المؤشرات الفسيولوجية لمراقبة التعب في كرة القدم: مراجعة

يازيد دراع[1] /طالب دكتوراه/ جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي/ derraa.yazid@univ-oeb.dz
رضا مالك[2] / أستاذ محاضر أ/ جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي / malek1972@gmail.com
عبد الله منصوري[3] / أستاذ محاضر أ/ جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي/
mansouriabdallah33@yahoo.com

ملخص:
كرة القدم تتطلب القدرة على أداء مجهودات عالية الشدة خلال التدريب والمنافسة. ونظرا لتراكم الأحمال التدريبية يمكن أن يتعرض اللاعبون إلى التعب، الذي يجب التعامل معه بحذر لضمان الاسترجاع الكافي لتجنب أعراض التعب المتراكم، التدريب المفرط والمشاكل الصحية المترتبة عن ذلك . مراقبة التعب تتم في مختلف مراحل الموسم خاصة خلال المنافسات والمرحلة التحضيرية . ويمكن أن يستعمل في تقييم التعب مؤشرات فسيولوجية (النبض القلبي)، حيوية (مناعية، التهابية، ضرر عضلي) وبيوكيماوية (معادن، شوارد، إماهة). يمكن أن تظهر بعض المؤشرات ارتباطا مع حمل التدريب والأداء البدني . المراقبة المستمرة والمنظمة لحالة التعب والاستجابات لتموجات الحمل التدريبي عند لاعبي كرة القدم تسمح بتحسين عمليات الاسترجاع والتكيف.

الكلمات المفتاحية:
مراقبة التعب، كرة القدم، المؤشرات الفسيولوجية، البيوكيماوية، الحيوية.

Abstract:
Soccer requires the ability to perform high-intensity efforts during training and competition. Due to the accumulation of training loads, players can experience fatigue, which must be coping seriously to ensure adequate recovery to prevent symptoms of accumulated fatigue, overtraining, and consequent health problems. Monitoring fatigue occur at various periods of the season, especially during competitions and preparatory periods . Physiological markers (heart rate), biological (immune, inflammatory, muscle damage) and biochemical indicators (minerals, electrolytes, hydration) can be used to assess fatigue. Some markers can appear to correlate with training load and physical performance.
The continuous and organized monitoring of fatigue and responses to training load alterations in soccer players allows optimizing recovery and adaptation processes.
Keywords: monitoring fatigue, soccer, physiological, biochemical, markers.

مقدمة:

لعب كرة القدم يتطلب من اللاعبين امتلاك القدرة على الأداء المتقطع عالي الشدة ، ومتطلبات بدنية كالجري السريع، القوة العضلية ومتطلبات طاقوية كالسعة الهوائية والقدرة اللاهوائية (Bangsbo, 2014). في نفس الوقت تتطلب أيضا مهارات اتخاذ القرار فنيا وخططيا، وهذه القدرات تستخدم في سياق من الضغط النفسي والتعب (Andrzejewski et al., 2021). رياضة كرة القدم شهدت زيادة ملحوظة في حجم التدريب والمنافسة في السنوات الأخيرة، إذ يتعرض اللاعبون بمختلف المستويات التنافسية سواء في الفئات السنية الصغرى أو المحترفين إلى أحمال تدريبية كبيرة. إنّ التدريب المفرط لايؤدي فقط إلى اختلالات بيوكيماوية، ضرر عضلي، إلتهابات وانخفاض الأداء فقط، بل يسبب أيضا تطور مشاكل صحية كزيادة التعرض للإصابة أو ضعف المناعة (Podgórski et al., 2021).

النبض القلبي يستخدم عادة في تقنين الحمل خلال التمرين بمعدل النبض، نسبة مئوية من النبض الأقصى، نسبة مئوية من احتياطي النبض. يمكن أيضا استخدام النبض القلبي لمراقبة الحمل وحالة التعب خلال الراحة عن طريق تقلب ضربات القلب ونبض الراحة، وبعد التمرين مباشرة من خلال نبض الاسترجاع (Djaoui et al., 2017).

المؤشرات الحيوية يمكن أن تكون حسّاسة لفترات تدريبية تختلف في حجم وشدة المباريات في المنافسة، التدريب طويل المدى يحدث تغيرات (ارتفاع أو انخفاض) في المؤشرات الدموية، الهرمونية، الإلتهابية، الضرر العضلي والأداء البدني. هذه التغيرات تفسّر بعدة عوامل مختلفة كحمل التدريب والعوامل البسيكولوجية (Saidi et al., 2021).

المؤشر الصادق لمراقبة التعب يجب أن يكون حسّاس للتغيرات في حمل التدريب، ولهذا يقوم الباحثون باختبار حساسية قياسات التعب المحتملة بالنسبة لتغيرات الحمل التدريبي عند الرياضي النخبة في الرياضات الجماعية (Thorpe et al., 2016).

