

العجز والدين الأوكسينيين وكيفية قياسهما

المصدر:

كتاب فسيولوجيا الجهد البدني: الأسس النظرية والإجراءات العملية للقياسات الفسيولوجية. هزاع بن محمد الهزاع، تحت الطبع.

مفهوم العجز والدين الأكسجينيين

في بداية الجهد البدني يكون استهلاك الأكسجين من قبل الجسم في مستوى أقل مما تتطلبه العضلات من أكسجين بغرض إنتاج الطاقة اللازمة للجهد البدني، أي أن ما يستطيع الجسم توفيره من أكسجين للعضلات العاملة أقل من احتياجها الفعلي له، الأمر الذي يولد ما يسمى بالعجز الأكسجيني. والملاحظ أنه كلما كانت شدة الجهد البدني عالية (وبالتالي كان الطلب على الأكسجين من قبل العضلات العاملة عالياً) كان العجز الأكسجيني أشد. وعند تمعننا في منحنى استهلاك الأكسجين أثناء الجهد البدني المعتدل الشدة كما هو موضحاً في الشكل البياني رقم (1)، نلاحظ أن معدل استهلاك الأكسجين يزداد بالتدرج حتى الوصول إلى مرحلة الاستقرار، عندها يكون معدل استهلاك الأكسجين يوازي معدل استخدامه من قبل العضلات العاملة، وبالتالي نلاحظ تقلص العجز الأكسجيني شيئاً فشيئاً. أما عند القيام بجهد بدني مرتفع الشدة (فوق مستوى العتبة اللاهوائية)، فالمشاهد أن استهلاك الأكسجين يزداد بالتدرج أيضاً حتى الوصول إلى التعب العضلي، بدون حدوث حالة استقرار لمعدل استهلاك الأكسجين.

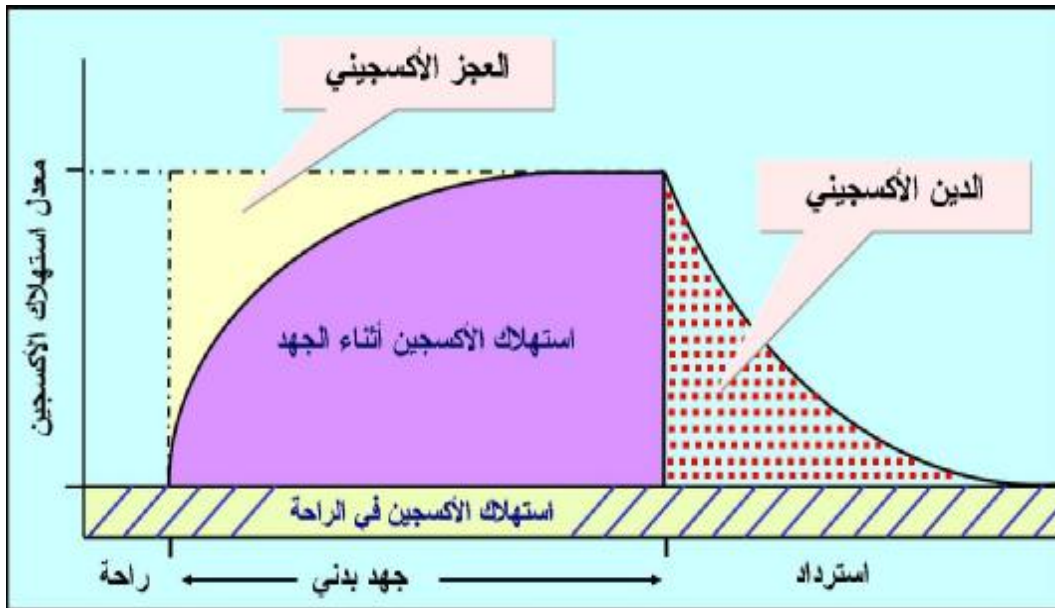
أما بعد التوقف عن الجهد البدني، فالملاحظ أيضاً أن معدل استهلاك الأكسجين لا يعود إلى مستوى الراحة مباشرة، بل يستغرق وقتاً يقصر أو يطول حتى الوصول إلى مستواه في حالة الراحة، ويعتمد ذلك الوقت على شدة الجهد البدني المبذول واللياقة البدنية للشخص. إن مجموع حجم استهلاك الأكسجين أثناء فترة الاسترداد من الجهد البدني الذي يزيد على معدل استهلاك الأكسجين في الراحة يسمى بالدين الأكسجيني، وهذه التسمية هي في الواقع تسمية قديمة، ويفضل بعض المختصين تسميته باستهلاك الأكسجين في فترة الاسترداد الزائد عن مستوى الاستهلاك في الراحة (**Excess post-exercise O₂ consumption**)، والذي يرمز له اختصاراً (**EPOC**). وعند القيام بجهد بدني مرتفع الشدة فإن مقدار الدين الأكسجيني يصبح أكبر مما هو بعد الجهد البدني المعتدل الشدة.

العجز الأكسجيني (**O₂ deficit**)

عرفنا مما سبق أن العجز الأكسجيني يمثل الفرق بين ما يتطلبه الجهد البدني من أكسجين وما يستطيع الجسم توفيره من الأكسجين، ويتم تغطية العجز الأكسجيني من عدة مصادر لا تعتمد على أخذ الأكسجين من قبل الرئتين ومن ثم نقله عبر الجهاز الدوري إلى العضلات العاملة، وتشمل تلك المصادر أنظمة الطاقة اللاهوائية والمخزون الأكسجيني في الدم والعضلات كما سيأتي ذكر ذلك لاحقاً. والمعروف أن العجز الأكسجيني يزداد كلما كان

الجهد البدني عنيفاً وقريباً من طاقة الفرد القصوى. وتتمثل المصادر التي تشارك في تغطية العجز الأوكسجيني في التالي:

- أدينوسين ثلاثي الفوسفات المخزن في العضلات (ATP).
- فوسفات الكرياتين (CP).
- التحلل اللاهوائي للجليكوجين والجلوكوز المنتهيان بحمض اللبنيك.
- الأوكسجين الملتصق بالميوغلوبين (وهو يشبه الهيموجلوبين لكنه في العضلات بدلاً من الدم).
- الأوكسجين الذائب في سوائل أنسجة الجسم.



