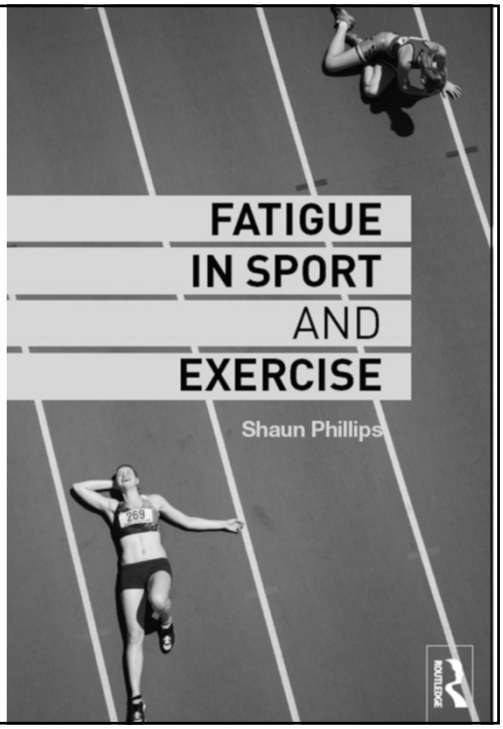
Fatigue in Sport and Exercise

التعب أثناء ممارسة الرياضة و التمارين

Shaun Phillips



Chapter 1

Defining and measuring fatigue in sport and exercise

تعريف و قياس التعب فى الرياضة والتمارين

2

Part 1 – Defining fatigue

الجزء الأول –تعريف التعب

3

Introduction مقدمة

- The study of fatigue in humans has been a source of interest for over a century.
- **لقد كانت دراسة التعب عند البشر مصدراً للاهتمام لأكثر من قرن من الزمان.**
- The first [phenomenon characterizing fatigue] is the diminution of the muscle force.
- **الظاهرة الأولى [التى تميز التعب] هى انخفاض قوة العضلات.**
- The second is fatigue as a sensation.
- **والثانى هو التعب كإحساس.**

4

Introduction مقدمة

- [The limit of exercise] has often been associated with the heart alone, but the facts as a whole indicate that the sum of the changes taking place throughout the body brings about the final cessation of effort.
- [إن حد التمارين الرياضية] كان مرتبطًا فى كثير من الأحيان بالقلب وحده، إلا أن الحقائق ككل تشير إلى أن مجموع التغيرات التى تحدث فى جميع أنحاء الجسم تؤدى إلى التوقف النهائى عن بذل الجهد.
- Fatigue of brain reduces the strength of the muscles.
- يؤدى إرهاق المخ إلى تقليل قوة العضلات.

5

Introduction مقدمة

- In addition, the exercise intensity, amount of muscle mass involved, and the type and duration of exercise can all influence fatigue mechanisms.
- بالإضافة إلى ذلك، فإن شدة التمرين، وكمية الكتلة العضلية المشاركة، ونوع ومدة التمرين، كلها عوامل يمكن أن تؤثر على آليات التعب.
- Another source of confusion is that researchers often use the terms ‘fatigue’ and ‘exhaustion’ interchangeably.
- وهناك مصدر آخر للارتباك وهو أن الباحثين كثيراً ما يستخدمون مصطلحى "التعب" و"الإرهاق" بالتبادل.

6

Introduction مقدمة

- A participant who is no longer able to maintain a given power output during a time to exhaustion test will often be classified as having reached ‘exhaustion’. However, they may still be fully capable of continuing exercise at a lower intensity.
- غالبًا ما يتم تصنيف المشارك الذى لم يعد قادراً على الحفاظ على ناتج طاقة معين أثناء اختبار الوقت حتى الإرهاق على أنه وصل إلى "الإرهاق". ومع ذلك، قد يظل قادراً تمامًا على مواصلة التمرين بكثافة أقل.
- Therefore, the concepts of fatigue and exhaustion are different constructs that should not be confused.
- ومن ثم فإن مفهومى التعب والإرهاق هما مفهومان مختلفان لا ينبغى الخلط بينهما.

7

Introduction

Table 1.1 Different definitions of fatigue, emphasising the variation in the quantification and interpretation of fatigue

1	The moment when a participant is unable to maintain the required muscle contraction or performed workload.
2	Extreme tiredness after exertion; reduction in efficiency of a muscle, organ etc. after prolonged activity.
3	The failure to maintain the required or expected force.
4	Fatigue produced by failure to generate output from the motor cortex.
5	A loss of maximal force generating capacity.
6	A reversible state of force depression, including a lower rate of rise of force and a slower relaxation.
7	Any exercise-induced reduction in the ability of a muscle to generate force or power; it has peripheral and central causes.
8	Failure to continue working at a given exercise intensity.
9	Any exercise-induced reduction in the ability to exert muscle force or power, regardless of whether or not the task can be sustained.
10	A progressive reduction in voluntary activation of muscle during exercise.

Activate

الجدول 1.1 تعريفات مختلفة للتعب، مع التركيز على الاختلاف في القياس الكمي وتفسير التعب

| اللحظة التي يكون فيها المشارك غير قادر على الحفاظ على تقلص العضلات المطلوب أو أداء عبء العمل.

2 التعب الشديد بعد المجهود. انخفاض في كفاءة العضلات والأعضاء وما إلى ذلك. بعد نشاط طويل.

3 ـ عدم الحفاظ على القوة المطلوبة أو المتوقعة.

4 التعب الناتج عن الفشل في توليد المخرجات من القشرة الحركية.

5 فقدان القدرة القصوى على توليد القوة.

