

التنظيم الحراري

أثناء الجهد البدني لدى الإنسان

المصدر:

الهزاع، هزاع محمد. التنظيم الحراري وتعويض السوائل والمنحلات أثناء الجهد البدني لدى الإنسان. الرياض: الاتحاد السعودي للطب الرياضي، ٢٠٠٧.

مقدمة:

على عكس الزواحف وبعض الحيوانات الأخرى ذات الدم البارد، يعد الإنسان من الثدييات ذات الدم الحار، مما يستعدي الأمر المحافظة على استقرار درجة حرارة جسمه طوال الوقت عند معدل ٣٧ درجة مئوية (٩٨,٦ فهرنهايت)، بغض النظر عن درجة الحرارة الخارجية. ولقد زود الله سبحانه وتعالى الإنسان بآلية (كيفية) فعالة تمكنه من إنتاج الحرارة والتخلص منها، من أجل أن يتمكن من الإبقاء على درجة حرارة الجسم الداخلية ضمن الحدود الفسيولوجية المعتادة، تزيد أو تنخفض بنصف درجة مئوية تقريباً طوال اليوم. ومن المعروف أن درجة حرارة الجسم تبلغ أدنى مستوى لها أثناء النوم، وأعلى مستوى لها في ساعات المساء الأولى.

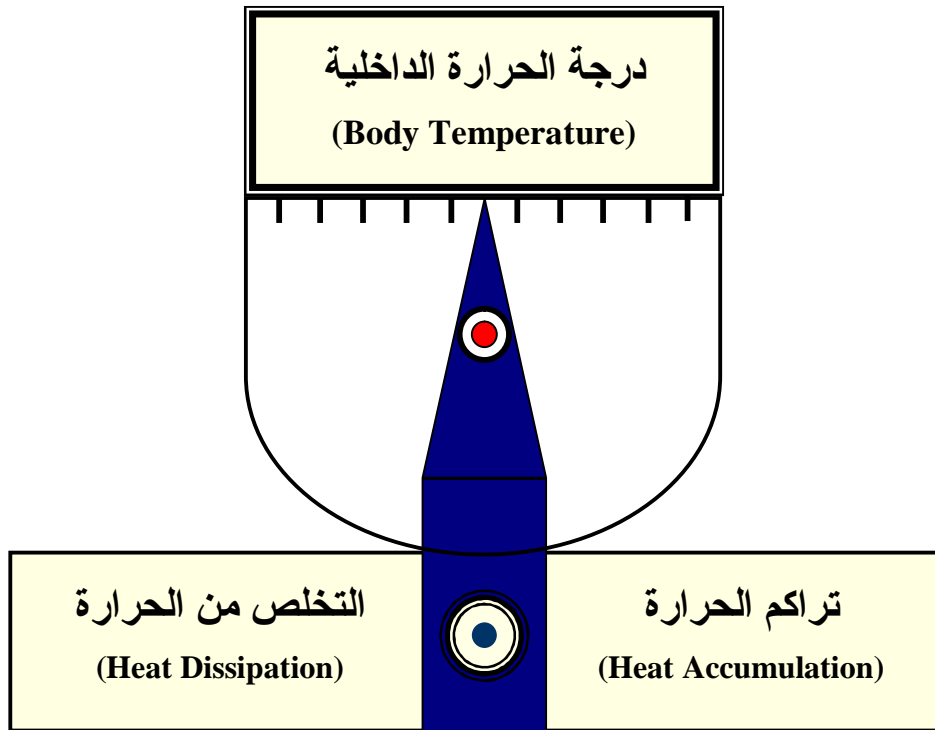
والجدير بالذكر أن معدل إنتاج الحرارة أثناء الجهد البدني العنيف يرتفع إلى حد كبير، لأن معظم الطاقة اللازمة للانقباض العضلي (أكثر من ٧٥%) يتم فقدها على هيئة حرارة. ولو تصورنا أن الجسم لم يتمكن من التخلص من الحرارة المنتجة بصورة أو بأخرى، فإن الحرارة الداخلية للجسم سوف ترتفع بمعدل درجة مئوية واحدة كل ٥-٨ دقائق أثناء الجهد البدني المتوسط الشدة، مما سيؤدي في النهاية إلى حدوث فرط الحرارة (ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية) ومن ثم الإعياء الحراري في حدود ١٥-٢٠ دقيقة. غير أن هذا لا يحدث في الأحوال الاعتيادية، حيث حبا الله جسم الإنسان بآلية جيدة للتحكم في درجة الحرارة وبالتالي في التخلص من الحرارة المنبعثة من الانقباض العضلي، إلا أن التدريب البدني في الجو الحار (أو الشديد الرطوبة) يلقي عبئاً إضافياً على نظام التحكم الحراري في الجسم، مما قد يؤدي، في بعض الأحيان، إلى عجز الجسم عن تنظيم درجة حرارته الداخلية، وبالتالي إلى حدوث الإصابات الحرارية، خاصة لدى المبتدئين بممارسة التدريب البدني، أو غير المتأقلمين على الجهد البدني في الجو الحار، أو في حالات صحية خاصة يكون فيها الإنسان أكثر عرضة للإصابات الحرارية.

ونظراً للطبيعة المناخية للمملكة العربية السعودية، حيث يسود الجو الحار معظم أشهر السنة، فسيتم التركيز في هذا الكتاب على التأثيرات الفسيولوجية الناجمة عن الجهد البدني في الجو الحار وكيفية تعويض السوائل والمنحلات المفقودة من الجسم، غير أنه سيتم أيضاً التطرق باختصار للآثار المترتبة على الجهد البدني في الجو البارد.

الاتزان الحراري لجسم الإنسان (Heat Balance):

يتحدد معدل درجة الحرارة الداخلية لجسم الإنسان من خلال محصلة عمليتين متعاكستين، إحداهما تراكم الحرارة داخل الجسم (Heat accumulation) والأخرى عملية التخلص منها

(Heat dissipation). وتتراكم الحرارة داخل الجسم بفعل عمليتين أو لاهما هي عملية إنتاج الحرارة في داخل الجسم من جراء الانقباض العضلي والنشاط البدني (Metabolic Heat)، والثانية من خلال اكتساب الحرارة من البيئة الخارجية (Environmental Heat). أما عملية التخلص من الحرارة المخزنة داخل الجسم فتتم من خلال طرق فقدان الحرارة الأربع (الإشعاع، والحمل، والتوصيل، والتبخر) التي سيأتي ذكرها بالتفصيل لاحقاً. وعليه، فإن تخزين الحرارة أو الاحتفاظ بها داخل الجسم ما هو إلا نتيجة لزيادة إنتاج الحرارة داخل الجسم أو انخفاض قدرة الجسم على التخلص منها، ويوضح الشكل رقم (١) رسماً حول كيفية حدوث الاتزان الحراري في الجسم، الذي يتطلب تناغماً دقيقاً بين عملية تراكم الحرارة داخل الجسم وعملية التخلص منها.



شكل رقم (١): يتحدد الاتزان الحراري في الجسم من خلال توازن عملية تراكم الحرارة داخل الجسم (Heat accumulation) وعملية التخلص منها (Heat dissipation) وتتمثل عملية تراكم الحرارة بإنتاج الحرارة من الجسم بفعل عمليات الأيض، واكتساب الحرارة من البيئة المحيطة، أما عملية التخلص من الحرارة فتتم من خلال طرق فقدان الحرارة المذكورة في المتن.

إن عملية التخلص من الحرارة المتراكمة في الجسم تتطلب وجود جهاز تحكم حراري فعال، وأن يكون الجهاز الدوري يعمل بصورة جيدة، وأخيراً أن يكون جهاز الجلد والغدد العرقية سليمين. ولقد منح الله سبحانه وتعالى الإنسان القدرة على تحمل ارتفاع درجة حرارة الجسم وانخفاضها في حدود ضيقة (أنظر الجزء الخاص بالإصابات الحرارية)، لكنه أعطاه أيضاً الإمكانية على التخلص منها واكتسابها بوسائل وطرق عدة، غير أنه من الملاحظ أن هناك اختلافاً بين الأفراد في تحمل ارتفاع درجة الحرارة، وتفاوتاً كبيراً في قدرتهم على التخلص من ارتفاعها.

هناك جملة من العوامل التي تجعل بعض الأفراد أقل قدرة من غيرهم على تحمل ارتفاع درجة الحرارة الخارجية. هذه العوامل تتراوح من عوامل وظيفية كالعمر والنضج البيولوجي، ومقدار جفاف الجسم، وانخفاض اللياقة البدنية، ومدى التأقلم مع الجو الحار، إلى عوامل أخرى مثل استخدام المنبهات، أو تناول بعض الأدوية، أو الإصابة ببعض الأمراض.

إن من المعلوم أيضاً أن التوازن الحراري في الجسم أثناء الجهد البدني يتأثر بالعديد من العوامل المحيطة بالشخص، ويأتي على رأسها مقدار درجة الحرارة الخارجية، ومستوى الرطوبة النسبية، ودرجة الإشعاع، ومعدل حركة الهواء، والملابس التي يرتديها الشخص، وشدة الجهد البدني ومدته.

تقدير المخزون الحراري في الجسم (Heat content of the body) :

هو مقدار الطاقة الحرارية بالكيلو سعر حراري المخزنة في الجسم، ويمكن تقديره عن طريق معرفة متوسط درجة حرارة الجسم (معدل درجة حرارة الجسم في المستقيم وفي الجلد)، ومقدار الحرارة النوعية لأنسجة الجسم، التي تعني كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة، وتبلغ ٠,٨٣ كيلو سعر حراري لكل كيلوجرام من وزن الجسم في الدرجة المئوية الواحدة.

وكمثال على ما سبق، فإن حساب مقدار الطاقة الحرارية المخزنة في جسم شخص يبلغ وزنه ٧٠ كجم ومتوسط درجة حرارة جسمه ٣٥,٥ درجة مئوية يكون على النحو التالي:

الحرارة النوعية لأنسجة الجسم × وزن الجسم × متوسط درجة حرارة الجسم

$$\text{أي: } ٠,٨٣ \times ٧٠ \times ٣٥,٥ = ٢٠٦٢,٦ \text{ كيلو سعر حراري}$$

ويفيد تحديد مقدار الطاقة الحرارية المخزنة في الجسم عند تقدير معدل التبادل الحراري في الجسم، أي مقدار فقدان أو اكتساب الحرارة من الجسم. ومن المعلوم أن جسم الإنسان ينتج

في حالة الراحة ما يعادل ١,٢٥-١,٥٠ كيلو سعر حراري في الدقيقة، أي حوالي ٧٥-٩٠ كيلو سعر حراري في الساعة، أو ما يعادل ٨٧-١٠٥ شمعات (Watts)، حيث من المعلوم أن شمعة واحدة تعادل ١,١٦٣ كيلو سعر حراري. أما إنتاج الحرارة من قبل الجسم أثناء الجهد البدني فيتجاوز مقداره عشرة أضعاف ما ينتج في الراحة. أي أن إنتاج الحرارة من الجسم يتجاوز ٩٠٠ كيلو سعر حراري في الساعة أثناء الجهد البدني المرتفع الشدة.

