فسيولوجيا التعب العضّلي والاستشفاء

عصام حجاب[1] /أستاذ محاضر أ/ جامعة سوق أهراس/ i.hadjab@univ-soukahras.dz

ملخص:

نهدف من خلال هذه المداخلة إلى توضيح ظاهرة التعب من الناحية النظرية ومن الجانب الفسيولوجي (أليات حدوث التعب العضلي) مع كيفية تأخير حدوثها ومعالجتها من خلال عمليات الاستشفاء، حيث قمنا بدراسة تحليلية لهاته الظاهرة من أجل معرفتها وكيفية التصرف عند حدوثها، وعليه تطرقنا إلى التعريف والشرح الدقيق لها، مع تحديد الأنواع والأصناف الخاصة بها، إضافةً إلى إبراز أسبابها انطلاقاً من النظريات المفسرة لهذه الظاهرة. وهذا بهدف معرفة علاماتها والخصائص الفسيولوجية لها والفائدة منها. كما سنوضح أيضاً أنواع التعب من خلال نوعية الأنشطة الرياضية و حسب شدة وزمن التمرين، والعوامل الميكانيكية والكيميائية لها، وصولاً إلى الاستشفاء والتقنيات الحديثة المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: الفيسيولوجيا، التعب العضلي، الاستشفاء.

Abstract:

Through this intervention, we aim to clarify the phenomenon of fatigue theoretically and physiologically (mechanisms of muscle fatigue) with how to delay its onset and treat it through recovery processes, Exactly this, identifying their types and varieties, as well as highlighting their causes based on the theories that explain this phenomenon, With the aim of knowing the signs and physiological characteristics and benefiting from them. We will also explain the types of fatigue through the type of sports activities and according to the intensity and duration of exercise, its mechanical and chemical factors, down to the hospitalization and modern techniques used.

Key words: Physiology, muscle fatigue, recovery.

مقدمة واشكالية البحث:

عند الاستمرار في أداء الجهد البدني أياً كان شدته، فإن الرياضي يتعرض إلى ما يعرف بظاهرة التعب والتي تتضح معالمها في صورة انخفاض مستوى كفاءة العمل، ولكي يتم هذا العمل فيما بعد بالمستوى المطلوب من الشدة فذلك يحتاج من اللاعب والمدرب العمل على التخلص من الأسباب التي أدت إلى التعب والتعرف على فاعلية كل من الوسائل المختلفة.

من خلال ذلك يتضح لنا أنّ ظاهرة التعب هي تلك التي تظهر أعراضها على الرياضي بعد أداء الجهد البدني، وعليه سوف نوضح بالتفصيل ظاهرة التعب وكل ما يتعلق بها على أساس أنها ظاهرة فسيولوجية في التدريب الرياضي، فظاهرة عملية استعادة الاستشفاء من التعب من عوامل الارتقاء بالمستوى الرياضي.

- من بين العوامل التي تمكن المدرب من سيرورة عمليات التدريب التعرف على كيفية التعامل مع التعب العضّلي والطرق الحديثة الخاصة بعمليات الاستشفاء والتي سوف نعرضها في ما يلي:

- تعرف التعب:

- عبارة عن هبوط وقتي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل، ويمكن قياسه من مظاهره الخارجية عن طريق كمية العمل الميكانيكي المؤدى.

- إنّ قدرة الفرد على الاستمرار في بذل الجهد تتوقف على مقدرة المجموعات العضليّة على الاستمرار في الانقباض ومرور الأكسجين إلى خلايا المجموعات العضليّة والتي تتحكم في الجهاز الدوري التنفسي.

- ظاهرة فسيولوجية طبيعية تؤدي إلى الارتفاع بالمستوى الوظيفي والعضوي للفرد في حالة زيادته عن الحد الطبيعي بدرجة كبيرة.

- إنّ التعب قد يرجع إلى تعب العضلات العاملة بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل:

- هبوط مستوى الجلوكوز بالدم.
- نقص جليكوجين الكبد.
- جفاف أو نقص الماء.
- نقص الأملاح المعدنية.
- ارتفاع درجة الحرارة.

- إنّ التعب عبارة عن هبوط أو ضعف تدريجي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل، فالتعب هو عدم القدرة على الاستمرار في الأداء الحركي، ويوضح أبو العلاء عبد الفتاح على أنه توجد

"أنواع كثيرة ومختلفة من العمل العضلي، كما توجد أيضاً أنواع مختلفة من التعب العضلي، فنوعية التعب الناجمة بين العمل الثابت تختلف عن نوعية التعب العضلي الناجمة عن العمل المتحرك وكذلك يختلف التعب حسب اختلاف درجة وشدة العمل العضلي وفترة دوامه. (وجدي والسيد، 2002، ص ص. 49-51)

2- أنواع التعب العضلي:

إنّ التعب العضلي يمكن تقسيمه تبعاً للعضلات المشتركة في أداء العمل العضلي **(حسب مناطق حدوثه)** إلى الآتي:

2-1- التعب المحلي (الموضعي):

يشترك فيها ثلث عضلات الجسم ويحدث في موضع معين مثل الرجل والذراع ويرجع سبب التعب العضلي إلى الجهاز العصبي العضلي.

