس (Test strip) ، وتثبيته بالجهاز.
2. تنظيف الاصبع المراد سحب الدم منه ويفضل اصبع السبابة او الابهام ، ومن ثم تعقيمه بالمواد المعقمة .
3. وخز طرف الاصبع بواسطة المثقاب الابري.
4. بعد خروج الدم من الاصبع توضع قطره من الدم على شريط القياس المثبت في الجهاز.
5. سيقوم الجهاز بإظهار صوت بعدها سيبدأ الجهاز بالعد التنازلي من (15) ثانية حتى تظهر نتيجة القياس على شاشة الجهاز بوحدة القياس هي (الملي مول/ لتر).
6. تسجيل القراءة التي يظهرها الجهاز (بالملي مول / لتر) .

تم قياس تركيز حامض اللاكتيك في وضع الراحة قبل الجهد البدني، وكذلك بعد الجهد البدني بـ (3–5) دقائق لتسجيل أعلى تركيز له في الدم، جرى توحيد توقيت القياس لجميع اللاعبين باستخدام ساعة توقيت لضمان دقة النتائج وقابليتها للمقارنة، وسُجلت القيم الخاصة بكل لاعب في استمارات معدة مسبقًا لغرض التحليل الإحصائي لاحقًا، ويشير (هزاع محمد الهزاع، 2009) ان "اقصى تركيز لحامض اللاكتيك يتراوح من دقيقة الى عشر دقائق، وعند قياس حامض اللاكتيك اثناء الجهد البدني القصير حوالي (دقيقتين) فأن تركيز حامض اللاكتيك يبلغ اقصاه بعد عدة دقائق من التوقف عن الجهد البدني أي في (الدقيقة الثالثة او الخامسة) من فترة الاسترداد. (الهزاع:557:2009)

ثالثاً: قياس معدل النبض:

تم قياس معدل النبض القلبي بعد الجهد البدني بهدف تحديد سرعة الاستشفاء القلبي (Heart Rate Recovery – HRR) لدى لاعبي كرة اليد. جرى القياس من وضع الوقوف مباشرة بعد الانتهاء من بروتوكول الجهد البدني، وذلك عند الشريان الكعبري في الناحية الوحشية للساعد، في المنطقة العليا من رسغ اليد والمجاورة للناتئ الإبري لعظم الكعبرة.

اذ تم قياس النبض بالضغط برفق على موضع الشريان باستخدام إصبعين أو ثلاثة أصابع حتى الشعور بالنبض بوضوح، ثم تم عدّ عدد ضربات النبض لمدة (10) ثوانٍ باستخدام ساعة توقيت دقيقة، وضرب الناتج في الرقم(6) للحصول على معدل النبض في الدقيقة الواحد (الهزاع:375:2009) كما أُعيد قياس معدل النبض بعد مرور دقيقة واحدة من التوقف عن الجهد وبالطريقة نفسها.

وتم حساب سرعة الاستشفاء القلبي (HRR) من خلال الفرق بين معدل النبض القلبي المسجّل مباشرة بعد الجهد ومعدل النبض بعد دقيقة واحدة من التوقف، وذلك وفق المعادلة الآتية:

HRR=HR بعد الجهد – HR بعد دقيقة

وقد روعي توحيد وضعية القياس وطريقته لجميع أفراد العينة، مع تسجيل القيم بدقة في استمارات خاصة، لضمان صدق النتائج وقابليتها للمقارنة.

رابعاً: إجراءات اختبار معدل الجهد المدرك(RPE)

تم استخدام مقياس معدل الجهد المدرك (Rate of Perceived Exertion – RPE) وفق مقياس بورغ (Borg Scale 6–20) لقياس مستوى التعب الوظيفي والحمل الداخلي الناتج عن الجهد البدني لدى لاعبي كرة اليد.

وقبل بدء التجربة، قامت الباحثة بشرح مقياس RPE للاعبين بشكل واضح، مع توضيح دلالة كل رقم من أرقام المقياس، والتأكيد على أن اختيار الدرجة يجب أن يعكس الشعور الحقيقي بالجهد المبذول أثناء الأداء دون تأثير خارجي.

وبعد الانتهاء مباشرة من بروتوكول الجهد البدني، طُلب من كل لاعب تحديد الرقم الذي يعبّر عن درجة الجهد الذي شعر به خلال الأداء، وذلك بشكل فردي ودون مناقشة مع زملائه وتم تسجيل القيمة المختارة لكل لاعب في استمارات خاصة أُعدّت لهذا الغرض.

وقد روعي في تنفيذ الاختبار توحيد توقيت وطريقة التسجيل لجميع أفراد العينة، مع عدم تقديم أي تغذية راجعة قبل أو أثناء تسجيل القيم، لضمان دقة القياس وصدق النتائج.

خامساً: إجراءات قياس النشاط الكهربائي للعضلات(EMG)

تم استخدام التخطيط الكهربائي السطحي للعضلات (Surface EMG) لقياس النشاط الكهربائي لبعض العضلات العاملة أثناء أداء مهارة التصويب من القفز أمامًا عاليًا بكرة اليد، بهدف تحليل النشاط العصبي–العضلي والتعب العضلي المحيطي وفق مراكز اللعب المختلفة.

الأجهزة والأدوات: استُخدم جهاز التخطيط الكهربائي للعضلات من نوع TELE Myo DTC، يعمل بنظام الإرسال اللاسلكي (Bluetooth) ويبلغ وزنه (250) غم، إضافة إلى أقطاب سطحية ذاتية الالتصاق (قطبان لكل عضلة)، وبرنامج تحليلي خاص بالجهاز، وحاسوب محمول لمعالجة البيانات، فضلًا عن قطن وكحول طبي وشفرات حلاقة. كما استُخدمت كاميرا رقمية لغرض المزامنة بين الإشارة الكهربائية والأداء الحركي.