وعلى افتراض أن الجسم يتخلص من الحرارة المنبعثة من الانقباض العضلي عن طريق تبخر العرق، وأن لتراً واحداً من العرق يقود إلى فقدان طاقة حرارية مقدارها ٥٨٠ كيلو سعراً حرارياً، فإن بلوغ تبادل حراري متساوٍ بين قدرة الجسم على إنتاج الحرارة من الانقباض العضلي وقدرته على التخلص منها عن طريق تبخر العرق أثناء الجهد البدني المرتفع الشدة يتطلب أن يتعرق الجسم بمعدل يساوي ١,٥٥ لتراً في الساعة حتى يتمكن من التخلص من الحرارة المنبعثة عن الجهد البدني والبالغة ٩٠٠ كيلو سعر حراري في الساعة (٩٠٠ كيلو سعر حراري ÷ ٥٨٠ كيلو سعر حراري = ١,٥٥ لتراً في الساعة).

كيفية انتقال الحرارة (Heat Transfer):

ينبغي القول أولاً إن هناك تبادلاً مستمراً لعمليتي اكتساب الطاقة الحرارية وفقدانها بين جسم الإنسان والبيئة الخارجية المحيطة، حيث يتم فقدان واكتساب الطاقة الحرارية بالوسائل الأربع التالية:

١ - الإشعاع (Radiation):

هو انتقال الطاقة الحرارية على صورة موجات كهرومغناطيسية (شبيهة بحزم الأشعة الضوئية) من جسم إلى آخر، فالشمس مثلاً تعطي طاقة حرارية بالإشعاع للإنسان الذي من الممكن أن يفقد كذلك طاقة حرارية بالإشعاع للأجسام المحيطة، وفي الواقع يمكن لشخص موجود في بيئة حرارية معتدلة (١٢-٢٥ درجة مئوية) لا يرتدي أي ملابس أن يفقد حوالي ٦٠% من الطاقة المخزنة في جسمه عن طريق الإشعاع.

٢ - التوصيل (Conduction):

يتم خلال هذه الطريقة انتقال الطاقة الحرارية من الجسم الحار إلى الجسم الأقل حرارة عن طريق الملامسة، وكذلك انتقال الحرارة من الماء الساخن إلى جسم الإنسان عند الجلوس في مغطس مملوء بالماء الساخن، والعكس صحيح بالنسبة للماء البارد، وفي داخل جسم الإنسان

تنتقل الحرارة من نسيج إلى آخر حتى الوصول إلى سطح الجلد ثم إلى الملابس التي يرتديها الشخص، والعكس صحيح.

٣ - الحمل (Convection):

يتم انتقال الطاقة الحرارية من الجسم عن طريق ملامسة الهواء المحيط بالجسم لسطح الجلد، حيث يؤدي التيار الهوائي إلى إزاحة الهواء السابق، وإحلال هواء آخر، وهكذا يتم من خلال هذه العملية انتقال الطاقة الحرارية بالحمل، فعندما يكون الهواء المحيط بالجسم بارداً مقارنة بدرجة حرارة سطح الجلد، فإنه يكتسب الحرارة ثم يسخن فينتقل بعيداً عن سطح الجسم، لتأتي جزيئات أخرى من الهواء وتلامس سطح الجلد وتكتسب الحرارة وهكذا، والعكس صحيح بالنسبة للهواء الحار الملامس لسطح الجلد، فإنه يفقد الحرارة ويكتسبها سطح الجلد عندما تكون درجة الهواء المحيط أعلى من درجة حرارة سطح الجلد. ويزداد معدل انتقال الحرارة بالحمل كلما كانت حركة جزيئات الهواء المحيطة بالجسم عالية. كما يمكن للسوائل أيضاً توصيل الحرارة بواسطة الحمل.

٤ - التبخر (Evaporation):

يتم فقد الطاقة الحرارية من سطح الجسم بواسطة التبخر الذي يحدث لسائل العرق، ويعتد التبخر من الطرق الأساسية والمهمة التي يتمكن الجسم خلالها من التخلص من الحرارة العالية الناتجة عن الجهد البدني العنيف. إلا أن زيادة الرطوبة النسبية في الجو المحيط (زيادة جزيئات بخار الماء في الجو) تؤدي إلى انخفاض قدرة العرق على التبخر، لتصبح صفراً عند درجة رطوبة مقدارها ١٠٠%. بالإضافة إلى تبخر العرق، فإن جزءاً بسيطاً من الطاقة الحرارية المخزنة في الجسم يتم فقده عن طريق تبخر هواء الزفير في المجاري التنفسية من جراء التهوية الرئوية العالية أثناء الجهد البدني، ويبلغ مقدار الطاقة الحرارية المفقودة عبر تبخر هواء التنفس حوالي ٥% من الطاقة الحرارية المنبعثة من التبخر.

ويلاحظ أن الجسم يمكنه اكتساب وفقد الطاقة الحرارية بالطرق الثلاث الأولى وهي: الإشعاع والتوصيل والحمل، بينما يتم فقط من خلال عملية التبخر فقدان الطاقة الحرارية من الجسم إلى المحيط الخارجي، ولا بد لقطرات العرق أن تتبخر حتى يتم فقدان الطاقة الحرارية منها، وبالتالي تبريد سطح الجلد، أما إذا سقطت قطرات العرق على الأرض أو تم مسحها بقطعة قماش أو منديل من سطح الجلد فلن يتم فقدان الحرارة منها. ومن المعروف أن تبخر لتر واحد من العرق يؤدي إلى فقدان ٥٨٠ كيلو سعراً حرارياً من الجسم.

جدول رقم (١): مقدار الفقدان الحراري لكل من طرق فقدان الحرارة أثناء الراحة والجهد البدني (عند شدة تعادل ٧٠% من الاستهلاك الأقصى للأكسجين).

طريقة فقدان الحرارة		الراحة		الجهد البدني	
%	كيلو سعر حراري في الدقيقة	%	كيلو سعر حراري في الدقيقة	الراحة	
				%	كيلو سعر حراري في الدقيقة
١٥	٢,٢	٢٠	٠,٣	التوصيل والحمل	
٥	٠,٨	٦٠	٠,٩	الإشعاع	
٨٠	١٢,٠	٢٠	٠,٣	التبخير	

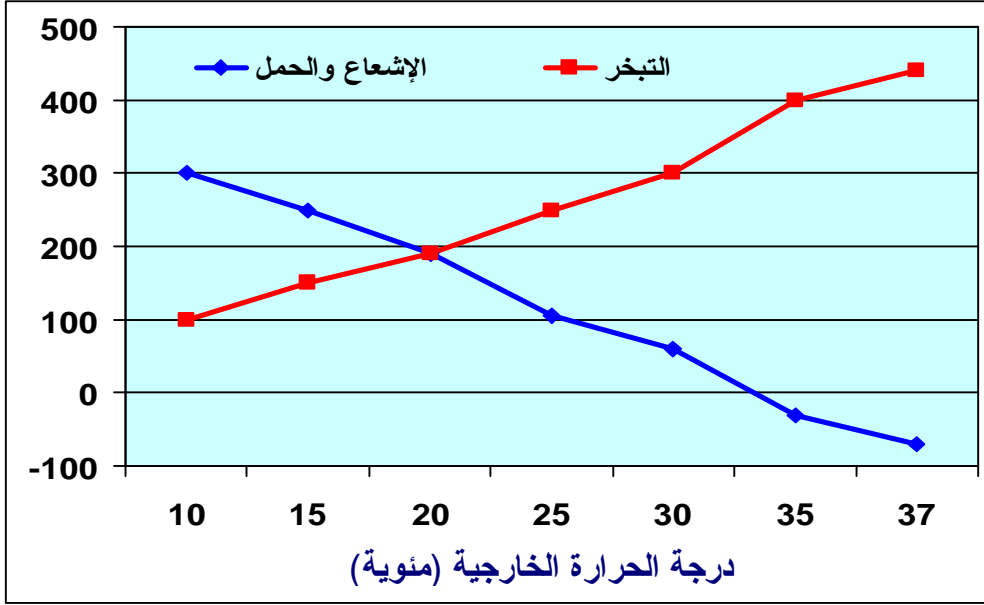
المصدر: Wilmore J & Costill D, Physiology of Sport & Exercise, 1994, p. 315

يزداد دور تبخر العرق أهمية كوسيلة من وسائل تبديد الحرارة الداخلية وتبريد الجسم كلما ارتفعت درجة الحرارة الخارجية، كما هو موضح في الشكل البياني رقم (٣)، فعند درجة حرارة خارجية مقدارها ١٠ درجات مئوية، يعد الحمل والإشعاع الوسيلة الأكثر تبريداً للجسم، لكن مع ارتفاع درجة الحرارة الخارجية وتجاوزها ٢٠ درجة مئوية، فإن دور تبخر العرق في التخلص من حرارة الجسم يكتسب أهمية متزايدة، ليصبح الطريقة الوحيدة لتبديد الحرارة المخزنة في الجسم عندما تتجاوز درجة حرارة الجو المحيط درجة حرارة الجلد.

آلية التحكم الحراري في الجسم (Mechanism of Heat control):

يتم التحكم في درجة حرارة الجسم الداخلية عن طريق خلايا عصبية حساسة، موجودة في الجزأين الأمامي والخلفي من منطقة تحت المهاد (Hypothalamus)، حيث تقوم هذه الخلايا برصد درجة حرارة الدم، فالخلايا الأمامية لتحت المهاد تستجيب لارتفاع درجة حرارة الجسم، بينما تستجيب الخلايا الخلفية في تحت المهاد لانخفاض درجة حرارة الجسم. بالإضافة إلى المستقبلات الحرارية المركزية الموجودة في منطقة تحت المهاد، هناك مستقبلات حرارية طرفية (للحرارة والبرودة) موجودة على سطح الجلد، تشعر بدرجة الحرارة المحيطة بالجسم وترسل المعلومات إلى منطقة تحت المهاد وإلى القشرة الدماغية (Cerebral cortex).

أما كيفية التحكم في عملية انتقال الحرارة من الجسم إلى المحيط الخارجي فتتمثل في واقع الأمر في الآليتين التاليتين:



شكل رقم (٣): معدل فقدان الحرارة (كيلو سعر حراري / ساعة) بواسطة التبخر والحمل والإشعاع تبعاً لدرجة الحرارة الخارجية (مصدر البيانات: Astrand & Rodahl, 1986).

١. التحكم في كمية الدم المتجه للجلد، حيث يؤدي توسع الأوعية الدموية المحيطية إلى اتجاه كمية أكبر من الدم إلى الجلد، وبالتالي فإن الدم الحار القادم من مركز الجسم سوف يفقد جزءاً من حرارته عن طريق إحدى الوسائل السابقة (الإشعاع، التوصيل، الحمل) من جراء جريانه في الجلد. والملاحظ أن حجم الدم المتجه للجلد يزداد عندما ترتفع شدة الجهد البدني إلى ما يعادل لتراً واحداً من استهلاك الأوكسجين (VO_2)، على أن بلوغ درجة الحرارة الداخلية للجسم حداً معيناً (يختلف تبعاً لعدة عوامل من أهمها محتوى الجسم من السوائل) فإن توسع الأوعية الدموية الطرفية لا يزداد بشكل ملحوظ، على الرغم من ارتفاع درجة حرارة الجسم.

ومن جهة أخرى عندما يكون الجو الخارجي بارداً، يقوم تحت المهاد (الخلايا الخلفية) من خلال الجهاز العصبي السمبثاوي بتقليص الأوعية الدموية تحت الجلد لينتج الدم بعد ذلك إلى وسط الجسم (مركزه) بعيداً عن الأطراف، مما يقود في النهاية إلى تقليص الفرق في درجة الحرارة بين الجلد والبيئة المحيطة، الأمر الذي يقلل من فقدان الحرارة من الجسم، كما أن بقاء الأوعية الدموية الطرفية متقلصة يمنع إلى حد كبير عملية انتقال الحرارة من داخل مركز الجسم إلى محيطه (أطرافه).