6 حالة عكسية من انخفاض القوة، بما في ذلك انخفاض معدل ارتفاع القوة واسترخاء أبطأ.

7 أي انخفاض ناجم عن ممارسة الرياضة في قدرة العضلات على توليد القوة أو الطاقة؛ وله أسباب طرفية ومركزية.

8 عدم الاستمرار في العمل بكثافة تمرين معينة.

9 أي انخفاض ناجم عن ممارسة الرياضة في القدرة على ممارسة قوة العضلات أو قوتها، بغض النظر عما إذا كانت المهمة يمكن أن تستمر أم لا.

10 انخفاض تدريجي في التنشيط الإرادي للعضلات أثناء التمرين.

فعل

Prevalent fatigue theories: peripheral and central fatigue

نظريات التعب السائدة: التعب المحيطي و التعب المركزي

- Fatigue can be broadly categorized into two types: peripheral fatigue and central fatigue.
- **يمكن تصنيف التعب بشكل عام إلى نوعين: التعب المحيطي و التعب المركزي.**

10

Peripheral fatigue التعب المحيطى

A Exercise-related changes in the internal environment

1 Accumulation of lactate and H^+. H^+ is partly buffered, increasing carbon dioxide production from bicarbonate.
2 Accumulation of heat, leading to increased sweat secretion. The loss of water may lead to dehydration.

التغيرات المرتبطة بالتمرين في البيئة الداخلية

1 تراكم اللاكتات و H+. يتم تخزين H+ جزئيًا، مما يزيد من إنتاج ثاني أكسيد الكربون من البيكربونات.
2 تراكم الحرارة مما يؤدي إلى زيادة إفراز العرق. قد يؤدي فقدان الماء إلى الجفاف.

11

Peripheral fatigue التعب المحيطى

B Exercise-related changes within muscle fibres

1 Accumulation of P_i in the sarcoplasm, decreasing contractile force due to cross-bridge inhibition.
2 Accumulation of H^+ in the sarcoplasm, decreasing contractile force due to cross-bridge inhibition. Accumulation of H^+ may also depress Ca^{2+} re-uptake in the sarcoplasmic reticulum.
3 Accumulation of sarcoplasmic Mg^{2+}. Mg^{2+} counteracts Ca^{2+} release from the sarcoplasmic reticulum.

ب- التغيرات المرتبطة بالتمرين داخل الألياف العضلية

| تراكم P_1 في الساركوبلازم، مما يقلل من قوة الانقباض بسبب تثبيط الجسر المتقاطع.

2 تراكم H+ في الساركوبلازم، مما يقلل من قوة الانقباض بسبب تثبيط الجسر المتقاطع. قد يؤدي تراكم Ht أيضًا إلى تثبيط إعادة امتصاص Ca2+ في الشبكة الساركوبلازمية.

3 تراكم الهيولى البلازمية Mg2 .+Mg2+ يقاوم إطلاق Ca2+ من الشبكة الهيولية العضلية.

التعب المحيطى

4 Inhibition of Ca^{2+} release from the sarcoplasmic reticulum by accumulation of P_i (see point 1). Ca^{2+} release is inhibited by precipitation of calcium phosphate in the sarcoplasmic reticulum and phosphorylation of Ca^{2+} release channels.
5 Decline of glycogen stores and (in extreme cases) decline of blood glucose levels.
6 Decreased conduction velocity of action potentials along the sarcolemma, probably as a result of biochemical changes in and around the muscle fibres. This has no known immediate effect on muscle force production.
7 Increased efflux of K^+ from muscle. Increased K^+ in the lumen of the t-tubuli may block the tubular action potential and lessen force due to a depression of excitation-contraction coupling.

4 تثبيط إطلاق Ca2+ من الشبكة الساركوبلازمية عن طريق تراكم P (انظر النقطة 1). يتم تثبيط إطلاق Ca2+ عن طريق ترسيب فوسفات الكالسيوم في الشبكة الساركوبلازمية والفسفرة في قنوات إطلاق Ca2+.
5 انخفاض مخازن الجليكوجين و (في الحالات القصوى) انخفاض مستويات الجلوكوز في الدم.
6 انخفاض سرعة توصيل جهود الفعل على طول غمد العضلة، ربما نتيجة للتغيرات البيوكيميائية في ألياف العضلات وحولها. هذا ليس له تأثير فوري معروف على إنتاج القوة العضلية.
7 زيادة تدفق K+ من العضلات. قد تؤدي زيادة K+ في تجويف الأنابيب t إلى منع جهد الفعل الأنبوبي وتقليل القوة بسبب انخفاض اقتران الإثارة والانكماش.

13

Central fatigue

التعب المركزى

II Central fatigue

1 The conduction of axonal action potentials may become blocked at axonal branching sites, leading to a loss of muscle fibre activation.
2 Motor neuronal drive may be influenced by reflex effects from muscle afferents.
3 Stimulation of type III and IV nerves decreasing motor neuron firing rate and inhibiting motor cortex output.
4 The excitability of cells within the cerebral motor cortex may change during the course of maintained motor tasks, as suggested by measurements using transcranial magnetic stimulation.

ثانيا التعب المركزي

1 قد يتم حظر توصيل إمكانات العمل المحوري في مواقع التفرع المحوري، مما يؤدي إلى فقدان تنشيط الألياف العضلية.
2 قد يتأثر محرك الخلايا العصبية الحركية بالتأثيرات المنعكسة من العضلات الواردة.
3 تحفيز الأعصاب من النوع الثالث والرابع مما يقلل من معدل إطلاق الخلايا العصبية الحركية ويمنع إنتاج القشرة الحركية.
4 قد تتغير استثارة الخلايا داخل القشرة الحركية الدماغية أثناء المهام الحركية المستمرة، كما تقترح القياسات باستخدام التحفيز المغناطيسي عبر الجمجمة.