الإشكال يكمن في صعوبة الاتفاق على تعريف مشترك للتعب. حيث تم وصف التعب بأنه ظاهرة متعددة العوامل ومعقدة يجب دراستها من منظور شامل (Micklewright et al., 2017).

تهدف المراجعة الحالية إلى عرض سردي للنتائج الحالية المتوصل إليها في مراقبة التعب والحالة الفسيولوجية للاعبي كرة القدم في فترات مختلفة من الموسم، ومناقشة فعاليّة

وحساسيّة مختلف المؤشرات الفسيولوجية ، الحيوية والبيوكيماوية المطبقة من طرف الباحثين للتغيرات في الأحمال التدريبية في مختلف فترات الموسم.

1. مفهوم التعب:

التعب كمفهوم وموضوع بحث يشكل تحدي وعدة تساؤلات حول ما إذا كان بالإمكان تطوير نظرية شاملة حول أسبابه، آلياته، نواتجه وحتى تفاديه، والعلاج أيضا (Micklewright et al., 2017). خلال التمرين البدني، التعب يمكن أن يشير إلى فشل في الحفاض على القوة المطلوبة أو المتوقعة، أو فشل مواصلة العمل في تمرين بشدة معطاة (Gandevia, 2001).

2. المؤشرات الفسيولوجية:

المؤشرات البيوكيماوية والبيولوجية هي مواد قابلة للقياس تستخدم كمؤشر عن الحالة البيولوجية، لتحديد عمليات الجسم الفسيولوجية والباثولوجية. الحمل النّاتج عن تدريب كرة القدم يرفع الأيض مع إحداث تغيرات دموية، هذه المعلومات من المؤشرات الحيوية يمكن أن تستخدم في تحسين التكيف، الحمل التدريبي والمشاركة في المنافسة (Marqués-Jiménez et al., 2017)

1.2 النبض القبلي:

الجهاز العصبي الذاتي مرتبط بعدة أجهزة فسيولوجية أًخرى، هناك اهتمام مركز حول استخدام مؤشرات الجهاز العصبي الذاتي الوظيفية لتحديد حالة التكيف والتّعب عند الرياضيين. حيث تم اختبار حساسية المؤشرات المشتقة من النبض القلبي للتّموجات في الحمل خلال التدريب والمنافسة وتتضمن نبض الراحة، نبض التمرين، تغير نبضات القلب ونبض الاسترجاع (Thorpe, et al., 2017). قياس نبض القلب مُقيد بتأثير عدة عوامل بيئية، فيسيولوجية، مرضية، بسيكولوجية ومتغيرات الحِمل (الشدة والمدة) وعوامل لا يمكن تغييرها كالعمر والجنس، لهذا من المهم الأخذ بعين الاعتبار توحيد الإجراءات عند جمع، تحليل، مقارنة نبض القلب، تغير نبضات القلب عند أو بين الرياضيين (Schneider et al., 2018). كل قياسات النبض القلبي متعلقة بطريقة ما بنشاط الجهاز العصبي الذاتي، لكن تختلف في محدّداتها الفسيولوجية والمسار الزمني للتكيف، وتُظهر حساسية مختلفة للتغيرات في اللياقة البدنية، الأداء وحمل التدريب (Buchheit, 2014).

1.1.2 نبض الراحة:

قياسات النبض القلبي في الراحة (نبض الراحة، تغير نبضات القلب) أثناء الاستلقاء أو الجلوس (5-10 دقائق) تعتبر الآن كطريقة جيّدة لمراقبة حالة الجهاز العصبي الذاتي عند الرياضي (Schneider et al., 2018). المحددات الفسيولوجية لنبض الراحة عديدة وتتضمن مورفولوجيا عضلة القلب، حجم البلازما، نشاط الجهاز العصبي الذاتي، وضعية الجسم والعمر (Buchheit, 2014)، لكن يمكن أن تتأثر قياسات النبض القلبي مباشرة باستجابات التدريب قصيرة المدى (تغيرات حجم الدم/البلازما، التعب) وطويلة المدى (مورفولوجيا القلب) والتي بدورها تحجب ملاحظة التغيرات في نشاط الجهاز العصبي الذاتي (Schneider et al., 2018).

المبدأ الأساسي لمراقبة قياسات نبض الراحة (نبض الراحة، تغير نبضات القلب) هو إجراء استدلالات حول التغييرات المحتملة في حالة الجهاز العصبي الذاتي للقلب مع التدريب أثناء استخدام قياسات نبض الراحة المتكررة بمرور الوقت. بما أن نشاط الجهاز العصبي الذاتي حسّاس للظروف المحيطة (الضجيج، الإضاءة، الحرارة)، فإنّه من المهم اتخاذ الاحتياطات لتوحيد الشروط من أجل عزل التأثيرات التي يسبّبها التدريب على الجهاز العصبي الذاتي (Buchheit, 2014). قياس تغير نبضات القلب من وضع الوقوف في الراحة يمكن أن يسمح بمراقبة التكيف في الرياضات المتقطعة مثل كرة القدم (Ravé & Fortrat, 2016).