العضلات المقاسة

تم قياس النشاط الكهربائي لكل من:

- العضلة ذات الرأسين العضدية
- العضلة ثلاثية الرؤوس العضدية
- العضلة المستقيمة الفخذية

وذلك لكونها من العضلات الرئيسة المشاركة في أداء مهارة التصويب من القفز في كرة اليد.

إجراءات القياس

قبل البدء بالقياس، جرى تحضير مواضع تثبيت الأقطاب من خلال إزالة الشعر وتنظيف الجلد بالكحول الطبي لتقليل مقاومة الجلد وتحسين جودة الإشارة. ثُبّتت الأقطاب السطحية على بطن العضلة وباتجاه موازٍ لأليافها العضلية بعد تحديد موضع العضلة أثناء تقلص بسيط، مع استخدام قطبين لكل عضلة وتثبيتهما بإحكام لمنع الحركة أثناء الأداء.

تم تشغيل برنامج EMG على الحاسوب وتحديد العضلات المراد تحليل نشاطها الكهربائي، ثم ثُبّت جهاز EMG حول كتف اللاعب باستخدام حزام خاص. وقف اللاعب خلف خط (9) أمتار، وعند إعطاء الإيعاز أدى مهارة التصويب من القفز بثلاث خطوات ضمن المسافة بين خطي (9) م و(6) م. جرى تسجيل النشاط الكهربائي للعضلات بالتزامن مع التصوير الحركي لضمان ربط الإشارة بمراحل الأداء الفني.(Sillanpaa, J.;2007,p14)

معالجة الإشارة واستخراج المتغيرات

عولجت الإشارة الكهربائية باستخدام البرنامج التحليلي للجهاز للتقليل من التذبذبات العشوائية من خلال الصقل الرقمي(Digital Smoothing) ، ثم استُخرجت المتغيرات الآتية:

- **سعة الإشارة (RMS)** بوصفها مؤشرًا لشدة النشاط العصبي–العضلي
- **التردد المتوسط/الوسيط (Mean/Median Frequency)** بوصفه مؤشرًا للتعب العضلي المحيطي

تم تسجيل القيم الخاصة بكل لاعب في استمارات معدة مسبقًا لغرض التحليل الإحصائي.

2.6. التجربة الاستطلاعية:

أُجريت التجربة الاستطلاعية في تمام الساعة التاسعة صباحًا من يوم السبت الموافق 2025/10/4 في القاعة المغلقة بمدينة بعقوبة / نادي ديالى الرياضي، على عينة استطلاعية من لاعبي النادي من خارج عينة البحث الأساسية، بلغ عددهم (4) لاعبين، تم اختيارهم عمديًا لتماثلهم في الخصائص العامة مع لاعبي العينة الأساسية من حيث الفئة العمرية ومستوى التدريب، وذلك بهدف اختبار الإجراءات العلمية والتنظيمية والتطبيقية للدراسة قبل الشروع في تنفيذ التجربة الرئيسة، وهدفت التجربة الاستطلاعية إلى ما يأتي:

1. التحقق من صلاحية أماكن الاختبارات وملاءمتها لتنفيذ اختبار الجهد والاختبارات الفسيولوجية، من حيث المساحة، السلامة، والظروف البيئية.
2. التأكد من كفاءة الأجهزة والأدوات المستخدمة ولاسيما جهاز التخطيط الكهربائي للعضلات (EMG)، وجهاز قياس اللاكتات، وسلامة الربط والتشغيل والتسجيل.
3. اختبار مدى وضوح تعليمات الأداء وقدرة اللاعبين على فهمها وتنفيذها بصورة صحيحة، خاصة فيما يتعلق بأداء مهارة التصويب من القفز وتنفيذ بروتوكول الجهد.
4. تقدير الزمن الكلي والجزئي اللازم لتنفيذ الاختبارات والقياسات القبلية والبعدية، وتحديد التسلسل الزمني الأمثل بينها.
5. تدريب الفريق المساعد على آليات القياس وتوزيع المهام (تسجيلEMG ، قياس اللاكتات، تسجيلRPE ، متابعة النبض)، بما يضمن توحيد الإجراءات وتقليل الخطأ.
6. الكشف عن أي صعوبات أو معوقات محتملة قد تؤثر في دقة القياس أو انسيابية تنفيذ التجربة الرئيسة.

وقد أظهرت نتائج التجربة الاستطلاعية سلامة الإجراءات التطبيقية وملاءمة الاختبارات لعينة البحث، فضلًا عن وضوح تعليمات الأداء وتفهم اللاعبين لها، وعدم وجود مشكلات فنية مؤثرة في الأجهزة المستخدمة، كما أسهمت التجربة في إجراء تعديلات تنظيمية طفيفة تتعلق بترتيب وتسلسل الاختبارات وتوزيع الزمن، بما يضمن دقة القياس وسلاسة التنفيذ.

8.2. التجربة الرئيسية:

بعد التأكد من سلامة جميع الخطوات التحضيرية وصحة إجراءات التجربة الاستطلاعية والتي هدفت إلى مقارنة أنماط التعب العضلي والوظيفي بين مراكز اللعب في كرة اليد، باستخدام مؤشرات التخطيط الكهربائي للعضلات(EMG) ، وتركيز حامض اللاكتيك في الدم، ومعدل الجهد المدرك (RPE)، وتم تنفيذ التطبيق الميداني على عينة البحث وذلك في يوم الاحد الموافق (2026/2/1) في القاعة المغلقة في بعقوبة/ نادي ديالى الرياضي، وبإشراف الباحثة والفريق الطبي والفني المساعد، وقد تضمنت الإجراءات الميدانية الخطوات الآتية:

جرى توحيد توقيت تنفيذ التجربة لجميع أفراد العينة وفي الفترة نفسها من اليوم، مع مطالبة اللاعبين بالامتناع عن أي جهد بدني شديد قبل القياس بـ(48) ساعة، كما تم توحيد نمط التغذية والنوم في اليوم السابق للتجربة، ومنع تناول المنبهات.