14

Central fatigue

التعب المركزى

5 Synaptic effects of serotoninergic neurons may become enhanced, causing increased tiredness and fatigue. This may occur from increased brain influx of the serotonin precursor tryptophan, via exercise-induced decreases in the blood concentration of BCAAs.

6 Exercise-induced release of cytokines; IL-6 induces sensations of fatigue and IL-1 induces sickness behaviour.

Activate Windows

5 قد تتعزز التأثيرات المتشابكة للخلايا العصبية السيروتونينية، مما يسبب زيادة التعب والإرهاق. قد يحدث هذا من زيادة تدفق الدماغ من سلائف السيروتونين التربتوفان، عن طريق النقصان الناجم عن ممارسة الرياضة في تركيز BCAAs في الدم.

6 إطلاق السيتوكينات الناتج عن ممارسة الرياضة؛ يحفز IL-6 الإحساس بالتعب ويحفز IL-1 السلوك المرضي.

15

Peripheral fatigue

التعب المحيطى

- Peripheral fatigue states that the sites of fatigue sit outside of the central nervous system (CNS).
- تشير عبارة التعب المحيطى إلى أن مواقع التعب تقع خارج الجهاز العصبى المركزى (CNS).
- More specifically, peripheral fatigue is associated with an attenuation of muscle force production caused by a process or processes distal to the neuromuscular junction.
- وبشكل أكثر تحديداً، يرتبط التعب المحيطى بتخفيف إنتاج القوة العضلية الناجم عن عملية أو عمليات بعيدة عن الوصلة العصبية العضلية.
- This develops an anaerobiosis within the working muscles, causing lactic acid accumulation.
- ويؤدى هذا إلى تطور حالة من اللاهوائى داخل العضلات العاملة، مما يسبب تراكم حمض اللاكتيك.

16

Peripheral fatigue

التعب المحيطى

- Because of this change in the intramuscular environment, continued contraction becomes impossible and the muscle reaches a state of failure.
- و بسبب هذا التغيير فى البيئة العضلية، يصبح الاستمرار فى الانقباض مستحيلا وتصل العضلة إلى حالة من الفشل.
- Hill and colleagues concluded that the primary limiting factor in exercise tolerance was the heart's capacity to pump blood to the active muscles.
- واستنتج هيل وزملاؤه أن العامل المحدد الأساسى لتحمل التمارين الرياضية هو قدرة القلب على ضخ الدم إلى العضلات النشطة.

17

Peripheral fatigue

التعب المحيطى

- This theory, termed the cardiovascular/anaerobic/catastrophic model of human exercise performance ('catastrophic' due to the predicted failure of homeostatic cardiac function), became the dominant theory within exercise science teaching and research.
- أصبحت هذه النظرية، التى أطلق عليها اسم النموذج القلبى الوعائى/اللاهوائى/الكارثى لأداء التمارين الرياضية البشرية (كارثى بسبب الفشل المتوقع لوظيفة القلب المتوازنة)، النظرية السائدة فى تدريس وأبحاث علوم التمارين الرياضية.

18

Central fatigue

التعب المركزى

- Whereas peripheral fatigue occurs via processes outside of the CNS, unsurprisingly central fatigue proposes that the origin of fatigue is located within the CNS, with a loss of muscle force occurring through processes proximal to the neuromuscular junction.
  - فى حين يحدث التعب المحيطى من خلال عمليات خارج الجهاز العصبى المركزى، فمن غير المستغرب أن يقترح التعب المركزى أن أصل التعب يقع داخل الجهاز العصبى المركزى، مع حدوث فقدان القوة العضلية من خلال العمليات القريبة من الوصلة العصبية العضلية.
- Specifically, this refers to locations within the brain, spinal nerves and motor neurons.
  - ويشير هذا على وجه التحديد إلى المواقع داخل الدماغ والأعصاب الشوكية والخلايا العصبية الحركية.

19

Several definitions of central fatigue

- A negative central influence that exists despite the subject's full motivation.
  - تأثير مركزى سلبى موجود على الرغم من وجود الدافع الكامل للموضوع.
- A force generated by voluntary muscular effort that is less than that produced by electrical stimulation.
  - القوة التى تولدها المجهود العضلى الطوعى والتى تكون أقل من القوة التى ينتجها التحفيز الكهربائى.
- The loss of contractile force or power caused by processes proximal to the neuromuscular junction.
  - فقدان القوة الانقباضية أو القدرة الناجمة عن العمليات القريبة من الوصلة العصبية العضلية.

20

Measuring fatigue قياس التعب

- **Direct methods of fatigue assessment**
- **الطرق المباشرة لتقييم التعب**
- *Maximal voluntary force generation/electrical stimulation.*
- الحد الأقصى لتوليد القوة الطوعية/التحفيز الكهربائى
- Accurate measurement of the force generating capacity of muscle is crucial for the reliable assessment of muscle fatigue.
- يعد القياس الدقيق لقدرة العضلات على توليد القوة أمرًا بالغ الأهمية لتقييم إجهاد العضلات بشكل موثوق.
- The maximal isometric force production (MVC for maximal voluntary contraction) is often used for this purpose.
- غالبًا ما يتم استخدام إنتاج القوة المتساوية القياس القصوى (MVCللانقباض الطوعى الأقصى) لهذا الغرض.
- does not enable dynamic contraction of the muscle.
- لا يسمح بالانكماش الديناميكى للعضلة.
- Strong verbal encouragement is provided by the investigator in an effort to assist the participant in reaching a true maximal contraction.
- يقوم الباحث بتقديم تشجيع لفظى قوى فى محاولة لمساعدة المشارک فى الوصول إلى أقصى انكماش حقيقى.