2.1.2 نبض الاسترجاع بعد التمرين:

معدل نبض الاسترجاع (HRR) هو المعدل الذي ينخفض به معدل ضربات القلب، عادةً في الدقيقة أو الثانية بعد التمرين المتوسط إلى عالي الشدة، وهو نتيجة لإعادة تنشيط الجهاز العصبي اللاّودي (الباراسمبتاوي) وانسحاب الجهاز الودي (السمبتاوي) (Borresen & Lambert, 2007). على العموم، عند إجراء مقارنات فردية في الراحة أو خلال تمرين بشدة معطاة، هناك ارتباط بين نبض قلبي أقل وحالة لياقة بدنية أفضل. فالنبض القلبي لا يحتاج أن يكون أسرع بسبب فعاليّة أكبر لآليات الضّخ القلبي كحجم الضربة، حجم عضلة القلب والتحسن في آليات نقل الأكسجين (Djaoui et al., 2017). يتأثر معدل نبض الاسترجاع بعوامل ذاتية (كالعمر، الجنس)، عوامل البيئة (الحرارة والرطوبة)، التمرين (النوع، الشدة والمدة) وطرق الحساب (يقترح قياس الفرق بين معدل النبض (ن/د) عند نهاية التمرين ومعدل نبض الاسترجاع بعد دقيقة واحدة من إنهاء التمرين أفضل من دقيقتين) (Daanen et al., 2012).

يمكن أن يكون نبض الاسترجاع مؤشر حسّاس للتّغيرات الحادة في الحمل التدريبي (Buchheit et al., 2007). بعد التمرين مباشرة، ينخفض معدل نبض القلب وتبدأ مؤشرات تغير نبضات القلب بالزيادة. يتأثر نشاط الجهاز العصبي الذاتي بعد التوقف من التمرين أساسا بإعادة التنشيط الباراسامبتاوي في المرحلة الأولى من الاسترجاع (الدقائق الأولى)، تُتبع بانسحاب سمبتاوي خلال الاسترجاع المتوسط إلي طويل المدى (دقائق إلى ساعات)، ويتأثر نشاط الجهاز العصبي الذاتي، نبض الاسترجاع وتغير نبضات القلب بعد التمرين حسب الشدة (النسبية) السابقة، بالتالي قد يكون أكثر دلالة على اللياقة البدنية من حالة الجهاز العصبي الذاتي (Schneider et al., 2018).

في دراسة أُجريت على ثلاثة مجموعات من الرياضيين، مجموعة متزايدة الحمل، مجموعة متناقصة الحمل ومجموعة بحمل ثابت، تشير النتائج إلى أنّ نبض الاسترجاع يستجيب للتغيرات الحادّة في حمل التدريب. حيث يتباطأ استرجاع معدل ضربات القلب بشكل طفيف بعد الزيادات في حمل التدري ب، يميل نبض الاسترجاع إلى التحسّن في الأشخاص الذين قلّلوا من حمل التدريب. ولم يكن هناك أي تغيّر في نبض الاسترجاع لأولئك الأشخاص الذين حافظوا على حمل التدريب خلال التجربة التي استمرت أسبوعين (Borresen & Lambert, 2007). على العموم، يفضل معدل نبض الاسترجاع (HRR) على تغير نبضات القلب بعد التمرين (HRV_{post}). لأنه مدة تسجيله قصيرة (HRR: 30-60s vs HRV_{post}: ≥3-5 min)، أسهل طريقة لحساب معدل نبض الاسترجاع هي أخذ الفرق بين النبض عند نهاية التمرين ومعدل نبض الاسترجاع بعد دقيقة وهذا متاح بأي جهاز قياس النبض (Schneider et al., 2018). ويمكن استعمال النّسبة المئوية للتغير في معدل نبض الاسترجاع (HRR%)، ويتم الحصول عليها بضرب ، حاصل قسمة (نبض الاسترجاع بعد (1د)/ معدل النبض في آخر مرحلة من التمرين) 100 X (Borresen & Lambert, 2007).

معدل نبض الاسترجاع يكون عند الأفراد الرياضيين أسرع منه عند غير الرياضيين، ويتحسن بتحسن الحالة التدريبية ويتباطأ بانخفاض الحالة التدريبية، ولا يتغير إذا لم تتغير الحالة التدريبية. يفضل استخدام تمرين موحد لضمان حساسية أعلى للتغيرات المعنوية في معدل نبض الاسترجاع بسبب التدريب أو التعب لدى الرياضيين(Daanen et al., 2012).