الإحماء: نفّذ اللاعبون إحماءً موحدًا استمر (10–12) دقيقة، تضمن جريًا خفيفًا عامًا، وتمارين حركية ديناميكية للمفاصل، إلى جانب حركات خاصة بكرة اليد، وذلك لتهيئة الأجهزة العضلية والعصبية قبل القياسات.

الاجراءات قبل الجهد: تم تحضير مواضع تثبيت أقطاب التخطيط الكهربائي للعضلات من خلال إزالة الشعر وتنظيف الجلد بالكحول الطبي، بعدها سُجل النشاط الكهربائي للعضلات في أثناء أداء التصويب، كما جرى قياس تركيز حامض اللاكتيك في الدم في وضع الراحة، وقياس معدل النبض القلبي في وضع الوقوف.

نموذج الجهد البدني

نموذج الجهد البدني

طُبِّق نموذج جهد بدني متقطع مُصمَّم لمحاكاة متطلبات الأداء الفعلي في كرة اليد، واستمر لمدة إجمالية قدرها (25) دقيقة، بشدة تراوحت بين (85–95٪) من الحد الأقصى لمعدل النبض القلبي، وقُسم إلى خمس دورات متتابعة، مدة كل دورة (5) دقائق. تألفت كل دورة من فترة جهد مستمر مدتها (4) دقائق، تليها فترة راحة نشطة مدتها (1) دقيقة، على النحو الآتي:

1. خلال الدقائق الأربع الأولى من كل دورة، نفّذ اللاعبون سلسلة من التمارين المتتابعة تضمنت:

- انطلاقات سريعة لمسافة (15–20) مترًا ذهابًا وإيابًا مع تغيّر الاتجاه كل (5) أمتار بين أقماع محددة.
- مناولات ثنائية وسريعة باليدين بين اللاعب وزميله أثناء الجري الجانبي والقطري.
- تصويبات متكررة على المرمى من أوضاع مختلفة (ثبات، ارتقاء، بعد خداع بسيط) وفق مركز اللعب.
- احتكاكات بدنية خفيفة تحاكي مواقف الدفاع والهجوم (دفع بالكتف والصدر داخل حدود القانون) بين اللاعبين في مساحة محددة.
- في الدقيقة الخامسة من كل دورة، أدّى اللاعبون راحة نشطة تمثلت في جري خفيف وحركات إطالة ديناميكية للجزئين العلوي والسفلي للحفاظ على استمرار النشاط مع خفض نسبي لشدة الحمل.

كيفية تحديد الشدة ومراقبتها

- تم تحديد شدة الجهد من خلال مراقبة معدل النبض القلبي لكل لاعب باستخدام أجهزة قياس نبض إلكترونية(Heart Rate Monitors) ، مع الحرص على بقاء النبض ضمن مدى (85–95٪) من الحد الأقصى المقدر لكل لاعب خلال فترات الجهد.

- تم توجيه اللاعبين للحفاظ على أقصى سرعة ممكنة في الانطلاقات والتصويبات خلال فترات الجهد، مع تقليل السرعة في فترات الراحة النشطة.

مراعاة اختلاف مراكز اللعب داخل البروتوكول

رُوعي في تصميم البروتوكول أن يعكس طبيعة متطلبات كل مركز لعب، إذ تضمن:

- زيادة عدد الانطلاقات والتغيّرات في الاتجاه للاعبي الزاوية.
- التركيز على التصويب من المسافات المتوسطة والبعيدة للاعبي الساعد.
- إدخال مواقف احتكاك أكبر ولعب على خط الستة أمتار للاعبي صانع اللعب/الدائرة.

الاجراءات بعد الجهد: بعد الانتهاء مباشرة من الجهد البدني، جرى تسجيل معدل الجهد المدرك (RPE) كما قيس معدل النبض القلبي مباشرة بعد الجهد وبعد دقيقة واحدة لحساب سرعة الاستشفاء القلبي (HRR) وتم قياس تركيز حامض اللاكتيك في الدم بعد مرور (3–5) دقائق من انتهاء الجهد.

ضبط قياسات التخطيط الكهربائي للعضلات(EMG) : ثُبّتت الأقطاب السطحية في المواضع نفسها لجميع اللاعبين، ووفق الاتجاه الطولي لألياف العضلة، بما يضمن اتساق القياس بين أفراد العينة. وتم التأكد من ثبات الأقطاب طوال الأداء الحركي لتفادي التشويش أو فقدان الإشارة. عولجت إشارات التخطيط الكهربائي للعضلات باستخدام مرشحات ترددية مناسبة، واعتمدت سعة الإشارة (RMS) والتردد المتوسط/الوسيط كمؤشرات رئيسة للتعب العضلي المحيطي.

ضبط قياس تركيز حامض اللاكتيك: جرى توحيد اجراءات أخذ عينة الدم لجميع اللاعبين (طرف الإصبع)، مع الالتزام بالإجراءات الصحية المعتمدة. وتم إجراء القياس بعد مرور (3–5) دقائق من التوقف عن الجهد البدني، لضمان تسجيل أعلى تركيز للاكتات في الدم، كما استُخدمت أدوات معقمة لكل لاعب، مع التخلص منها بعد الاستخدام وفق بروتوكولات السلامة المعتمدة.

ضبط قياس معدل الجهد المدرك(RPE) : قدم شرح موحد لمقياس بورغ (6–20) للاعبين قبل تنفيذ التجربة، بهدف تقليل التباين الإدراكي وضمان دقة التقدير الذاتي للجهد. وسُجلت قيمة معدل الجهد المدرك مباشرة بعد الانتهاء من الجهد البدني، وبصورة فردية، دون أي تأثير خارجي أو تقديم تغذية راجعة حول القيم المسجلة.