٢. التحكم في كمية إفراز العرق بواسطة الغدد الدرقية، حيث إن زيادة عملية إفراز العرق ومن ثم تبخره، سوف تؤدي إلى سرعة معدل فقدان الحرارة من الجسم. ويعد تبخر العرق الطريقة الرئيسية للتخلص من ارتفاع درجة حرارة الجسم أثناء الجهد البدني، خاصة في الجو الحار، حيث يتم التخلص من حوالي ٨٠% من الطاقة الحرارية المخزنة في الجسم عن طريق تبخر العرق، مقارنة مع حوالي ٢٠% من الطاقة الحرارية التي تفقد عن طريق التبخر أثناء الراحة.

والمعروف أن كلا الآليتين (التحكم في كمية الدم المتجه إلى الجلد، والتحكم في كمية إفراز العرق) يتم ضبطهما والتحكم فيهما عن طريق نشاط تحت المهاد في قاع الدماغ (Hypothalamus). علماً بأن انتقال الحرارة من وإلى الجسم يعتمد بشكل كبير على مقدار مساحة سطح الجسم منسوباً لكتلة الجسم، وعليه، فكلما كان الشخص صغير الحجم كلما كان من السهولة بمكان اكتسابه الحرارة وفقدانه لها من الوسط المحيط به.

الجهد البدني في الجو البارد:

عند تعرض جسم الإنسان للبرودة، فإنه يقوم بمقاومتها بالعديد من الطرق، ومن أهمها ما يلي:

١. إحداث القشعريرة، المتمثلة في سلسلة من الانقباضات اللاإرادية للعضلات الهيكلية، مما يؤدي إلى زيادة معدل إنتاج الحرارة داخل الجسم إلى ٤ أو ٥ أضعاف ما كان عليه الحال قبل حدوث القشعريرة.

٢. زيادة التنبه العصبي السمبثاوي، الذي بدوره يؤدي إلى ارتفاع معدل الأيض في الراحة، وبالتالي زيادة إنتاج الحرارة داخل الجسم.

٣. تقلص الأوعية الدموية الطرفية (المحيطة) بفعل التنبه العصبي السمبثاوي، مما يقود إلى انخفاض حجم تدفق الدم إلى الجلد، والنتيجة هي المحافظة على الحرارة داخل الجسم (ترشيد فقدان الحرارة من الجسم).

أما عند أداء مجهود بدني عنيف، فإن قدرة الجسم على إنتاج الحرارة (Heat Production) تزداد لتصل إلى ما يقرب ٢٠ ضعفاً، هذه المقدرة الفائقة على إنتاج الحرارة هي التي تمكن الفرد من أن يحافظ على درجة حرارة جسمه قريبة من الدرجة الاعتيادية (٣٧ درجة مئوية) حتى في الجو الشديد البرودة كما هو الحال مثلاً عند أداء رياضة التزلج على الجليد، على أنه تجدر الإشارة إلى ضرورة ارتداء ملابس تساعد على تدفئة الجسم قبل أداء التدريب البدني وبعده، أما أثناء التدريب البدني العنيف فإن الجسم لا يحتاج للملابس الثقيلة، بل إن المبالغة في

ارتداء الملابس الثقيلة أثناء الجهد البدني العنيف قد تجعل الفرد يشعر بالمضايقة من جراء ارتفاع درجة حرارة جسمه. ومن المعلوم أن كلفة الجهد البدني الخفيف إلى المعتدل الشدة في الجو البارد (بناءً على مقدار استهلاك الأكسجين) تعد أعلى من كلفته في الجو المعتدل الحرارة. أما كلفة الجهد البدني المرتفع الشدة، فلا يوجد فرق ملحوظ بين الجو البارد والجو المعتدل.

ويعتقد أن أفضل الملابس أثناء التدريب في الجو البارد الجاف تلك التي تمنع دخول الهواء البارد إلى الجسم، وفي نفس الوقت تسمح بتبخر العرق من الجلد، ويتم ذلك من خلال استخدام ملابس مكونة من طبقتين تقوم فيها الطبقة الملاصقة للجلد بامتصاص العرق وتمريضه إلى الطبقة الخارجية. أما الملابس العادية التي تتكون من طبقة واحدة فسرعان ما تتبل بالعرق وتلتصق بالجلد، الأمر الذي يجعل الجلد رطباً، مما يؤدي إلى سرعة فقدان الحرارة من الجسم عن طريق التبخر، وبالتالي انخفاض درجة الحرارة الداخلية.

وفي هذا الصدد لا بد من الإشارة كذلك إلى ضرورة تغطية الرأس بملابس واقية (كقبعة مثلاً) عند أداء جهد بدني في الجو الشديد البرودة حيث إن الأوعية الدموية في جلد الرأس أقل قدرة على التخلص من بقية الأوعية الدموية الأخرى الموجودة في جلد الجسم، نظراً لعدم وجود ألياف تقلص في تلك الأوعية الدموية في فروة الرأس وبالتالي هناك فرصة أكبر لفقدان الحرارة عن طريق الرأس أثناء الجو القارص، وفي الواقع فإن معدل فقدان الحرارة من منطقة الرأس في الجو الشديد البرودة يقدر بحوالي ٢٥% من فقدان الحرارة الكلي للجسم، على الرغم من أن مساحة سطح الرأس لا تتجاوز ٩% من مساحة سطح الجسم الكلية.

ويزداد فقدان الحرارة من الجسم بصورة أكبر أثناء السباحة في الماء البارد. على أن وجود كتلة عضلية وكمية من الشحوم تحت الجلد يساعد كثيراً في منح الحماية للسباح إلى حد كبير، حيث تشير البحوث التي أجريت على سباحي القنال الإنجليزي إلى أن السباحين الذين يمتلكون نسبة منخفضة من الشحوم تأثروا ببرودة المياه بصورة أكبر من نظرائهم السباحين الذين لديهم نسبة شحوم مرتفعة إلى حد ما.

ولا بد من الأخذ في الحسبان عامل الريح أثناء إجراء التدريب البدني أو المسابقة الرياضية في الجو البارد، فسرعة الرياح تؤدي إلى زيادة البرودة الحقيقية الواقعة فعلاً على الجسم. لذا لا يكفي معرفة درجة الحرارة الخارجية فقط، بل لا بد من معرفة سرعة الرياح وبالتالي حساب ما يسمى بمؤشر البرودة (Wind-chill index)، الذي يستخدم كمرشد لمعرفة درجة الإجهاد المتوقع على الجسم من جراء برودة الجو.

العوامل المحددة لقدرة الإنسان على تحمل البرودة الشديدة:

هناك مجموعة من العوامل التي تحدد قدرة الإنسان على تحمل البرودة الشديدة، هذه العوامل هي:

١. **مساحة سطح الجسم نسبة إلى كتلة الجسم:** كلما ازدادت مساحة سطح الجسم نسبة إلى كتلة الجسم كلما ازدادت الحاجة إلى طاقة حرارية أكبر من أجل المحافظة على درجة الحرارة الداخلية للجسم ضمن الحدود الاعتيادية. ويظهر ذلك جلياً لدى الأطفال والأفراد ذوي الأجسام الصغيرة.
٢. **كمية الشحوم تحت الجلد:** تقوم الشحوم الواقعة تحت الجلد بمهمة العازل الحراري الذي يحافظ على درجة الحرارة الداخلية من فقدان في الجو البارد، لذا نجد الأفراد البدناء أكثر قدرة على تحمل الجو البارد من غير البدناء.
٣. **مستوى اللياقة البدنية:** يساعد ارتفاع مستوى اللياقة البدنية لدى الشخص على تحمله درجات الحرارة المنخفضة، ويعزى ذلك إلى زيادة الكتلة العضلية وإلى ارتفاع مقدار الاستهلاك الأقصى للأكسجين.
٤. **العمر:** ترتفع قدرة الشباب على تحمل انخفاض درجات الحرارة الخارجية أكثر من كبار السن، ويعود ذلك إلى أسباب عديدة أهمها انخفاض الكتلة العضلية لدى كبار السن وضعف الدورة الدموية لديهم.
٥. **نوع الجنس:** تمتلك الإناث كمية من الشحوم تحت الجلد أكثر مما لدى الذكور، فهن بشكل عام أكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة من الرجال. إلا أن نوع الجنس في حد ذاته ليس له في الواقع تأثير ملحوظ على قدرة الشخص على تحمل البرودة، فالفرق بين الجنسين تضحل بمجرد ضبط عوامل مثل نسبة الشحوم تحت الجلد، ومستوى اللياقة البدنية، ومساحة سطح الجلد نسبة إلى كتلة الجسم.

التأثيرات الفسيولوجية الناجمة عن الجهد البدني في الجو البارد:

أثناء الجهد البدني في الجو الشديد البرودة، وعلى الرغم من زيادة إنتاج الحرارة داخل الجسم بفعل الانقباض العضلي، إلا أطراف الجسم غالباً ما تتأثر بالبرودة. ويعتقد أن انخفاض درجة حرارة الأطراف إلى ما دون ٢٥ درجة مئوية يقود إلى انزعاج الفرد. أما عند انخفاض درجة حرارة الأطراف إلى ما دون ١٣ درجة مئوية، فإن حركة تلك الأطراف تصبح أبطأ مع تأثير سرعة رد الفعل بشكل واضح. كما أن انخفاض درجة حرارة العضلات الهيكلية إلى ما دون الثلاثين درجة مئوية يؤدي إلى التأثير سلباً على عملية الانقباض العضلي.

ويوضح الجدول رقم (٢) مجمل التأثيرات الفسيولوجية الناجمة عن الجهد البدني في الجو البارد مقارنة بالجو المعتدل، حيث يزداد استخدام الطاقة القادمة من الجليكوجين والجلوكوز ويقل استخدام الدهون، ويرفع إنتاج حمض اللبنيك بفعل زيادة استخدام الطاقة اللاهوائية، ويزداد حجم التهوية الرئوية واستهلاك الأوكسجين وينخفض معدل ضربات القلب في الغالب، ويزداد فقدان الحرارة من خلال التنفس والأطراف، والمحصلة هي انخفاض درجة حرارة الجسم الداخلية مقارنة بالجو المعتدل.

جدول رقم (٢): التأثيرات الفسيولوجية للجهد البدني في الجو البارد مقارنة بالجو المعتدل.