2-2- التعب الجزئي المركزي:

يحدث في أكثر من موضع وتشترك فيه ثلثي عضلات الجسم وهو يؤثر على مركز الحركة في المخ نتيجة استخدام مجموعة عضليّة في وقت واحد.

2-3- التعب العام:

يحدث في أغلب أجزاء الجسم ويشترك فيه أكثر من ثلثي عضلات الجسم ويقع التعب على الجهاز العصبي والجهاز الدوري والتنفسي ويذكر وجدي والسيد 2002 أنه حدد ثلاث مراكز للإجهاد منفصلة عن الجهاز العصبي المركزي وهي **الليفة العضليّة** وعند **اتصال الليفة العضليّة بعصبها الحركي**، وفي **ليفة العصب الحركي نفسها**. (وجدي والسيد، 2002، ص. 51)

3- أصناف التعب العضلي:

يصنف التعب حسب أسباب حدوثه و وفقاً لمتطلبات الأنشطة الرياضية إلى ما يلي:

- **التعب العقلي:** كما هو الحال عند الانشغال الدائم ببعض الموضوعات العقلية، وفي الغالب يكون الجهد على الأنشطة الرياضية والفعاليات المرتبطة بالتفكير والعقل، مثل لعبة الشطرنج...إلخ.

- **التعب الحسي:** كما هو الحال عند إرهاق بعض الحواس، مثل تعب العينين نتيجة للقراءة، وغالباً ما يكون الجهد على الأنشطة الرياضية والفعاليات المرتبطة بالأداء الحسي، مثل لعبة الرماية، تحديد مسافة الضرب بالملاكمة، مناولة (نقل، الجري بالكرة) من حيث توقيت المسافة كما في كرة القدم، اليد، السلة...إلخ، مما يؤدي إلى الإخلال بدقة الحركة وإيقاع الأداء.

- **التعب الانفعالي (النفسي):** كنتيجة للخبرات الانفعالية الحادة، كما هو الحال بعد الاشتراك في المنافسات الرياضية التي تتميّز بالكفاح والمنافسة، وغالباً ما يمون الجهد المسبب للإعياء النفسي الذي يصيب الرياضي نتيجة شدة عمل المنافسة أو أمور داخلية أخرى تقع على كاهل الرياضي.

- **التعب البدني:** كنتيجة للعمل البدني أو النشاط العضلي، وهو النوع الشائع الأنشطة الرياضية معظمها، وغالباً ما يكون الجهد المسبب نتيجة تعرض الجسم للأحمال التدريبية البدنية التي تقع على أجهزة الرياضي.

ويرى (أوزولين) نقلاً عن (شغاتي 2014) أنّ القدرة على مقاومة التعب يتحكم فيها الجهاز العصبي المركزي الذي يقوم بتحديد وضبط القدرة أو الكفاية على العمل لأجهزة وأعضاء جسم الإنسان جميعها، لهذا فإن نقص كفاية الجهاز العصبي المركزي تعد العامل المهم في سلسلة من العمليات التي تنتج عنها زيادة درجة التعب، ومن ثم ضعف القدرة على التحمل (شغاتي، 2014، ص ص. 136- 137)

4- النظريات المفسرة لظاهرة التعب العضلي:

4-1- النظرية الطرفية (التعب الطرفي الموضوعي):

تتبنى هذه النظرية مبدأ (التعب الموضعي) إذ يرجع العلماء الذين يتبنون هذه النظرية أسباب التعب إلى بعض التغيرات البيوكيميائية داخل العضلة، إذ ينتهي الأمر بعد هذه العمليات الحيوية داخل العضلات إلى تراكم نواتج أو نفايات داخل العضلات وخارجها، أو ما يسمى بنواتج الاحتراق الداخلي لاسيما حامض اللاكتات Lactate ويترتب على ذلك إعاقة استمرار العضلة في الأداء والعمل.

وثبت معملياً أنّ العضّلة التي تصل إلى هذه الحالة من التعب ويسمى التعب الطرفي أو الموضوعي لا تستجيب للمثيرات الكهربائية الخارجية عند تعرضها للانقباضات الاحتياطية المتوقعة، كما انتهت بعض التجارب الأخرى إلى وجود خلل في الدورة الدموية بالعضلات يؤدي إلى التعب الطرفي الموضوعي. إنّ التعب الطرفي (الموضعي) يحدث غالباً عند أداء عمل بدني عالي الشدة ومن ثم في وقت محدد.

4-2- النظرية المركزية (التعب المركزي):

تتبنى هذه النظرية أن التعب العصبي المركزي هو مصدر التعب نتيجة انخفاض كفاية عمل المراكز العصبية، فينتهي الأمر إلى ارتباك في عمل هذه المراكز العصبية ومن ثم ظهور التعب ويعود تفسير هذه الظاهرة إلى الأسباب الفسيولوجية الأتية.