3.1.2 تغير نبضات القلب:

تغير نبضات القلب (HRV) يتكون من تغيرات في الفواصل الزمنية بين نبضات القلب المتتالية تسمى فترات النبض (Shaffer & Ginsberg, 2017). تغير نبضات القلب يستعمل كوسيلة لتقييم المراقبة الذاتية للنبض القلبي (Borresen & Lambert, 2007)، يمكن قياس تغير نبضات القلب خلال التمرين أو في وضع الراحة، إنّ قياس تغير نبضات القب أثناء التمرين يمكن أن يكون متعلق بالشدة، البيئة وليس متعلق حصريا بالجهاز العصبي الذاتي، بالإضافة إلى تأثير التغيرات في عملية التنفس وعوامل خارجية كصعوبة تثبيت جهاز قياس النبض والضجيج، يمكن أن تحد من فعالية قياس تغير نبضات القب أثناء التمرين(Djaoui et al., 2017). استخدام تغير نبضات القلب في تطبيقات التدريب الرياضي يميل للانتشار، خاصة من أجل تجنّب ظهور حالات التعب. تحت تأثير مباريات تنافسية عند لاعبين شباب، أظهر تحليل بعض مؤشرات تغير نبضات القلب (النبض القلبي، الفاصل RR، pNN50) بعد يوم من المباريات التنافسية تغيرات معنوية مقارنة بيوم الراحة، نسبة التنشيط السمبتاوي/الباراسمبتاوي (لتقييم توازن الجهاز العصبي الذاتي، إذا كانت النسبة أقل من واحد، فيدل على هيمنة الباراسمبتاوي) ترتفع معنويا، ما يشير إلى زيادة التحفيز السمبتاوي (Bricout et al., 2010). خلال تربص للتّحضير لكأس قارية لدى لاعبين محترفين، وُجد تناقص معنوي في قياس تغير نبضات القلب (lnRMSSD) ويعني (لوغاريتم طبيعي لجذر متوسط مربع الفروق المتتالية بين الفواصل RR) بعد (يوم، يومين) من المباراة لدى اللاعبين المشاركين في 60 دقيقة على الأقل، كما وُجدت فروق معنوية في (lnRMSSD) بين مجموعة اللاعبين المشاركين ومجموعة البدلاء بعد 24سا، 72سا (Muñoz-López et al., 2021). إن تغير (lnRMSSD) متعلق بنشاط الجهاز العصبي الودي وعلى وجه الخصوص النشاط الباراسمبتاوي، ويمكن القول أنّ تناقص (lnRMSSD) متعلق بنشاط باراسمبتاوي أقل و وجود حالة تعب، وأنّ الزيادة في (lnRMSSD) تكون متعلقة بنشاط باراسمبتاوي أعلى ولياقة بدنية أحسن (Muñoz-López et al., 2021). لكن في دراسة أُخرى، لم تحدث تغيرات معنوية في (lnRMSSD) خلال مرحلة المنافسات (Thorpe et al., 2016)، وتظهر متابعة تغير نبضات القلب (HRV) خلال أربعة أيام بعد حمل منخفض في الحصص التدريبية وحمل مرتفع في المنافسة، تغير طفيف غير دال في مختلف قياسات تغير نبضات القلب (HRV) (Rabbani et al., 2018). هذه الاختلافات يمكن أن ترجع إلى السياق التجريبي (Muñoz-López et al., 2021).

قياس تغير نبضات القلب (lnRMSSD) يظهر حساسية وارتباط معنوي ضعيف للتغيرات في المسافة الكلية للجري عالي الشدة لدى لاعبي كرة القدم النخبة (Thorpe et al., 2015)، ويمكن أن لا يظهر أي ارتباط معنوي (Thorpe, Strudwick, et al., 2017).

3. المؤشرات الحيوية:

البروتينات، المستقلبات (النواتج الأيضية)، الشوارد والجزيئات الصغيرة الأُخرى يمكن أن تستخدم كمؤشرات حيوية عند الرياضيين لقياسات الصحة والأداء. العديد من المؤشرات الحيوية تسمح بتحديد التوازن بين التدريب والاسترجاع لكل رياضي، لكن عند متابعة الرياضيين تواجه المؤشرات الحيوية تحديات: 1) مؤشر حيوي واحد لا يستطيع تشخيص وظيفة فسيولوجية واسعة كالاسترجاع، 2) حساسية مؤشر حيوي واحد لاكتشاف التدريب الزائد أو الإصابة محدودة، 3) التباين بين الأفراد في القيم المطلقة والتغيرات النسبية (Lee et al., 2017). التدريب في كرة القدم يحدث تغيرات مختلفة في معلّمات الدم، الهرمونات، مؤشرات الالتهاب والضرر العضلي والأداء البدني، هذه التغيرات يمكن أن تفسر بعوامل مختلفة كالحمل التدريبي، مدة التدريب، العوامل البسيكولوجية وحالة المزاج (Saidi et al., 2021).