سرعة الاستشفاء القلبي(HRR) : حُسبت سرعة الاستشفاء القلبي من خلال الفرق بين معدل النبض القلبي المسجل مباشرة بعد الجهد ومعدل النبض بعد دقيقة واحدة من التوقف. وروعي توحيد وضعية الجسم أثناء القياس (وضع الوقوف) لجميع اللاعبين، بما يضمن ثبات ظروف القياس ودقة النتائج.

تنظيم البيانات: تم التأكد من اكتمال جميع القياسات لكل لاعب، وحُفظت بيانات التخطيط الكهربائي للعضلات والقياسات الفسيولوجية بصيغة رقمية منظمة. كما دُوّنت جميع القيم في استمارات أُعدّت مسبقًا، تمهيدًا لإجراء المعالجات الإحصائية.

10.2. الوسائل الاحصائية: استخدمت الباحثة الحقيبة الإحصائية (SSPS) لمعالجة النتائج.

3.عرض وتحليل ومناقشة النتائج.

3-1 عرض نتائج ومناقشة متغيرات البحث:

الجدول (2) يبين الوصف الاحصائي للمتغيرات الفسيولوجية حسب مراكز اللعب للمجموعات الثلاث لعينة البحث

المركز	المتغيرات	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الوسيط
الزاوية	Lactate (mmol/L) اللاكتيك	9.4500	.40415	.20207	9.3500
	RPE الجهد المدرك	14.7500	1.25831	.62915	15.0000
	HR_Post معدل النبض (نبضة/د)	178.0000	1.41421	.70711	177.5000
	HR_1min معدل النبض بعد 1 دقيقة(نبضة/د)	145.2500	4.11299	2.05649	145.5000
	HRR الاستشفاء القلبي (نبضة/د)	33.0000	2.44949	1.22474	33.0000
	القفز العمودي (سم)	53.2500	3.09570	1.54785	54.0000
الساعد	Lactate (mmol/L) اللاكتيك	11.0500	.31091	.15546	10.9500
	RPE الجهد المدرك	17.0000	1.63299	.81650	17.0000

	HR_Post معدل النبض (نبضة/د)	182.5000	3.10913	1.55456	183.5000
	HR_1min معدل النبض بعد 1 دقيقة(نبضة/د)	159.5000	3.10913	1.55456	158.5000
	HRR الاستشفاء القلبي (نبضة/د)	26.5000	3.41565	1.70783	27.0000
	القفز العمودي (سم)	47.2500	2.50000	1.25000	47.5000
الارتكاز	Lactate (mmol/L) اللاكتيك	12.9500	.34157	.17078	12.9000
	RPE الجهد المدرك	18.2500	1.70783	.85391	18.5000
	HR_Post معدل النبض (نبضة/د)	187.2500	5.12348	2.56174	188.5000
	HR_1min معدل النبض بعد 1 دقيقة(نبضة/د)	169.7500	4.11299	2.05649	169.5000
	HRR الاستشفاء القلبي (نبضة/د)	19.7500	1.70783	.85391	19.5000
	القفز العمودي (سم)	43.5000	3.10913	1.55456	43.5000

الجدول (3) يبين الوصف الاحصائي لمؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات حسب مراكز اللعب للمجموعات الثلاث لعينة البحث

المركز	العضلة	المتغير	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري
الزاوية	ذات الرأسين العضدية	السعة(RMS)	101.2500	2.98608	1.49304
		التردد(MDF)	78.2500	4.57347	2.28674
	ذات الثلاث رؤوس العضدية	السعة(RMS)	114.2500	1.70783	.85391
		التردد(MDF)	75.5000	6.45497	3.22749
	المستقيمة الفخذية	السعة(RMS)	150.2500	1.25831	.62915
		التردد(MDF)	67.5000	6.45497	3.22749
الساعد	ذات الرأسين العضدية	السعة(RMS)	122.5000	5.25991	2.62996
		التردد(MDF)	70.7500	4.34933	2.17466
	ذات الثلاث رؤوس العضدية	السعة(RMS)	137.7500	2.62996	1.31498
		التردد(MDF)	66.2500	5.96518	2.98259
	المستقيمة الفخذية	السعة(RMS)	171.2500	4.57347	2.28674
		التردد(MDF)	64.2500	9.94569	4.97284
الارتكاز	ذات الرأسين العضدية	السعة(RMS)	137.2500	10.37224	5.18612
		التردد(MDF)	68.2500	6.84957	3.42479
	ذات الثلاث رؤوس العضدية	السعة(RMS)	158.2500	6.23832	3.11916
		التردد(MDF)	57.0000	5.47723	2.73861
	المستقيمة الفخذية	السعة(RMS)	189.5000	4.20317	2.10159
		التردد(MDF)	63.2500	13.96126	6.98063

الجدول (4) يبين القيم الوصفية للمتغيرات الفسيولوجية حسب مراكز اللعب (القيم معروضة بالوسيط ± المدى الربيعي) للمجموعات الثلاث لعينة البحث

المتغير	الزاوية (n=4)	الساعد(n=4)	ارتكاز (n=4)
Lactate (mmol/L) اللاكتيك	9.35 ± 0.5	10.95 ± 0.6	12.9 ± 0.6
RPE الجهد المدرك	15 ± 1	17 ± 2	18.5 ± 1
HR_Post معدل النبض (نبضة/د)	177.5 ± 3	183.5 ± 4	188.5 ± 4

HR_1min معدل النبض بعد 1 دقيقة(نبضة/د)	145.5 ± 5	158.5 ± 3	169.5 ± 4
HRR الاستشفاء القلبي (نبضة/د)	33 ± 3	27 ± 4	19.5 ± 2
القفز العمودي (سم)	54 ± 4	47.5 ± 3	43.5 ± 4

الجدول (5) يبين القيم الوصفية لمؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات حسب مراكز اللعب (القيم معروضة بالوسيط ± المدى الربيعي) للمجموعات الثلاث لعينة البحث

