الفصل 9

التمرين والتعب والتوتر

ما هي حدود طاقة الجسم، وماذا يحدث إذا تجاوزناها؟ سنبحث في هذا الفصل حدود التمرين البدني والأداء الرياضي، وكيف دُفِعت هذه الحدود إلى الوراء. سوف نكتشف طبيعة الحركة والحدود ونكتشف ماذا يحدث عندما نتجاوز هذه الحدود؟ وأخيراً سوف ننظر إلى المنظِّمات الرئيسية لطاقة الجسم، وكيف توسع الفجوة بين العقل والجسم لتنظم الشعور اليومي بالطاقة والتوتر والتعب.

حدود السرعة

بالخطأ، أدخلوك في السباق النهائي الأولمبي لمسافة ألف متر. استعد! الآن أنت تدخل الملعب الكبير ويصيح الجمهور بأعلى صوت. وبينما تقترب من خط الانطلاق يتدفق هرمون الأدرينالين خلال أوردتك، ويتسارع عقلك، وينقبض أنبوبك الهضمي ومعدتك، ويختفي الدم من وجهك وجلدك، وترتعش عضلاتك وتتصلب. إنك

تلهث وعلى وشك أن يُبلِّل العرق جسدك. هذا ما يجري تحضيراً للسباق الوشيك وينطلق مسدس الانطلاق، وينطلق اهتياج في جهازك العصبي. ويصيب عضلاتك موجات عصبية، وتُفْتحُ أقنية في كل الجدار العضلي ويتدفق الكالسيوم. الآن أنت تنطلق. ويسبب تقلّص الألياف العضلية استهلاكاً كبيراً لجزيئات ATP يؤدي إلى استنفاد المخزون الكامل في بضع ثوان. ولكن لحسن الحظ تُعَوَّضُ جزيئات ATP من شكل من أشكال المخزون ـ الكرياتين الفوسفوري ـ ولكن لسوء الحظ، لا يدوم هذا إلاَّ لعشر دقائق أُخرى أَو نحو ذلك. ومن الأفضل أن تبدأ بتحليل غلوكوجين عضلاتك إلى غلوكوز واستخدام ذلك لتشكيل المزيد من جزيئات ATP. والآن إن إفطارك مُرتَفِعَ الكاربوهايدريت الذي تناولته قد ملأ عضلاتك بالغلايكوجين، الذي يفيدك عند الحاجة. وعلى كل حال، تحليل الغلايكوجين والغلوكوز إلى لاكتات لتشكيل جزيئات ATP بدون إمدادات للمايتوكندريا، فقد يمدنا بجزيئات ATP تكفي لدقيقة أَو دقيقتين. ولحسن الحظ إن زيادة عشرين ضعفاً من إمدادات الدم للعضلات تزودنا بأوكسجين كافٍ ووقود يدفع المايتوكندريا إلى الحياة. ويتضاعف عشر مرات استهلاك الأوكسجين الكلي للجسم وكذلك تحول الطاقة وتشكل الحرارة. الآن، إنك تنطلق بسرعة أمام الآخرين. إنك في الذروة وأوردتك مليئة بالأدرينالين والعقاقير المهدئة تتدفق في دماغك. وينقلب استقلابك رأساً على عقب: يرتفع الأدرينالين وينخفض الإنسولين ويجعلان الدسم يتدفق خارج خزائن الدسم ويُحرَقُ قبل الغلوكوز في

أنحاء الجسم، بينما يشكل الغلوكوز من أجل الدماغ من قبل الكبد الذي يستخدم اللاكتات والأحماض الآمنية التي تقدمها العضلات. ولكن انتظر، أنت بدأت تشعر بالتعب وعضلاتك لا تعمل بالمعدل نفسه وتسبِّب لك ألماً. أما اللاكتات التي تتجمع في أنحاء جسمك فتسبِّب لك وجعاً يشبه «الاحتراق». والآن يتجاوزك المتبارون الآخرون، ويتحول خط النهاية أمامك إلى حلم مستحيل، حيث يمكن أن يتوقف الألم والتعب في النهاية. وتَصِلُ أخيراً ـ وتنهار. وتترك الأمر لجسمك الذي يبدأ فوراً عملاً طويلاً لتسديد دين الاستقلاب الذي زاد خلال السباق ولترميم أي أذى حصل.

ولكن ما الذي يمنعنا من الانطلاق على نحو أسرع؟ لماذا نتعب؟ وكيف لنا أن نوقف هذه العقبات؟ هيمنت هذه الأسئلة على الرياضيين لآلاف السنوات وحيّرت العلماء لمئات السنين. وكما اكتشف لاڤوازييه وسيفوين في القرن الثاني عشر: يزداد استهلاك الجسم للأوكسجين بازدياد شدة التمرين. ولكننا إذا تابعنا زيادة الشدة أَو العمل المطلوب، نصل في النهاية إلى حد: استهلاك الأوكسجين الأعظمي في الجسم الذي يوازي التشكيل الأعظمي للطاقة أَو معدل استقلاب الجسم. وهذا المعدل يعادل عشرة أضعاف المعدل أثناء الراحة لدى غير المتمرنين. ولكن ما هي حدود هذا المعدل؟ ما هي العملية الجسدية التي تمنعه أن يرتفع؟ إن معدل الاستقلاب الأعظمي يمكن أن يُحَدَّدَ إما من قبل العضلات والمعدل الذي تشكله واستخدام الطاقة من أجل التقلص والارتخاء، أَو من

قبل القلب والمعدل الذي يضخ به الدم إلى أنحاء الجسم أَو من قبل الرئتين والمعدل الذي تستخدمه الرئتان لإدخال الأوكسجين إلى الدم وطرد ثاني أوكسيد الكربون.

ليست المشكلة في الرئتين، لأنه حتى خلال التمرين الأعظمي، عندما يزداد مقدار الهواء الذي نستنشقه خمسة وعشرين ضعفاً فوق مستوى الراحة، فإنهما يعملان على نحو أسرع بنسبة خمسين في المئة. وهكذا يبدو أن للرئتين سعة زائدة وربما لا تحددان المعدل الأعظمي للاستقلاب. ولقد افتُرِضَ ذلك بعد اكتشاف أن مستويات الدم من الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون مستويات ثابتة بصورة ملحوظة. فإذا حَدَّدَ مقدارُ أوكسجين الرئتين تشكيلَ الطاقة، عندئذ يهبط مستوى الأوكسجين في الدم عندما نبدأ تمريناً شاقاً أَو عنيفاً، ولكنه يتغير في الواقع بمقدار ضئيل. للتدرب على التمارين أثر ضئيل على الرئتين، ومن جهة أُخرى، التدرب من أجل التمارين الشاقة (كالعدو لمسافات طويلة) يزيد المعدل الذي يستطيع القلب أن يضخ به الدم بنسبة أربعين في المئة. ويزداد حجم القلب وتتوسع كذلك الحجيرات داخله، ومقابل كل خفقة يستطيع القلب أن يضخ المزيد من الدم. ومن أجل ذلك، تستطيع أن تعرف لياقة شخص ما من معدل أَو نبضات قلبه. ولكن قلب الشخص اللائق صحياً أكبر حجماً ويضخ دماً أكثر في كل نبضة. ومن أجل أن يحافظ هذا الشخص على الدورة الدموية نفسها، فإنه يحتاج عدداً أقل من النبضات في الدقيقة الواحدة. ولذلك يبلغ معدل نبضات قلب الشخص غير الممارس

للتمارين خمساً وسبعين نبضة وسطياً في الدقيقة أثناء الراحة. بينما تبلغ نبضات الشخص الرياضي الخمسين نبضة أَو نحو ذلك.

ولكن هل يحدد القلب التمرين الأعظمي؟ هل يحدد القلب البشري الرقم الأولمبي للعشرة آلاف متر ويحدد قدرتك لكي تعدو بسرعة مئة متر لتلحق بالباص؟ في الواقع هذان أسلوبان من التمارين مختلفان كلياً (تمارين تحمّل وقدرة) ويستخدمان وقوداً مختلفاً للجسم، كما أنهما يُحدَّدان بعوامل واضحة. خلال التمرين الأعظمي في رياضة التحمّل، يعمل القلب بنسبة تسعين في المئة من قدرته الأعظمية. وحدود الأداء البشري في رياضة التحمّل قريبة من حدود القلب بل يبدو أن القلب هو الذي يقيد الأداء. دعنا ننظر إِلى هذه المسألة بطريقة مختلفة. نستطيع أن ندرس أثر تمرين الأطراف المختلفة على استهلاك أوكسجين الجسم. إذا قمت بتمرين أعظمي لطرف واحد، ولنقل مثلاً، ساقك على دراجة، يزداد استهلاكك للأوكسجين لنحو ليترين في الدقيقة. والآن، إذا دَرَّبْتَ الساقين الاثنتين، يتضاعف استهلاكك للأوكسجين، ولكن إذا قمت بتمرين الذراعين والساقين معاً، فإننا لا نلاحظ المزيد من استهلاكك للأوكسجين، ويبقى أربعة ليترات في الدقيقة. أضف لذلك، إن تدريب الساقين والذراعين معاً يخفض مقدار العمل الذي يقوم به كل طرف بصورة إفرادية. وهكذا، إذا كنت تركب دراجة بالسرعة القصوى ومن ثم دَرَّبت ذراعيك أيضاً، فإن قدرة الساقين على ركوب الدراجة تنخفض. هذا يشير إِلى أنّه، عندما نستخدم

طرفين أَو أكثر، فإن استهلاك الأوكسجين الأعظمي، وبالتالي استخدام الطاقة، لا يحدد من قبل العضلات ولكن من قبل عمليات جسدية أُخرى متعلقة غالباً بقدرة القلب على دفع الدم في الجسم. وعلى كل حال، إن قدرة الدم على حمل الأوكسجين إِلى العضلات سيتحسن إذا زيد مقدار الهيموغلوبين في الدم، لأن الهيموغلوبين هو الذي يحمل الأوكسجين في الواقع. وقد تبين أن زيادة الهيموغلوبين يمكن أن يزيد تشكيل الطاقة الأعظمي للجسم بنسبة خمسة في المئة أَو أكثر. وهذا هو الأساس لشيء يسمى «بَلْعَةُ الدم» التي يستخدمها بعض الرياضيين: يُسْحَبُ ليتر واحد من دم الرياضي، وخلال الأسابيع التي تلي ذلك يتكيف الجسم، وذلك بتشكيل المزيد من الهيموغلوبين. وبعدئذٍ يمتزج الدم ثانية، حتى يصبح، خلال الأسابيع القليلة التالية، مستوى الهيموغلوبين أعلى من الطبيعي في الجسم. وللرياضي المصمم الخيارُ بين هذه الطريقة أَو يستطيع أن يأخذ نوعاً من الهرمون الطبيعي يدعى «إرثروبوتين» (أو EPO) الذي يحرض الجسم ليشكل المزيد من الكريات الحمر. إن هذا «العقار» هو الذي عطّل السباق في فرنسا عندما اكتشف في سيارة فريق راكبي دراجات فيستينا. ومن المستحيل تقريباً أن نعرف فيما إذا أخذ الدرَّاجون EPO أم لا، لأنه يُشَكَّلُ بصورة طبيعية من قِبل الجسم. وقد استخدم الرياضيون المصممون الجراحة لكي تزيد من إمداداتهم من الدم، وذلك بزيادة حجم شرايينهم الرئيسية وتوسيع صمامات قلوبهم. وتشير الآثار الفعالة لهذه العلاجات أن

معدل الأوكسجين الذي يصل للعضلات، يُحَدِّدُ فعلاً التشكيل الأعظمي للطاقة.