1.3 مؤشرات الضرر العضلي:

تظهر نتائج متابعة مؤشرات الضرر العضلي، كرياتين كيناز (CK)، نازع هيدروجين اللاكتات (LDH) والميوجلوبين (MGB) الممتدة من مرحلة التحضير قبل الموسم حتى نهاية مرحلة المنافسات، تغيرات معنوية في مستوى كرياتين كيناز (CK)، بزيادة معنوية نحو نهاية مرحلة المنافسات، وزيادة معنوية ملحوظة في (LDH) طوال الموسم بحجم تأثير كبير، لكن تغيرات (MGB) غير دالة (Podgórski et al., 2021). مستوى إنزيم (CK) يرتفع بشكل معنوي في مرحلة التحضير قبل الموسم مقارنة بباقي المراحل. فخلال مرحلة التحضير 81% من اللاعبين مستوى (CK) لديهم أكبر من ($270\ U.L^{-1}$)، ويرجع هذا إلى أن مرحلة التحضير تتميز بحمل تدريبي مرتفع يتضمن تمارين المداومة والمقاومة، لكن قيم (LDH) كانت منخفضة طوال الموسم (Heisterberg et al., 2013).

كثافة مباريات كرة القدم في الأسبوع تأثر على مستويات (CK)، حيث ترتفع مستويات (CK) بشكل معنوي في الأسابيع التي تكون فترة الاسترجاع أقل من أربعة أيّام بين المباريات مقارنة بالأسابيع التي تلعب فيها مباراة واحدة فقط، وبالنظر لمناصب اللعب يتعرض لاعبو وسط

الميدان لمستويات (CK) أعلى من المدافعين والمهاجمين وكذلك اللاعبون الذين لعبوا أكثر من 60 دقيقة في الأسابيع متعددة المباريات يظهرون زيادة معنوية في مستويات (CK) والتعب (García-Romero-Pérez et al., 2021).

يرتفع (CK) المصل بشكل معنوي بعد المباراة مباشرة حتى بعد 40سا، لكن بعد 60سا لا توجد اختلافات معنوية بالمقارنة مع القيم الابتدائية. ويظهر قياس مستوى (CK) بعد مباراتين تنافسيتين ارتباط من كبير إلى متوسط مع عدد التسارع ات والتباطؤات، مسافة العدو السريع الكلية وعدد العدو السريع (Varley et al., 2017).

2.3 مؤشرات الحالة المناعية:

الحمل التدريبي في كرة القدم يحدث تغيرات في مؤشر الالتهاب (CRP(C-reactive protein) (Saidi et al., 2021). تُظهر نتائج دراسة ارتفاع معنوي في (CRP) بعد فترة تحضيرية بنسبة (15.15%) (Clemente et al., 2021). الزيادة في الحمل التدريبي ترفع من (CRP) بعد أسبوعين من التدريب المتضمن الألعاب المصغرة بأسلوب الفتري مرتفع الشدة (Selmi et al., 2022).

خلال الموسم تحدث تغيرات معنوية في مؤشرات الوظيفة المناعية، فأثناء مرحلة التحضير وجد انخفاض في عدد خلايا الدم البيضاء (اللوكوسيت) (Heisterberg et al., 2013)، عدد خلايا النيتروفيل (-3.98%) وعدد خلايا المونوسيت (-16.98%) (Clemente et al., 2021). ولوحظ أيضا زيادة معنوية في الغلوبولين المناعي A (IgA) والغلوبولين المناعي M (IgM) بعد أسبوعين من بداية التحضير (Heisterberg et al., 2013) وارتفاع معنوي في الصفائح الدموية (6.42%) بعد نهاية فترة التحضير (Clemente et al., 2021)،

تتأثر خلايا الدم المناعية خلال فترة المنافسة، حيث وجد انخفاض في الخلايا اللمفاوية بعد 90 يوم من بداية المنافسات (Anđelković et al., 2015) وفي نهاية المنافسات تنخفض الخلايا اللمفاوية وخلايا المونوسيت بشكل معنوي مقارنة مع بداية مرحلة التحضير (Heisterberg et al., 2013). لكن في دراسة أُخرى وجد عكس ذلك، حيث ترتفع نسبة (%) الخلايا اللمفاوية ونسبة (%) خلايا المونوسيت في نهاية مرحلة المنافسات (Podgórski et al., 2021). الإختلاف بين نتائج الدراسات يمكن تفسيره بالعوامل الخارجية كالحمية الغذائية، شدة ونوع التدريب، خصائص البيئة والمناخ (Djaoui et al., 2017). وُجد أيضا انخفاض معنوي في الخلايا القاعدية (البازوفيل) (Heisterberg et al., 2013)، نسبة (%) الخلايا

البيضاء المحببة، نسبة الخلايا اللمفاوية إلى المونوسيت ونسبة الخلايا المحببة إلى الخلايا اللمفاوية (Podgórski et al., 2021).