المتغير	في الجو المعتدل	في الجو البارد
استخدام الجلوكوز كوقود	مرتفع في البداية ثم ينخفض مع الوقت	أكثر استخداماً من الجو المعتدل أو مساو له
استخدام الأحماض الدهنية	تزداد بالتدرج مع ازدياد المدة	أقل استخداماً في الجو البارد
استخدام جليكوجين العضلات	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	استخدام أعلى في الجو البارد
إنتاج حمض اللبنيك	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	أكثر إنتاجاً في الجو البارد
حجم التهوية الرئوية	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	أعلى في الجو البارد
استهلاك الأوكسجين	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	أعلى في الجو البارد عند عبء منخفض، ومساو للجو المعتدل عند العبء المرتفع
معدل ضربات القلب	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	أدنى أو مساو للجو المعتدل
نتاج القلب	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	مساو للجو المعتدل
تدفق الدم في الأطراف	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	أقل في الجلد، أقل أو لا يختلف في العضلات
فقدان الحرارة عبر التنفس	يزداد مع زيادة حجم التهوية الرئوية	أعلى في الجو البارد
فقدان الحرارة عبر الأطراف	يزداد مع زيادة العبء الجهدى	أعلى في الجو البارد
درجة الحرارة في العضلات	تزداد مع زيادة العبء الجهدى	أعلى في الجو البارد
درجة الحرارة الداخلية	تزداد أو لا تتغير كثيراً	أقل أو مساوية للجو المعتدل

المصدر : Doubt, T, Sports Med, 1991, 11: 367-381

وفيما يتعلق بتأثير الجهد البدني في الجو البارد على الجهاز التنفسي، فالملاحظ أن الهواء البارد المستنشق الذي تبلغ درجة حرارته صفرًا مئويًا في الخارج، يصل إلى الحلق بعد مروره عبر الأنف وقد ارتفعت درجة حرارته إلى حوالي ١٥ درجة مئوية، ثم يبلغ حوالي ٢٠ درجة مئوية في القصبة الهوائية، وحوالي ٣٠ درجة مئوية في الرئتين. وقد لا يكون هنالك تأثير سلبي ملحوظ على الجهاز التنفسي لدى الشخص السليم من جراء ممارسة الجهد البدني في الجو البارد، إلا أن الأشخاص الذين يعانون من حساسية مفرطة (Airway hyper-reactivity) في المجاري التنفسية، هم الأكثر عرضة للإصابة بالربو الناجم عن الجهد البدني، من جراء ممارسة الجهد البدني في الجو البارد، وعليهم تبعاً لذلك اتخاذ الحيطة والحذر، وممارسة النشاط البدني في الداخل عندما يكون الجو بارداً جداً، أو استخدام كمادات بلاستيكية تعمل على تدفئة الهواء المستنشق قبل وصوله إلى الجهاز التنفسي العلوي من الجسم.

الجهد البدني في الجو الحار:

إن مجرد التعرض لفترة طويلة للجو الحار العالي الرطوبة دون أي جهد بدني يذكر يعد كافياً لأن يؤدي إلى عجز الجسم عن المحافظة على درجة حرارته عند الدرجة الاعتيادية، لذا فإن القيام بجهد بدني لمدة طويلة سوف يزيد، دون شك، من العبء الملقى على آلية التحكم الحراري، مؤدياً بالتالي إلى زيادة إنتاج الحرارة من الجسم بمقدار أعلى من قدرة الجسم على التخلص منها، مما يعرض الفرد بعد ذلك إلى الإصابات الحرارية، خاصة إذا لم يكن متأقلاً على التدريب البدني في الجو الحار.

ولمعرفة حجم إنتاج الطاقة الحرارية أثناء الجهد البدني في الجو الحار، يجدر أن نشير إلى أن إنتاج الحرارة من الجسم أثناء الراحة يعادل ١,٢٥ كيلو سعر حراري في الدقيقة لشخص متوسط الوزن، بينما يرتفع ذلك أثناء الجهد البدني التحملي (كالماراثون مثلاً) إلى أكثر من ١٥ كيلو سعراً حرارياً في الدقيقة، أي ما يوازي ١٠٠٠ كيلو سعر حراري في الساعة تقريباً. وتشير البحوث إلى أن ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية يعتمد على الشدة النسبية للجهد البدني، حيث وجدت إحدى الدراسات الحديثة أن شدة الجهد البدني منسوبة إلى الاستهلاك الأقصى للأكسجين هي العامل المؤثر على ارتفاع درجة حرارة الجسم أثناء الجري على السير المتحرك لمدة ٦٠ دقيقة لدى مجموعة من المشاركين في ذلك البحث.

هل يؤثر ارتفاع درجة الحرارة الخارجية سلباً على الأداء البدني؟

إن من المؤكد أن ارتفاع درجة الحرارة الخارجية إذا تزامن مع زيادة معدل شدة الجهد البدني سوف يلقي عبئاً إضافياً على جهاز التحكم الحراري والجهاز الدوري معاً. لكن السؤال

المطروح هو هل هناك تأثير سلبي على الأداء البدني من جراء ارتفاع درجة الحرارة الخارجية؟ بالطبع هناك تأثير سلبي لارتفاع درجة الحرارة الخارجية أو زيادة الرطوبة النسبية على مستوى الأداء البدني (Performance)، المرتفع الشدة، خاصة في المسابقات التي تتطلب عنصر التحمل، أو تلك التي تدوم لفترة طويلة (أكثر من ١٥ دقيقة).

يعتقد نظرياً أن السبب في انخفاض الأداء البدني في الجو الشديد الحرارة ناتج عن حدوث تنافس بين العضلات العاملة والجلد على الدم الصادر من القلب (أي على نتاج القلب، وهو كمية الدم التي يضخها القلب باللتر في الدقيقة)، فالعضلات العاملة تتطلب ضخ أكبر كمية من نتاج القلب المحمل بالأكسجين إليها، لتتمكن من أداء الانقباض العضلي اللازم للجهد البدني بفاعلية، بينما نجد أن الجلد يحتاج إلى زيادة الدم المتجه إليه حتى يتمكن من القيام بعملية التبريد الضرورية لخفض درجة حرارة الجسم.

كما يتأثر الجهاز القلبي الدوري من جراء الجهد البدني الطويل الأمد في الجو الحار، خاصة عندما لا يتم تعويض السوائل المفقودة من خلال العرق - حيث من الممكن أن يحدث انخفاض في كمية العائد الوريدي (venous return)، وهو الدم العائد إلى القلب عبر الأوردة، نتيجة للتوسع الشديد في الأوعية المحيطية من جراء ضخ الدم إلى الجلد كإجراء لخفض درجة حرارة الجسم، مضافاً إلى ذلك ما ينتج من انخفاض حجم بلازما الدم بسبب التعرق الغزير الذي غالباً ما يحدث أثناء الجهد البدني الطويل الأمد في الجو الحار. إن انخفاض العائد الوريدي سوف يقود بالطبع إلى انخفاض ضغط ملء القلب (أي انخفاض العبء القلبي)، وبالتالي إلى انخفاض نتاج القلب من جراء تدني حجم الضربة، مما يؤدي بعد ذلك إلى انخفاض في الضغط الشرياني (بسبب انخفاض نتاج القلب مع بقاء الأوعية الدموية في حالة توسع)، وعند هذه المرحلة، فإن الجسم سيقوم بحماية التوازن الداخلي له (أي المحافظة على الضغط المركزي) على حساب التحكم الحراري، والنتيجة هي انخفاض كمية الدم المتجهة إلى الجلد، وكذلك انخفاض كمية العرق بغرض ترشيد سوائل الجسم، فترتفع نتيجة لذلك درجة الحرارة الداخلية للجسم بما يصاحب ذلك من تعب وإعياء مع احتمال التعرض للإصابات الحرارية إذا لم يتم التوقف عن أداء الجهد البدني.

وعلى الرغم مما سبق الإشارة إليه من تغيرات ملحوظة في الجهاز الدوري من جراء ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للجسم كنتيجة للجهد البدني في الجو الحار، إلا عدداً من الدلائل العلمية الحديثة بدأ يتراكم مشيراً على أن الأسباب الرئيسية لانخفاض الأداء البدني في الجو الحار لا يكمن في التغيرات الحاصلة في الجهاز الدوري التي أشرنا إليها في الفقرات السابقة، بل يكمن في الجهاز العصبي المركزي، حيث يعتقد أن ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للجسم فوق حداً معيناً يؤدي إلى تثبيط الإيعاز المحفز للعضلات والقادم من الدماغ، والنتيجة هي انخفاض مستوى الأداء

البدني والشعور بالتعب المركزي مع ظهور الأعراض الأخرى المصاحبة للجهد البدني في الجو الحار، كالشعور بالغثيان، والدوخة. إن الاعتقاد السائد أن هذه الأعراض، بما في ذلك تدني قوة العضلات على إنتاج القوة الانقباضية، تمثل نوعاً من الحماية للجسم من أن يصل به الأمر إلى حالة من الهبوط الدوري أو الفشل الكلوي الذين يمكن أن يحدثا من جراء الإصابة بالضربة الحرارية.

أما أثناء الجهد البدني المنخفض إلى المعتدل الشدة الذي لا يدوم طويلاً، فلا يعتقد أن الأداء البدني يتأثر سلباً بشكل ملحوظ من جراء ارتفاع درجة الحرارة الخارجية لدى الشخص الذي لا يعاني من جفاف في الجسم، حيث تشير البحوث في هذا الصدد إلى أن الجسم البشري يكون قادراً على إعادة توزيع الدم من المناطق غير العاملة أثناء الجهد البدني كالأحشاء والكليتين وضخه إلى الجلد بغرض التبريد دون حدوث نقص ملحوظ للدم المتجه إلى العضلات العاملة، ودون الحاجة إلى زيادة ملحوظة في حجم نتاج القلب.

التعرق وفقدان السوائل في الجو الحار:

عندما تكون درجة الحرارة الخارجية أقل بشكل ملحوظ من درجة حرارة الجلد، فإن الجسم يفقد كثيراً من حرارته عن طريق الإشعاع والحمل، وبدرجة أقل عن طريق تنفس الهواء البارد من خلال التهوية الرئوية. لكن عندما يكون الفرق بين درجة حرارة الجلد ودرجة الحرارة الخارجية ضئيلاً، فإن قدرة الجسم على فقدان الحرارة عن طريق الإشعاع أو الحمل تتخفف، وبالتالي فإن الجسم يتخلص من الحرارة بدرجة رئيسية عن طريق تبخر العرق. وفي الواقع، فعندما تتجاوز درجة الحرارة الخارجية ٣٦ درجة مئوية، فإن الجسم لا يمكنه التخلص من الحرارة إلا عن طريق تبخر العرق فقط. لهذا تعد عملية التعرق ضرورية جداً كوسيلة من وسائل تخفيف حرارة الجسم، حيث يؤدي تبخر العرق إلى تبريد سطح الجسم، وبالتالي خفض درجة حرارة الدم العائد إلى وسط الجسم، على أن عملية التبخر تتأثر بضغط بخار الماء في الهواء الخارجي (أي تعتمد على الرطوبة النسبية) فكلما ازدادت الرطوبة كلما انخفضت القدرة على تبخر العرق.