ومن جهة أُخرى، يفوز البعض في السباقات ليس بكثير من معدل استقلابي أعظمي أعلى من غيره، ولكن بسبب قدرة أكبر على التحمّل والجَلَد ـ أي تعب أقل. ويمكن للتمرين أن يزيد معدل استقلابك الأعظمي بنسبة خمس إلى خمس وعشرين في المئة، ولكنه يستطيع كذلك أن يزيد قدرتنا على التحمّل والْجَلَد، أي الزمن الذي نحافظ به على المعدل الأعظمي قبل التعب، بنسبة خمس مئة في المئة. ويبدو لنا أن ذلك ينتج عن زيادة في مقدار المايتوكندريا في العضلات أثناء التمرين. تولد المايتوكندريا جزيئات ATP على نحو فعَّال أكثر من الغلايكوليسيس الصادر عن غلوكوز والغلايكوجين وَتُمَكِّنُ العضلات أن تولد طاقة من الدسم، وليس من الكاربوهايدريت. إن التدريب على التحمّل والْجَلَد يغير الاستفادة من الوقود المستخدم لتزويد التمرين بالقدرة: يتناقص احتراق الكاربوهايدريت ويزداد مقدار الدسم المحترق، ويُمَكِّن هذا الأمر خزائن الكاربوهايدريت، الحيوية للدماغ والعضلات، أن تدوم مدة أطول. وإن نفاذ خزائن الكاربوهايدريت هو الذي يسبب التعب خلال تمرين التحمّل أَو الْجَلَد. من أجل ذلك، يأكل الرياضيون طعاماً غنياً بالكاربوهايدريت قبل المسافات الشاقة، التي تملأ خزائن العضلات والكبد. وإذا كان هنالك غذاء غني بالدسم، ينضب الكاربوهايدريت ويصيبنا التعب بعد تسعين دقيقة من العَدْو، ولكن إذا كان هنالك غذاء

غني بالكاربوهايدريت، فقد لا يحدث هذا إلاَّ بعد أربع ساعات. يدعو المشاركون في السباقات الطويلة نضوب الكاربوهايدريت باسم «الجدار»، لأن شعورهم يكون عندئذ كالاصطدام بجدار: أي تضعف عضلاتهم على نحو مفرط، ويصعب حملها وترتعش أرجلهم وترتبك أدمغتهم.

تعتمد تغذية معظم استخدام وتمرين العضلات على الكرياتين الفوسفوري والكاربوهايدريت. ومع أن وقودنا الرئيسي، أثناء الراحة، يصدر عن الدسم، إلاَّ أنه خلال التمرين الشديد يصدر خمس وتسعون في المئة من الوقود عن الكاربوهايدريت. ونحن فقط نبدأ بحرق الدسم ثانية عندما تتوقف خزائن الكاربوهايدريت عن العمل. ويمكن أن تستخدم الكاربوهايدريت لتوليد جزيئات ATP، وبالتالي توليد الطاقة بطريقتين مختلفتين جذرياً. تقوم الطريقة الأولى على حرق الكاربوهايدريت في المايتوكندريا. ويتشكل بهذه الطريقة الكثير من جزيئات ATP، نحو ثلاثين من جزيئات ATP لكل جزيء غلوكوز يحترق. ولكنها طريقة بطيئة وتتطلب الكثير من أوكسجين الدم. وتقوم الطريقة الثانية على تحويل الغلوكوز إلى حمض اللبن. تسمى هذه الطريقة غلايكلوسيس اللاهوائي، وتشكل جزئين ATP لكل جزيء غلوكوز. وهي طريقة أسرع ولا تتطلب أوكسجين، وهي وسيلة من الوسائل المستخدمة لتوليد جزيئات ATP أثناء التمرين الشديد. ويُشتق الغلوكوز من غلايكوجين العضلات، على نحو، في البداية، لا يحتاج لشيء من الدم ليغذي استهلاك الطاقة الزائدة بصورة

كبيرة للعضلات المتقلصة بصورة أعظمية. وخلال العدو لمسافة مئة متر قد تزداد حاجات الجسم من الطاقة بنسبة ثلاثين ضعفاً، ويُستهلك المحتوى الكلي لجزيئات ATP الموجود في العضلات (نحو 50 غراماً) كما ينبغي أن تتجدد الحاجات في كل ثانية. ولكن الرياضي قليلاً ما يتنفس في مدى زمن قصير من السباق ولا لزوم لمزيد من الأوكسجين لأن نصف جزيئات ATP تتجدد من الكرياتين الفوسفوري والنصف الآخر من غلايكولسيس اللاهوائي. والمشكلة في توليد الطاقة هذه أنها لا تدوم طويلاً. وينضب الغلوكوجين بسرعة ويزداد حمض اللبن الذي تشكَّل بسرعة. وحمض اللبن هو حمض فعلاً وإذا كان تركيزه عالياً فإنه «يَحْرُق» مسبباً ألماً موضعياً حاداً عبر الصدر يصيب العدَّائين غير اللائقين. وما الحمض إلاَّ سبب رئيسي للتعب.

ولتعب العضلات خلال التمرين أَو العمل، أسباب كثيرة تتعلّق بالتمرين الذي نقوم به. وقليلاً ما يفاجئنا أن نرى أنواعاً من التمارين، كرفع الأثقال وكرة القدم والعدو السريع لمسافات قصيرة والعدو لمسافات طويلة، تستخدم أنواعاً مختلفة من العضلات من أجل أزمنة مختلفة، ومصادر مختلفة من الطاقة، فارضة متطلبات مختلفة على الجسم. ومن الأسباب المعروفة للتعب عجز في إمدادات الطاقة يؤدي إلى نضوب خزائن الطاقة (كرياتين فوسفوري أَو غيلاكوجين) أَو زيادة النتاج النهائي للاستقلاب (حمض اللبن أَو الفوسفات). وقد ينشأ التعب كذلك عن عجز الإشارات التي تأمر العضلات بالتقلص. وقد يحدث هذا داخل العضلات عندما يمنع النتاج النهائي للاستقلاب

إشارات الكالسيوم التي تُقَلِّص العضلات بصورة طبيعية. وقد يحدث هذا خارج العضلات إذا فشل الدماغ في إرسال نبضات عصبية للعضلات: أي عجز الإرادة. ويُعْكَسُ تعبُ العضلات بصورة طبيعية، مع أن سد نقص خزائن الغلاكوجين العضلات، بعد عَدْوٍ أدَّى إلى إرهاق، يأخذ عادة على الأقل ثماني وأربعين ساعة إذا كان الطعام غنياً بالكاربوهايدريت. وعلى كل حال، إن التعب الناتج عن تقلص عضلي دائم بسبب ثِقَل كرفع الأثقال أَو تسلّق الصخور قد يؤدي إلى إيذاء عضلي خفيف يُعْكَسُ فقط ببطء. إن الأذى الذي يصيب العضلات والأوتار والمفاصل منتشر بين الكثير من الرياضيين المختلفين. إن التعب عمليةٌ معقدة، لا ريب في ذلك، ولا تزال غير مفهومة تماماً.

ولكن! كيف لنا أن نتغلّب على العوائق الواقعة في وجه الأداء؟ كيف لنا أن نخترق الحدود الفزيولوجية للجسم البشري لكي نصل إلى مستويات جديدة من الإنجازات في مجال الرياضة والحياة؟ أم هل حدود أداء الجسم البشري ثابتة؟ أم هل أَمَرَ القدر أن نكافح من أجل أجزاء من الثانية فيما يتعلّق بالأرقام القياسية العالمية حتى نهاية التاريخ البشري؟ ما يزال الرياضيون يوسعون حدود معدل الاستقلاب والقدرة على التحمّل منذ آلاف السنين. فقد استعمل الإغريق القدماء أظلاف الحمير بعد طحنها وغليها في الزيت مع الورود. استعمل شعب الأزتيك عصارة الصبّار ليدعم الركض الذي كان يمكن أن يستمر لأكثر من اثنتين وسبعين ساعة. استعملت شعوب الإنكا نبات الكوكا

(الذي يستخرج منه الكوكائين) لزيادة القدرة على الاحتمال. وكما ذكرنا سابقاً، تقوم الطرق العصرية الرئيسية لتحسين حدود الأداء على التدريب ونمط الحياة والراتب الغذائي. يزيد التدريب معدل الاستقلاب الأعظمي والقدرة على التحمّل: وذلك بزيادة حجم القلب وعدد من الأوعية الدموية وكتلة العضلات وكثافة آلات الأنزيما، وأخيراً وليس آخراً، مقدار المايتوكندريا في العضلات. إن نوع الألياف العضلية يمكن كذلك أن يتغيّر إضافة إلى نوع الوقود المستعمل. وهنالك نوعان رئيسيان من الألياف العضلية: نوع سريع ولكنه يتعب بسرعة، ونوع بطيء ولكن مع قدرة كبيرة على التحمّل. أما العضلة المكونة بمعظمها من الألياف السريعة فتكون بيضاء (مثل صدر الدجاجة) لأنها تحتوي على مقدار قليل من المايتوكندريا والأوعية الدموية، كما أنّها تعتمد على الغلايكوليسيس اللاهوائي لتغذي بسرعة جزيئات ATP ولكن بمعدل لا يدوم طويلاً. أما العضلات التي يتكون معظمها من ألياف بطيئة فتكون حمراء أو بنية أو رمادية (مثل ساق الدجاجة) لأنها مليئة بالمايتوكندريا والدم. ويستطيع التمرين أن يغيِّر نِسب الألياف المختلفة في عضلاتك. يمكن أن يكون لِعدَّاء المسافات القصيرة ورافع الأثقال ألياف سريعة بنسبة ثمانين في المئة، وألياف بطيئة بنسبة عشرين في المئة. بينما لِعدَّاء المسافات الطويلة عكس هذه النسبة. ولذلك من الضروري أن تقوم بالتمارين الصحيحة وإلاَّ أصبح لديك نوع من الألياف غير مناسب. وفي الرياضة التي تحتاج قدرة شديدة، من المهم أن تزيد كذلك مقدار

العضلات لأن ذلك يتعلّق بإنتاج الطاقة. ويمكن أن يتحقَّق هذا باتباع تمارين القوة وغذاء غني بالبروتين والكاربوهايدريت وتناول الستيرويد الابتنائي، وهو عقار متعلق بهرمون جنسي تفرزه الخصية ويزيد كتلة العضلات. ولكنه ممنوع في المسابقات الرياضية لأنه يُكْسِب الرياضي ميزة تنافسية من جهة، ولأن له آثاراً جانبية ضارّة من جهة أُخرى مثل حب الشباب والعجز الجنسي والعقم. لقد حُرم بن جونسون من ميداليته الذهبية الأولمبية التي نالها في سباق المئة متر سنة 1988، عندما كشف بوله عن وجود استيرويد الإبتنائي. ولكن من الصعب للغاية أن نضبط الهرمونات الطبيعية التي تزيد كتلة العضلات مثل هرمون النمو البشري. وعندما وصلت نجمة الفريق الصيني للسباحة إلى أستراليا من أجل الحصول على بطولة العالم سنة 1998، وجد ضابط الجمارك شيئاً أكثر من ثياب السباحة ونظارات الوقاية. كان لديها أكثر من ثلاث عشرة قارورة من هرمون النمو البشري، وهي كمية تكفي لتزويد الفريق الصيني كله بالهرمون الذي لا يمكن تمييزه عن هرمون الجسم الطبيعي. على كل حال، وبالرغم من أن مقداراً كبيراً من العضلات ضروري للرياضة التي تحتاج قوة، إلاَّ أن هذا لا ينطبق على الرياضة التي تحتاج قدرةً على التحمّل، ويتضح هذا في الجسم النحيل لعدَّاء المسافات الطويلة.