21

Measuring fatigue قياس التعب

- Concerns with the use of MVC for assessing fatigue
- المخاوف بشأن استخدام MVCلتقييم التعب
- Force production can be limited by the voluntary effort/motivation of the participant.
- يمكن الحد من إنتاج القوة من خلال الجهد/الدافع الطوعى للمشارک.
- Not even strong encouragement and feedback may be sufficient to enable someone to achieve a true maximal contraction.
- حتى التشجيع القوى وردود الفعل قد لا تكون كافية لتمكين شخص ما من تحقيق أقصى انكماش حقيقى.
- Therefore, it is not possible to clearly determine potential mechanisms for reduced MVC.
- لذلک، فإنه من غير الممكن تحديد الآليات المحتملة لانخفاض MVCبشكل واضح.

22

Measuring fatigue

قياس التعب

Figure 1.2 A person preparing to undertake a maximal voluntary contraction of the quadriceps muscles.

23

Low-frequency fatigue

التعب منخفض التردد

- Low-frequency fatigue (LFF) is characterized by a proportionately greater loss of force during low-frequency compared with high-frequency muscle stimulation.
- يتميز التعب منخفض التردد (LFFبفقدان أكبر نسبيًا للقوة أثناء تحفيز العضلات بتردد منخفض مقارنة بتحفيز العضلات بتردد عالٍ.
- This form of fatigue can take hours or even days to dissipate, and may play a key role in the decline in muscle force production.
- قد يستغرق هذا النوع من التعب ساعات أو حتى أيامًا حتى يتلاشى، وقد يلعب دورًا رئيسيًا فى انخفاض إنتاج قوة العضلات.

24

Low-frequency fatigue التعب منخفض التردد

- Low-frequency fatigue may increase the requirement for greater CNS activation to elicit a given muscle force.
  - قد يؤدى التعب منخفض التردد إلى زيادة الحاجة إلى تنشيط أكبر للجهاز العصبى المركزى لإثارة قوة عضلية معينة.
- Consequently, this could cause an increase in effort perception for a given force production, potentially contributing to the development of central fatigue.
  - وبالتالى، فإن هذا قد يؤدى إلى زيادة فى إدراك الجهد المبذول لإنتاج قوة معينة، مما قد يساهم فى تطور التعب المركزى.

25

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Endurance time ('time to exhaustion')***
  - ***وقت التحمل (الوقت حتى الإرهاق)***
- Many research studies have utilized an endurance test, commonly known as a time to exhaustion test, to assess and/or quantify fatigue, particularly the influence of an intervention on the development of fatigue.
  - استخدمت العديد من الدراسات البحثية اختبار التحمل، المعروف باسم اختبار الوقت حتى الإرهاق، لتقييم و/أو تحديد كمية التعب، وخاصة تأثير التدخل على تطور التعب.
- Use of these tests is partly based on the assumption that there is a relationship between the force generating capacity of muscles and the time to exhaustion.
  - ويعتمد استخدام هذه الاختبارات جزئيًا على افتراض وجود علاقة بين قدرة العضلات على توليد القوة والوقت المستغرق حتى الإرهاق.

26

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Endurance time ('time to exhaustion')***
- ***وقت التحمل (الوقت حتى الإرهاق)***
- Also, gross time to exhaustion tests (e.g. a cycle to exhaustion at 80% VO2max) exhibit large coefficients of variation (up to ~35%), suggesting that time to exhaustion tests should not be the only measure used to determine the influence of a treatment on performance/fatigue.
- كما أن اختبارات الوقت الإجمالي حتى الإرهاق (على سبيل المثال دورة حتى الإرهاق عند ٨٠٪ من VO2max) تظهر معاملات تباين كبيرة (تصل إلى ~٣٥٪)، مما يشير إلى أن اختبارات الوقت حتى الإرهاق لا ينبغي أن تكون المقياس الوحيد المستخدم لتحديد تأثير العلاج على الأداء/الإرهاق.
- Most other research into the reliability of time to exhaustion tests has used longer duration exercise, which may be less reliable than shorter exercise due to the multitude of factors that can influence a person's decision of whether or not to continue, such as motivation and boredom.
- استخدمت معظم الأبحاث الأخرى حول موثوقية اختبارات الوقت حتى الإرهاق تمارينًا مدتها أطول، والتي قد تكون أقل موثوقية من التمارين القصيرة بسبب تعدد العوامل التي يمكن أن تؤثر على قرار الشخص بشأن الاستمرار أم لا، مثل الدافع والملل.

27

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Electromyography*** **تخطيط كهربية العضلات**
- Electromyography (EMG) is the analysis of the electrical activity of muscle tissue.
- تخطيط كهربية العضلات (EMG) هو تحليل النشاط الكهربائي لأنسجة العضلات.
- The two common forms of EMG are surface EMG (non-invasive) and needle EMG (invasive). For ethical reasons, surface EMG is most prevalent in the sports science literature.
- الشكلان الشائعان لتخطيط كهربية العضلات هما تخطيط كهربية العضلات السطحي (غير جراحي) وتخطيط كهربية العضلات بالإبرة (جراحي). ولأسباب أخلاقية، فإن تخطيط كهربية العضلات السطحي هو الأكثر انتشارًا في أدبيات العلوم الرياضية.