- إنّ التعب العضلي مرتبط بالإعاقة التي يمكن أن تحدث بمجال الحركة بقشرة المخ.
- مع مصاحبة الخلل الوظيفي للأنظمة العصبية الناتجة عن اضطراب العمليات العصبية تحدث ظاهرة التعب، إذ يصاحب ذلك اضطراب وخلل في نظم تبادل العمليات الحيوية الكهربائية الكيميائية مما ينتج نه ردود أفعال منطقية من الجهاز العصبي المركزي ترتبط بالتعب وتمثل أحد المظاهر الخارجية له. (شغاتي، 2014، ص ص. 134-135)
- دور وأهمية ورود الأكسجين بكفاية إلى الخلايا الحية لا سيما العصبية حتى لا تنعكس أثار غياب الأكسجين عنها ومن ثم على الجهاز المركزي العصبي ككل.
- إنّ التعب المنسوب هنا للنظرية المركزية نتيجة خلل في الجهاز العصبي المركزي والخلايا العصبية يرى العلماء ارتباطه بأعمال بدنية تتميز بالشدة المتوسطة، إذ يتأخر هنا التعب الطرفي نسبياً في حضور أنشطة حيوية تحدث داخل العضلات. (قدراوي، 2017، ص ص. 35-36)

3-4- النظرية المختلطة لظاهرة التعب العضلي:

إذ يرجع العلماء أسباب ظهور التعب إلى الجهازين العصبي والعضلي معاً وقد علل القائمون على هذا الرأي أسباب التعب من خلال اضطراب العمل في الجهازين العصبي والعضلي من خلال الآتي:

- خلل بالجهاز العصبي المركزي.
- تعب واضطراب في قنوات الاتصال بين الألياف العضليّة.
- خلل واضطراب في قنوات الاتصال العصبية العضليّة.
- نقص في كمية الأكسجين الواردة للأجهزة الحيوية والخلايا.
- تراكم حامض اللاكتات والبيروفيك في العضلات والدم.
- نفاذ المواد الضرورية كمصادر الطاقة داخل العضلات منها ثلاثي الفوسفاط الأدينوسين.
- اضطراب في الحالة الكهربائية في العضلات.
- اختلال خاصية نفاذية الخلية العضليّة.
- خلل في مستوى الأستيل كولين مما يؤدي إلى اضطراب في سلامة توصيل الإشارات العصبية من النهايات العصبية إلى أسطح الليفة العضليّة.

اضطراب التنسيق بمستوى الخلايا والأجهزة الحيوية طرفياً أو مركزياً أو كلاهما معاً. (شغاتي، 2014، ص ص. 135-136)

5- أسباب التعب العضلي:

يذكر وجدي والسيد 2002 نقلاً عن البيك وآخرون أنه يوجد اتجاهان لتفسير تلك الظاهرة.

- **الاتجاه الأول:** يرى البعض أن السبب المباشر للتعب يمكن داخل العضلة العاملة نفسها، حيث يوضحون أنه في غضون العمل البدني تتجمع داخل العضلة نواتج الاحتراق (التفاعلات التبادلية) وبصفة خاصة حامض اللاكتيك وبناء على ذلك فإن العضلة لا يمكنها الاستمرار في العمل.

- **الاتجاه الثاني:** يري البعض أن السبب للتعب هو التعب العصبي المركزي حيث يرون أنه ينتج من جراء انخفاض كفاءة عمل المراكز العصبية بما يعمل على ظهور حالة التعب.

- ويضيف أن من ضمن أسباب التعب نقص وصول الأكسجين للأعضاء العاملة خاصة أنّ نقص الأكسجين يؤدي إلى تركم نواتج عمليات التمثيل الغذائي وتراكم حامض اللاكتيك.

- سبب التعب يرجع إلى استهلاك مصادر الطاقة وبذلك بدأ اكتشاف استهلاك الجليكوجين بسبب التعب العضلي. (وجدي والسيد، 2002، ص ص. 52-53)

- هذان الاتجاهان يتفقا مع ما ذكره شغاتي 2014 عن نظريات التعب التي توضح مواقع التعب من خلال التغيرات الفسيولوجية التي تحدث أثناءه، حيث يقول هناك نظريتان أساسيتان تناولتا أسباب ظاهرة التعب وهما "النظرية الطرفية والنظرية المركزية". (شغاتي، 2014، ص. 133)

رغم الاختلاف بين أنواع التعب إلا أنه توجد **عمليات وظيفية أساسية** يشمل عليها التعب العضلي **أو التعب كظاهرة فسيولوجية يحددها سيمونسن** تقلاً عن (وجدي والسيد 2002) فيما يلي:

- تراكم المواد الناتجة عن العمل مثل حامض اللاكتيك والبروفيل "البيروفيك". (حسن عبد الكريم، 2021، ص. 4)

- استنفاذ المواد اللازمة للطاقة مثل ثلاثي فوسفاط الأدينوزين والفوسفوكرياتين P.C.A.T.P والجليكوجين.

- حدوث تغيرات في الحالة الفيزيائية وللعضلة مثل تغيرات كهربائية وتغير في خاصية النفاذية في الخلية العضليّة.

- اختلال التنظيم والتوافق من مستوى الخلية حتى تنظيمات الأجهزة الحيوية سواء طرفياً أو مركزياً.