مع أن القوة والقدرة والتحمّل أمور هامّة للقيام بالأداء المطلوب، إلاَّ أن الأسلوب هام كذلك عندما نستخدم العضلات لأداء عملٍ كرفع الأثقال أَو ركوب دراجة إلى قمة هضبة. فقط خمس وعشرون في

المئة من الطاقة المستخدمة لتغذية العضلات تتحوّل إلى عمل، وخمس وسبعون في المئة تتبدّد كحرارة. فإذا تَمكنَّا من زيادة هذه الفعالية تَمكنَّا من زيادة الأداء. وإذا فكرت في الأمر فإن العَدْو وسيلة تَنَقُّل غريبة تشتمل على القفز إلى الأعلى والأسفل بالإضافة إلى التحرّك إلى الأمام. ويدعم هذا القفزَ مرونةُ وتر آخيل الموجود في الكاحل الذي يعمل عمل المطاط المرن فيتوسع عندما نضع قدمنا على الأرض ويتراجع إلى طوله في حالة الارتخاء ليدفعنا إلى الأعلى. وهكذا نجد أن مقداراً كبيراً من الطاقة يُحفظ أثناء العَدْو، وهذا يرفع فعالية الطاقة من نسبة خمس وعشرين في المئة إلى أربعين في المئة. ويزيد التدريبُ مرونةَ الوتر بينما تُنقص الشيخوخة هذه المرونة وتجعل العَدْو أقل فعالية. ويُعْتبرُ حيوان الكانغارو الأول بلا منازع في القفز الذي يمكن أن يزيده من 5 كم في الساعة إلى 20 دون استخدام طاقة إضافية، وإنما استخدام المزيد من القفز فقط.

يمكن للتدريب أن يُعيد هندسة الجسم ويصوغه حسب متطلبات نشاط رياضي محدد. ومن أكبر التطورات في أسلوب التدريب كان إدخال التدريب مع فاصل من الراحة. ويتألّف هذا الأسلوب من فترات متكرّرة من التمرين ثم راحة. بالنسبة للعدّائين المشاركين في المسافات المتوسطة، ويشتمل هذا الأسلوب على عشر ثوان من الركض السريع وعشرين ثانية من الراحة، مع تكرار هذا الأسلوب لساعة أَو ساعتين. من الصعب أن نرى لماذا يُحَسِّن هذا الأسلوب الأداءَ، ولكنّه يحسِّنه حقاً. لقد أُنشيء هذا الأسلوب من قبل الدكتور

ريندیل Reindell، أخصائي أمراض القلب الألماني سنة 1930 لتقوية قلوب مرضاه. وقد جَرَّب أنظمة مختلفة وقام بقياسات قلبية دقيقة. وقد أظهرت نتائجه أن أكثر الطرق فعالية كان تكرار الركض السريع لمسافات قصيرة تفصل بينها فترات راحة قصيرة، وقد أدَّى هذا إلى زيادة في حجم القلب وفي مقدار الدم الذي يَضُخ عند كل خفقة. اكتشف ريندیل Reindell كذلك أن هنالك زيادة ملحوظة في استهلاك الأوكسجين الكلي للجسم خلال التمرين (معدل الاستقلاب الأعظمي). وهكذا لم تكن التغيرات التي حَرّض عليها التدريب على فترات مقصورة على القلب فقط، ولكن حصلت في أنحاء الجسم كذلك. كما تَبين أن أكثر التغيرات إثارة كانت تجري في عضلات الهيكل العظمي. وقد طُبِّقَتْ هذه النتائج الطبية بسرعة على رياضيي الدرجة الأولى في ألمانيا النازية قبل الحرب. وقد كان ڤولديمار جيرشلر من أشهر المدربين الذين طَبَّقوا بصورة نظامية التدريب على فترات. وحذف تلميذه النجم رودولف هاربيغ ثانيتين تقريباً من الرقم القياسي العالمي لمسافة 800م سنة 1939، ثم حَطَّم كذلك بعد وقت قصير الرقم القياسي العالمي لمسافة 400م. ومات هاربيغ في الحرب العالمية الثانية، ولكن بقي التدريب على فترات، وسرعان ما انتشر حول العالم.

ومع أن التدريب مع فواصل من الراحة أثبت فائدته إلاَّ أننا لا نعرف لماذا. وفي التمرين الذي يتطلب شدة وأوقاتاً مختلفة، تُقَيِّدُ أقسامٌ مختلفة من الجسم الأداءَ كالرئتين مثلاً والقلب وإمدادات الدم

ومقدار العضلات أَو نوعها أَو المايتوكندريا. وإذا لاحظنا في نوعٍ معينٍ من التمارين أن هنالك قسماً من الجسم يقيد الأداء، عندئذٍ ينبغي أن نلتفت إلى هذا القسم وحده ونكَيِّفه حسب حاجات التمرين وذلك بزيادة حجمه أَو أدائه. ومن أجل زيادة مقدار وأداء مايتوكندريا العضلات، من المهم أن نقوم بتحديد المايتوكندريا اللازمة للتمرين. ولكن أثناء الركض لمسافات متوسطة، مثلاً، تُحَدِّدُ المايتوكندريا الأداءَ على نحو ضئيل، لأن التغذية بالأوكسجين والوقود الذي يدفعه القلب والأوعية الدموية تعمل كذلك عمل الكوابح. وإذاً، ليس للتدريب من أجل سباق المسافات المتوسطة، الذي يقوم على الركض لمسافات متوسطة إلاَّ الأثر الضئيل على تحسين مقدار فَعَّالية المايتوكندريا. ولكن خلال جهود عنيفة مفاجئة من التمرين، لا تُقَيَّدُ المايتوكندريا بالتغذية بالأوكسجين من خلال القلب أَو إمدادات الدم، لأن مقداراً ضئيلاً من الأوكسجين مخزون داخل العضلات نفسها. إذاً، لفترة قصيرة في بداية التمرين (وحتى انتهاء الأوكسجين) تنفذ المايتوكندريا كذلك وَيُؤَكِّدُ على أهميتها لدرجة أن خلية العضلات تدرك أن عليها أن تشكِّل المزيد من المايتوكندريا. ويُشَكِّلُ مِلحُ اللاكتات والجزيئات الأُخرى التي تسبِّب التعب خلال التمرين الشديد. بينما تسمح فترة من الراحة لهذه الجزيئات أن تُغْسل بماءٍ دافق يُخْرِجها من العضلات وهكذا يختفي التعب. وتُعْطي تمارين في أوقات مختلف وشدة مختلفة أهمية لأقسام مختلفة من الجسم، وبالتالي تدربها على نحو أكثر فعالية.

ارتبط الطعام والأداء الرياضي معاً منذ عصر اليونان القديمة، ولكن هذه الرابطة لم تُفهم جيداً. لا يزال عددٌ من الرياضيين يعتقدون مثلاً أن طعاماً غنياً بالبروتين ضروري للتحضير للمنافسة، بينما ثبت العكس كما بيَّنت الدراسات المعاصرة، حتى أولئك الذين يحتاجون كتلة عضلية كبيرة لا يحتاجون إلاَّ لمستويات معتدلة من البروتين، بل إن الطعام الغني بالكاربوهايدريت هو الذي يقدم الوقود الضروري لتمرينٍ شاقٍ وطويل. وأكبر تقدم مفاجئ في التعزيز الغذائي المتعلق بالقدرة على التحمّل كان الغذاء الغني بالكاربوهايدريت، وهي فكرة أتى بها إريك هالتمان Hultman الإسكندناڤي وآخرون. يقوم هذا النظام الغذائي على ملء الجسم بالكثير وبقدر المستطاع من الكاربوهايدريت قبل السباق بأسبوع، ويتألّف من الراحة (تدريب خفيف فقط) وطعام غني بالكاربوهايدريت (سبعون في المئة من الحريرات تأتي من الكاربوهايدريت) وهذا يزيد الكاربوهايدريت المخزون في العضلات (على شكل غلايكوجين) بنسبة مئة في المئة، ومع أنّه يزيد سرعة الركض الأعظمية، ولكن الأهم أنّه يزيد الزمن الذي يمكن للسرعة الأعظمية أن تحافظ عليه (التحمّل) بنسبة خمسين بالمئة تقريباً. والسبب أنه إذا نفذ الغلايكوجين في الرياضة التي تتطلّب تحمّلاً فإن التعب يتلو ذلك بسرعة. إن ملء الجسم بالكاربوهايدريت نظام من الأنظمة الغذائية التي تحقّق نجاحاً حقاً. ولكنها تناسب الرياضة التي تتطلب تحمّلاً وتدوم لأكثر من ساعة.

لقد ٱسْتُخدمَ «الكرياتين» مؤخراً على نطاق واسع كجرعة داعمة،

لأنه يُعطى في العضل ويتحوّل إلى كرياتين فوسفوري الذي يعمل كمصدر سريع لجزيئات ATP في الثواني الأولى من التمارين الشديدة. إن الكرياتين أهم اكتشاف يلائم الغذاء الرياضي منذ فكرة ملء الجسم بالكاربوهايدريت، كما أنّه انتشر على نطاق واسع كدواء لجميع أشكال التعب. وأول دليل على فائدته جاء على يدي روجر هاريس، الفزيولوجي من مركز رعاية صحة الحيوان في مدينة نيوماركت. في سنة 1984 حاول أن يعطي الكرياتين لحصان: وعندما عجز الحصان، أخذ روجر نفسُه الجرعةَ. وبعد ذلك وجد الكرياتين في دمه. وهذا يعني أنه يمكن أن ينتقل من الأنبوب الهضمي إلى الدم. وقد كان ذلك اكتشافاً هاماً لأن معظم المواد المعقدة كجزئيات ATP والبروتين تتحلّل في الأنبوب الهضمي ولا تدخل الدم سليمة كما هي. بعد ذلك، درس هاريس (وزملاؤه هالتمان وسوديرلاند وغرينهاف) فيما إذا أمكن للكرياتين أن يدخل العضلات لزيادة المستويات الطبيعية. مرة أخرى، كان ذلك تقدماً علمياً مفاجئاً وحاسماً، لأن الخلايا تُحْسِنُ انتقاء ما تريده من الدم وتنظم بصورة طبيعية محتوياتها بإحكام حقاً. كما وجدوا (مع زملائهم) أن تغذية الناس بجرعة عالية (بخمس وعشرين غراماً يومياً) من الكرياتين زاد مستويات الكرياتين في العضلات بنسبة عشرين في المئة، ولكن قد أُحرِزَ مستويات أعلى عندما رافق ذلك تمارين شديدة. وساعدت المستويات العالية من الكرياتين على زيادة مستويات الكرياتين الفوسفوري في العضلات، والأهم من ذلك، ساعدت على استعادة مستويات الكرياتين

الفوسفوري على نحو سريع بعد نفاذها بسبب التمرين. وزاد، بصورة هامشية ولكن ثابتة، أداءُ التمرين الشديد المتقطع بسبب جرعة كرياتين داعمة. أما الاختبارات التي جُرِّبتْ على عشرة عَدَّائين مُدرَّبين للمسافات المتوسطة والذين قاموا بالركض لمسافة ثلاث مئة متر أربع مرّات أَو مسافة ألف متر مع فترة راحة لمدة ثلاث أَو أربع دقائق بين كل ركض وآخر، فقد أظهرت أن أداء العدَّائين المُدعَّمين بجرعة كرياتين كان أفضل من العدَّائين الذين تلقوا مهدئاً في نهاية السباقات الأربعة، كما أن الزمن كان أسرع بالنسبة لمسافة 300م ومسافة 1000م (0,3 و2,1 ثانية على التوالي) بالنسبة للعدّائين المدعمين بالكرياتين. ومنذ ذلك الوقت، أثبتت محاولات أُخرى أن الكرياتين يمكن هامشياً أن يزيد أداء التمارين الشديدة. والأثر الجانبي الوحيد للجرعات الكبيرة من الكرياتين المعروف حتى الآن هو زيادة الوزن. أما الآثار الجانبية الأُخرى على المدى الطويل فغير معروفة حتى الوقت الحاضر.