ويعتقد أن تحت المهاد (Hypothalamus) في قاع الدماغ يقوم بمراقبة الارتفاع في درجة حرارة الجسم (درجة الحرارة الداخلية ودرجة حرارة الجلد)، ولهذا فعندما تتجاوز درجة حرارة الجسم درجة معينة فإن الجهاز العصبي السمبثاوي يقوم بفتح الغدد العرقية في الجسم على إفراز العرق. ويبلغ عدد الغدد العرقية في الجسم حوالي ٤ ملايين غدة تتوزع على مناطق الجسم. إن أكثر المناطق كثافة في الغدد العرقية هي منطقة الوجه (٣٥٠ غدة عرقية في كل سم^٢)، أما منطقة الجذع فتضم أكبر كمية من الغدد العرقية في الجسم. والمعروف أن عدد الغدد

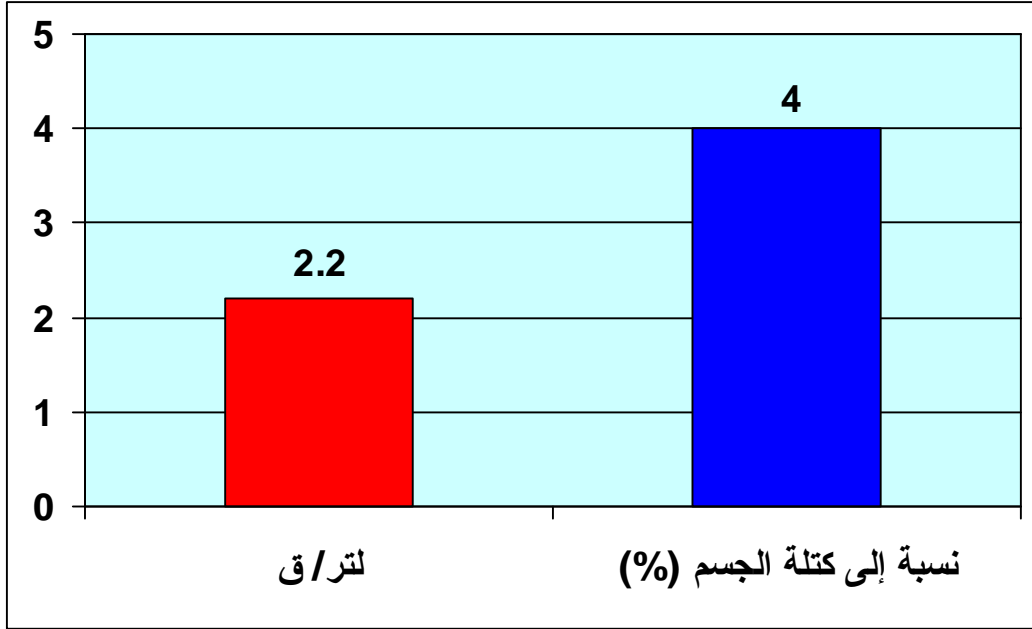
العرقية في جسم الإنسان يتحدد في فترة ما قبل الولادة، كما لا يوجد فروق ملحوظة في عدد الغدد العرقية بين الجنسين.

إن معظم الغدد العرقية في جسم الإنسان من النوع المسمى (Eccrine)، أي خارجية الإفراز، أما النوع الآخر من الغدد العرقية والمسمى (Apocrine) فموجود في منطقة ما تحت الإبطين ومنطقة العانة. وتتكون الغدد العرقية المسماة (Eccrine) من غدة إفراز تحت الجلد وقناة عرقية تمتد إلى البشرة حيث يتم طرح العرق على سطح الجلد، ومن المعلوم أن حجم الغدد العرقية لدى الأشخاص المتدربين والمتأقلمين للجو الحار أكبر مما هو لدى الأشخاص غير المتدربين، مما يعني أن الغدد العرقية تستجيب للتدريب البدني كغيرها من أجهزة الجسم الأخرى.

وللتدليل على أن تبخر العرق يعد أنجح آليات فقدان الحرارة أثناء الجهد البدني في الجو الحار، تجدر الإشارة إلى أن الغدد العرقية لرياضي متدرب يمكن لها أن تنتج ما مقداره ٣٠ ملي لتر من العرق في الدقيقة (أي ١,٨ لتراً في الساعة)، وينتج عن عملية تبخر ملي لتر واحد من العرق فقدان حراري من الجسم مقداره ٠,٦ كيلو سعر حراري، أي أنه في ساعة واحدة يمكن فقدان ما يتجاوز ١٠٠٠ كيلو سعر حراري (يجدر الإشارة إلى أنه ليس كل العرق الذي يفرزه الجسم يتم تبخره فعلياً، وبالتالي يؤدي إلى فقدان الحرارة أو إلى تبريد الجسم، بل إن بعضاً من العرق يتم مسحه من الجسم أو يسقط كقطرات على الأرض).

وتشير معظم الدراسات التي أجريت على العديد من الرياضيين في مختلف الرياضات التحملية إلى أنهم قد يفقدون كميات من السوائل عن طريق العرق تتراوح ما بين لتر إلى لترين في الساعة، أي ما يوازي تقريباً ٢-٥% من وزن الجسم. ويوضح الشكل البياني رقم (٤) متوسط مقدار السوائل المفقودة من قبل مجموعة من العدائين السعوديين المشاركين في سباق اختراق الضاحية، بلغت في حينها درجة الحرارة الخارجية ٣٥ درجة مئوية والرطوبة النسبية حوالي ١٥% فقط. ويظهر من الشكل أن معدل فقدان السوائل كان عالياً، حيث بلغ نسبة لوزن الجسم ٤%، متراوحاً ما بين ٣ إلى ٦%، خلال فترة السباق التي دامت قرابة ٥٢-٦٥ دقيقة للرياضيين المشاركين ضمن عينة البحث. وهذا المقدار من فقدان السوائل من الجسم (والذي معظمه من الماء) يعد مرتفعاً ومؤثراً على الأداء البدني للرياضي. وفي تجربة أخرى قمنا بإجرائها على لاعبي منتخب المملكة لكرة القدم من فئة الشباب بلغ معدل فقدان السوائل لديهم خلال الشوط الأول فقط في مباراة تجريبية حوالي ٢,٥% من وزن الجسم، علماً بأن درجة الحرارة الخارجية، بناءً على مقياس درجة الحرارة الجاف، قد بلغ ٣٧ درجة مئوية، وكانت نسبة الرطوبة منخفضة جداً، حيث بلغت ٧%، الأمر الذي يخفف نوعاً ما من الإجهاد الحراري الملقى على الجسم، إذا تم تناول السوائل بكميات كافية.

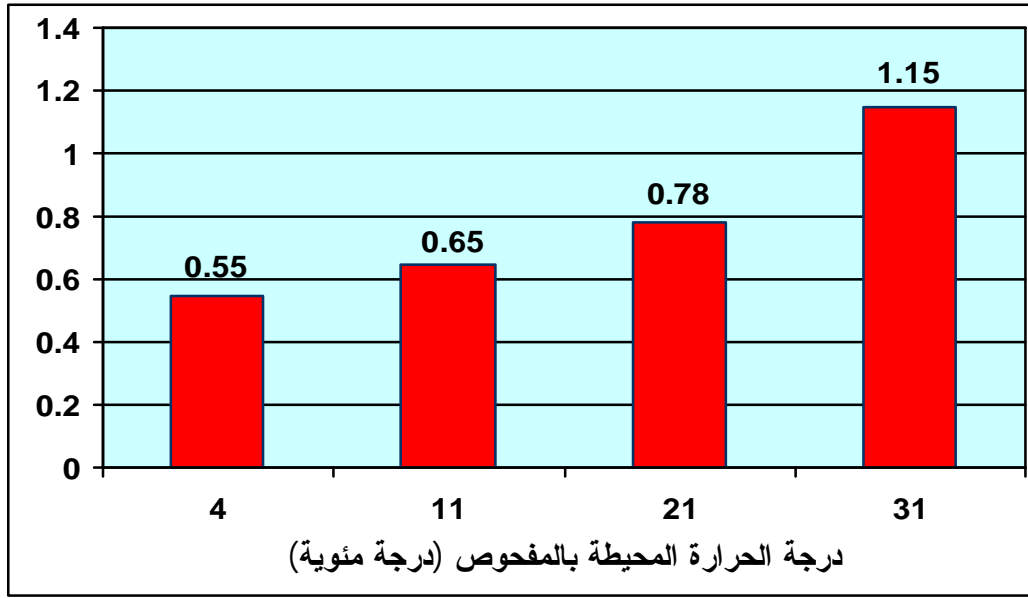
ليس من المستغرب أن يصل معدل فقدان السوائل لدى بعض الرياضيين إلى معدل مرتفع جداً، كما حدث بالنسبة لمتسابق الماراثون الأمريكي ألبرتو سالازار، حيث يشير أحد التقارير العلمية إلى أن معدل فقدانه للسوائل خلال مشاركته في ماراثون الدورة الأولمبية الصيفية عام ١٩٨٤م بمدينة لوس أنجلوس الأمريكية قد بلغ ٣,٧١ لتراً في الساعة، وهو معدل تعرق يعد عالياً بكل المقاييس.



شكل رقم (٤): مقدار السوائل المفقودة عن طريق التعرق لمجموعة من العدائين السعوديين خلال سباق اختراق الضاحية لمسافة ١٥ كم (مصدر البيانات: الهزاع ، ١٩٩٥).

ومن المعلوم أن معدل التعرق يتأثر بعدة عوامل أهمها شدة الجهد البدني المبذول، ومستوى اللياقة البدنية، ومقدار التأقلم للجهد البدني في الجو الحار، والمحتوى المائي للجسم، ودرجة الحرارة الخارجية، ومقدار الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، والإشعاع الحراري، ونوع الملابس التي يرتديها الشخص. على أن لدرجة الحرارة الخارجية (أو درجة الحرارة المحيطة بالشخص) تأثير كبير على معدل التعرق أثناء الجهد البدني، حيث تشير نتائج دراسة تم خلالها القيام بجهد بدني على دراجة الجهد عند مستوى ٧٠% من الاستهلاك الأقصى للأكسجين تحت أربع حالات من درجات الحرارة الخارجية (٤ درجات مئوية، ١١ درجة مئوية، ٢١ درجة مئوية، ٣١ درجة مئوية) إلى أن أعلى معدل للتعرق حدث عند ٣١ درجة مئوية، حيث بلغ ١,١٥ لتراً في الساعة، ثم عند ٢١ درجة مئوية (٠,٧٨ لتراً في الساعة)، ثم عند ١١ درجة

مئوية (٠,٦٥ لترًا/ ساعة) وأخيراً عند ٤ درجات مئوية (٠,٠٥٥ لترًا/ ساعة)، كما هو موضح في الشكل البياني رقم (٥). ومن النتائج التي توصلت إليها التجربة السابقة أن الأداء البدني قد تأثر بشكل ملحوظ من جراء ارتفاع درجة الحرارة الخارجية، حيث تمكن المفحوصين من الاستمرار في أداء الجهد البدني لمدة ٩٣,٥ دقيقة عند درجة حرارة ١١ مئوية، يلي ذلك عند ٤ درجات مئوية (٨١,٤ دقيقة)، ثم عند ٢١ درجة مئوية (٨١,٢ دقيقة) وأخيراً عند ٣١ درجة مئوية، حيث لم يتمكنوا من الاستمرار لأكثر من ٥١,٦ دقيقة.



شكل رقم (٥): معدل التعرق (لتر في الساعة) لدى مجموعة من المفحوصين الذين تم اختبارهم على دراجة الجهد عند ٧٠% من الاستهلاك الأقصى للأكسجين في أربع حالات من درجة الحرارة الخارجية (المحيطة) وهي: ٤، ١١، ٢١، ٣١ درجة مئوية.

المصدر: Galloway & Maughan, Med Sci Sports Exerc, 1997

ويتميز الأفراد ذوو اللياقة البدنية العالية والمتأقلمون للحرارة بأنهم يتعرقون بشكل أكثر، كما أنهم يتخلصون من الحرارة بصورة أكثر كفاءة من ذوي اللياقة المنخفضة، حيث يؤدي التدريب البدني في الجو الحار إلى زيادة حجم الغدد العرقية وإمكاناتها على إفراز العرق، مع انخفاض تركيز المنحلات في سائل العرق وخاصة الصوديوم، دلالة على ترشيد هذا العنصر، الذي له دور مهم في توازن سوائل الجسم.