28

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Electromyography***

تخطيط كهربية العضلات

29

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Electromyography*** **تخطيط كهربية العضلات**
- Finally, EMG can only be used with any form of validity during isometric contractions, as changes in muscle length alter the relation -ship between EMG and neuromuscular activation.
- أخيراً، لا يمكن استخدام تخطيط كهربية العضلات إلا مع أى شكل من أشكال الصلاحية أثناء الانقباضات المتساوية القياس، حيث تؤدى التغييرات فى طول العضلات إلى تغيير العلاقة بين تخطيط كهربية العضلات والتنشيط العصبى العضلى.
- This indicates that EMG may not be a particularly useful or appropriate index of fatigue during many sport-specific muscle actions.
- يشير هذا إلى أن تخطيط كهربية العضلات قد لا يكون مؤشراً مفيداً أو مناسبًا بشكل خاص للتعب أثناء العديد من الأنشطة العضلية الخاصة بالرياضة.

30

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Muscle biopsies*** ***خزعات العضلات***
- In a muscle biopsy, a small piece of muscle tissue is removed from an intact human muscle for examination.
  - فى خزعة العضلات، يتم إزالة قطعة صغيرة من أنسجة العضلات البشرية السليمة للفحص.
- In sport and exercise science research, the needle biopsy is most common.
  - فى أبحاث العلوم الرياضية والتمارين، تعتبر خزعة الإبرة هى الأكثر شيوعًا.
- Here, local anesthetic is applied to the area after which a needle is inserted into the muscle (commonly the vastus lateralis of the quadriceps).
  - هنا، يتم تطبيق مخدر موضعى على المنطقة و بعد ذلك يتم إدخال إبرة فى العضلة (عادةً العضلة الواسعة الجانبية للعضلة الرباعية الرؤوس).

31

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Muscle biopsies*** ***خزعات العضلات***
- Muscle biopsies can be used for quantifying muscle fiber composition, muscle energy content, and the concentration and activity of a multitude of enzymes involved in energy production.
  - يمكن استخدام خزعات العضلات لتحديد كمية تركيب ألياف العضلات، ومحتوى الطاقة العضلية، وتركيز ونشاط العديد من الإنزيمات المشاركة فى إنتاج الطاقة.
- A potential limitation is that a biopsy sample may not be representative of the entire muscle from which it is drawn.
  - إن أحد القيود المحتملة هو أن عينة الخزعة قد لا تكون ممثلة للعضلة بأكملها التى تم أخذها منها.

32

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Muscle biopsies*** ***خزعات العضلات***
- In addition, if repeated biopsy samples are required, variations in the sampling site may affect the validity and/or reliability of the data.

- بالإضافة إلى ذلك، إذا كانت هناك حاجة إلى أخذ عينات خزعة متكررة، فإن الاختلافات في موقع أخذ العينات قد تؤثر على صحة و/أو موثوقية البيانات.

33

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Blood sampling*** **أخذ عينات الدم**
- Methods of sampling vary, from simple fingertip or earlobe capillary sampling (Figure 1.5) to arterial and venous sampling and cannulation.
- تتنوع طرق أخذ العينات، من أخذ عينات بسيطة من أطراف الأصابع أو الشعيرات الدموية فى شحمة الأذن (الشكل ١.٥) إلى أخذ عينات من الشرايين والأوردة والقسطرة.
- A classic example is the testing of blood lactate.
- ومن الأمثلة الكلاسيكية على ذلک اختبار اللاكتات فى الدم.

34

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Blood sampling***

Figure 1.5 Antecubital venous blood sampling (left) and capillary earlobe sampling (right).

35

Indirect methods of fatigue assessment

الأساليب غير المباشرة لتقييم التعب

- ***Ratings of perceived exertion*** ***تقييمات الجهد المبذول***
- The most commonly used perceptual scale is the Borg rating of perceived exertion (RPE) scale (also referred to as the Borg 6–20 scale).
- المقياس الإدراكي الأكثر استخدامًا هو مقياس بورغ لتقييم الجهد المتصور () (RPEيشار إليه أيضًا باسم مقياس بورغ ٦-٢٠).
- 1970 by Gunnar Borg.
- ١٩٧٠ بواسطة جونار بورج.
- The seemingly arbitrary 6–20 range of the original Borg scale was developed due to the observed correlation between heart rate and RPE ratings, such that the given score on the scale can be multiplied by 10 and provide a close approximation of the exercising person's heart rate (e.g. an RPE of 12 approximates a heart rate of 120 bpm).
- تم تطوير النطاق التعسفي ظاهريًا من ٦ إلى ٢٠ لمقياس بورج الأصلي بسبب الارتباط الملحوظ بين معدل ضربات القلب وتقييمات RPE، بحيث يمكن ضرب النتيجة المعطاة على المقياس في ١٠ وتوفير تقريب وثيق لمعدل ضربات قلب الشخص الذي يمارس الرياضة (على سبيل المثال، RPE 12يقارب معدل ضربات القلب ١٢٠ نبضة في الدقيقة).

36

Part II

What causes (and what does not cause) fatigue in sport and exercise?