- انتقال الإشارة العصبية من النهاية العصبية إلى سطح الليفة العضليّة في منطقة Motoreud Plote ويتم هذا الانتقال عن طريق مادة الأستيل كولين Acetylcoline ويؤدي استنفاذ المادة إلى حدوث التعب. (وجدي والسيد، 2002، ص. 53)

6- المظاهر الخارجية للتعب (علامات التعب):

- اضطراب الأداء الحركي.
- انخفاض مستوى التوافق العضلي العصبي ويتضح ذلك من وحدات الأداء المهاري الفني.
- خلل في سرعة ردود الأفعال وفي سرعة الأداء.
- انخفاض مستوى تحمل الفرد خلال تنفيذه الأداء، وقد يتوقف نهائياً إذا ما وصل إلى مرحلة الإجهاد.
- احتمال ارتعاش الأطراف واصفرار الوجه وجفاف في الحلق.
- الشعور بالدوار أحياناً. (شغاتي، 2014، ص ص. 137-138)
- خلل في وظائف الإنزيمات التي تساعد على تمثيل المواد التي توفر الطاقة للنشاط.
- عدم الكفاية في خلق وتكوين حركات جديدة ومفيدة واستيعابها.
- فقدان الدقة والتوافق وإيقاع الحركة وزيادة الأخطاء نتيجة لاختلال التناسق في الأداء.
- تزداد ضربات القلب والحركات التنفسية ويقل حجم التقلصات وعمق الشهيق في الزفير ويلاحظ تعرق شديد للجسم عند زيادة التعب. (حسن عبد الكريم، 2021، ص ص. 5-6)

7- فوائد التعب:

- يعمل التعب بمبدأ وصول الحمل المستخدم للدرجة المعينة من القابلية الرياضية.
- يؤدي التعب إلى الإخلال بالتوازن الداخلي للجسم مما يضطر الجسم للعمل على قاعدة التعويض الزائد.
- يعد التعب واحداً من المقومات الرئيسية للارتقاء بالمستوى البدني ومن ثم ينعكس علة مستوى الأداء أو الإنجاز الرياضي. (شغاتي، 2014، ص ص. 137-138)

8- أنواع التعب العضلي بالنسبة للنشاط الرياضي من حيث (نوعيته – دوامه – صعوبة الأداء):

1. الحركة الوحيدة المتكررة مع أقصى شدة:

أهم سبب لهبوط كفاءة الأداء هو قلة نشاط (العمليات العصبية)، حيث ينتج تعب وتثبيط للمراكز العصبية الناجمة عن تأثير تيار الإشارات العصبية الحسية الواردة من العضلات كما لا تقل أهمية أثر التغيرات الوظيفية في نفس العضلة، مثل قلة قابلية للإشارة وبطء الارتخاء.

2. الحركة الوحيدة المتكررة مع شدة أقل من القصوى:

يرجع السبب بالشعور بالتعب عند أداء هذه الحركة إلى نفس السبب عند القيام بالحد الأقصى حيث تؤدي الإشارات العصبية الحسية إلى تثبيط المراكز العصبية مما يؤدي إلى قلة

الأكسجين، ونتيجة للتمثيل اللاهوائي تتجمع نتائج التمثيل الغذائي وتتزود محتويات الدم من حامض اللاكتيك.

3. الحركة الوحيدة المتكررة مع الشدة الكبيرة:

أهم سبب لظهور التعب هنا هو عدم كفاية استمرار وظائف الجهاز الدوري والتنفسي، حيث يزيد الأوكسجين المستهلك ويتكون الدين الأكسجيني ويستمر ذلك لعدة دقائق، ويحدث هبوط للهرمونات التي تفرزها الغدد الداخلية في الدم مثل هرمونات الغدة فوق الكلية.

4. الحركة الوحيدة المتكررة مع الشدة المتوسطة:

تكمن الصعوبة في هذا النوع من النشاط في استمرار الأداء مع الاحتفاظ بمستوى وظيفي عال للجهاز التنفسي والدوري بالإضافة إلى حدوث عمليات الكف (تعب وتثبيت المراكز العصبية) تحت تأثير الإشارات العصبية الحسية مما يؤدي إلى اختلال التوافق الحركي، وعند العمل أكثر من 40 – 60 دقيقة يستهلك مخزون المواد الكربوهيدراتية وسكر الدم، ونتيجة لخلل نشاط الجهاز العصبي المركزي تفقد نسبة كبيرة من الكلوريد والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والكلور والفوسفور في الدم وأنسجة الجسم.

5. الحركة غير المتكررة:

يلاحظ أشكال أخرى للتعب في جميع الألعاب الرياضية (ألعاب الكرة) نتيجة لتأثير الحركات المركبة، ويظهر التعب في الأجزاء العليا للمخ مما يؤدي إلى هبوط في السرعة والتوافق الحركي، ويلاحظ أيضاً تأثير الاستمرار في اللعب بما يشبه ما يحدث أثناء تعب الحركة الوحيدة المتكررة مع الشدة الأقل من القصوى ويقل مما يؤدي إلى الدين الأكسجيني.