وعلى الرغم من أهمية التعرق وفعاليتها في التخفيف من ارتفاع درجة حرارة الجسم، إلا أن التعرق المستمر خاصة أثناء الجهد البدني الطويل الأمد يؤدي إلى فقدان كمية كبيرة من سوائل الجسم (يمثل الماء أكثر من ٩٩% من محتوى العرق)، وإذا لم يتم تعويض السوائل المفقودة، فإن النتيجة هي حدوث جفاف للجسم يقود إلى آثار سلبية على الجهاز الدوري وجهاز التحكم الحراري، حيث تتخفف قدرة الجسم على إفراز العرق ويقل ضخ الدم إلى الجلد، بغرض المحافظة على توازن السوائل داخل الجسم، وإعطاء الأولوية لدعم الدورة الدموية والمحافظة على ضغط الدم، على حساب ضبط درجة حرارة الجسم. لهذا فليس من المستبعد، تحت هذه العوامل، ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية وحدث انهيار للرياضي مع ظهور أعراض الإصابة الحرارية. لذا تكمن أهمية تعويض السوائل والمحافظة على التوازن المائي في الجسم أثناء التدريب البدني أو المنافسة في الجو الحار.

تأثير التدريب البدني في الجو الحار على حجم بلازما الدم:

يتكون سائل الدم من قسمين رئيسيين، هما سائل شبه شفاف يسمى بلازما الدم، ومكونات أخرى أهمها الكريات الدموية الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية. وعندما نقسم حجم كرات الدم الحمراء على حجم الدم الكلي نحصل على ما يسمى بنسبة الهيماتوكريت التي تبلغ في الحدود الاعتيادية حوالي ٤٠-٤٥%.

يمثل حجم بلازما الدم عادة حوالي ٥٥% من حجم الدم الكلي. ويكون الماء حوالي ٩١% من حجم بلازما الدم، أما النسبة الباقية والبالغة ٩% فهي مكونات صلبة، منها البروتينات (٦٠-٨٠ جم/لتر)، والجلوكوز (٤-٦ ملي مول/لتر)، ومقدار من الأحماض الدهنية الحرة والأحماض الأمينية وبعض الهرمونات والأنزيمات. كما تضم بلازما الدم بعض المنحلات (Electrolytes) التي تبلغ ٩ جرامات في اللتر، ومن أهم تلك المنحلات الصوديوم (Na^+)، والكلوريد (Cl^-). أما أهم البروتينات الموجودة في بلازما الدم فهي الألبومين (Albumin)، والجلوبيولين (Globulin) المهم في تكون مضادات الأجسام (Antibodies)، والفيبرينوجين (Fibrinogen) الضروري لعملية تجلط الدم. والمعروف أن جميع البروتينات الموجودة في بلازما الدم ذات أهمية في عملية نقل المواد الأيونية وغير الأيونية وتلعب دوراً رئيسياً في عملية توازن السوائل في ما بين أنسجة الجسم.

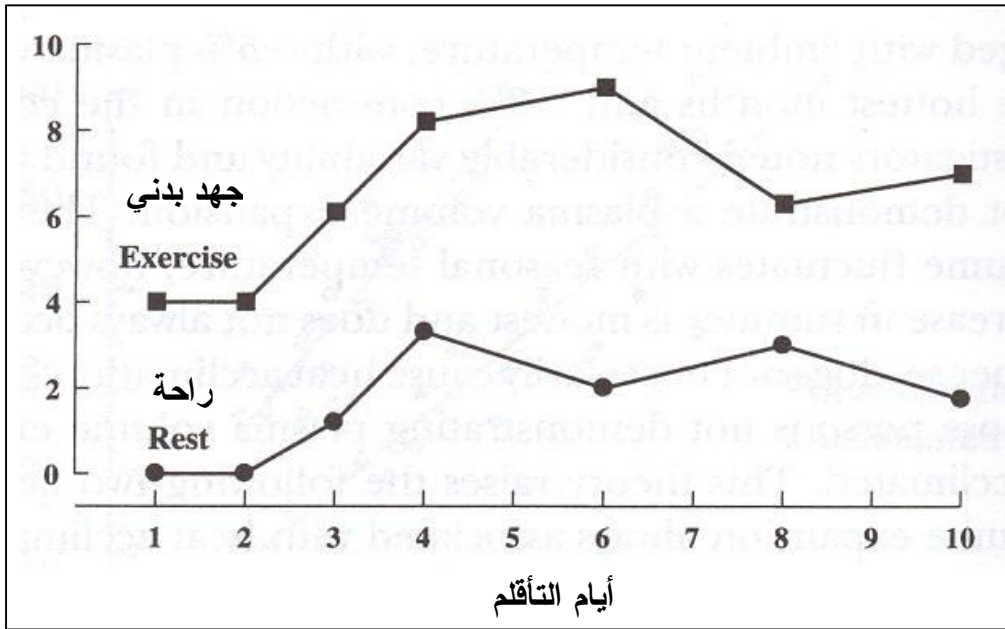
ونظراً لأن هذه المواد البروتينية الموجودة في سائل البلازما لا تنتقل بسهولة عبر أغشية الأوعية الشعرية (الشعيرات الدموية)، فإنها تبقى بشكل مركز داخل الأوعية الدموية الشعرية، مما يجعلها تكون ضغطاً أسموزياً (تتناضحياً) يعادل حوالي ٢٥ ملي متر/ زئبقي، يسمى بالضغط

البروتيني أو الغرواني (Colloid osmotic pressure). هذا الضغط البروتيني يمثل عنصراً مهماً في تبادل السوائل بين الأوعية الدموية الشعرية وأنسجة الجسم المختلفة، وهو ضغط يتضاد ويعاكس الضغط الحاصل بفعل جريان الدم والمسعى ضغط جريان الدم (Hydrostatic pressure).

ومن المعلوم أن القيام بجهد بدني يؤدي إلى حدوث انخفاض مؤقت في حجم بلازما الدم لا يدوم طويلاً بعد الجهد البدني، ويكمن سبب ذلك في أنه مع بداية الجهد البدني يزداد انتقال سائل البلازما من الأوعية الدموية الشعرية إلى الفراغ بين الخلوي (الفراغ الذي بين الخلايا)، ويكون ذلك بسبب زيادة جريان الدم وارتفاع ضغطه، الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى زيادة ترشيح الماء من الأوعية الدموية^١. ويبدو أن معدل فقدان الماء من سائل البلازما يتناسب تناسباً طردياً مع شدة الجهد البدني المبدول^١. ويقدر انخفاض حجم بلازما الدم بحوالي ١٠ - ٢٠% أثناء الجهد البدني الطويل الأمد، ويزداد الانخفاض في واقع الأمر عندما يترافق الجهد البدني مع ارتفاع درجة الحرارة الخارجية وفقدان كمية كبيرة من العرق، خاصة عندما لا يتم تعويض السوائل المفقودة عن طريق العرق، ويعود السبب في ذلك إلى أن أكثر من ٩٩% من سائل العرق هو ماء قادم بصفة رئيسية من السوائل بين الخلوية ومن بلازما الدم. لذا فإن انخفاض حجم الماء في الفراغ بين الخلوي يؤدي إلى زيادة الضغط الاسموزي فيه، مما يقود إلى جذب سائل أكثر من بلازما الدم، وهكذا ينخفض حجم بلازما الدم. ويقود انخفاض حجم بلازما الدم إلى زيادة نسبة الهيماتوكريت، أي زيادة تركيز كريات الدم الحمراء في الدم. لكن فقدان كمية كبيرة من السوائل من الجسم أثناء الجهد البدني دون تعويضها عن طريق تناول السوائل يؤدي في النهاية إلى التأثير سلباً على الأداء البدني بسبب انخفاض حجم الدم، خاصة سائل البلازما، مما يعرض الرياضي للإصابات الحرارية.

غير أن التدريب البدني المنتظم، خاصة في الجو الحار، يؤدي في النهاية إلى زيادة حجم بلازما الدم لدى الرياضي سواء في الراحة أو في الجهد البدني، وعلى الرغم من تفاوت الزيادة في حجم البلازما جراء التدريب البدني في الجو الحار، إلا أنها قد تصل بعد فترة من التأقلم لدى بعض الرياضيين إلى ٣٠%. ويوضح لنا الشكل البياني رقم (٦) مقدار التغير (%) في حجم بلازما الدم في كل من حالي الراحة والجهد البدني بعد فترة من التأقلم على التدريب البدني في الجو الحار لمدة ١٠ أيام، ويتبين من الشكل أن حجم بلازما الدم ازداد بشكل ملحوظ بعد فترة من التأقلم بلغت ٤ أيام، سواء كان ذلك في الراحة أو أثناء الجهد البدني، ثم حدث استقرار بعد ذلك إلى حد كبير. هذا التكيف الفسيولوجي من جراء التدريب البدني في الجو الحار يعد شيئاً إيجابياً، ينعكس بدوره على تحسن اتزان السوائل في جسم الرياضي، مما يوفر له المقدرة على

تحمل الجهد البدني في الجو الحار، كما تقود الزيادة في حجم بلازما الدم هذه إلى تخفيف لزوجة الدم، لذا فليس من المستغرب أن نرى انخفاضاً طفيفاً في نسبة الهيماتوكريت لدى رياضيي التحمل، دون التأثير سلباً على حجم كرات الدم الحمراء لديهم، وبالتالي على السعة الأكسجينية للدم (قدرة الدم على حمل الأكسجين).

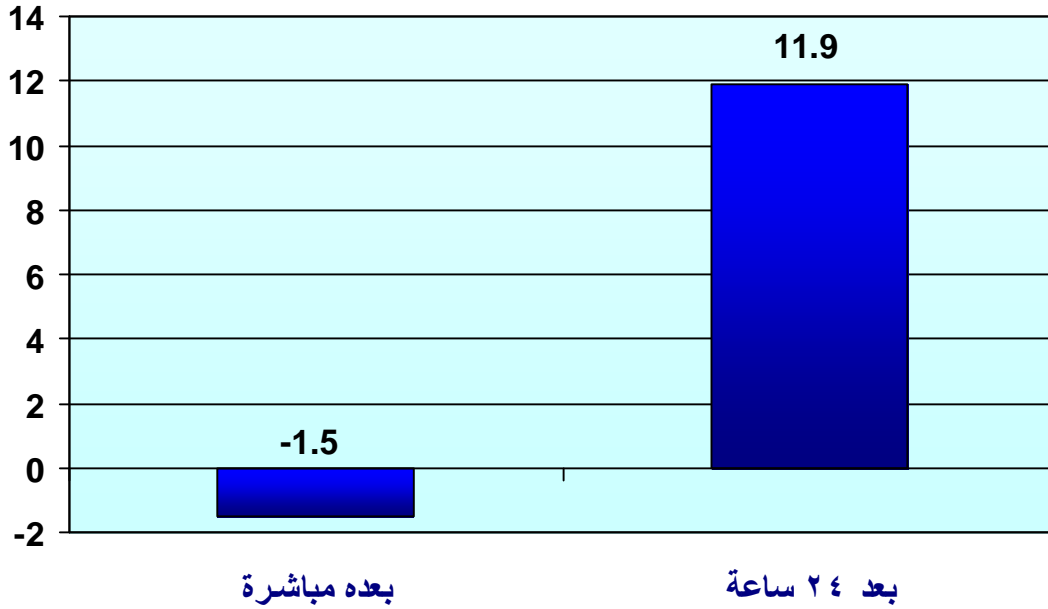


شكل رقم (٦): التغير في حجم بلازما الدم (%) في الراحة والجهد البدني أثناء ١٠ أيام من التأقلم على الجو الحار (Sawka & Coyle, Exerc Sport Sci Rev 1999, 27: 176).