ما هى الأسباب)وما لا يسبب (التعب أثناء ممارسة الرياضة؟

37

Energy depletion

استنزاف الطاقة

- **Energy metabolism during exercise**
- **استقلاب الطاقة أثناء ممارسة الرياضة**
- Adenosine triphosphate has three components:
- يحتوى أدينوسين ثلاثى الفوسفات على ثلاثة مكونات:
- Adenine, ribose, and three phosphates.
- الأدينين والريبوز وثلاثة فوسفات.
- The energy in these bonds is released when ATP is broken down in a hydrolysis reaction, and this energy is used by the cell for various functions such as muscle contraction.
- يتم إطلاق الطاقة الموجودة في هذه الروابط عندما يتم تحلل ATPفي تفاعل التحلل المائي، وتستخدم الخلية هذه الطاقة للعديد من الوظائف مثل تقلص العضلات.

$$ATP + H_2O \xrightarrow{ATPase} ADP + P_i + H^+ + energy$$

38

Energy depletion

استنزاف الطاقة

- **Energy metabolism during exercise**
- **استقلاب الطاقة أثناء ممارسة الرياضة**
- Only a small amount of ATP is stored in the body at any time (enough to fuel approximately 2 seconds of maximal intensity muscle contraction).
- يتم تخزين كمية صغيرة فقط من ATP فى الجسم فى أى وقت (ما يكفى لتغذية حوالى ثانيتين من انقباض العضلات بأقصى شدة).
- three primary metabolic pathways:
- ثلاثة مسارات أيضية أساسية:
- the phosphocreatine (PCr) pathway,
- مسار فوسفوكرياتين (PCr)،
- the anaerobic pathway,
- المسار اللاهوائى،
- and the aerobic pathway.
- والمسار الهوائى.

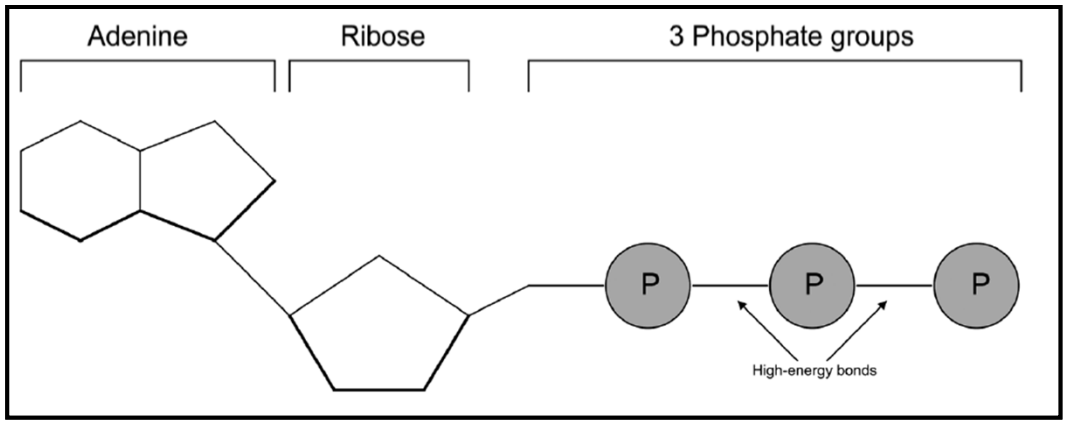
39

Energy depletion

استنزاف الطاقة

- **Energy metabolism during exercise**

استقلاب الطاقة أثناء ممارسة الرياضة



40

Energy depletion استنزاف الطاقة

- **Energy metabolism and fatigue during exercise**
- **استقلاب الطاقة أثناء ممارسة الرياضة**
- **ATP depletion** **استنفادATP**
- In exercising humans, intramuscular ATP concentrations do not fall below about 60% of resting levels, regardless of the intensity or duration of exercise. However, the ATP concentration of single fibres can drop to very low levels.
- فى البشر الذين يمارسون التمارين الرياضية، لا تنخفض تركيزات ATPداخل العضلات عن حوالى ٦٠٪ من مستويات الراحة، بغض النظر عن شدة أو مدة التمرين. ومع ذلك، يمكن أن ينخفض تركيز ATP للألياف الفردية إلى مستويات منخفضة للغاية.
- The occurrence of ATP depletion and its role in exercise-induced fatigue is open to debate, and more research is required.
- إن حدوث استنفاد ATPودوره فى التعب الناجم عن التمارين الرياضية أمر مفتوح للنقاش، وهناك حاجة إلى المزيد من البحث.

41

Phosphocreatine depletion نقص الفوسفوكرياتين

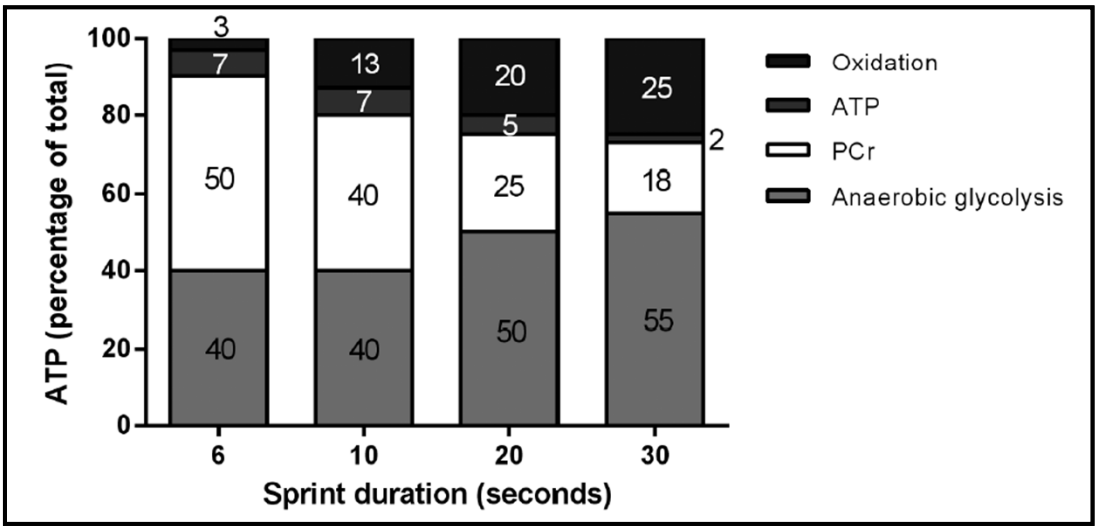
- **Energy metabolism and fatigue during exercise**
- **استقلاب الطاقة أثناء ممارسة الرياضة**
- Phosphocreatine is a phosphorylated creatine molecule that is particularly important in resynthesizing ATP during explosive, high-intensity exercise.
- فوسفوكرياتين هو جزيء الكرياتين المفسفر الذى له أهمية خاصة فى إعادة تخليق ATPأثناء التمرينات المتفجرة عالية الكثافة.