6. الجمبازورفع الأثقال:

يظهر التعب في الحالة الوظيفية للعضّلة فتهبط استثارتها وتقل قوتها وتتغير صلابتها ولزوجتها (تمطّط وتمدّد العضلة) وسرعة الانقباض والارتخاء. (وجدي والسيد، 20202، ص ص. 54-55)

9- التعب وأنواع الألياف العضلية العاملة:

هناك نوعين من الألياف العضليّة الهيكلية وهي:

- **الألياف الحمراء (بطيئة الانقباض): Type I Oxidative**
  - **La fibre de type l** (fibre musculaire a contraction lent - slow twitch)
- **الألياف البيضاء (سريعة الانقباض): Type II Oxidative**

وهي تنقسم بدورها إلى نوعين:

- **ألياف بيضاء سريعة الانقباض: Type lla Fast Oxidative**

- **La fibre de type IIa** (fibre musculaire a contraction rapide - Fast twitch)
  - **ألياف بيضاء سريعة الانقباض: Type IIx Fast Glycolytic**
- **La fibre de type IIx (IIb)** (fibre musculaire a contraction rapide - Fast twitch)

تشير الأبحاث التي تمت على كل من الحيوان والإنسان إلى أنّ الألياف السريعة الانقباض تتعب قبل الألياف البطيئة الانقباض، ويرجع ذلك بالطبع إلى ضعف قدرة العمل الهوائي بالألياف السريعة عنه بالألياف البطيئة، ولذا فإن تراكم حامض اللاكتيك بها يكون سبباً في حدوث التعب غالباً ما يكون تعباً عضّلياً موضعياً. (وجدي والسيد، 2002، ص ص. 55-56)

10- التعب وشدة التدريب:

أ- التعب ذات الشدة المتوسطة:

إنّ التدريبات ذات الشدة المتوسطة غالباً ما تكون ناتجة عن استخدام الألياف الحمراء وقليل جداً من الأليف البيضاء وذلك لمواجهة الطاقة المحتاج إليها هذا العمل الذي يرتفع فيه معدل التمثيل الغذائي.

وينطلق المركب الفوسفاتي ATA لفترة قصيرة حيث ينخفض معدل كل من ثلاثي وثنائي فوسفات الأدينوزين وترتفع معدلات تمثيل الجلوكوز، وهذا يعني ظهور حمض اللاكتيك ويظهر كذلك حمض البيروفيك بسرعة لا يستطيع معها الأكسجين المتوافر من مواجته وتحويله إلى إيثلين كولين، وفي هذه الحالة يتراكم الحمض بالدم ويؤدي إلى إنخفاض في PH الدم وتؤدي الزيادة مع الحمضية CO_2 إلى استجابات كيميائية تؤدي إلى زيادة معدل التنفس.

ب- التدريبات ذات الشدة العالية:

هذا النوع من الشدة والذي يبلغ 65% من أقصى مقدرة تشارك فيه الألياف السريعة بشكل كبير، وهذا النوع ينتج الطاقة خلاله عن طريق عملية الجلكزة اللاهوائية، حيث ينخفض معدل تدفق الدم بالعضّلات والتي لا تسمح بمواجهة متطلبات إنتاج الطاقة بالطريقة الهوائية ويكون الاعتماد الأكبر على الطريقة الهوائية.

11- التعب وزمن التدريب

- **التعب الناتج عن الأنشطة الرياضية التي تستمر اقل من عشر (10) ثواني:**

تؤدى الأنشطة بشدة قصوى أو أقل من القصوى ولا يلعب الأكسجين أي دور في عمليات إنتاج الطاقة التي تحتاجها العضلات، بل تعتمد على إعادة بناء مركب ثلاثي فوسفات الأدينوزين عن طريق النظام اللاهوائي في إنتاج الطاقة.

- **التعب الناتج عن الأنشطة الرياضية التي تستمر من 10 ثواني إلى حدود 2-3 دقائق:**

تؤدى الأنشطة بالشدة العالية ولفترة زمنية طويلة ويحدث انخفاض كبير في كرياتين الفوسفات وفي مركب ثلاثي فوسفات الأدينوزين ويظهر حامض اللاكتيك (اللبن) نتيجة عملية التمثيل اللاهوائي للجلوكوز، هذا ويعتبر انخفاض مخزون العضّلات من كرياتين الفوسفات وتراكم حمض اللاكتيك هو السبب الرئيسي للتعب الناتج عن هذه الأنشطة.

- **التعب الناتج عن الأنشطة الرياضية التي تستمر من 3-15 دقيقة:**

نسبة الحمض وزيادته في العضّلة يرتبط ارتباطاً قوياً بالتعب خلال الأنشطة التي تستغرق من 3-15 دقيقة. (وجدي والسيد، 2002، ص. 57)

- **التعب الناتج عن الأنشطة الرياضية التي تستمر لفترة تتراوح بين 15 إلى 60 دقائق:**

توجد عدة عوامل تسبب التعب في هذه الأنشطة منها (تراكم الحمض، انخفاض مخزون العضّلات من الجليكوجين، ارتفاع درجة حرارة الجسم).

- **التعب الناتج عن الأنشطة الرياضية التي تستمر لفترة تتراوح بين 1-4 ساعات:**

الجسم يحتاج إلى كمية كبيرة من الجليكوجين المخزون بالعضلات والأوكسجين الكافي.