لقد استخدمت عدة عقاقير منشطة لتحسين الأداء. وتعمل هذه العقاقير عموماً على تعزيز عمل الأدرينالين والجهاز العصبي الودي. ويعمل الأمفيتامين والكوكائين بهذه الطريقة ويزيدان الأداء ولكنهما غير قانونيين ولهما آثار جانبية متعدّدة. أما الكافائين فبديل قانوني وقد استخدمه الرياضيون منذ عهد بعيد. وتشير دراسة حديثة إلى أن تناول القهوة بمعدل فنجانين أَو ثلاثة يعزّز التمرين الشديد والقدرة على التحمّل.

إذاً للخيارات المتوفرة لزيادة الأداء البشري آثارٌ هامشية نوعاً ما. وقد تكون هامة للفرد الذي يشارك في السباق، ولكن ليس لها تضمين مثير في كتب الأرقام القياسية. لقد تناقصت ببطء أزمنة الأرقام القياسية العالمية منذ أن أُخفيت الأرقام. وازدادت السرعة المتوسطة في السباقات بصورة متناظرة. ولو كان هنالك حدود فزيولوجية أَو حدود قصوى لسرعة الركض البشري، فإننا نتوقع، كما ذكرنا، أن يندر أن يتباطأ التحسن فيما يتعلّق بالزمن والسرعة. إلاَّ أنه من الملاحظ أن هذا لا يبدو صحيحاً. فقد ازدادت الأرقام القياسية العالمية للركض باستمرار خلال القرن الماضي، دون أن يتناقص معدل التحسّن. فإذا كان هنالك حدود فهي غير منظورة حتى الآن. وكذلك الأرقام القياسية العالمية للسيدات، وعلى نحو غير متوقع، قد تحسّنت بأسرع من أرقام الرجال. وقد قَدَّرَ معدل التحسّن بريان وويب وسوزان وورد من UCLA في مقالة في مجلة نيتشر Nature «هل ستسبق النساءُ الرجالَ قريباً؟» لقد تنبأ هذان الشخصان أنّه إذا استمرت معدلات التحسن كما تحسّنت خلال الخمسين سنة الماضية، عندئذٍ ستسبق النساءُ الرجالَ في معظم المباريات الرياضية بموعد أقصاه سنة 2035، وقريباً جداً في المباريات التي تتطلّب القدرة على التحمّل كما هو الحال في سباق المسافات الطويلة. ويعتقد معظم المراقبين أن معدل تحسّن الأداء، للذكور والإناث، لا يمكن البرهنة عليه. وربما علينا أن ننتظر حتى سنة 2035 لكي نعرف الحقيقة.

ليس التمرين شأناً يخص الشخص الرياضي فقط، يجب أن يكون

شأناً يخص الجميع. إن الانحدار العام للتمرين واللياقة خلال الخمسين سنة الماضية في العالم المتطور، والناشئ عن نمط حياة تتطلّب الكثير من الجلوس قد أسهم في انتشار البدانة وأمراض القلب وربما الكآبة والقلق كذلك. يمكن للتمرين أن يساعد في منع أَو تأخير هذه الاضطرابات. وفي سنة 1992 وجد مركز دراسة اللياقة الأهلي في المملكة المتحدة أن سبعة من عشرة رجال، وثمان من عشر نساء لا يمارسون الرياضة على نحوٍ كافٍ ليفيدوا صحتهم. وَيُغيِّرُ التمرين المتكرر المتوسط الشدة أَو العالي الشدة من الطريقة التي يعالج الجسم بها الدسم والكاربوهايدريت، ولذلك تُطْرَحُ من الجسم بسرعة. وبالتالي ينخفض خطر البدانة وداء السكر والأذى الذي يصيب الأوعية الدموية. كما أن التمرين يخفِّف من القلق والكآبة ربما بتغيير مستويات الإشارات العصبية في الدماغ. والتمرين يشبه، في العالم العصري، الدواء الذي يشفي من جميع الأمراض. إلاَّ أن الانحدار السريع للياقة في العصور الحديثة يشير أن التمرين غير منتشر انتشار الفشار.

معجزة الحركة

كيف يمكن أن تحدث الحركة الإرادية؟ كيف أحرِّك ذراعي بمجرد أن آمره بذلك؟ هذا هو السؤال المركزي للغز قديم من ألغاز الحياة. بالنسبة للإغريق القدماء والثقافات الأُخرى، كانت القدرّة على الحركة المقياس للتفريق بين الحياة والموت، والإشارة إلى وجود

الأرواح والقوى الخارقة والشياطين. أما اليوم فإننا نقسم السؤال إلى ثلاثة أقسام منفصلة عن بعضها: كيف تتقلص العضلة؟ كيف ينتقل الأمر من الدماغ إلى العضلات؟ وكيف يتشكّل الأمر في الدماغ؟ فقط خلال الخمسين سنة الماضية وجدنا إجابات عن السؤالين الأولين، بينما يبقى الجواب عن السؤال الثالث محيراً كالعادة.

إن معظم الحركات الإرادية تنشأ عن التقلّص لعضلاتٍ كثيرة في الجسم. فإذا حركت يدك تجاه كتفك فإن السبب يعود إلى تقلّص العضلات ذات الرأسين الواقعة في أعلى الذراع. فإذا حركت يدك بعيداً عنك، فبسبب تقلص العضلات ثلاثية الرؤوس الواقعة أسفل الذراع، بينما ترتخي العضلات ذات الرأسين. إن ارتخاء العضلات عملية سلبية بكاملها: تتوقف العضلة عن التقلّص وقد تطول إذا تقلّصت عضلات أُخرى وسُحِبَت من طرفيها. إن حركات اليد والإصبع المعقدة، من أجل التقاط فنجان مثلاً، تنشأ عن تقلّص وارتخاء منسّق لعشرات من العضلات المختلفة. حركات التنفّس وحركات العين منسّقة كذلك بعضلات متعددة. الحركات الداخلية للقلب والمعدة والأنبوب الهضمي والرحم تنشأ عن تقلصات إيقاعية لإسطوانات من العضلات: تتألف جدران الإسطوانة من العضلات، وعندما تتقلّص يضيق قطر الإسطوانة دافعاً المحتويات للخارج.

إن الحركة الجسدية الهامة والوحيدة التي لا تنشأ عن العضلات هي انتصاب القضيب، الذي ينشأ عن احتقانه بالدم. أما لماذا لا يستخدم القضيب العضلات! فربما لأن الحركة المطلوبة ستكون

صعبة إذا استخدم العضلات. كل الحركات الكبيرة تنشأ عن عضلات متصلة بالعظام التي تُثَبِّتُ العضلات وتضخم الحركة التي سببها التقلّص. وحتى إذا وجد عظمة في القضيب (وهنالك عظمة في بعض الحيوانات كحيوان يسمى المدرع) فمن الصعب أن نمنعها للوصول إلى انتصاب القضيب. كما أن وجود عظمة يمكن أن يعيق القضيب من تغيير حجمه وشكله. وعلى كل حال، لو استخدم القضيب العضلات لأدى ذلك إلى انتصاب أسرع، لا شك.

ولكن كيف تتقلّص عضلة مفردة؟ تحتوي العضلات على عدد كبير من خيوط دقيقة تشبه الحبال الرفيعة ممتدة على طول العضلة، تجتمع متوازية مع بعضها داخل الخلية الكبيرة. وَلِنِصْفِ هذه الخيوط الدقيقة (وتسمى الخيوط الثخينة) أذرعٌ صغيرة كثيرة تنتشر على طولها، وبارزة من جوانب الخيوط الثخينة التي عليها أن تتمسك وتلتصق بالخيوط المجاورة (وتسمى الخيوط الرفيعة). وكل «ذراع» عبارة عن آلة بروتينية صغيرة، تلتصق دائماً بالخيط الثخين عند أحد أطرافها (الكتف) بينما يمكن للطرف الآخر (اليد) أن يلتصق أَو ينفصل عن الخيوط الرفيعة المجاورة. وعندما يلتصق الذراع بالخيط المجاور، فإنه قد يتقلّص أَو ينحني وهذا يجعل الخيطين يتحرّكان قليلاً بالنسبة لبعضهما أَو نوعاً ما ينزلقان على بعضهما في اتجاهين متعاكسين. عندئذٍ يستطيع الذراع أن ينفصل عن خيطه المجاور ويرتاح، ومن ثم يلتصق ثانية باتجاه الأعلى ثم يكرّر دوره من الالتصاق والتقلّص والانفصال والراحة خمس مرّات

في كل ثانية. وَتُغَذَّى هذه الدورة من قبل جزيئات ATP: جزيء ATP يرتبط بالقسم من الذراع الذي ينحني. وانقسام ATP يُغذي التقلّص والدورة. وتعمل جزيئات ATP عمل البندقية المليئة بالنوابض، الذراع يربط البندقية ATP داخل البنية ويسحب الزناد جاعلاً الذراع يغيِّر شكله (نوع من الحركة الاهتزازية لليد حسب النماذج السائدة) وهذا يغذي التقلّص.

هنالك الكثير من «الأذرع» على كل خيط ثخين (نحو ثلاثة مئة خيط)، وكل ذراع يسحب الخيوط المجاورة جاعلاً إيّاها تنزلق فوق بعضها بمعدل يصل إلى 15/1000000 من المتر في الثانية. وبعض الخيوط ترتبط بصورة غير مباشرة بالعظام عند إحدى نهايات العضلة. وهكذا عندما تنزلق فوق بعضها تتقلّص العضلة. وتشبه هذه المسألة لعبة شد الحبل باستثناء أن كل الذين يشدّون الحبل، في لعبة تقلّص العضلة، مربوطون بحبلٍ واحدٍ (خيطهم الثخين المشترك). ويتجه نصف الفريق باتجاه ويتجه النصف الآخر عكس ذلك الاتجاه وظهور بعضهم لبعضهم الآخر. إنّهم لا يسحبون الحبل الذي يربطهم معاً، ولكن يَسحبون حبلين آخرين (الخيوط الرفيعة) وغير مربوطَيْن بأي ذراع. إلاَّ أنهم يُسحبون في الاتجاه المعاكس من قبل فريقين آخرين. وقد ترتبط عدة فرق وحبال مع بعضها بهذه الطريقة وعلى شكل خط طويل. وإذا اتصل طرفٌ بشيء ثابتٍ واتصل الطرف الآخر بثقلٍ متحركٍ، فإنه سوف يتقلّص ويقوم بالعمل بسحب الثقل. ويعرف هذا النموذج من التقلّص العضلي باسم «نموذج الخيط المنزلق» وقد

اقترحه البيولوجيّان في جامعة كامبريدج هاغ هاكسلي وأندرو هاكسلي سنة 1953 و1954.