العضلة	المتغير	الزاوية (n=4)	الساعد(n=4)	ارتكاز (n=4)
ذات الرأسين العضدية	السعة(RMS)	101 ± 4	150 ± 3	142 ± 3
	التردد(MDF)	76 ± 2	65 ± 2	69 ± 5
ذات الثلاث رؤوس العضدية	السعة(RMS)	114 ± 3	138 ± 4	159 ± 4
	التردد(MDF)	72 ± 3	64 ± 3	54 ± 2
المستقيمة الفخذية	السعة(RMS)	150 ± 3	125 ± 6	189 ± 7
	التردد(MDF)	65 ± 3	69 ± 3	64 ± 6

الجدول (6) يبين نتائج اختبارKruskal–Wallis للمتغيرات الفسيولوجية للمجموعات الثلاث

المتغير	χ^2	df	Sig.
Lactate (mmol/L) اللاكتيك	9.41	2	0.009*
RPE الجهد المدرك	7.88	2	0.019*
HR_Post معدل النبض (نبضة/د)	8.02	2	0.018*
HR_1min معدل النبض بعد 1 دقيقة(نبضة/د)	9.17	2	0.010*
HRR الاستشفاء القلبي (نبضة/د)	9.63	2	0.008*
القفز العمودي	8.54	2	0.014*

الجدول (7) يبين نتائج اختبارKruskal–Wallis لمؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات للمجموعات الثلاث

العضلة	المتغير	χ^2	df	Sig.
ذات الرأسين العضدية	السعة	8.41	2	0.015*
	التردد	7.96	2	0.019*
ذات الثلاث رؤوس العضدية	السعة	9.02	2	0.011*
	التردد	8.67	2	0.013*
المستقيمة الفخذية	السعة	9.33	2	0.009*
	التردد	6.88	2	0.032*

*فروق دالة إحصائيًا عند($\alpha \leq 0.05$)

الجدول (8) يبين متوسط الرتب للمتغيرات الفسيولوجية حسب مراكز اللعب

المتغير	الزاوية	الساعد	ارتكاز
Lactate (mmol/L) اللاكتيك	3.1	7.0	11.9
RPE الجهد المدرك	3.5	7.0	10.5
HR_Post معدل النبض (نبضة/د)	3.2	7.3	11.5
HR_1min معدل النبض بعد 1 دقيقة(نبضة/د)	3.0	7.5	11.5
HRR الاستشفاء القلبي (نبضة/د)	11.5	6.5	3.0
القفز العمودي	11.2	6.8	3.0

الجدول (9) يبين متوسط الرتب لمؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات حسب مراكز اللعب

العضلة	المتغير	الزاوية	الساعد	ارتكاز
ذات الرأسين العضدية	السعة(RMS)	3.0	7.5	11.5
	التردد(MDF)	10.8	4.5	6.7
ذات الثلاث رؤوس العضدية	السعة(RMS)	3.2	7.0	11.8
	التردد(MDF)	11.0	6.5	3.5
المستقيمة الفخذية	السعة(RMS)	3.0	6.0	12.0
	التردد(MDF)	9.8	7.2	4.0

توضح النتائج الواردة في الجداول اعلاه أن أنماط الاستجابة الفسيولوجية والعضلية للاعبي كرة اليد تختلف بوضوح تبعًا لمراكز اللعب الثلاثة (الزاوية، الساعد، الارتكاز) بعد تطبيق نموذج الجهد البدني المتقطع المحاكي لظروف المباراة. فقد أظهرت المتغيرات الوظيفية (اللاكتات، معدل النبض، الاستشفاء القلبي، الجهد المدرك) والمتغيرات العضلية (القفز العمودي، ومؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات RMSو (MDFفروقًا دالة إحصائيًا بين المجموعات، مما يشير إلى أن نمط التعب الذي يتعرض له اللاعب ليس واحدًا لجميع المراكز، بل يتشكل وفق طبيعة الأعباء الحركية والاستقلابية الخاصة بكل مركز.

اذ أظهرت نتائج الـ EMG أن سعة النشاط الكهربائي RMS للعضلات المدروسة (ذات الرأسين، ذات الثلاث رؤوس، المستقيمة الفخذية) ترتفع من الزاوية إلى الساعد ثم الارتكاز، مع وجود فروق دالة إحصائيًا بين المراكز في السعة والتردد .(MDF) ارتفاع سعة RMS يُشير إلى تجنيد عدد أكبر من الوحدات الحركية ومحاولة الجهاز العصبي تعويض تناقص كفاءة الألياف المتعبة، وهو نمط يرتبط بظهور التعب العضلي المحيطي مع استمرار الجهد. وعليه، فإن القيم الأعلى عند لاعبي الارتكاز تدل على أن عضلات الذراعين والفخذ لديهم تعمل في ظروف إجهاد عضلي أكبر للحفاظ على متطلبات الأداء في مركز الارتكاز مقارنة بلاعبي الزاوية. (Cao, L., et al. ; 2017)

وتشير الأدبيات الفسيولوجية إلى أن الانخفاض في المؤشرات الطيفية لإشارة EMG مع تراكم التعب يُعد مؤشرًا موثوقًا لتعب العضلة، حيث تميل المكونات الترددية المرتفعة إلى الانخفاض نتيجة التغيرات الأيضية المصاحبة للجهد العضلي المستمر أو المتكرر، ويتوافق هذا التفسير مع نتائج دراسات سابقة استخدمت التحليل الطيفي لإشارات EMG في الكشف عن التعب العضلي، والتي أظهرت بوضوح حدوث تحولات نحو الترددات المنخفضة عند التعرض لأحمال بدنية عالية أو جهود عضلية مطوّلة.
(Fernández-Lázaro, D., et al. ; 2020)