- **التعب الناتج عن الأنشطة الرياضية التي تستمر لأكثر من 4 ساعات:**

سبب التعب يرجع إلى انتهاء مخزون العضّلة من الجليكوجين أو انتهاء مخزون الكبد منه، وعدم كفاية الجلوكوز المتجه نحو الجهاز العصبي وكذلك حدوث خلل في عمليّات تنظيم درجة حرارة الجسم.

12- درجات التعب:

قسم **فولكن Folcon** (1973) التعب العضّلي إلى خمس درجات تختلف في صعوبتها بداية من التعب البسيط حتى يصل الرياضي إلى الحالات المرضية كما يلي:

أ- الدرجة الأولى للتعب (التعب البسيط):

تعب بسيط سرعان ما يزول، يشعر به الرياضي بعد أداء تدريب عادي وبشدة متوسطة ولا يتسبب بهبوط المستوى البدني والمهاري، حيث أنه كثيراً ما يحدث مع الرياضيين المبتدئين.

ب- الدرجة الثانية للتعب (التعب الحاد):

يحدث بعد أداء الرياضي للتدريب بحمل أقصى أو دون الأقصى ولم تكتمل لديه مستوى اللياقة البدنية بعد، فتكون درجة التعب حادة لها تأثيرات فسيولوجية سلبية كارتفاع ضغط الدم وزيادة ضربات القلب واختلال عمليات التمثيل الغذائي مما يسبب انخفاض الكفاءة البدنية والقوة العضليّة للاعب..

جـ- الدرجة الثالثة للتعب (الاجهاد):

تظهر هذه الحالة بشكل حاد بعد تنفيذ الحمل التدريبي أو حمل المنافسة الأقصى لمرة واحدة، وذلك عندما يتدرب الرياضي في وقت المرض حينما تكون الحالة الوظيفية منخفضة، وقد يرجع ذلك أيضاً إلى مراكز العدوى المزمنة مثل التهاب اللوز أو تسوس الأسنان وغيرها، وغالباً ما تظهر هذه الحالة لدى بعض الرياضيين الذين يتميزون بزيادة حماسهم لأداء أحمال تدريبية كثيرة وكبيرة دون التخلص من التعب الناتج عن هذه الأحمال أولاً بأول، ويلاحظ على الرياضي ضعف عام ودوار الرأس وشعور بالغثيان في بعض الأحيان، واختلال التوافق الحركي، واختلال في ضغط الدم الشرياني واختلال في إيقاع ضربات القلب و أعراض أمراض الكلى وعدم توافق وظائف الجهاز الدوري للحمل، وتستمر هذه الحالة من التعب من عدة أيام إلى عدة اسابيع، ويتطلب التخلص منها من عدة أيام الى عدة أسابيع مع عملاً تعاونياً بين المدرب والطبيب.

د- الدرجة الرابعة من التعب (التدريب الزائد):

هي الحالة التي تظهر على الرياضي نتيجة عدم التخطيط السليم للتناسب ما بين الراحة والعمل، وإساءة استخدام توقيت أداء الحمل التدريبي، أو الاعتماد على استخدام طريقة واحدة من الطرق أو وسائل التدريب أو عدم الالتزام بالتدرج في زيادة حمل التدريب، أو عدم إعطاء الراحة الكافية أو كثرة المشاركة في المنافسات وخاصة في حالة وجود البؤر الصديدية أو بعض الأمراض.

هـ- الدرجة الخامسة من التعب (الأعياء العصبي):

أعلى درجات التعب يصل اللاعب فيها إلى حالة من اللامبالاة والأرق الزائد (أي قلة النوم والراحة مع حصول ألام مختلفة في الجسم وخفقان في القلب واختلال الوظائف الحيوية داخل الجسم. (كماش وأبو خيط، 2012، ص ص. 232-233)

13- العوامل الميكانيكية والكيميائية للتعب:

13-1- العوامل الميكانيكية للتعب:

إنّ العامل الميكانيكي الرئيس للتعب الذي له علاقة بالتعب هو "دورة الجسور المستعرضة" الذي يعتمد عملها على:

- الانسجام الوظيفي بين الأكتين و والميوسين.
- توفر (CA^{++}) لكي يرتبط مع التروبوتين - troponin (بروتين التقلص) الذي يعمل على تقوية الترابط مع الأكتين.
- توفير ATP الذي يحتاج له في تنشيط الجسور المستعرضة لإحداث حركة تلاحم وتحرير الجسر المستعرض من الأكتين.
- التركيز العالي (H^{+}) "أيون الهيدروجين" نتيجة تجزئه حامض اللاكتيك (الى H^{+} و لاكتيك)، يساهم في التعب بطرق مختلفة.

أ- خفض القوة في الجسور المستعرضة.

ب- خفض القوة المتولدة من تركيز معين لـ (CA^{++})، إذ يعمل كعازل للترابط بين (CA^{++}) وبروتين التقلص - "troponin".

جـ- يعمل على كبح الشبكة الهيولية من إطلاق (CA^{++}).