ومع أن هذا النموذج يخبرنا كيف تتقلّص العضلة، لكنه لا يخبرنا كيف يُنظم هذا التقلّص. وكما هو الحال في جوانب كثيرة من البيولوجيا، من الضروري أن تعرف ليس فقط كيف تفعل أمراً ولكن متى تبدأ ذلك ومتى تتوقف. تتطلب حركات كالركض مثلاً تقلّصاً واسترخاءً متبادلين للكثير من العضلات التي ينبغي أن تكون منسّقة بدقة وإحكام. وتتطلّب هذه المسألة جزيئاً يبلغ بالإشارة الأمر من النبضات العصبية الصادرة عن الدماغ إلى آلة التقليص الموجودة داخل الخلايا العضلية. ويُحمل هذا الأمر داخل الخلايا العضلية من قبل الكالسيوم. ويرتبط الكالسيوم بالخيوط الرفيعة ويسمح بالتفاعل الدوري بين الخيوط المتجاورة التي تغذي التقلّص. وفي حالة انعدام الكالسيوم لا تستطيع أذرع الخيوط الثخينة أن ترتبط بالخيوط الرفيعة المجاورة فترتخي العضلة. وهكذا نجد أن العضلة تتقلّص عندما يرتفع مستوى الكالسيوم وترتخي عندما يكون منخفضاً.

ولكن كيف يرتبط التقلّص العضلي بالدماغ الذي يأمر العضلة أن تتقلّص. يرتبط الدماغ بالعضلة بواسطة خلايا عصبية حركية (العصبون) التي تنتهي بالعضلة. عندما يبدأ العصبون الحركي بالعمل، تمر نبضة كهربائية على طول العصبون وتصل لنهايته مشكّلة مادة كيميائية (إشارة عصبية تسمى أستيل كولين) تُطلق من نهاية

العصبون إلى الخلايا العضلية. بعدئذٍ ترتبط هذه الإشارة العصبية بمسامات محددة في غشاء الخلية العضلية، جاعلة المسامات تنفتح لتسمح للشحنة الكهربائية أن تجتاز الغشاء. وهذا يولِّد شرارة تُحدِثُ إشارة كهربائية تنفجر بسرعة عبر غشاء الخلية وفي أنحاء العضلة كذلك. وتَحُثُّ الإشارة الكهربائية بدورها مسامات غشاء الخلية العضلية أن تنفتح، فتسمح للكالسيوم بدخول الخلية. ويُنَشِّطُ الكالسيوم الذي يدخل من خلال المسامات إطلاقَ المزيد من الكالسيوم من الخزائن الداخلية. وَيُحْدِثُ الزيادةُ السريعةُ في مستوى الكالسيوم داخلَ الخلية تقلّصاً عضلياً. وعندما تتوقف الإشارة العصبية، لا يدخل الكالسيوم الخلية، بل يُبْعَدُ خارجاً ليعود إلى خزائنه، الأمر الذي يسبِّب هبوطاً في مستوى الكالسيوم، وهكذا ترتخي العضلة. أما إبعاد الكالسيوم فيتطلب الكثير من الطاقة تأخذ شكل جزيئات ATP. وفي الواقع، إن ثلث الطاقة المستخدمة في تقلّص وارتخاء العضلات تُسْتَعمل فقط لطرد الكالسيوم خارج الخلية العضلية، الأمر الذي يسمح لها بالارتخاء.

إذاً، هذه هي كل المسألة. هكذا تحدث الحركة. ليس هنالك ضرورة أَو حاجة للأرواح أَو القوى الحيوية ـ فقط عدد كبير من آلات جزيئية داخل بنية معقدة بصورة تدعو للدهشة. وكأن هنالك من وضع ألحاناً راقصة ليشكِّل حركة منسّقة كحركة راقصة الباليه وهي ترقص على أصابع قدم واحدة.

من يتحكّم بالطاقة؟

إن الحصول على الطاقة أمر يختلف عن استخدامها. قد يحمل رجل بدين مئة كيلو من دسم غني بالطاقة ولكن قد يجد صعوبة في استعمالها لكي يصعد الدرج. وقد تملك امرأة مصابة بإرهاق مزمن كل الآلية السليمة لإنتاج الطاقة ولكنها غير قادرة أَو غير راغبة في استخدامها. قد يتناول رياضي ما يكفي من المعكرونة ليغذي نفسه بطاقة تكفي لعشرة سباقات طويلة، ولكنه لا يستطيع أن يفوز بالميدالية الذهبية للركض. لماذا يا ترى؟ ما هي المشكلة؟

إنها على كل حال مشكلة هامة ومألوفة في كل مجالات الحياة. قد يكون للاقتصاد القدرة على إنتاج البضائع التي نريدها، ولكننا لا نملك النقد الجاهز لنشتري تلك البضائع. قد يكون للطريق الرئيسي ثمانية ممرات من حيث نكون وإلى حيث نريد أن نذهب، ولكن هنالك ورشة صيانة تسد الطريق جزئياً. قد يكون لدينا المال الكافي لنشتري ذلك المنزل ولكنه عالق بين عدد من البائعين والمشترين. وقد يكون هنالك شمس كافية في الصحراء تكفي لنمو غابة ولكن الماء غير متوفر!!

هنالك أمور تحدد أَو تقيّد عملية ما وأمور أُخرى لا تفعل ذلك. في الأمثلة المذكورة أعلاه، تَقَيَّدَ الاقتصاد بنقود المستهلك والاستهلاك ولكن ليس بإنتاج البضائع. وَتَقَيَّد زمن رحلتك بعدد الممرّات التي تعمل من خلال ورشات صيانة الطرقات، وليس بالعدد الباقي من ممرّات الطريق العام. أما متى تستطيع أن تشتري ذلك

المنزل فمقيّد بالزمن الذي يستطيع به البائع أن يجد منزلاً آخر، وليس بتوفر نقودك. وَتَقَيَّد نمو الغابة بالماء وليس بالشمس.

وبالطريقة نفسها، قد يتقيد شعورنا بالنشاط أو الطاقة ببعض الأمور وليس بأمور أُخرى. وأن يكون لديك طاقة ليس كالذي يستطيع أن يستخدمها. والسبب أن السرعة التي تستعمل فيها الطاقة للحركة والتفكير، لا تكون عادة مقيدة بتوفّر وقود الطاقة، ولكن بعوامل أُخرى. والقوة أو السرعة التي تعمل فيها يمكن أن تكون مقيدة بمقدار الغلوكوز أو الوقود في بعض الظروف كالجوع مثلاً، ولكن ليس دائماً. فتناول حبة من الغلوكوز أو قطعة من الشوكولاته لن تفيدك في معظم الظروف بل غالباً ما سوف تسبِّب لك أذى لأسباب سنراها فيما بعد. كما أن التهام مرطبان من جزيئات ATP لن يُحَسِّن مستويات طاقتك علماً أن مرطبانات من ATP قد بيعت لهذا الغرض. وهنالك ثلاثة أسباب لذلك: أولاً، لا تدخل جزيئات ATP إلى الدم عن طريق الأنبوب الهضمي. وثانياً، إذا دخلت إلى الدم فإنّها لا تدخل إلى الخلايا. وثالثاً، حتى إذا دخلت إلى الخلايا، فإن التغذية التي تقوم على جزيئات ATP لا تُقَيِّدُ الاستخدام. وحتى إذا لم تُقيِّد هذه التغذية الاستخدام، كما يمكن أن يحدث في الركض لمسافات طويلة، فإن المقادير المطلوبة ضخمة وتقدّر بنحو 10 غرامات من جزيئات ATP في الثانية لِعَدَّاء المسافات الطويلة أو نحو مئة كيلو لكل سباق طويل المسافة.

تمتلئ أقسام الصحة ومجلات الصحة بمنتجات تشحنك،

ظاهرياً، بالطاقة، لأنها تتعلّق باستقلاب الطاقة. وفي الواقع إن نسبة تسع وتسعين في المئة من هذه المنتجات لن تفعل شيئاً في الأحوال العادية لأن تدبير طاقتك لا يرتبط بهذه العوامل.

إذا لم تحدد إمدادات الوقود طاقتنا بصورة طبيعية، فماذا يحدّدها؟ عادة آلية الخلية هي التي تحول تلك الطاقة إلى جزيئات ATP أو أن الآلية التي تستخدم جزيئات ATP لتقوم بالعمل كتقلص العضلات مثلاً أو النبضات العصبية. ولهذه الآلية معدل أعظمي ومهما أعطيتها من الطاقة فلن تصبح أسرع مما هي عليه. على كل حال، يُنَظَّم المعدل الذي تعمل به الآلية من قِبل الهرمونات والأعصاب بينما ينظم مقدار الآلية في الخلية من قبل DNA. فمثلاً، إذا كنا نقوم بتمرين بانتظام، فإن الآلية لتشكيل الطاقة (مايتوكندريا) واستخدامها (الخيوط العضلية) تزداد ببطء داخل عضلاتنا. لأن الأوامر ترسل إلى DNA لتزيد مقدار البروتينات في الخلية. إذاً، هنالك أمور نستطيع أن نقوم بها لتزيد مستوى طاقتنا، ولكنها غير واضحة وضوح تناول المزيد من الوقود.

إن عملية تتألّف من سلسلة من الأَعمال غالباً ما تكون بطيئة بطء أبطأ عمل رئيسي واحد، ليس أسرع وليس بالمعدل نفسه ولكن بالمعدل الأبطأ. ونحن جميعاً نعرف ذلك من خلال خبرتنا عن البيروقراطية. ويعلم مدير خط إنتاج أنّه ليس من المفيد إنتاج مئة هيكل سيارة في اليوم، إذا كان ينتج عشرة محركات في اليوم. فلماذا لا ينتج مئة محرك في اليوم؟ أَم لأَنه لا يستطيع تأمين قطع الغيار

الكافية ليصنع عشرة محركات في اليوم؟ مهما يكن من أمر، قد يكون من الأفضل إنتاج عشرة أنواع من كل شيء: عشرة محركات، عشرة هياكل، عشرة أطقم من الدواليب.. إلخ. وإلاَّ يمتلىء المصنع بسرعة بقطع سيارة لا تستعمل.

ويحدث في الجسم الأنواع نفسها من المشاكل. تتشكّل الطاقة عن طريق إحراق الطعام، وتُسْتَخْدم من أجل صيانة الخلايا والقيام ببعض المهام مثل النمو والإنجاب وتقلص العضلات والمحافظة على الدفء. ولكن هذه العملية الشاملة تشتمل على مئات من الأعمال الصغيرة الأُخرى، مثل الحصول على الطعام وتناوله وهضمه وامتصاصه وتوزيعه في الدم، وامتصاصه من قبل الخلايا وتحليله خطوة بعد خطوة من قبل الاستقلاب، وحرقه خطوةً دقيقةً بعد خطوةٍ دقيقةٍ أُخرى من قبل المايتوكندريا، وتحوله إلى كهرباء إلكترون، وتحوله إلى كهرباء البروتون، وتحوله إلى كهرباء الفوسفات وتوزعه في أنحاء الخلية، ومن ثم تحوّله إما إلى كهرباء الصوديوم على الغشاء أَو استعماله ليحرِّك العضلات أَو الآلات الأُخرى أَو أي شيء آخر. والنقطة الأساسية هي أن هنالك عدة خطوات إفرادية ينبغي أن تسير بالمعدل نفسه وإلاَّ اضطربت العملية بكاملها بسرعة.