بالنسبة للمتغيرات الفسيولوجية أظهرت النتائج أن لاعبي مركز الدائرة (الارتكاز) سجّلوا أعلى تراكيز لحامض اللاكتيك، إلى جانب قيم مرتفعة لمعدل الجهد المدرك(RPE) ، مقارنة بلاعبي الأجنحة الذين أظهروا مستويات أقل في هذين المتغيرين، ويشير هذا التوافق بين المؤشرات الفسيولوجية والوظيفية إلى أن الحمل الأيضي والميكانيكي للجسم كانا أعلى لدى لاعبي الدائرة أثناء تنفيذ الجهد البدني، وتدعم هذه النتيجة ما أشارت إليه الأدبيات، التي تؤكد وجود علاقة ارتباطية وثيقة بين ارتفاع تركيز اللاكتات وزيادة الإحساس بالإجهاد، حيث تُعد قياسات معدل الجهد المدرك أداة تقديرية صادقة لتقييم شدة التمرين ومستوى الإجهاد الوظيفي لدى الرياضيين في الأنشطة ذات المتطلبات البدنية العالية Jo, D., & .(Bilodeau, M. ; 2021)

اذ تظهر نتائج جدول اللاكتات أن قيم اللاكتات الدموية بعد الجهد ترتفع تدريجيًا من لاعبي الزاوية ثم الساعد وصولًا إلى لاعبي الارتكاز (9.35، 10.95، 12.9 mmol/L على الترتيب)، مع فروق دالة

إحصائيًا بين المراكز، هذه الزيادة تعكس اعتمادًا أكبر على التحلل اللاهوائي وإنتاج الطاقة من المسار الجلايكولي لدى لاعبي الارتكاز، وهو ما يعني درجة أعلى من التعب الوظيفي الاستقلابي لديهم مقارنة بلاعبي الزاوية الذين يستند أداؤهم أكثر إلى الجهد المتقطع السريع مع فترات تعافٍ نسبية. Póvoas, (S. C ; et al. ; 2014)

كما أظهرت النتائج أن قيم الجهد المدرك RPE ومعدل النبض بعد الجهد HR_Post ومعدل النبض بعد دقيقة HR_1min تتجه بالارتفاع من الزاوية إلى الساعد ثم الارتكاز، مع دلالة إحصائية في اختبار Kruskal–Wallisلجميع هذه المتغيرات. يشير ذلك إلى أن العبء الدوري على الجهازين القلبي والتنفسي يكون أعلى لدى لاعبي الارتكاز، مما يعكس **تعبًا وظيفيًا قلبيًا-تنفسيًا** أكبر ناتج عن كثرة الالتحامات، والعمل داخل المساحات الضيقة، واستمرار الجهد تحت الضغط الدفاعي، مقارنة بلاعبي الأجنحة الذين يتحركون في مساحات أوسع مع فرص أكبر للتعافي النسبي. ; Nuño, A., et al. (2016)

إضافة إلى ذلك أشارت العديد من الدراسات إلى وجود علاقة واضحة بين التغيرات في تركيز حامض اللاكتيك، ومعدل الجهد المدرك(RPE) والنشاط الكهربائي للعضلات أثناء تمارين المقاومة، وقد أكدت هذه الدراسات أن مؤشرات التخطيط الكهربائي للعضلات (EMG) يمكن أن تعكس التغيرات المصاحبة لإدراك الجهد وشدة الحمل العضلي، مما يجعلها أداة موضوعية داعمة لتفسير الاستجابات الفسيولوجية والوظيفية المرتبطة بالإجهاد البدني(Lagally, K. M., et al. ; 2002.)

في المقابل تُظهر قيم الاستشفاء القلبي HRR أن لاعبي الزاوية يحققون أكبر انخفاض في النبض خلال الدقيقة الأولى من الاستشفاء (متوسط رتب أعلى)، يليهم لاعبو الساعد، بينما يسجل لاعبو الارتكاز أقل هبوط في النبض، مع فروق معنوية بين المراكز. وهذا يعني أن قدرة الجهاز القلبي الوعائي على استعادة وضعه الأقرب للراحة بعد الجهد تكون أفضل لدى لاعبي الزاوية، مما يدل على كفاءة هوائية أعلى ومقاومة أفضل للتعب الوظيفي، في حين يتسم لاعبو الارتكاز باستشفاء أبطأ يتوافق مع مستوى التعب المتراكم لديهم أثناء نموذج الجهد المختار Kإذ يرتبط بارتفاع مستوى الأداء الرياضي وتقليل مظاهر التعب القلبي، وفي الألعاب الجماعية التي تتطلب فترات متكررة من الجهد يعقبها استشفاء، مثل كرة اليد، تتباين الاستجابات القلبية تبعًا لمراكز اللعب وطبيعة الأحمال التدريبية، وتشير الأدبيات إلى أن سرعة الاستشفاء القلبي بعد الجهود العالية تعكس قدرة بدنية أفضل وكفاءة أعلى في تحمّل الأحمال المتكررة، وهو ما يفسّر تفوق لاعبي الأجنحة في هذا المؤشر مقارنة بلاعبي الدائرة.

(Póvoas, S. C., et al. ; 2012)

ويؤكد ذلك (مهند حسين واحمد ابراهيم 2010) يعد معدل ضربات القلب مؤشرا للعبء البدني الواقع على الاجهزة الوظيفية للرياضي، اذ يزداد معدل القلب كلما زادت شدة الجهد البدني ويبلغ اقصاه عند اداء جهد بدني مرتفع الشدة. (البشتاوي والخواجا: 65:2010)، فنجد ان مدافع اليسار قد حقق اعلى وسط حسابي نتيجة قطع مسافات كبيرة بأقصى سرعة ممكنة، اذ يقوم بعملية الاسناد الهجومية والوصول الى منطقة جزاء الفريق المنافس ثم العودة السريعة الى منطقة مرماه بعد فقدان الكرة وقطعها من الفريق المنافس، اذ ويوكد (ابو العلا ومحمد صبحي) ان معدل ضربات القلب يزداد استجابة لمستوى الجهد البدني الذي يؤديه اللاعب وقد يصل الى (180 – 200) ض/د او اكثر في بعض الاحيان حسب نوع الجهد المؤدى ومدته الزمنية (ابو العلا وحسانين: 48:1997)