يتم فقدان كميّة صغيرة لـ: (K^{+}) من العضّلات مع كل جهد مبذول، وهذا يعني أنّ حين تتكرر التقلصات العضّلية يمكن أن يسبب خسارة (K^{+}) وربح الصوديوم في الخلايا العضليّة. (Shaum Phillips, 2016, p. 115)

13-2- العوامل الكيميائية للتعب:

التعب ببساطة هو نتيجة عدم التوازن بين حاجة العضّلة من ATP وقابليتها على تكوين (ATP) (02).

- عند بداية التمرين تزداد الحاجة إلى (ATP) وتظهر سلسلة من ردود الأفعال لتكوين ATP وإعادة توفره مرة ثانية، خلال استهلاك الجسور المستعرضة لـ (ATP) وتكوين ناتج (ADP) يبدأ مباشرة بتزويد (PC) فوسفات كرياتين لإعادة تكوين ATP $(ADP + PC \longrightarrow ATP + C)$، وعندما يبدأ (PC) بالتناقص يستمر (ADP) بالتراكم، عندئذاً يظهر رد فعل خميرة العضّلة (Myokinase) لتكوين (ATP).

- يؤدي تراكم هذه المنتجات إلى التحفيز بتحليل السكر لتكوين (ATP) إضافي مما ينتج عنه تراكم (H^{+})، أثناء زيادة الحاجة لتكوين (ATP) تظهر ردود أفعال مختلفة في الخليّة تعمل على تحديد الشغل داخل الخلية من أجل حمايتها من الضرر، هذه إحدى الأليات لحماية العضّلة من التعب.

ماهي الاشارات التي ترسل الى العضّلة بالتباطيء في استخدام الطاقة وخفض أدائها؟

عندما لا تحافظ الميكانيكية على تكوين (ATP) واستمرارية استخدامه، يبدأ الفسفور اللاعضوي (Pi) بالتراكم في الخليّة توقف تحويل (Pi) و (ADP) إلى (ATP)، زيادة (Pi) يبدأ في تثبيط القوة القصوى، إذ يعمل (Pi) بصورة مباشرة على الجسور المستعرضة ويخفض من ارتباطه مع الأكتين، من المثير أنّ الخلايا لا ينفذ منها (ATP) حتى في حالات التعب الشديد جداً، حيث لا يخفض مستوى (ATP) عن 70% في الخلايا مقارنتاً مع مستواه قبل التمرين، إنّ العوامل المسببة للتعب تؤدي إلى خفض كمية استخدام (ATP) مقارنتاً مع نسبة استمرار تكوينه لذا يحافظ (ATP) على تركيزه. (علوان، 2009)

14- طرق استعادة الشفاء "الاسترجاع" (التقنيات الحديثة المستعملة في إسراع عملية الاستشفاء للرياضيين): (وجدي والسيد، 2002، ص ص. 57-58)

تشمل طرق استعادة الشفاء على جميع الوسائل التي يمكن استخدامها خلال وبعد التدريب لإعادة اللاعب غلى الته الطبيعية أو قريباً منها في أقل فترة زمنية ممكنة وتنقسم إلى:

- **الطرق الصحية:** التدليك (يدوي عام - تدليك منعش)، تناول السكر (الجلوكوز) خلال التدريب، حمام الأعشاب. الدوش. البانيو الدافئ. استنشاق الأكسجين. الكمادات. السونا. التأمين. استنشاق خليط من الغازات. استخدام المستحضرات الطبية. الحجرة الحرارية. الأشعة فوق البنفسجية - الصناعية. الأشعة الحمراء. التعرض الظاهري لطيف الأشعة السينية. حمامات الثلج. العلاج بالأكسجين. العلاج بالتبريد (غرف التبريد). العلاج بالحرارة والبرودة. جاكوزي. موسكا.
- **الطرق التربوية لاستعادة الشفاء:**
  - طريقة الاسترخاء (تقنيات).
  - النوم. (وجدي والسيد، 2002، ص ص. 59-60)

14-1- تنظيم وسائل استخدام الاستشفاء خلال الموسم التدريبي:

نظراً لكثرة الوسائل التي يمكن استخدامها لاستعادة الشفاء فقد تم تنظيم استخدام تلك الوسائل ووضعها ضمن البرامج التدريبية كالآتي:

- داخل الوحدة التدريبية (بين التكرارات - بين المجموعات): وتقاس الفترة الزمنية هنا بالثواني والدقائق ويستخدم الرياضي الوسيلة التي تسمح له بأداء عمل آخر مباشرة والوسائل التي يمكنه أن تستخدم هنا هي التدليك - المشي - الدحدحة - الاستلقاء - بعض التدريبات الهوائية.

- بين الوحدات التدريبية (في نفس اليوم - بين الأيام): وتقاس الفترة الزمنية هنا بالساعات أو الأيام ويكون عبارة عن الأكل - الشرب - النوم - التدليك - السونا - الاستماع للموسيقى.

- **بين الدوائر التدريبية المتوسطة والكبيرة:** وتقاس الفترة الزمنية هنا بالأيام والأسابيع وهي عادةً ما تكون مرتبطة بعدد وزمن من الدوائر التدريبية داخل البرنامج التدريبي.