لن يكون هنالك مشكلة كبيرة لو كان لدينا معدل ثابت لتشكيل الطاقة عندئذٍ نستطيع أن ننظم المئات من الخطوات الصغيرة في عملية تشكيل الطاقة لكي تعمل جميعها بالمعدل نفسه وسيكون الجميع سعداء. ولكن، ولسوء الحظ، ليس الوضع هكذا. يعترض الجسمَ

باستمرار نوعان من التغير: تغير في مقدار الطاقة المطلوبة، وتغيّر في الوقود ونوعه. عندما تُسْرِعُ فجأة من وضعية الراحة إلى الركض بالسرعة القصوى لتهرب من حيوان وحيد القرن المهاجم، تزيد خلايا عضلاتنا استخدام طاقتها عشر أو عشرين مرة. فإذا لم نفعل ذلك فإننا سنموت على قرن وحيد القرن. وإذا تَمكنّا من الهروب بالتسلّق على شجرة الأوكاليبتوس فعلينا أن نخفض تشكيل طاقتنا إلى مستوى الراحة. فإذا أخفقنا في ذلك فإن احتياطي طاقتنا سوف يُستهلك في بضع ساعات. وعلى كل حال، إذا استمر وحيد القرن في البقاء عند أسفل الشجرة طيلة الليل، فإننا سنقع في مشكلة إلاّ إذا تولت إمدادات الوقود من الغلوكوز إلى الدسم، فإذا لم نفعل ذلك، فإن مخزون الغلوكوز سوف ينفد عند الفجر. وسوف تتجمّد أدمغتنا وسوف نقع من على الشجرة. ومرة أُخرى، بعد أن علقنا بلا طعام لمدة ثلاثة أيام على الشجرة، وإذا أنقذنا أمير أو أميرة على بساط الريح واندفعنا بسرعة إلى وليمة عامرة بما لذَّ وطاب من وحيد القرن المشوي، عندئذٍ علينا أن نحوّل استقلابنا إلى تنظيم الغلوكوز والدسم. وإلاّ سوف نشعر بالحرج بسبب نقص احتياط الوقود عندما يُلقى بنا خارج القصر في الصباح.

إذا كان ينبغي تغيير استقلاب الطاقة والوقود، إذاً علينا أن نجد مكاناً داخل هذا الاستقلاب حيث تُنَظَّمُ العملية المعقَّدة بكاملها بواسطة ـ مفتاح تحويل رئيسي لبدء وإيقاف تشكيل الطاقة. في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، هنالك من اعتقد أن كل

عملية في الجسم خطوة مقيدة للمعدل، أَو خطوة رئيسية أبطأ من جميع باقي الخطوات تعمل «كعنق زجاجة» أَو «منظم سرعة» يضبط الخطوة أَو السرعة لكل الخطوات أَو السرعات. وعند هذه الخطوة المنظمة كان يعمل الهرمون ليغير معدل العملية لأن المعدل الإجمالي للعملية يمكن أن يتغير عند هذه الخطوة المُقَيِّدة للمعدل وهكذا ينظم. في السبعينيات من القرن العشرين هنالك من أتى بنظرية ثورية جديدة «تحليل التحكّم بالاستقلاب» وقد جاءت على أيدي هنري كاكسر وهنري بيرنز في مدينة أدنبره، ورينهارت هيزيك وتوم رابوبورت في مدينة برلين.

وخلاصة فكرتهم أن حجم الخطوات المختلفة التي كانت تقيد أَو تحدِّد المعدل ينبغي قياسه، عندئذٍ نستطيع أن نقرّر فيما إذا كان هنالك منظِّمات خطوات في الخلية أم لا. لم يكترث أحد في الماضي ليقيس حجم الخطوات المختلفة التي كانت تحدّد المعدل، لأنهم، من جهة، لم يعرفوا السبيل إِلى ذلك، ومن جهة أُخرى لأن النظرية السابقة قالت إن هنالك خطوة واحدة مقيدة ولذلك لم يكن هنالك فائدة من قياس كم كانت الخطوات الأُخرى مفيدة. لقد زوَّدتنا نظرية تحليل التحكّم بالاستقلاب بوسيلةٍ لقياس مقدار الخطوة المقيِّدة في عملية ما، وفسّرت كيف كان يعمل التقييد والتحكّم والتنظيم. لقد بينت لنا مثلاً أنك إذا أنقصت حجم الخطوة التي قيَّدت عملية ما، فإن عملية مختلفة لا بد أن تصبح أكثر تقييداً. وهكذا، إذا تَقَيَّدتْ طاقتك

بالفيتامينات، عندما تأخذ دلواً مليئاً منها، فلن تصبح الفيتامينات مُقيِّدة، ولكن شيئاً آخر سيكون قد أصبح هكذا.

عندما بدأ العلماء استخدام نظرية تحليل التحكّم بالاستقلاب لقياس الحجم الذي كانت الخطوات المختلفة (مثلاً داخل تشكيل جزيئات ATP) تُقَيِّدُ معدلات الاستقلاب الإجمالية، أدهشهم أن يجدوا أن معظم طرائق الاستقلاب لم يكن لها خطوة واحدة مقيِّدة للاستقلاب، ولكن عدة خطوات تقيد المعدل على نحو ما. كما أنّهم وجدوا أن توزيع تقييد المعدل بين خطوات مختلفة كان يتغير في شروط مختلفة. وقد كان لذلك معان هامة تتعلَّق بمستوى طاقتنا والمعدل الذي بموجبه نقيِّم بالأمور المختلفة. ليس هنالك خطوة واحدة داخل أجسامنا أَو خلايانا تقيّد أداءنا ولكن هنالك عدد من الخطوات أَو عمليات مختلفة التي تقيّده جزئياً. أما ما هي هذه الخطوات فإن ذلك يعتمد على الشروط. ليس هنالك خطوة واحدة أَو منَظِّم واحد مركزي وقوي داخل أجسامنا يقيد أو يتحكّم بأدائنا ومستوى طاقتنا في كل الأحوال، ولذلك ليس هنالك فيتامين واحد أَو عقار أَو علاج يستطيع أن يتخذ هذا المنظم هدفاً لتحسين أدائنا بصورة كبيرة أَو يشحن مستويات طاقتنا. هنالك في الواقع عدد كبير من العمليات، وكل واحدة منها تقيد عقار أداءنا قليلاً. وإذا فعلنا أَو أخذنا شيئاً لتحسين عملية واحدة، عندئذٍ سوف يتحسّن أداؤنا العام قليلاً، ولكن شيئاً آخر سوف يقيّده.

قَارَنَ كاكسر فكرةَ الخطوة المقيِّدة للمعدل بسياسة الحكم

الدكتاتوري: حيث يأمر شخص واحد الجميع بما عليهم أن يفعلوا، لأن الخطوة المقيدة للمعدل تستطيع أن تأمر الخطوات الأُخرى بأي معدل عليها أن تعمل. أما العمليات الخليوية فقد قال إنها تعمل عمل الديمقراطية، حيث لمعظم الخطوات قول ضئيل ولكن هام يؤثِّر على السرعة التي تجري فيها العملية الإجمالية. وقد برهن الزمن وتطبيقات هذه النظرية أنه كان على صواب.

إذا كان على الخلية أن تغير الانتفاع من الوقود وتشكيل الطاقة حسب المتطلبات المتقلبة للجسم، فإنّها تحتاج أن تعرف المقدار المتوفر من الوقود والمقدار المطلوب من الطاقة. ولكن كيف لهذه الخلية، المنخفضة الجناح، أن تعرف هذا دون أن يكون لها دماغ خاص بها. ومن سيخبر كل آلة من تريليونات الآلات الجزيئية الدقيقة التي تكوِّن آلافاً من الخطوات الاستقلابية الموزعة بين اثني عشر عضواً مختلفاً عن كل هذه التغيرات؟ إذا بدأت العضلات بالركض، من سيخبر الكبد أن يبدأ بتشكيل المزيد من الغلوكوز؟ إذا أتخمنا أنفسنا من البوظة أَو الجيلاتي من سيخبر العضلات وأنسجة الدسم أن تخزِّن المحروقات الزائدة؟ إن الأعضاء وعدد لا يحصى من آلاتها الجزيئية لا تعرف بالبديهة ما هي حاجات بقية الجسم. إنّها بحاجة إلى رسول يُعْلِمُها. وتأتي الرسالة عن طريقين رئيسيين: عن طريق الهرمونات في الدم، وعن طريق الإرشادات العصبية التي تطلقها الأعصاب. الهرمونات رسل ماهرة تنسّق استجابة الأعضاء المختلفة وفق حاجات الجسم المتغيرة. ولكن الأعصاب التي تتشعب من

الدماغ، أيضاً تَنْفُذُ إلى كل عضو من الجسم، وعندما تنشأ حاجة تُطلق إشارات عصبية محلية داخل الأعضاء لكي تنظم وظيفتها.

بالرغم من أن وسيلة نقل الرسالة مختلفة بالنسبة للهرمونات (من خلال الدم) والإشارات العصبية (خلال الأَعصاب) إلاَّ أن استقبالها من قبل الخلايا متشابه. ينبغي أن يكون هنالك مِكشاف في مكان ما على سطح الخلية يستطيع أن يميز وجود ذلك الرسول خارج الخلية ويذيع الرسالة إلى كل الآلات الجزيئية داخلها. يدعى هذا المكشاف باسم «المتقبل»، وربما هنالك آلاف أَو ملايين على سطح خلية واحدة. وما «المتقبل» إلاَّ آلة بروتينية تربط الهرمون أَو الإشارة العصبية. وهذا يجعل «المتقبل» أن يغير شكله وأن يمرر الرسالة خلال غشاء الخلية إلى الآلية داخل الخلية. وعندما ينشط «المتقبل» بسبب ارتباطه بالهرمون أَو الإشارة العصبية، فعليه أن يشكِّل رسالة ثانية داخل الخلية لتمر من الغشاء إلى كل الآلات الجزيئية داخلها، والتي ستنفذ الرسالة وذلك بالقيام بما هو مطلوب منها. وَتُعْرفُ هذه الرسالة الثانية في الواقع باسم «الرسول الثاني» ويُسْتَعْمَلُ الكثير من أنواع مختلفة من الجزيء أَو التغيير كرسولٍ ثانٍ. وقد يكون جزيء بسيط كالكالسيوم أَو يشتمل على آلة بروتينية التي تشغل أَو توقف الآلات البروتينية التي هي هدف الرسالة. وقد يكون هدف الرسالة DNA الخاص بالخلية. أما الرسول الثاني فقد يُشَغِّلُ مورثات معينة داخل DNA، مشكِّلاً بروتينات جديدة داخل الخلية تؤدي إلى أنشطة جديدة. وهكذا قد تمر معلومات الرسالة خلال عدد لا يحصى من

تفاعلات جزيئية، داخل الجسم وخلاياه، عندما تمر من الإشارة إلى الهدف.

ولكن الخلية ليست كلياً سلبية في استقبال هذه الرسالة. إنها ليست جارية أو عبدة لرسالة واحدة. إنها تتلقى مئات من الرسائل المختلفة في آن واحد عن طريق هرمونات وإشارات عصبية مختلفة والكثير من الجزيئات ذات الإشارة. ولذلك على الخلية أن تجمع كل هذه المعلومات وتقرّر ماذا تفعل بالاستناد إلى بنيتها الوراثية الخاصة بها، والتي تعتمد على نوع الخلية وتاريخها. أما معالجة المعلومات من قبل خلية واحدة فليس مهمةً سهلة. وتصبح هذه المهمة مربكة للغاية عندما نأخذ بعين الاعتبار أن دماغنا وجسمنا يتألفان من بلايين الخلايا. إن نقل ومعالجة المعلومات وظيفة رئيسية للخلية (أما الوظيفتان الأخريان فهما نقل ومعالجة المادة والطاقة). وتكرس الخلية وظيفة كبيرة من آليتها وطاقتها من أجل هذه المهمة الهامة. وقد يرتبط نحو نصف استخدام طاقة الجسم البشري بمعالجة المعلومات مع العلم أنه من الصعب غالباً أن نفك الارتباط بين معالجة المادة والطاقة والمعلومات داخل الجسم.