بالمقابل وُجد ارتفاع معنوي في الخلايا البيضاء (اللوكوسيت) وخلايا النيتروفيل بعد 90 يوم من المنافسات (Anđelković et al., 2015)، وكذلك ارتفاع معنوي في عدد الخلايا البيضاء والصفائح الدموية في نهاية مرحلة المنافسات، مع وجود ارتباطات معنوية قليلة بين مؤشرات الضرر العضلي والالتهاب (Podgórski et al., 2021). تظهر خلايا النوتروفيل وخلايا الدم البيضاء ارتباط معنوي قريب إلى المثالي (r =0.91) مع مدة المنافسة الكلية بالدقائق (Owen et al., 2018)

3.3 المعلمات الدموية:

قياس المعلمات الدموية كالهيموغلوبين (Hb)، خلاليا الدم الحمراء(RBC) والهيماتوكريت (Ht) يعتبر مهما، لارتباطها بتحسن القدرات الهوائية للرياضي، ترتفع كل المعلمات الدموية (Hb)، (RBC)، (Ht) تدريجيا خلال مرحلة التحضير، وهذه الزيادة تكون معنوية في نهاية مرحلة التحضير (Bekris et al., 2015)، وفي دراسة أُخرى وجد انخفاض معنوي في الهيماتوكريت (Ht) في نهاية مرحلة التحضير (Ostojic & Ahmetovic, 2009).

لكن في مرحلة المنافسة ينخفض عدد خلايا الدم الحمراء بشكل معنوي مقارنة بنهاية مرحلة التحضير (Bekris et al., 2015). بعد مدة 45 من بداية المنافسات ينخفض الهيموغلوبين والهيماتوكريت بشكل معنوي لكن حجم البلازما يرتفع بنسبة (+9%)، وبعد فترة 90 يوم من بداية المنافسة ينخفض متوسط حجم كريات الدم الحمراء (MCV) وكذلك ينخفض حجم البلازما بنسبة (-1.5%)، هذا التغير في منتصف الموسم مرتبط بحمل التدريب والمنافسة، وكذلك التكيفات الناتجة عن تدريب كرة القدم (Anđelković et al., 2015). وكذلك في نهاية ستة أسابيع من المنافسة الكثيفة تنخفض معنويا قيم كل من كريات الدم الحمراء، الهيموغلوبين والهيماتوكريت، في حين وُجد ارتفاع معنوي بنسبة (6.1%) في حجم البلازما (Saidi et al., 2019).

فترة نهاية الموسم تعتبر نقطة حساسة بعد مدة طويلة من التعرض للتدريب المتراكم والمنافسة، ويظهر ذلك في تغير قيم معلمات الدم، حيث لوحظ انخفاض معنوي في متوسط خلايا الهيموغلوبين (MCH)، متوسط تركيز الهيموغلوبين (MCHC)، وزيادة معنوية في

الهيماتوكريت (Ht) ومتوسط حجم كريات الدم الحمراء (MCV) في نهاية الموسم (Heisterberg et al., 2013).

4.3 الهرمونات:

هرمون التستوستيرون والكورتيزول يلعبان دور هام في عمليات البناء والهدم، ويتم استخدامهما كمؤشرات مرتبطة بالتعويض الزائد والتدريب الزائد. نسبة التستوستيرون/الكورتيزول تستخدم لتقييم التوازن بين نشاط البناء والهدم وتمثل أداة مفيدة للاكتشاف المبكر للتدريب الزائد (Clemente et al., 2021). بعد فترة التحضير وُجد ارتفاع معنوي في مستويات التستوستيرون والكورتيزول، مع عدم وجود تغير معنوي في نسبة التستوستيرون/الكورتيزول، ويعتبر عدم تغير هذه النسبة استجابة إيجابية للتدريب ومؤشر على استرجاع كافي بدون حدوث تعب متراكم (Clemente et al., 2021).

كثافة المنافسة في كرة القدم تؤثر على مستو يات الهرمونات، حيث ينخفض التستوستيرون ونسبة التستوستيرون/كورتيزول بعد فترة منافسات كثيفة بالمقارنة مع فترة منافسات عادية (Saidi et al., 2020). بعد فترة تدريبية عالية الشدة لوحظ ارتفاع معنوي في الكورتيزول، وانخفاض معنوي في نسبة التستوستيرون/كورتيزول، ويرجع سبب هذا الانخفاض إلى حالة الهدم في نهاية فترة التدريب العالية الشدة مقارنة بالبداية (Selmi et al., 2022). التغيرات في الهرمونات (التستوستيرون الحر، نسبة التستوستيرون الكلي/الكورتيزول) مرتبطة مع تغيرات أداء الوثب للأعلى (CMJ,SJ)، من هذه النتائج يُقترح أن هرمونات البناء (التستوستيرون الحر، نسبة التستوستيرون الكلي/الكورتيزول) يمكن أن تستخدم كأداة مناسبة لتحديد التغيرات في الأداء البدني بعد تدريب طويل في كرة القدم (Saidi et al., 2021).