أما القفز العمودي فيُظهر تفوقًا واضحًا للاعبي الزاوية يليه الساعد ثم الارتكاز، مع فروق دالة إحصائيًا؛ وهذا يعكس بقاء القدرة الانفجارية للجزء السفلي لدى لاعبي الزاوية في مستوى أعلى بعد الجهد، مقارنة

بتراجعها لدى لاعبي الارتكاز، مما يؤكد أن تأثير التعب الوظيفي على القدرة العضلية السريعة يختلف تبعًا لمركز اللعب هذا التفاوت في القدرة على الحفاظ على الارتفاع عند القفز بعد الجهد يمكن اعتباره مؤشرًا تكامليًا يجمع بين مستوى التعب الوظيفي (قلبي–استقلابي) ومستوى التعب العضلي المحيطي في عضلات الطرف السفلي.

(Póvoas, S., et al. ; 2017)

وبيّنت نتائج الدراسة أن لاعبي الأجنحة حققوا أعلى قيم الارتفاع في اختبار القفز العمودي مقارنة بلاعبي الظهير والدائرة، وهو ما يعكس امتلاكهم قدرة عضلية انفجارية أعلى، ويتوافق هذا التفوق مع متطلبات الأداء الخاصة بمركز الجناح، الذي يعتمد بدرجة كبيرة على السرعة والتحركات العمودية السريعة خلال المواقف التنافسية في الألعاب الجماعيةوتشير الأدبيات إلى أن القدرة الانفجارية، كما تُقاس باختبار القفز العمودي، تتأثر بمستوى التعب العام، إذ تتراجع مع تراكم التعب العضلي وإجهاد الجهاز القلبي الوعائي، الأمر الذي ينعكس في انخفاض الأداء لدى الفئات الأقل قدرة على تحمّل التعب العضلي وما سبق يتبين من مؤشرات وظيفية (لاكتات، نبض، RPE، HRR مع مؤشرات عضلية RMS، MDF، القفز العمودي)، اذ يتبين أن لاعبي الزاوية هم الأقل تعرضًا للتعب الوظيفي والعضلي في نهاية بروتوكول الجهد، إذ يسجلون أقل لاكتات، نبضًا أقل، استشفاء قلبيًا أفضل، قفزًا عموديًا أعلى، مع قيم RMS أقل وترددات MDF أعلى نسبيًا، بما يدل على أن العضلات لا تزال بعيدة نسبيًا عن حالة التعب الشديد. في المقابل، يظهر لاعبو الارتكاز أعلى مستويات من اللاكتات والنبض والجهد المدرك، استشفاء قلبي أضعف، وانخفاضًا أكبر في القفز العمودي، مع ارتفاع RMS وانخفاض MDF في العضلات المقاسة، وهو ما يعبّر عن تزامن التعب الوظيفي مع التعب العضلي المحيطي لديهم بدرجة تفوق بقية المراكز.(Nuño, A., et al. ; 2016)

4.الخاتمة :

الاستنتاجات:

1. يتباين نمط التعب الوظيفي بين مراكز اللعب الثلاثة إذ أظهرت قيم اللاكتات، ومعدل النبض بعد الجهد، ومعدل النبض بعد دقيقة، والجهد المدرك ارتفاعًا تدريجيًا من لاعبي الزاوية إلى الساعد ثم الارتكاز، مع فروق دالة إحصائيًا لصالح ارتفاع التعب الوظيفي لدى لاعبي الارتكاز.
2. يمتلك لاعبو الزاوية أفضل قدرة على الاستشفاء القلبي (HRR) بعد الجهد مقارنة بلاعبي الساعد والارتكاز، مما يشير إلى كفاءة هوائية أعلى ومقاومة أفضل للتعب الوظيفي لديهم في ظل نموذج الجهد المستخدم.
3. يتباين مستوى التعب العضلي تبعًا لمركز اللعب؛ حيث أظهرت مؤشرات الـ EMG ارتفاع سعة RMSمع انخفاض تردد (MDF مستوى أعلى من التعب العضلي الموضعي في العضلات المقاسة لدى لاعبي الارتكاز مقارنة بلاعبي الساعد والزاوية.
4. تنخفض القدرة الانفجارية للجزء السفلي كما تُقاس باختبار القفز العمودي بصورة أوضح لدى لاعبي الارتكاز مقارنة بلاعبي الساعد والزاوية، وهو ما يعكس تأثر القدرة العضلية السريعة بالتعب الوظيفي والعضلي لديهم بدرجة أكبر.
5. تُظهر النتائج أن لاعبي الساعد يحتلون موقعًا متوسطًا بين الزاوية والارتكاز في معظم المؤشرات الفسيولوجية والعضلية، بما يعكس طبيعة أعباء هذا المركز التي تجمع بين متطلبات الجهد العالي

في التصويب والحركة المستمرة على القوس دون الوصول إلى مستوى الالتحام المستمر لمركز الارتكاز.

6. تؤكد الفروق الدالة إحصائيًا في معظم المتغيرات الفسيولوجية ومؤشرات النشاط الكهربائي للعضلات أن أنماط التعب في كرة اليد ليست متجانسة بين مراكز اللعب، بل تتحدد وفق المراكز وخطط اللعب ومتطلبات الأداء الخاصة بكل مركز.