ومن المهم أن نتذكر التمييز بين الطاقة والمعلومات. إن تدفق الأدرينالين يزيد قدرتنا على توليد واستخدام الطاقة. ولكن الأدرينالين نفسه ليس طاقة ولا يمكنه أن يشكّلها. إن الأدرينالين عبارة عن إشارة، أو جزء من جريان معلومات بين الأعضاء. كما أنّه يعمل عن طريق المتقبل الخليوي والرسول الثاني على تنظيم جريان الطاقة

خلال الآلية الخليوية. ومع ذلك، نحن معنيون اليوم برفع مستوى طاقتنا. ومن أجل ذلك، نعتبر الأدرينالين فعالاً كفعالية الطعام والأوكسجين، بل أكثر فعالية. وإذاً، ليس الأدرينالين (والكثير من الهرمونات والعقاقير الأُخرى) إلاَّ مُنَظِّمات للطاقة دون أن تزوّد نفسها بشيء منها.

يَسكن مستوى آخر من التنظيم داخلَ الدماغ نفسه ويعمل من خلال الأَعصاب والهرمونات ويعتمد عملُ العضلاتِ أساساً على الدماغ الذي يرسل رسالة إلى الأَعصاب ليخبر العضلة أن تبدأ أَو توقف التقلّص وشدة هذا التقلّص. وأحياناً ينشأ التعب عن عضلات لا تعمل بجهدٍ كافٍ، وأحياناً عن أَعصاب لا تعمل بسرعة كافية، وأحياناً عن الدماغ نفسه المصاب بالتعب والإرهاق (ويسمى التعب المركزي). وقد يكون للجسم مقدار كبير من الطاقة والقدرة على القيام بالعمل. ولكن إذا كان الدماغ متعباً أَو نائماً أَو ينقصه الدافع الكافي ليقوم بالعمل فقد لا يحدث هذا العمل. يستطيع الدماغ أن يُنَظِّمَ بعض الأشياء مباشرة بواسطة الأَعصاب وأشياء أُخرى بصورة غير مباشرة، وذلك عن طريق تحريض إطلاق هرمونات الأدرينالين. وتقع الأَعصاب التي تذهب إلى العضلات تحت مراقبتك الواعية. وتُنَظِّمُ الأَعصاب الأُخرى (وهي جزء من الجهاز العصبي اللاإرادي) الذاهبة إلى بقية الجسم من قبل دماغك اللاواعي. وتستطيع هذه الأَعصاب التي تُنَظَّم من قبل الدماغ العاطفي أن تُسرِّع أَو تبطئ بعض العمليات في الجسم كالهضم وخفقان القلب، كما تستطيع أن تسبِّب

إطلاق الأدرينالين أَو الهرمونات الأُخرى. وهنالك، على كل حال، الكثير من العمليات الهامّة في الجسم كالنمو مثلاً التي قليلاً ما يؤثِّر عليها الدماغ، وهنالك عمليات أخرى ليس للدماغ عليها سلطان.

وإذاً هنالك عدة عوامل مختلفة تقيد تشكيل الطاقة في شروط مختلفة. وتُنَظَّمُ كل العملية من قبل الهرمونات والدماغ وآلية خليوية معقّدة. ولكن كيف يؤثِّر هذا على حياتنا؟ لكي نزيد مستوى طاقتنا من المهم أن نعرف ماذا يقيد ذلك المستوى في ظروفنا المحدّدة، لأن معظم العمليات المشتركة لا تقيد شيئاً في الواقع، ولذلك فإن معظم العقاقير والفيتامينات والجرعات الداعمة والعلاجات سيكون لها حَدٌّ أدنى من التأثير. إذا كنا مصابين بالاكتئاب أَو الإرهاق فإن تناول الغلوكوز أَو أي جرعة داعمة لن يحل المشكلة لأن الغلوكوز لا يقيد بصورة طبيعية مستوى طاقتنا. وعلى نحو مشابه، إذا أردنا أن نُحَسِّن أداءنا الرياضي، فعلينا أن نعرف ما يقيد أداءنا. فإذا كنا في حالة مرض أَو تعب فإن مجموعة جديدة من العوامل قد تغيّر أنشطتنا. وينبغي علينا أن نعرف ما هي تلك العوامل وكيف يمكن التحكّم بها قبل البدء بعلاجها؟!

الأدرينالين والتوتر

فجأة تستيقظ وسط الليل! أنت وحدك في سريرك والظلام حالك، ويبدو أن شخصاً يحاول الدخول عنوة إِلى دارك. هل هو لص يدخل خلسة إِلى غرفة نومك؟ لقد أصابك الشلل ووقعت في الفخ:

لقد تجمدت وفقدت الحركة. قلبك يتسارع والدم يتلاشى من جلدك وجوفك ليغذي عضلاتك المتوترة من أجل الهرب. وينطلق عقلك من أجل أي احتمال لسرعة خطرة إلى أبعد الحدود. أهذا حلم؟ وينبثق النور، إنه بابا نويل يقف عند نهاية سريرك. ثم تتذكّر فجأة أنك السيدة نويل. وترتخي خيوط عضلاتك، ربما كان ذلك حلماً.

كيف يمكن لفكرة أَو عاطفة أن يكون لها الأثر العميق على أجسامنا؟ يزداد مثلاً معدل قلب الرياضيين قبل بدء السباق إلى أكثر من الضعف، من 76 نبضة إلى 148 نبضة في الدقيقة، وذلك عندما تصدر الأوامر بالإنطلاق ولكن قبل أن يبدأ السباق. وسبب هذا التغير في وظيفة الجسم هو فكرة، أي الاعتقاد أن السباق أصبح وشيكاً. ولكن كيف يمكن أن يحدث هذا؟

يُعرف رد الفعل لموقف كثير المطالب أَو لموقف مرعب باسم «الكر أَو الفر»، وهي عبارة صاغها الفزيولوجي الأمريكي وولتر كانون Walter Cannon في العشرينيات من القرن العشرين. كان كانون يدرس عملية الهضم في الأنبوب الهضمي للحيوانات، واستَخْدَم أشعة إكس، التي اكتشفت حديثاً في ذلك الوقت، لكي ينظر داخل الجسم الحي ويشاهد العملية كما كانت تحدث. وقد لاحظ أن أي توتر كان يؤدي إلى توقف الهضم فجأة. وقد دُهش بالذي حدث وكيف ولماذا حدث! وقد لاحظ أن الخوف أَو الخطر كان يسبِّب مجموعة شاملة من الردود خلال الجسم بما في ذلك الأنبوب الهضمي والقلب والعضلات والجلد. وكانت جميع الردود الجسمية تُنَظَّمُ، كما

اكتشفوا، من قبل جهاز شامل من الأَعصاب والرسل: الجهاز العصبي الودي الذي كان يشكل نورأدرينالين والأدرينالين. وكان رد الفعل القائم على «الكر أَو الفر» يُحَضِّر الجسم لموقف مثير ويحتاج صرف طاقة كبيرة. وقال كانون إن للحيوانات طريقتين أساسيتين تعالج بهما الأخطار: إما المواجهة أَو الفرار. فالأرنب يعتمد على قدرته في الهرب، أما الأسد فيعتمد في الواقع على قدرته أن يبقى حياً للحصول على الطعام. وسواء نهاجم أَو ننسحب، يحتاج جسمنا مقداراً كبيراً من الطاقة الإضافية وكذلك إلى ضرورة توزيع الطعام من الأنبوب الهضمي والجلد والأعضاء الأُخرى إلى الدماغ والعضلات المطلوبة للعمل. ويطلق إنذار الخطر إذا كان هنالك تهديداً أَو ضرورة حسب تقدير الدماغ. أما بالنسبة للبشر، فقد توسع نوع التهديد الذي ينبّه الاستجابة ليشمل التوتر النفسي والاجتماعي. ولا يحدث التنبيه فقط بحالات الطوارئ، ترتفع مستويات الأدرينالين وتنخفض خلال النهار استجابة لمواقفنا وأفكارنا ومشاعرنا. فمثلاً، موقف معتدل التوتر كالخطابة يضاعف مستوى الأدرينالين في الدم، بينما يُمْكن للضحك، وهو نقيض التوتر، أن يخفض مستوى الأدرينالين الطبيعي. ولكن، لقد صمم هذا النظام ليلبي حاجات الحالات قصيرة الأمد التي تحتاج الكثير من الطاقة. وقد اكتُشِف فيما بعد أن التحريض المزمن كان يؤدي إلى آثار مضاعفة على الجسم. وتدعى هذه الاستجابة الطويلة الأمد للمواقف المثيرة باسم «التوتر».

إن الجهاز العصبي الودي عبارة عن شبكة من الأَعصاب تُرْسِلُ،

في الواقع، الرسائل من قاعدة الدماغ إلى جميع أقسام الجسم. وهنالك شبكة موازية من الأَعصاب تُعرف باسم الجهاز العصبي نظير الودي، ولكن لها الأثر المضاد. وينشط الجهاز في نهاية الاستجابة لعملية الكر أَو الفر ويؤدي إلى إبطالها أَو نقيضها. ويُعْرف الجهازان معاً (وهما سببا طاقة الجسم) باسم «الجهاز العصبي اللاإرادي» ANS. إن الجهاز الودي هو جهاز إنذار للجسم، فعندما يكتشف الدماغ موقفاً مُهَدِّداً، يرسل رسالة من هذا الجهاز إلى جميع أقسام الجسم يخبرها أن تستعد للعمل. وتسارع النبضات العصبية التي تنشأ عن الدماغ خلال أَعصاب دقيقة تتفرع إلى أبعد الأجزاء المنعزلة من الجسم. وعند نهاية هذه الأَعصاب يُطْلَقُ الجزيء الرسول: وهو نورأدرينالين. إن نورأدرينالين وأدرينالين هما رسولا الإنذار للجسم والدماغ. ومعاً يخبران الجسم أن يتهيأ من أجل نشاط جسماني شاق، بينما يُنَبِّهُ نورأدرينالين الدماغَ ليستعد من أجل نشاط عقلي شديد. وسوف نرى في الفصول التالية أن هاتين المادتين يمكن أن تكونا المنذرتين عن وجود إثارة وخوف. إن النورأدرينالين والأدرينالين هما المفتاحان لإطلاق طاقة الجسم والعقل. وبصورة طبيعية. إن معظم طاقة الجسم تُحْجَزُ خوفاً من الهدر، ولكن عندما يكتشف الدماغ ضرورة فإنه ينشط الجهاز العصبي الودي ويستخدم مفتاحيه، نورأدرينالين وأدرينالين، لفتح خزائن الطاقة.

ولكن كيف يتحقّق كل هذا؟ من أولى الأعمال التي يقوم بها الجهاز العصبي الودي هو تحريض غدة الكظر الواقعة فوق الكليتين،

وهذا يجعل الغدة تطلق الأدرينالين في الدم الذي يدور في أنحاء الجسم. إن نورأدرينالين وأدرينالين جزيئان متشابهان، ولهما الآثار نفسها على الجسم. ولكن هنالك اختلافاً واحداً كبيراً وهو أن نورأدرينالين يُطْلَقُ محلياً وبسرعة، كما أنّه يُنْزَعُ بسرعة بعد أن يتلقّى النسيج الرسالة. بينما يُطْلَقُ الأدرينالين بصورة أبطأ، ويدور في أنحاء الجسم ويُنْزَعُ بصورة أبطأ، ولذلك فإن عمله يدوم أكثر. ويصنف النورأدرينالين كإشارة عصبية ويصنف الأدرينالين كهرمون. إلاَّ أن لهما العمل نفسه. كلاهما يخبران القلب أن يضخ على نحو أسرع وبجهد أكبر، وكلاهما يعملان في الأوعية الدموية ليوجها الدم ثانية من الجلد والأنبوب الهضمي إلى العضلات والدماغ، ويخبران الكبد ليطلق الغلوكوز وخزائن الدسم لتطلق الدسم والعضلات لتملأ خزائن الطاقة وتستعد للتقلّص.