4. المؤشرات البيوكيماوية:

مرحلة التحضير قبل الموسم تعتبر حسّاسة، إذ يحتاج اللاعبون تحسين مستويات اللياقة البدنية لديهم، خلال هذه المرحلة من التدريب تحدث تغيرات بيوكيماوية، تشير نتائج دراسة إلى ارتفاع معنوي في كل من الكرياتنين (Cr) بنسبة (5.15%) والفوسفاتاز القلوي (ALP) بنسبة (12.55%)، وانخفاض معنوي في الكالسيوم (1.31%-) وكذلك الكالسيوم المصحح (2.18%-) بعد مرحلة التحضير قبل الموسم. كما وجد ارتباط بين النسبة المئوية للتغير في

المؤشرات البيوكيماوية والحمل التدريبي (Clemente et al., 2021). يرتفع المغنيزيوم (Mg) بعد خمس أسابيع من بداية مرحلة التحضير (Heisterberg et al., 2013)

القياس طويل المدى في فترة المنافسات لمستويات (CK)، (LDH)، الكرياتنين (Cr)، ناقلة أمين الأسبارتات (AST) عند لاعبي كرة القدم المحترفين، عندما يتم تحليلها إحصائيا معا، يمكن أن تشكل مجموعة مفيدة من المؤشرات في مراقبة فترات الاسترجاع عند الرياضيين (Nowakowska et al., 2019). تُظهر نتائج دراسة أجريت طوال فترة المنافسات أنّه في مجموعة المدافعين والمهاجمين ينخفض نشاط (LDH)، كذلك مستوى المغنزيوم (Mg)، أما مستوى الكرياتنين (Cr) فيتغير بشكل معنوي، وبالمقابل ارتفاع معنوي في نشاط الكرياتين كيناز(CK)، مستوى اليوريا (U) والحديد (Fe) خلال جولة الربيع فقط، في حين ينخفض نشاط ناقلة أمين الأَسبرتات (AST) معنويا في جولة الخريف فقط (Nowakowska et al., 2019). وفي دراسة وُجد انخفاض معنوي في نشاط ناقلة أمين الأَسبرتات (AST) بعد 45، 90 يوم من بداية المنافسة، ارتفاع معنوي في حمض اليوريك بعد 90 يوم، انخفاض معنوي للكرياتنين والبروتين الكلي بعد 90 يوم من بداية المنافسة (Anđelković et al., 2015). وجد أيضا انخفاض معنوي في مستوي الكولسترول بعد نهاية المنافسات (Heisterberg et al., 2013)

اختبار أسمولالية البول (Urine Osmolality) يمكن استعماله كمؤشر عن فقدان الماء من الجسم، حيث وُجد ارتفاع معنوي في مستوى (Uosm) في 30% من نقاط القياس طوال موسم كامل، لكن بقيم أقل من (700 mOsmols)، إنّ مستوى (Uosm) مابين (675-137 mOsmols) يعتبر مستوى مقبول تحت عتبة الجفاف. إدراك اللاعبين لأهمية الحفاظ على مستوى إماهة مقبول يسمح باسترجاع مثالي لحالة التوازن الداخلي بعد التدريب والمنافسة (Beattie et al., 2021).

الخلاصة:

إنّ الاعتماد على عدة مؤشرات فسيولوجية، حيوية وبيوكيماوية في المراقبة المستمرة والمنظمة لحالة التعب والاستجابات لتموجات الحمل التدريبي عند لاعبي كرة القدم من الطرق المستخدمة حالية، لأنّه يعطي فهم واضح عن الحالة الفسيولوجية، البدنية والصحية للرياضي ما يسمح بتحسين عمليات الاسترجاع والتكيف.

المراجع:

Anđelković, M., Baralić, I., Đorđević, B., Stevuljević, J. K., Radivojević, N., Dikić, N., Škodrić, S. R., & Stojković, M. (2015). Hematological And Biochemical Parameters In Elite Soccer Players During A Competitive Half Season. *Journal of Medical Biochemistry*, *34*(4), 460–466.

Andrzejewski, M., Podgórski, T., Kryściak, J., Chmura, P., Konefał, M., Chmura, J., Marynowicz, J., Adrian, J., & Pluta, B. (2021). Anabolic–catabolic hormonal responses in youth soccer players during a half-season. *Research in Sports Medicine*, *29*(2), 141–154.

Bangsbo, J. (2014). Physiological Demands of Football. *Sports Science*, *27*(125), 1–6.

Beattie, C. E., Pullinger, S. A., Savoia, C., Edwards, B. J., & Robertson, C. M. (2021). The simple, conventional markers of fatigue - variations in neuromuscular performance, creatine kinase and hydration status in elite soccer players over a season. *Journal of Elite Sport Performance*, *1*(1). https://doi.org/10.54080/WJAM8686

Bekris, E., Gioldasis, A., Gissis, I., Anagnostakos, K., & Eleftherios, M. (2015). From Preparation to Competitive Period in Soccer: Hematological Changes. *Sport Science Review*, *24*(1–2), 103–114.

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *European Journal of Applied Physiology*, *101*(4), 503–511.

Bricout, V. A., DeChenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, *154*(1–2), 112–116.

Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, *5*(February), 1–20.

Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *293*(1), H8–H10.

Clemente, F. M., González-Fernández, F. T., Ceylan, H. I., Silva, R., Younesi, S., Chen, Y.-S., Badicu, G., Wolański, P., & Murawska-Ciałowicz, E. (2021). Blood Biomarkers Variations across the Pre-Season and Interactions with Training Load: A Study in Professional Soccer Players. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(23), 5576.