$$PCr + ADP + H^+ \xrightleftharpoons{creatine\ kinase} ATP + Cr$$

- In theory, this is sufficient for approximately 10-seconds of maximal work before PCr stores become depleted.
- من الناحية النظرية، هذا يكفى لمدة ١٠ ثوانٍ تقريبًا من العمل الأقصى قبل استنفاد مخازن PCr.

42

Phosphocreatine depletion نقص الفوسفوكرياتين



43

Phosphocreatine depletion نقص الفوسفوكرياتين

- **Energy metabolism and fatigue during exercise**
- **استقلاب الطاقة أثناء ممارسة الرياضة**
- The reduction in power output may be partially due to PCr depletion, which would reduce the rate of ATP resynthesize and necessitate a reduction in power output to prevent critical reductions in ATP concentration.
- قد يكون الانخفاض في إنتاج الطاقة ناتجًا جزئيًا عن استنفاد PCr، مما يقلل من معدل إعادة تخليق ATPويستلزم تقليل إنتاج الطاقة لمنع الانخفاضات الحرجة في تركيز ATP.
- Phosphocreatine levels are not fully depleted during single sprints lasting 5–30 seconds. Therefore, it does not appear that PCr depletion is the sole cause of fatigue during short duration maximal exercise.
- لا يتم استنفاد مستويات فوسفوكرياتين بشكل كامل أثناء الركض السريع لمدة ٥-٣٠ ثانية. لذلك، لا يبدو أن استنفاد فوسفوكرياتين هو السبب الوحيد للإرهاق أثناء التمرينات القصيرة التي تتطلب أقصى قدر من الطاقة.

44

Glycogen depletion استنزاف الجليكوجين

- **Energy metabolism and fatigue during exercise**
- **استقلاب الطاقة والتعب أثناء ممارسة الرياضة**
- Carbohydrate, in the form of muscle and liver glycogen and blood glucose, is the primary fuel during exercise.
- الكربوهيدرات، فى شكل جليكوجين العضلات والكبد وجلوكوز الدم، هى الوقود الأساسى أثناء ممارسة التمارين الرياضية.
- Carbohydrate is metabolized in glycolysis (anaerobic) and the Krebs cycle (aerobic).
- يتم استقلاب الكربوهيدرات فى عملية تحلل الجلوكوز (اللاهوائى) ودورة كريبس (الهوائية).
- Therefore, it is a fuel that can be metabolized to generate ATP across a wide range of exercise demands.
- لذلك، فهو وقود يمكن استقلابه لتوليد ATPعبر مجموعة واسعة من متطلبات التمرين.
- glycogen depletion causes fatigue, and more recent perceptions of the role of carbohydrate in exercise fatigue.
- يؤدى نقص الجليكوجين إلى الشعور بالتعب، وهناك تصورات حديثة لدور الكربوهيدرات فى الشعور بالتعب أثناء ممارسة التمارين الرياضية.