شكل رقم (1): معدل استهلاك الأوكسجين أثناء الجهد البدني المعتدل الشدة المستقر (Steady state)، ويظهر العجز الأوكسجيني في بداية الجهد البدني والدين الأوكسجيني بعد الانتهاء منه (في فترة الاسترداد).

الدين الأوكسجيني (O₂ debt)

عرفنا أن الدين الأوكسجيني يعني كمية الأوكسجين المستهلكة أثناء فترة الاسترداد بما يزيد على معدل الاستهلاك في الراحة. ومن الملاحظ أنه كلما كان الجهد البدني عنيفاً كان كل من العجز الأوكسجيني والدين الأوكسجيني مرتفعاً. ويعزى وجود الدين الأوكسجيني إلى الأسباب التالية:

- يستخدم بعض من الأكسجين الزائد عن مستوى الراحة في توفير طاقة لتعويض مستوى فوسفات الكرياتين الذي أُستخدم في فترة العجز.
- يستخدم بعض من الأكسجين الزائد عن مستوى الراحة في توفير طاقة لتحويل بعض من حمض اللبنيك إلى جليكوجين في الكبد (تراكم حمض اللبنيك في الدم كان نتيجة لاستخدام التحلل اللاهوائي للجليكوجين والجلوكوز الذي تم في فترة العجز).
- يستخدم بعض من الأكسجين الزائد عن مستوى الراحة في فترة الاسترداد لتعويض المخزون الأكسجيني الذي أُستخدم في فترة العجز (الأكسجين الملتصق بميوغلوبين العضلات والذائب في سوائل أنسجة الجسم).

إن العوامل السابقة التي تؤدي إلى ارتفاع معدل استهلاك الأكسجين في فترة الاسترداد فوق مستوى الراحة كانت مصادر قامت بالمشاركة في تغطية العجز الأكسجيني، إلا أن العلماء لاحظوا بعد فترة من التجارب العلمية أن مقدار الأكسجين الزائد عن استهلاك الراحة في فترة الاسترداد أكبر حجماً من الأكسجين المطلوب لتوفير طاقة لتلك العوامل التي شاركت في سد العجز الأكسجيني، واعتقدوا في بداية الأمر أن على الجسم أن يدفع طاقة تزيد على ما مقدار الطاقة التي استنفها عند حدوث العجز (أي أكثر من الطاقة التي قامت بسد العجز). لكن أتضح فيما بعد أن الاستهلاك الزائد من الأكسجين في فترة الاسترداد ليس كله في الواقع لتعويض الطاقة التي قامت بسد العجز فقط، بل أن جزء منه هو من أجل إعادة الاتزان الفسيولوجي للجسم من جراء هذا الجهد البدني العنيف، والدليل على ذلك أن الدين الأكسجيني يزداد مع زيادة شدة الجهد البدني المبذول. ولكن قد يتساءل البعض لماذا على الجسم أن يعيد اتزانه، وما هي تلك العوامل التي تجعل استهلاك الأكسجين في فترة الاسترداد مرتفعاً بشكل أكبر من الحاجة لتعويض العناصر التي قامت بسد العجز؟ والجواب على ذلك هو أنه بعد الجهد البدني لا تعود الوظائف الفسيولوجية مباشرة إلى مستواها ما قبل الجهد، مما يتطلب الأمر استهلاكاً من الأكسجين أعلى من مستوى الراحة، وهذه العوامل أو الأسباب تتمثل في ما يلي:

- يعزى ارتفاع مستوى استهلاك الأكسجين في فترة الاسترداد فوق ما يتطلبه الجسم في الراحة إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم من جراء الجهد البدني، ومع ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية فإن معدل الأيض في الجسم يرتفع مما يعني زيادة في استهلاك الأكسجين خلال فترة الاسترداد.

- من الملاحظ أيضاً أن معدل ضربات القلب وكذلك إنتاج القلب لا يعودان إلى مستواهما في الراحة بعد التوقف من الجهد البدني مباشرة، مما يعني الحاجة للأكسجين لتوفير الطاقة اللازمة لعضلة القلب أثناء عملها في فترة الاسترداد.
- من الملاحظ كذلك أن معدل التنفس وحجم التهوية الرئوية يضلان مرتفعين لفترة من الوقت بعد التوقف من الجهد البدني، مما يعني أن العضلات التنفسية تعمل فوق مستوى الراحة، وبالتالي سوف تحتاج طاقة تأتي من استهلاك الأكسجين أثناء فترة الاسترداد.
- استمرار معدل الكاتوكولامين (هرموني الإبينيفرين والنورإبينيفرين) فوق مستواه في الراحة يقود إلى ارتفاع معدل الأيض في الجسم، وبالتالي إلى زيادة استهلاك الأكسجين فوق مستوى الراحة خلال فترة الاسترداد.
- إن عمليات إعادة توازن أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم بعد القيام بجهد بدني عنيف تحتاج إلى طاقة يتم توفيرها عن طريق الأكسجين، مما يجعل مستواه يزيد عن مستوى الراحة خلال فترة الاسترداد.