أما الشكل البياني رقم (٧) فيوضح لنا ظاهرة انخفاض حجم بلازما الدم لدى مجموعة من متسابقى الدراجات الذين شاركوا في سباق بلغت مسافته ٢٣٠ كم، حيث وصل الانخفاض في البلازما إلى حوالي ٢% بعد أداء جهد بدني تحملي مباشرة، أما بعد مرور ٢٤ ساعة على انتهاء السباق، فقد ازداد حجم بلازما الدم بحوالي ١٢%، وللمعلومية فإن نسبة الهيماتوكريت انخفضت من ٤٤% قبل السباق إلى ٤١% بعد مرور ٢٤ ساعة على انتهاء السباق.

ويعتقد أن الآلية المسؤولة عن زيادة حجم بلازما الدم من جراء التدريب البدني في الجو الحار تتمثل في زيادة المنحلات في سوائل الدم، خاصة الصوديوم والكلوريد، وكذلك الاحتفاظ بالمواد البروتينية بصورة أكبر في الأوعية الدموية. كما يعزى لتأثير التنشيط الهرموني دور في ذلك، المتمثل في هرمونات أرجانين-فازوبريسن، وريسين-انجيوتنسين-ألدوستيرون. ومن المعروف أن التعرق الغزير أثناء الجهد البدني في الجو الحار المصحوب بفقدان السوائل

وأيونات الصوديوم يقوم بتحفيز عمل هرمون ألدوستيرون والهرمون المضاد لإدرار البول (ADH)، حيث يقوم هرمون ألدوستيرون بالحث على ترشيد طرح الصوديوم في البول، مما يحافظ على تركيزه في البلازما، بينما يقوم الهرمون المضاد للإدرار بحث الكلية على زيادة امتصاص الماء، مما يساعد على بقاء السوائل داخل الجسم.



شكل رقم (٧): التغير في حجم بلازما الدم (%) بعد المشاركة مباشرة وبعد مرور ٢٤ ساعة على انتهاء سباق للدراجات دام يوماً كاملاً، تم خلاله قطع مسافة قدرها ٢٣٠ كم (مصدر البيانات: (Neumayr, et al, *I J Sports Med*, 2002).

الآثار المترتبة على جفاف الجسم نتيجة للجهد البدني في الجو الحار:

يؤدي فقدان السوائل من جراء التعرق أثناء الجهد البدني في الجو الحار إلى تغيرات ملحوظة في كل من الجهاز الدوري ونظام توازن السوائل والمنحلات في الجسم. ويحمل الجفاف بين طياته تبعات سلبية على الأداء البدني من جهة، وعلى سلامة الرياضي وصحة أجهزة جسمه من جهة أخرى، كما أنه من الواضح للعيان أن حدوث الجفاف يقود إلى انخفاض قدرة الجسم على مقاومة الارتفاع في درجة حرارة الجسم، مما يعرض الرياضي للإصابات الحرارية.

وتعتمد شدة الآثار السلبية المترتبة على الجفاف لدى الإنسان على مقدار فقدان السوائل من الجسم، كنسبة مئوية من وزن الجسم، حيث يؤدي نقص سوائل الجسم في بداية الأمر إلى تحفيز آلية الشعور بالعطش، وفي حالة وصول انخفاض سوائل الجسم إلى أكثر من ٢% من الوزن،

يبدأ الجسم بترشيده طرْح الماء عن طريق البول، من خلال التأثير الهرموني على الكليتين، وكلما ازداد انخفاض سوائل الجسم كلما تضاعفت الآثار السلبية أكثر فأكثر على وظائف أجهزة الجسم وقدرة الفرد على القيام بالجهد البدني والذهني على السواء، ويوضح الجدول رقم (٣) عرضاً تدرجياً للآثار المترتبة على الوظائف الفسيولوجية لدى الإنسان من جراء فقدان السوائل تبعاً لمقدار الانخفاض في كتلة الجسم (وزن الجسم). كما يتضمن الجدول معلومات حول مقادير الانخفاض في حجم بلازما الدم من جراء فقدان السوائل نسبة لكتلة الجسم. ويتبين من الجدول أن انخفاضاً في سوائل الجسم مقداره ٤% من وزن الجسم يؤدي إلى صعوبة القيام بجهد بدني، أما في حالة انخفاض سوائل الجسم بمقدار ٦% من وزن الجسم (أي ما مقداره ١٢% من سائل البلازما) فيقود ذلك إلى ارتفاع ضربات القلب (نتيجة لانخفاض حجم الدم) وتدني قدرة الجسم على التحكم الحراري، ناهيك عن تأثير ذلك على قدرة الشخص على الأداء البدني، كما أن انخفاض سوائل الجسم إلى ما فوق ١٠% (أي ٢٠% من سائل البلازما) يعود على أجهزة الجسم الحيوية كالدورة الدموية ووظائف الكلى بآثار سلبية كبيرة.

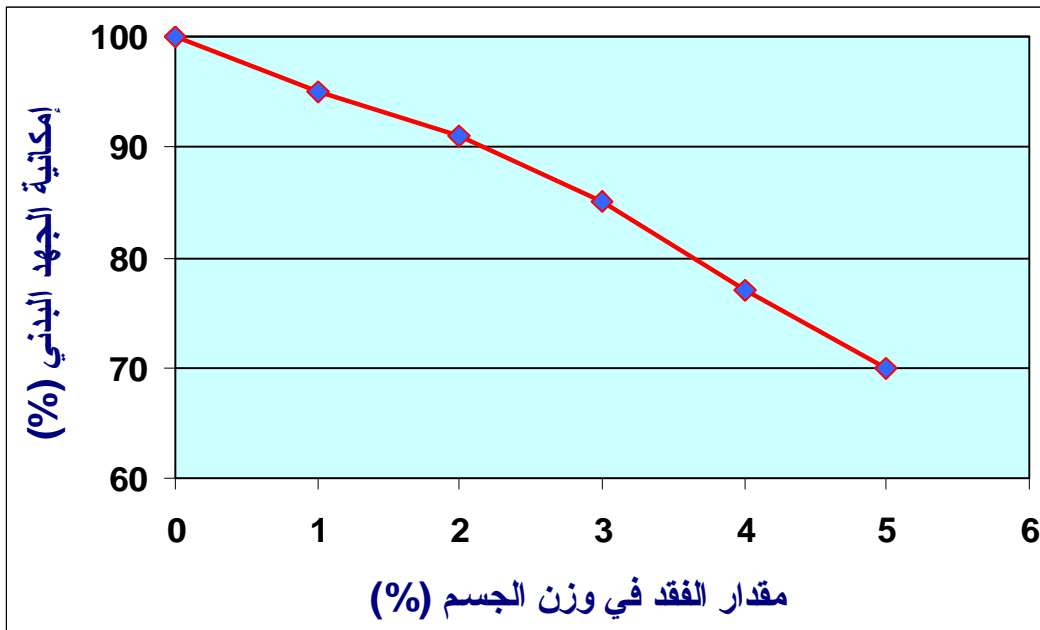
جدول رقم (٣): الآثار المترتبة على الجفاف لدى الإنسان تبعاً لمقدار فقدان السوائل من الجسم كنسبة مئوية من وزن الجسم.

الأعراض	مقدار فقدان البلازما	مقدار فقدان السوائل من الجسم
بداية الشعور بالعطش	١ %	٠,٥ %
شعور أكثر بالعطش، عدم ارتياح، فقدان الشهية	٤ %	٢,٠ %
زيادة لزوجة الدم، جفاف الفم، انخفاض حجم كمية البول	٦ %	٣,٠ %
صعوبة القيام بجهد بدني، الشعور بفتور الجسم	٨ %	٤,٠ %
صعوبة التركيز	١٠ %	٥,٠ %
ارتفاع ضربات القلب، انخفاض القدرة على التحكم الحراري	١٢ %	٦,٠ %
الشعور بالدوخة، صعوبة التنفس أثناء الجهد، تشويش ذهني	١٦ %	٨,٠ %
تشنج العضلات، عجز عام، احتياج، صعوبة الاتزان والعينان معصوبتان	٢٠ %	١٠,٠ %
نقص الدورة الدموية، لزوجة الدم عالية جداً، انخفاض حجم الدم، هبوط وظائف الكلى	٢٢ %	١١,٠ %

المصدر: Greenleaf J, In: Nutrition & Athletic Performance, 1982

ويوضح الشكل البياني رقم (٨) رسماً للانخفاض المتوقع في الأداء البدني من جراء فقدان السوائل عن طريق العرق. ويتضح من الشكل أن هناك علاقة عكسية بين مقدار الانخفاض في سوائل الجسم (كنسبة مئوية من وزن الجسم) والقدرة على أداء الجهد البدني، فنقص السوائل بمقدار ٢% على سبيل المثال يقود إلى تدهور قدرة الشخص على أداء جهد بدني تحملي بنسبة تصل إلى حوالي ١٠%، أما إذا نقصت السوائل من الجسم بمقدار ٥% من وزن الجسم، فإن الأداء البدني المتوقع لن يزيد على ٧٠% من الإمكانية القصوى قبل نقصان السوائل، الأمر الذي يدعو إلى الاهتمام بتعويض السوائل لدى الرياضيين الذين يقومون بأداء الجهد البدني التحملي في الجو الحار، ليس فقط من أجل سلامتهم، بل أيضاً لكي لا يتأثر أدائهم البدني سلباً، ولمزيد من المعلومات حول أهمية السوائل أثناء الجهد البدني في الجو الحار وكيفية تعويض المفقود منها عن طريق العرق، يمكن النظر إلى الفصل الثالث من هذا الكتاب.

وعلى عكس الأداء البدني التحملي الذي يتأثر بشكل واضح من جراء انخفاض سوائل الجسم، لا يبدو أن الجهد البدني اللاهوائي (الجهد البدني المرتفع الشدة لفترة قصيرة) يتأثر كثيراً من جراء انخفاض محدود في سوائل الجسم، حيث تشير نتائج أحد البحوث إلى أن انخفاض سوائل الجسم بمقدار ٢% من وزن الجسم لم يؤثر بصورة ملحوظة على القدرة على الارتقاء لأعلى (القفز العمودي) أو على القدرة على التصويب في كرة السلة.



شكل رقم (٨): تأثير مقدار فقدان السوائل عن طريق العرق على إمكانية القيام بجهد بدني (المصدر: Gleeson, et al, Insider, vol. 4, no. 2, 1996).