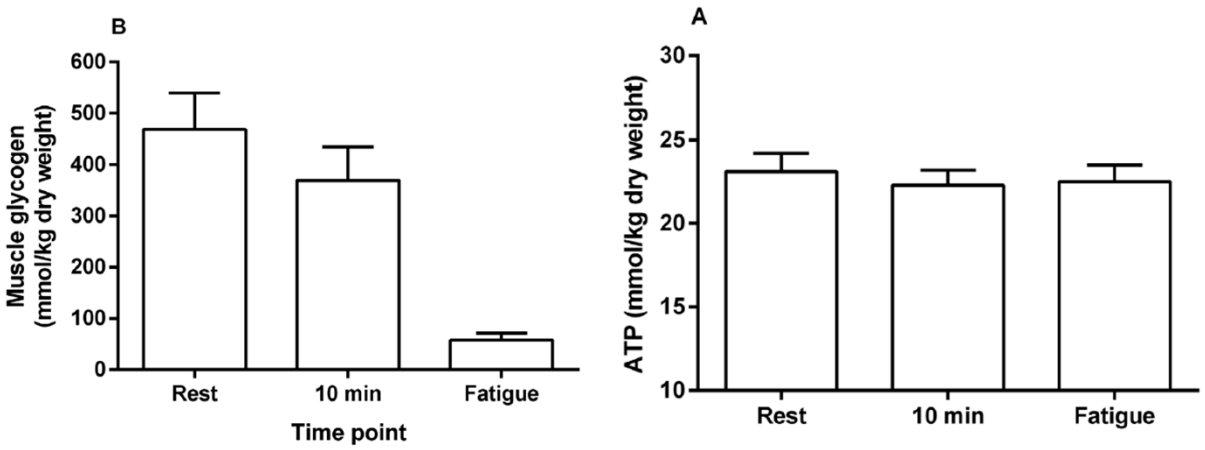
45

Glycogen depletion استنزاف الجليكوجين

- **Potential carbohydrate-related causes of fatigue during exercise**
- **الأسباب المحتملة للإرهاق المرتبط بالكربوهيدرات أثناء ممارسة الرياضة**
- glycogen is an important fuel source during exercise – we only have a limited amount of it stored in our body – when it runs out we can no longer exercise at the same intensity – the end result: fatigue. Problem solved?
- الجليكوجين هو مصدر مهم للوقود أثناء ممارسة التمارين الرياضية – لدينا كمية محدودة منه مخزنة فى أجسامنا – عندما ينفد الجليكوجين، لم يعد بإمكاننا ممارسة التمارين بنفس الكثافة – والنتيجة النهائية هى التعب. هل تم حل المشكلة؟
- The three primary glycogen clusters are sub-sarcolemmal
- المجموعات الثلاث الأساسية من الجليكوجين هى تحت الساركوما
- glycogen (located just under the sarcolemma, or muscle fibre membrane), inter myofibrillar glycogen (located between myofibrils), and intra myofibrillar glycogen (located within the myofibrils, near the muscle z-line).
- الجليكوجين (الموجود أسفل غشاء الساركوليما أو غشاء ألياف العضلات)، والجليكوجين بين الألياف العضلية (الموجود بين الألياف العضلية)، والجليكوجين داخل الألياف العضلية (الموجود داخل الألياف العضلية، بالقرب من خط Zللعضلة).

46

Glycogen depletion



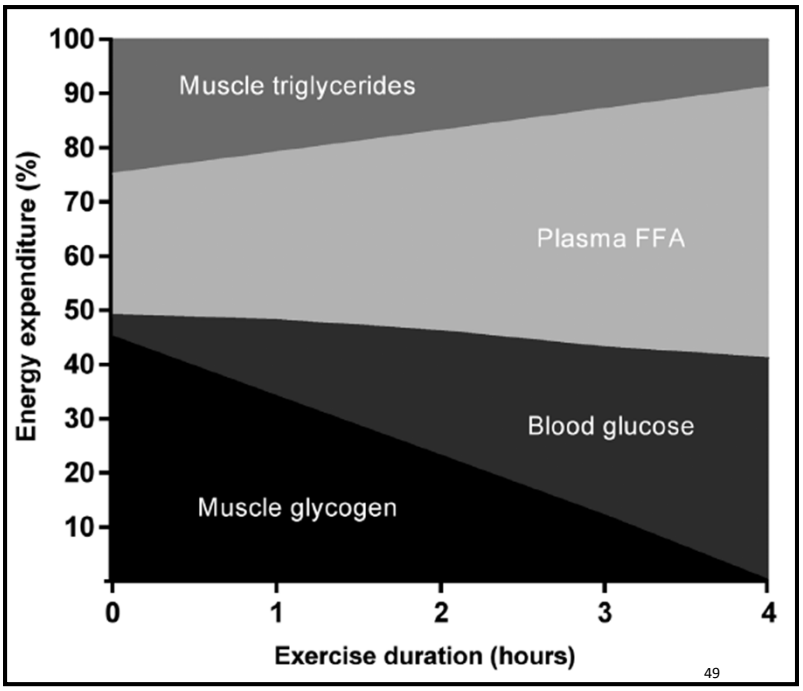
47

Glycogen depletion استنزاف الجليكوجين

- **Potential carbohydrate-related causes of fatigue during exercise**
- **الأسباب المحتملة للإرهاق المرتبط بالكربوهيدرات أثناء ممارسة الرياضة**
- GLYCOGEN DEPLETION CAUSES HYPOGLYCAEMIA, WHICH LEADS TO FATIGUE
- يؤدى نقص الجليكوجين إلى نقص سكر الدم، مما يؤدى إلى التعب
- The pattern of use of the four primary fuel sources (muscle glycogen, muscle triglycerides, blood glucose, free fatty acids) during exercise will depend on:
- يعتمد نمط استخدام مصادر الوقود الأساسية الأربعة (جليكوجين العضلات، والدهون الثلاثية فى العضلات، وجلوكوز الدم، والأحماض الدهنية الحرة) أثناء التمرين على:
- exercise mode, intensity, and duration, the training status, metabolic makeup, and pre-exercise fuel status of the athlete, and environnemental conditions, particularly ambient température.
- وضع التمرين وكثافته ومدته، وحالة التدريب، والتكوين الأيضي، وحالة الوقود قبل التمرين للرياضي، والظروف البيئية، وخاصة درجة الحرارة المحيطة.

48

Glycogen depletion



49

Glycogen depletion

- **Potential carbohydrate-related causes of fatigue during exercise**
- GLYCOGEN DEPLETION CAUSES HYPOGLYCAEMIA, WHICH LEADS TO FATIGUE
  - يؤدى نقص الجليكوجين إلى نقص سكر الدم، مما يؤدى إلى التعب
- Intramuscular fuel sources (glycogen and triglycerides) are predominant for approximately the first 90 minutes of exercise.
  - تشكل مصادر الوقود العضلي (الجليكوجين والدهون الثلاثية) الغالبية العظمى من التمارين الرياضية لمدة ٩٠ دقيقة تقريبًا.
- During prolonged exercise, blood glucose is an important fuel for working muscles and the central nervous system (CNS). Brain glucose stores are limited; therefore, the uptake of blood glucose is crucial for the brain.
  - أثناء ممارسة التمارين الرياضية لفترات طويلة، يعد جلوكوز الدم وقوداً مهمًا للعضلات العاملة والجهاز العصبي المركزي. تكون مخزونات الجلوكوز في المخ محدودة؛ وبالتالي فإن امتصاص جلوكوز الدم أمر بالغ الأهمية للدماغ.

50