سوف نلاحظ آثاراً فزيولوجية كثيرة بسبب إطلاق النورأدرينالين والأدرينالين ونتيجة الاهتياج أَو الخوف أَو الجنس أَو التوتر أَو نقص السكر. القلب يخفق على نحو أسرع وبمجهود أكبر (استعداداً للنشاط). الجلد يصفر ويبرد ويتعرّق (بسبب ابتعاد الدم عن الجلد ويزداد التعرّق للمحافظة على برودة معتدلة أثناء نشاط محتمل). وهكذا، قد يبدو الشخص الخائف أبيض اللون، وقد ينتابه عرق بارد وقد تبرد قدماه. أما العضلات فتصبح مشدودة (نتيجة الانقطاع عن الحركة) وتبدأ بالارتعاش (بسبب التحسّس الزائد تجاه التقلّص). هنالك «فراشات» في المعدة والأنبوب الهضمي (بسبب تحول الدم

وارتخاء عضلات الأنبوب الهضمي الذي يمكن أن يؤدي إلى إخراج محتوياته بصورة فوضوية وغير نظيفة). وتوقف الهضم يوفر دماً وطاقة للعضلات ولكن ينبغي التوقف عن تناول الطعام. وَتُكْبَحُ الشهية (يختفي الجوع عندما نكون في حالة اهتياج أو خوف). ويتوقف منعكس البلع (من الصعب ابتلاع الطعام) ويتوقف تشكيل اللعاب (نصاب بجفاف الحلق). وترتخي المثانة، وينشأ عن ذلك الحاجة للتبول، وهو أمر مزعج في حال الاهتياج ومحرج في حالة الخوف الشديد. وربما نشأ تفريغ الأمعاء والمثانة ليساعد على الهرب وذلك بتخفيف سريع للوزن. وتتنفس الرئتان بصورة أعمق وأسرع (ليدخل المزيد من الأوكسجين إلى الجسم). ويتسارع العقل (ليسرِّع التفكير) ويصبح أكثر حساسية («متقلّب» أو «عصبي») تجاه المنبه الخارجي (لكي يكتشف التهديد).

إنها فكرة مألوفة التي تقول إن العقل السليم الواعي يستطيع أن ينظم الجسم من خلال الأعصاب الحركية التي تؤثّر على العضلات. ولكنها فكرة مفاجئة نوعاً ما أن نعلم أن الدماغ يستطيع كذلك أن ينظم وظائف بقية الجسم كالقلب والكبد والأنبوب الهضمي والجلد والدم وجهاز المناعة وذلك من خلال الجهاز العصبي الودي. ومن جهة أُخرى لا يُنَظَّمُ هذا الجهاز من قبل العقل الواعي، ولكن من خلال العواطف. إنها تشكّل مركز المراقبة البديل داخل الدماغ وتُنَظِّمُ وظائفَ الجسم. ويستطيع الناس، على كل حال، أن يتدرّبوا من أجل التحكّم بالجهاز العصبي اللاإرادي مستخدمين بصورة واعية أساليب

مثل التغذية الاسترجاعية البيولوجية أَو رياضة اليوغا. وقد تساعد هذه الأساليب على ضبط كل من التوتر والاسترخاء.

التوتر، كما يبدو، نتيجة حتمية للحياة. وله أثر عميق على مستويات الطاقة. وَتُخِلُّ أنواع كثيرة من أسباب التوتر الجسمانية والنفسية بتوازن الجسم والعقل مسبِّبة استجابة توتر عام. والتوتر كفكرة ابتدعها العالم الكندي هانز سيليي Selye في الثلاثينيات والأربعينيات من القرن العشرين. وقد وَجَدَ أن بعض التحديات التي تواجه توازن الحيوان كالبرد أَو الحرارة أَو المرض أَو السموم أَو الصدمة، إذا طال أمدها، تشكِّل دائماً الاستجابة نفسها. وقد اشتملت على نقص في حجم الغدة الصعترية وأعضاء أجهزة المناعة الأُخرى وقرحة في المعدة والأنبوب الهضمي وتضخّم في الغدة الكظرية. وقال سيليي إنه يوجد استجابة عامة للكثير من أنواع التوتر. وتعمل استجابة التوتر هذه على الدفاع عن الجسم. إلاَّ أن التوتر المزمن ضار ويسبِّب بداية مرض ما. وتعالج استجابة التوتر على نحو ما عن طريق الأدرينالين والجهاز العصبي الودي، شأنها شأن استجابة «الكر أَو الفر». أما الآثار الضارة للتوتر فتنشأ عن آثار طويلة الأمد لإثارة مزمنة لهذا الجهاز، إضافة إلى أعمال جهاز توتر منفصل يُعْرفُ باسم اتحاد HPA (الهابوتلامس ـ الغدة النخامية ـ الغدة الكظرية) وكورتيزول، الهرمون.

لقد قسَّمَ سيليي استجابة التوتر إلى ثلاث مراحل: الخوف، والمقاومة، والإرهاق. أما مرحلة الخوف فتشبه استجابة الكر أَو

الفر. وينشأ الخوف عن تهديد خارجي أَو داخلي للحالة الطبيعية للجسم أَو العقل. وعادة ما يُعالجُ الموقفُ ويُزال التهديد. وهكذا يمكن إبطال جميع التغيرات التي سبَّبتها الاستجابة وذلك بواسطة الجهاز العصبي نظير الودي. ولكن إذا استمر التهديد وأصبح منبهاً مزمناً، فإن الجسم يقوم بعدد من التغيرات للتكيّف مع الظروف ـ وقد سمّى سيليي هذه التغيرات باسم «المقاومة». وأخيراً، إذا لم يتراجع التهديد بعد أسابيع أَو أشهر أَو حتى سنوات فإن الجسم يدخل مرحلة الإرهاق، وذلك عندمات تُخْفِقُ أجهزة الجسم المتنوعة. ويسبب الإرهاق أمراضاً تتميز بعلاقتها بالتوتر، وموتاً محتملاً. أما التهديد الذي يُولِّدُ الاستجابة فقد يكون بدنياً كما هو الحال في التمرين والبرد والإصابة، أَو قد يكون نفسياً، كالفشل في علاقة طويلة الأمد. وينَبَّهُ الجهاز العصبي الودي، ويُطْلَقُ النورأدرينالين والأدرينالين وتحدث كل الاستجابات الفزيولوجية التي ذكرناها. إضافة لذلك، يُطلَقُ هرمون آخر يسمى كورتيزول بواسطة الغدة الكظرية. إن الكورتيزول عبارة عن هرمون حيوي يعالج التوتر ويكمل عمل النورأدرينالين والأدرينالين وذلك برفع مستوى تشكّلهما أَو بجعل الجسم أكثر حساسية تجاه هذه الهرمونات (محرِّضاً الخلايا لتكوين «المتقبل» الذي يكتشف النورأدرينالين والأدرينالين) يحرض الكورتيزول الكبد ليشكِّل الغلوكوز ويحرِّض النسيج الدهني ليطلق الدسم، مطلقاً بذلك الطاقة ليستخدمها الجسم. ويؤثِّر الكورتيزول على الدماغ ليحسِّن الذاكرة ويزيد الحساسية تجاه المعلومات الواردة من الحواس. يستطيع

الكورتيزول كذلك أن يضبط جهاز المناعة والإلتهاب، ومن أجل ذلك يستخدمه الأطباء. ومن أجل ذلك تقريباً، على كل حال، يستطيع التوتر المزمن أن يخفِّض مقاومتك للعدوى والمرض. ويؤدي التوتر المستمر إلى مستويات عالية ومستمرة من الكورتيزول، مثبطاً بذلك جهاز المناعة وبالتالي يجعلك سريع التأثّر بالعدوى العرضية.

هنالك هرمون آخر مشترك في عملية استجابة التوتر وهو بيتا ـ إندورفين الذي يُطلق داخل الدماغ ويعمل عمل الأفيون والمورفين، يُنعِشُ المزاج ويكبح الألم. وقد يكون هذا مصدر «مهرب المخدرات المترف»، وغالباً ما يكون السبب الذي من أجله يمكن للإثارة أن تكون ممتعة. إن النورأدرينالين والأدرينالين، الكورتيزول وبيتا ـ إندورفين معاً تنسِّق استجابة التوتر.

في الاستخدام الشائع بين الناس لكلمة توتر؛ مفهوم سلبي. ولكن سيليي استخدمها بمعنى محايد يقصد بها أي موقف فيه تحدٍ واستجابتنا لهذا الموقف. ولذلك يمكن أن تكون كلمة «توتر» جيدة «توتر سليم»، أَو سيئة «توتر مؤلم»، ويمكن أن يرافق التوتر عواطف إيجابية كالطرب والفرح أَو عواطف سلبية كالقلق والخوف والغضب كما يظهر في استجابة «الكر أَو الفر». أما نوع العاطفة التي تتولّد فهذا يعتمد بصورة كبيرة على فيما إذا كان الشخص المشترك يرى الموقف كموقف يمكن السيطرة عليه والتنبؤ به أم موقف خارج عن السيطرة ولا يمكن التنبؤ به. فأثناء ركوب عربة لعبة الأُفعوان في مدينة الملاهي، يمكن للعواطف أن تتبدّل حسب الموقف الذي يمكن

السيطرة عليه أَو التنبؤ به. ومنذ وقت قريب، صُنِّفَ التوتر كرد فعل للدفاع أَو الهزيمة. يحدث رد فعل الدفاع عندما يعتقد الشخص أن بإمكانه السيطرة على الموقف أَو عندما يسعى الشخص لاستعادة زمام الأمور (كالهروب من نمر مثلاً)، ومن جهة أُخرى يحدث رد فعل الهزيمة عندما يخرج الأمر من يد الشخص، ولكن النتيجة لا تزال مجهولة (كوقوعك في فخ أَو زاوية حرجة من قبل النمر). ونقول ثانية، تختلف الإستجابات العاطفية والنفسية في مثل هذه المواقف. فالعواطف السلبية المحزنة أثناء التوتر تسبِّب مستويات عالية من الكورتيزول، بينما يسبِّب التوتر المترافق بعواطف إيجابية قليلاً من التغير في مستوى الكورتيزول أَو لا يُغيّر شيئاً منه. وبما أن الكورتيزول يكبح المناعة، لذلك يمكن لمزاج دائم السلبية أن يصيب صاحبه بعدوى أَو مرض.

في الفصل التالي، سوف نرى السُّبل الكثيرة الأُخرى التي يتفاعل بها الجسم والعقل.

ليس التوتر نبأً سيئاً ـ على المدى القصير ـ، سواء كان على شكل إثارة أَو قلق أَو تحدٍ. التوتر يمكن أن يكون أمراً جيداً. إن زيادة الأدرينالين والنورأدرينالين يرفع مستوى طاقتنا ويُحسِّن أداءنا البدني والعقلي. ولذلك، إذا أخفقنا في الحصول على إثارة أَو تحد أَو توتر في موقف صعب، فإن أداءنا لا يكون حسناً. وهنالك من وجد بين الذين يدخلون الامتحانات، أن الطلاّب الذين يظهر لديهم زيادة في مستوى الأدرينالين يحصلون على أحسن النتائج. ووجدوا

بين المظليين المتدربين في النرويج أن أولئك الذين يصيبهم أعلى زيادة من الأدرينالين والنورأدرينالين عندما قاموا بالتدريب على القفز أيضاً كان أداؤهم الأفضل عندما قفزوا من الطائرة وكذلك في الامتحانات الكتابية. وكما قال نيتشيه: «صدقني. إن سر جني أعظم الثمار وأعظم المتع من الحياة أن تعيش في خطر».