Daanen, H. A. M., Lamberts, R. P., Kallen, V. L., Jin, A., & Van Meeteren, N. L. U. (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *7*(3), 251–260.

Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & Behavior*, *181*(July), 86–94.

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, *81*(4), 1725–1789.

García-Romero-Pérez, Á., Ordonez, F. J., Reyes-Gil, F., Rodríguez-López, E. S., & Oliva-Pascual-Vaca, Á. (2021). Muscle Damage Biomarkers in Congestion Weeks in English Premier League Soccer Players: A Prospective Study for Two Consecutive Seasons. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(15), 7960.

Heisterberg, M. F., Fahrenkrug, J., Krustrup, P., Storskov, A., Kjær, M., & Andersen, J. L. (2013). Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(5), 1260–1271.

Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L., & Casa, D. J. (2017). Biomarkers in sports and exercise: Tracking health, performance, and recovery in athletes. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 31, Issue 10).

Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N. (2017). Fatigue and Recovery in Soccer: Evidence and Challenges. *The Open Sports Sciences Journal*, *10*(Suppl 1: M5), 52–70.

Micklewright, D., St Clair Gibson, A., Gladwell, V., & Al Salman, A. (2017). Development and Validity of the Rating-of-Fatigue Scale. *Sports Medicine*, *47*(11), 2375–2393.

Muñoz-López, A., Nakamura, F., & Naranjo Orellana, J. (2021). Soccer Matches but Not Training Sessions Disturb Cardiac-Autonomic Regulation During National Soccer Team Training Camps. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *92*(1), 43–51.

Nowakowska, A., Kostrzewa-Nowak, D., Buryta, R., & Nowak, R. (2019). Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(18), 3279.

Ostojic, S. M., & Ahmetovic, Z. (2009). Indicators of iron status in elite soccer players during the sports season. *International Journal of*

Laboratory Hematology, *31*(4), 447–452.

Owen, A. L., Cossio-Bolaños, M. A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Bragazzi, N. L., & Chamari, K. (2018). Stability in post-seasonal hematological profiles in response to high-competitive match-play loads within elite top-level European soccer players: implications from a pilot study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, *Volume 9*, 157–166.

Podgórski, T., Kryściak, J., Pluta, B., Adrian, J., Marynowicz, J., Krzykała, M., Konefał, M., Chmura, P., Chmura, J., & Andrzejewski, M. (2021). A Practical Approach to Monitoring Biomarkers of Inflammation and Muscle Damage in Youth Soccer Players during a 6-Month Training Cycle. *Journal of Human Kinetics*, *80*(1), 185–197.

Rabbani, A., Baseri, M. K., Reisi, J., Clemente, F. M., & Kargarfard, M. (2018). Monitoring collegiate soccer players during a congested match schedule: Heart rate variability versus subjective wellness measures. *Physiology & Behavior*, *194*, 527–531.

Ravé, G., & Fortrat, J. O. (2016). Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(8), 1575–1582.

Saidi, K., Abderrahman, A. Ben, Hackney, A. C., Bideau, B., Zouita, S., Granacher, U., & Zouhal, H. (2021). Hematology, Hormones, Inflammation, and Muscle Damage in Elite and Professional Soccer Players: A Systematic Review with Implications for Exercise. *Sports Medicine*, *51*(12), 2607–2627.

Saidi, K., Ben Abderrahman, A., Boullosa, D., Dupont, G., Hackney, A. C., Bideau, B., Pavillon, T., Granacher, U., & Zouhal, H. (2020). The Interplay Between Plasma Hormonal Concentrations, Physical Fitness, Workload and Mood State Changes to Periods of Congested Match Play in Professional Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, *11*(July), 1–14.

Saidi, K., Zouhal, H., Rhibi, F., Tijani, J. M., Boullosa, D., Chebbi, A., Hackney, A. C., Granacher, U., Bideau, B., & Ben Abderrahman, A. (2019). Effects of a six-week period of congested match play on plasma volume variations, hematological parameters, training workload and physical fitness in elite soccer players. *PLOS ONE*, *14*(7), e0219692.

Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2018). Heart rate monitoring in team sports-A conceptual framework for contextualizing heart rate

measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology*, *9*(MAY), 1–19.

Selmi, O., Ouergui, I., E Levitt, D., Marzouki, H., Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., & Bouassida, A. (2022). Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in soccer. *Biology of Sport*, *39*(2), 319–327.

Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, *5*(September), 258.

Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(s2), S2-27-S2-34.

Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2015). Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(8), 958–964.

Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2016). Tracking Morning Fatigue Status Across In-Season Training Weeks in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(7), 947–952.

Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). The Influence of Changes in Acute Training Load on Daily Sensitivity of Morning-Measured Fatigue Variables in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(s2), S2-107-S2-113.

Varley, I., Lewin, R., Needham, R., Thorpe, R. T., & Burbeary, R. (2017). Association between Match Activity Variables, Measures of Fatigue and Neuromuscular Performance Capacity Following Elite Competitive Soccer Matches. *Journal of Human Kinetics*, *60*(1), 93–99.