وعلى هذا يجب على المدرب أن يضع في اعتباره دائماً العلاقة بين شدة التدريب واستعادة الشفاء حتى يتمكن من تحسين مستوى اللاعبين، ويهتم بضرورة العودة الكاملة لحالتهم الطبيعية بعد التعب الذي ينتج عن التدريب ويجب أن يأخذ في اعتباره حالة اللاعب وطرق إعادته إلى حالته الطبيعية سواء كان من خلال الدورة التدريبية الصغرى أو الكبرى. (وجدي والسيد، 2002، ص ص. 60-61)

14-2- من العوامل التي تؤثر في عملية الاستشفاء:

- تجديد مخازن الفوسفات بالعضّلات.
- تجديد مخازن الجليكوجين بالعضّلات.
- امتلاء المايوجلوبين بالأكسجين.
- التخلص من حمض اللبن (اللاكتيك) بالعضّلات والدم.

كل عامل من هذه العوامل يشتمل على عدة نقاط فرعية ويؤثر أو يسهم بدّرجة ضعيفة في زيادة قدرة اللاعب على بذل الجهد، مما يؤثر أيضاً في التخطيط لبرامج التدريب اليومية والأسبوعية وعلى مدار الموسم الرياضي.

15- تأخير ظهور التعب:

لجا كثير من المدربين واللاعبين والمشرفين على الرياضة إلى وسائل ومنشطات ممنوعة دولياً لتأخير ظهور التعب وقد ثبتت أضرار مثل هذه الوسائل سواء الصحية والنفسية وحتى البدنية، ومن هذه المواد:

- العقاقير مثل الأمفيتلامين والهرمونات والكافاليين.
- نقل الدم للاعب قبل المباريات بوقت وجيز.
- المخدرات مثل المورفين والهروين.
- مدرات البول مثل اللازكس.
- المواد البنائية مثل التستوستيرون وهرمون النمو.
- مثيرات للغدد التناسلية مثل الجونادتربين.
- مثبطات بيطا لتوسيع الأوعية الدموية.
- عمليات استبدال البول بالقسطرة لطمث آثار المنشطات.
- مثيرات للجهاز السمبتاوي مثل القدرين.
- استخدام الكحول والمارجوانا بطرق غير مشروعة في المجال الرياضي.

بينما يعتمد حشمت نقلاً عن الوجدي والياسري (2002)، أساساً على التدريب العلمي المنتظم المبني على التحاليل الطبية لمواد مثل حمض اللاكتيك وجلوكوز الدم وكذلك الغذاء المتوازن من الكربوهيدرات 55-60% والبروتين 10-15% والدهن 25-30% بنسب محددة بالإضافة للفيتامينات والأملاح المعدنية، كما يمكن تناول بعض المركبات الطبيعية مثل العسل، وبعض الأعشاب الطبية الطبيعية التي تثبت فاعليتها مثل حبة البركة والجنسنج.

وأخيراً في المجال الرياضي ليس هناك طريق سهل أو أدوية وعقاقير سحرية، إنما هناك الرغبة الأكيدة في التحسن وكذلك التدريب السليم وغذاء متوازن وصولاً لتأخير ظهور التعب وتحسين الأداء. (وجدي والياسري، 2002، ص ص. 62-63)

المصادر والمراجع:

- وجدي، مصطفى الفاتح، و السيد، محمد لطفي. (2002). *الأسس العلمية للتدريب الرياضي*. دار الهدى للنشر و التوزيع.
- علوان، وهبي البياتي. (2009). *تعب العضّلة*. كلية إن رشد. جامعة بغداد.
- شغاتي، عامر فاخر. (2014). *علم التدريب "نظام تدريب الناشئين للمستويات العليا"* . (ط.1). مكتبة المجتمع العربي للنشر.
- كماش، يوسف لازم، وأبو خيط، صالح بشير سعد. (2012). *مقدمة في بيولوجيا الرياضة - التغذية وبناء الأجسام*. دار زهران للنشر والتوزيع.
- قدراوي، إبراهيم. (2017). *تأثير برنامج تدريبي مقترح لتنمية التحمل الخاص اعتماداً على مؤشرات التعب* [أطروحة دكتوراه غير منشورة] معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية. جامعة الجلفة. http://dspace.univ-djelfa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/1230
- حسن عبد الكريم، مصطفى. (2017). *التعب العضلي في المجال الرياضي*. https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/12/12_2021_01_16!04_31_44_PM.pdf
- جعفر، هاني .(سبتمبر 11 -2018). *التعب العضّلي*. كلية التربية الرياضية. جامعة سوهاج. https://staffsites.sohag-univ.edu.eg/stuff/posts/show/8223?p=posts
- Bastos, J. H., & Silva, A. C. (2012). *Athlete performance and injuries*. Nova Science Publisher's .
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., and Costill, D. L. (2012*). Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.
- Phillips, S. (2016). *Fatigue in sport and exercise*. (Place of publication not identified). Routledge.
- J. Mark Davis, Ph.D., Adrienne S. Brown, M.A. (2001). *Carbohydrates, Hormones and Endurance Performance*, Sports Science Exchange 80. volume 14 - number1. https://www.gssiweb.org/en-ca/article/sse-80-carbohydrates-hormones-and-endurance-performance