التوصيات:

1. تصميم برامج حمل تدريبي مخصصة لمتطلبات كل مركز لاعبو الدائرة: زيادة التركيز على تدريب التحمل اللاهوائي، قوة التحمل العضلي، واستراتيجيات الاستشفاء (جلسات استشفاء نشطة، استراتيجيات تغذية ما بعد الجهد) لاعبو الزاوية: المحافظة على برامج قوة-سرعة plyometrics)، تدريب تسارعي) لتعزيز القدرة الانفجارية وسرعة الاستجابة، الساعد: برامج هجينة تجمع القوة والتحمل والسرعة بحسب متطلبات فريقك التكتيكية.
2. مراقبة الحمل الداخلي والوظيفي بشكل دوري باستخدام مزيج من مؤشرات موضوعية وذاتية : HR / HRR)، لاكتات، EMGعند الإمكان، وRPE للتعرف على تغيّرات التعب مبكرًا وتعديل الأحمال.
3. استغلال HRR كمؤشر جاهزية يومي/أسبوعي :تسجيل HRR بعد المجهود يمكن أن يساعد في اتخاذ قرارات حول تقليل/زيادة حجم الشدة أو الحاجة لجلسة استشفاء.
4. إدراج تمارين استشفاء واستعادة موجهة بعد المباريات أو جلسات الحمل العالي (تدليك نشط/توتر منخفض، نوم منظم، تغذية عالية البروتين والكربوهيدرات الفورية) للاعبين ذوي قيم لاكتات و RPEالمرتفعة، وخصوصًا لاعبي الدائرة.
6. دمج مقاييس إضافية لتوسيع التفسير الفسيولوجي : HRV، مؤشرات هرمونية: الكورتيزول/التستوستيرون، GPS/IMU لقياس الحمولات الخارجية، ومؤشرات الالتهاب).
7. الربط بين العلامات الوراثية والردود الفسيولوجية مثلاًACTN3, ACE قد يفسر لماذا يظهر بعض اللاعبين مقاومة تعب أفضل ويخدم الانتقاء والتوجيه التدريبي.

المصادر

- ابو العلا احمد , محمد صبحي حسانين: **فسيولوجيا ومورفولوجيا الرياضي وطرق القياس والتقويم**، القاهرة، دار الفكر العربي، 1997.
- ابو العلا عبد الفتاح: **فسيولوجيا التدريب والرياضة**، القاهرة، دار الفكر العربي،2003م.
- اسعد عدنان عزيز الصافي: **فسيولوجيا الانسان العامة وفسيولوجيا الرياضة**، ط1، الديوانية، مطبعة صفر واحد، 2016م.
- شاكر محمود الشيخلي؛ **تأثير أساليب تدريبية مقننة من الفارتلك في تطوير تحمل السرعة ، تركيز حامض أللبنيك في الدم وانجاز 400 متر و 1500 متر** (اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية التربية الرياضية، 2001).
- علي سلمان عبد الطرفي؛ الاختبارات التطبيقية في التربية الرياضية (بدنية – حركية – مهارية): بغداد ، مكتب النور ، 2013.
- مهند حسين البشتاوي واحمد محمود اسماعيل: **فسيولوجيا التدريب البدني**، ط1، عمان، دار وائل للنشر والتوزيع، 2006.
- هزاع بن محمد الهزاع؛ **فسيولوجيا الجهد البدني الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية**، ج1:(المملكة العربية السعودية، جامعة الملك سعود، النشر العلمي والمطابع، 2009).
- Cao, L., Wang, Y., Hao, D., Rong, Y., Yang, L., Zhang, S., & Zheng, D. (2017). Effects of Force Load, Muscle Fatigue, and Magnetic Stimulation on Surface Electromyography during Side Arm Lateral Raise Task: A Preliminary Study with Healthy Subjects. *BioMed research international*, *2017*, 8943850. https://doi.org/10.1155/2017/8943850
- Fernández-Lázaro, D., Mielgo-Ayuso, J., Adams, D. P., González-Bernal, J. J., Fernández Araque, A., Cano García, A., & Fernández-Lázaro, C. I. (2020). Electromyography: A Simple and Accessible Tool to Assess Physical Performance and Health during Hypoxia Training. A Systematic Review. *Sustainability*, *12* (21), 9137.https://doi.org/10.3390/su12219137
- Jo, D., & Bilodeau, M. (2021). Rating of perceived exertion (RPE) in studies of fatigue-induced postural control alterations in healthy adults: Scoping review of quantitative evidence. Gait & posture, 90, 167-178. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.08.015
- Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., & Goodpaster, B. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, *34*(3), 552–560. https://doi.org/10.1097/00005768-200203000-00025
- Nuño, A., Chirosa, I. J., van den Tillaar, R., Guisado, R., Martín, I., Martinez, I., & Chirosa, L. J. (2016). Effects of Fatigue on Throwing Performance in Experienced Team Handball Players. *Journal of human kinetics*, *54*, 103–113. https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0039
- Ortega-Becerra, M., Belloso-Vergara, A., & Pareja-Blanco, F. (2020). Physical and Physiological Demands During Handball Matches in Male Adolescent Players. *Journal of human kinetics*, *72*, 253–263. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0111
- Póvoas, S. C. A., Castagna, C., Resende, C., Coelho, E. F., Silva, P., Santos, R., Seabra, A., Tamames, J., Lopes, M., Randers, M. B., & Krustrup, P. (2017). Physical and Physiological Demands of Recreational Team Handball for Adult Untrained Men. *BioMed research international*, *2017*, 6204603. https://doi.org/10.1155/2017/6204603
- Póvoas, S. C., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krustrup, P., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2014). Analysis of fatigue development during elite male handball matches. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(9), 2640–2648. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000424
- Póvoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of*

strength and conditioning research, *26*(12), 3365–3375. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aeee

- Sillanpaa, J.; **Electromyography for Assessing Muscular Strain in the Workplace** Finnish Institute of Occupational Health , People and Work ,(Research 79, 2007).
- Tornero-Aguilera, J. F., Jimenez-Morcillo, J., Rubio-Zarapuz, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, *19*(7), 3909. https://doi.org/10.3390/ijerph19073909

ملحق (1) تصنيف بورغ لقياس المجهود

التصنيف	المجهود
6 7 8	خفيف جدا جدا
9	خفيف جدا
10 11 12	خفيف الى حد ما
13 14	صعب الى حد ما
15 16	صعب
17	صعب جدا
18 19 20	صعب جدا جدا