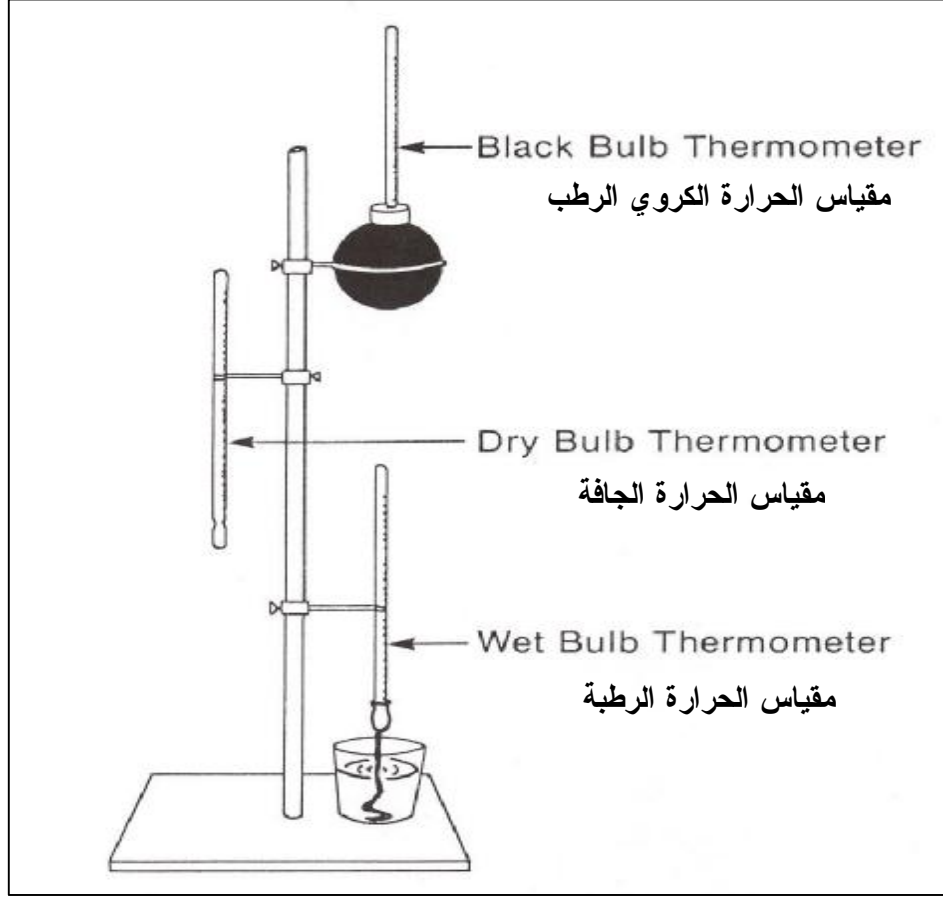
في الفقرات التالية نقدم وصفاً تسلسلياً يعطي خلاصة التأثيرات الناجمة عن فقدان السوائل من الجسم أثناء الجهد البدني في الجو الحار:

١. يؤثر انخفاض سوائل الجسم سلباً على معدل التفريغ المعدي (معدل تفريغ السوائل من المعدة إلى الأمعاء الدقيقة).
٢. يؤدي انخفاض سوائل الجسم إلى زيادة تركيز هرموني انجيوتنسين (angiotensin) وفازوبرسين (vasopressin) حيث يرتفع تركيز كل من هذين الهرمونين أثناء الجهد البدني مع الجفاف، بغرض ترشيد فقدان الصوديوم وخفض إدرار البول، كما يقومان بإحداث تقلص للأوعية الدموية في الأنسجة غير المشاركة في الانقباض العضلي مثل الكبد والجهازين الهضمي والبولي، بالإضافة إلى توجيه السوائل إلى بلازما الدم للحفاظ على حجم الدم وضغطه.
٣. يؤدي جفاف الجسم إلى زيادة لزوجة الدم مما يقود إلى خفض العائد الوريدي، وبالتالي التأثير سلباً على نتاج القلب (يمثل الماء ٩١% من بلازما الدم).
٤. يقود جفاف الجسم إلى انخفاض حجم السوائل في الأوعية الدموية الكبرى في منطقتي الصدر والبطن، مؤدياً ذلك إلى انخفاض ضغط الدم في الأوردة المركزية.
٥. إن انخفاض ضغط الدم في الأوردة المركزية يؤدي إلى انخفاض الضغط اللازم لملء القلب بالدم، أي انخفاض حجم الدم العائد إلى القلب عبر الأوردة (العائد الوريدي).
٦. عندما ينخفض العائد الوريدي فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض حجم الضربة (Stroke volume) وهو حجم الدم الذي يضخه القلب في كل ضربة من ضرباته.
٧. نتيجة لانخفاض حجم الضربة، فإن معدل ضربات القلب يرتفع في محاولة للإبقاء على معدل نتاج القلب، وتشير نتائج إحدى الدراسات إلى أن عدد ضربات القلب يرتفع بمعدل ٣-٥ ضربات في الدقيقة مقابل كل ١% انخفاض في وزن الجسم من جراء فقدان العرق.
٨. على أن ضربات القلب تصل إلى حد معين لا يمكنها تجاوزه، وبالتالي فإن توقف ارتفاع ضربات القلب - إذا تزامن مع انخفاض حجم الضربة - سيؤدي في النهاية إلى انخفاض نتاج القلب.
٩. مع انخفاض حجم الدم، سينخفض معدل التعرق، كما أن كمية الدم المتجهة إلى الجلد ستتناقص في محاولة للمحافظة على سوائل الجسم، والإبقاء على ضغط الدم، على حساب ارتفاع درجة حرارة الجسم.

١٠. المحصلة هي ارتفاع درجة حرارة الجسم، مما يؤدي في النهاية إلى حدوث الإعياء الحراري أو الضربة الحرارية، ومن ثم انهيار الرياضي، بسبب نقصان السوائل وانخفاض ضغط الدم وارتفاع درجة حرارة الجسم.

قياس الإجهاد الحراري على الجسم (Measurement of Heat Stress):

تمثل درجات الحرارة، التي تصدر ضمن النشرات الجوية في المحطات التلفزيونية والإذاعية، درجة الحرارة الخارجية الجافة (Dry bulb temperature)، والتي يتم قياسها بواسطة مقياس درجة الحرارة الزئبقي في مكان ظليل وفي منطقة مفتوحة يتم فيها السماح بمرور الهواء بحرية. وعلى الرغم من المعلومات المفيدة والمهمة التي تزودنا بها عن درجة الحرارة الخارجية الجافة، إلا أنها لا تعد كافية للدلالة على مقدار الإجهاد الحراري على الجسم أثناء الجهد البدني في الجو الحار. ولمعرفة الإجهاد الحراري على الجسم ينبغي أن نعرف - بالإضافة إلى درجة الحرارة الخارجية الجافة - درجة الرطوبة النسبية، والحرارة القادمة عن طريق الإشعاع. ذلك أن ارتفاع نسبة الرطوبة (بخار الماء) في الجو الخارجي يلقي عبئاً إضافياً على آلية التحكم الحراري في الجسم، فارتفاع نسبة الرطوبة الخارجية يجعل عملية تبريد الجسم عن طريق تبخر العرق صعبة، وقد تكون غير ممكنة عندما تصل نسبة الرطوبة إلى درجة عالية جداً، ولهذا الغرض لا يكفي قياس درجة الحرارة الخارجية بواسطة الترمومتر الاعتيادي (الجاف)، بل لا بد من مراعاة عامل الرطوبة وكذلك عامل الإشعاع الحراري القادم مباشرة من أشعة الشمس، وهذا بالتحديد ما يقوم به مقياس درجة الحرارة الكروي الرطب (Wet-Globe Thermometer) أو الترمومتر الكروي الرطب - الذي يتكون من ترمومتر (مقياس درجة الحرارة) زئبقي جاف ليعكس الحرارة الخارجية الجافة، وترمومتر آخر موضوع داخل جسم نحاسي كروي مغطى بقطعة قماش سوداء (أو مصبوغ بلون أسود ليمتص أشعة الشمس) يعبر عن الإشعاع الحراري، ومقياس حرارة زئبقي ثالث مغطى رأسه بقطعة قماش قطنية بيضاء مبللة بالماء يتدلى منها خيط (كالفتيلة)، ويعلق هذا المقياس في الهواء لتعكس قراءة الترمومتر تأثير الحرارة القادمة من أشعة الشمس (الإشعاع) وتأثير ملامسة الهواء المحيط بالترمومتر (الحمل) بالإضافة إلى تأثير عملية التبريد الناجمة عن تبخر الماء من قطعة القماش المبللة. ويوضح الشكل رقم (٩) رسماً توضيحياً للأنواع الثلاثة من أجهزة قياس درجة الحرارة الخارجية، وهي مقياس درجة الحرارة الجافة، ومقياس درجة الحرارة الرطبة، ومقياس درجة الحرارة الكروي الرطب، وضعت على حامل واحد.



شكل رقم (٩): الأنواع الثلاثة لأجهزة قياس درجة الحرارة الخارجية: مقياس درجة الحرارة الجافة، ومقياس درجة الحرارة الرطبة، ومقياس درجة الحرارة الكروي الرطب.
(المصدر: Fox, et al, 1988).

يتم حساب درجة الحرارة بالمقياس الكروي الرطب (WBGT) باستخدام معادلة حسابية تأخذ في الاعتبار الوزن النسبي لكل من درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة ودرجة الحرارة من قراءة المقياس الكروي، وذلك على النحو التالي:

$$(0,7 \times \text{درجة الحرارة بالمقياس الرطب}) + (0,1 \times \text{درجة الحرارة بالمقياس الجاف}) + (0,2 \times \text{درجة الحرارة بالمقياس الكروي}).$$

أما في الحالات التي لا يكون فيها إشعاع حراري ملحوظ على الجسم، كما في حالات الغيوم الكثيفة، أو عند إقامة المنافسات الرياضية داخل الصالات الرياضية المغطاة، فيمكن استخدام المعادلة التالية بديلاً للمعادلة السابقة عند حساب درجة الحرارة بالمقياس الكروي الرطب:

$$(0,7 \times \text{درجة الحرارة بالمقياس الرطب}) + (0,3 \times \text{درجة الحرارة بالمقياس الجاف}).$$

وبناءً على درجات الحرارة المشتقة من مقياس الحرارة الكروي الرطب، يمكن الاسترشاد بالمعايير الموضحة في الجدول رقم (٤)، للاستدلال على مقدار الإجهاد الحراري المتوقع على الرياضيين والمخاطر الحرارية المحتملة من جراء المشاركة في المسابقات الرياضية التي تجرى في الجو الحار أو الرطب، وبالتالي تقييم إمكانية إقامة المسابقات الرياضية أو تأجيلها بناءً على مخاطر الإصابات الحرارية، كما يمكن الاسترشاد بالمقياس في توفير السوائل للمشاركين في المسابقات الرياضية وحثهم على شربها عندما يكون الإجهاد الحراري مرتفعاً نسبياً.

على أنه ينبغي التذكير بأن مقياس الحرارة الكروي الرطب لا يأخذ في الحسبان شدة الجهد البدني المبذول من قبل الشخص، أو اللياقة البدنية، أو العمر، أو الحالة الصحية للشخص، أو مقدار التأقلم للجهد البدني في الجو الحار، وبالتالي لا بد من مراعاة كل هذه العوامل عند اتخاذ أي قرار يتعلق باحتمالات مقدار الإجهاد الحراري المتوقع على الشخص من جراء المشاركة في نشاط بدني في الجو الحار.

جدول رقم (٤): مخاطر الإصابة الحرارية بناءً على درجة الحرارة المشتقة من مقياس الحرارة الكروي الرطب (WBGT).

درجة الحرارة بمقياس الحرارة الكروي الرطب	درجة الخطورة
أقل من ١٨,٣	منخفضة
١٨,٣ < - ٢٢,٨	متوسطة
٢٢,٨ < - ٢٧,٨	مرتفعة
أعلى من ٢٧,٨	مرتفعة جداً

المصدر: Corris, et al, Sports Med, 2004:

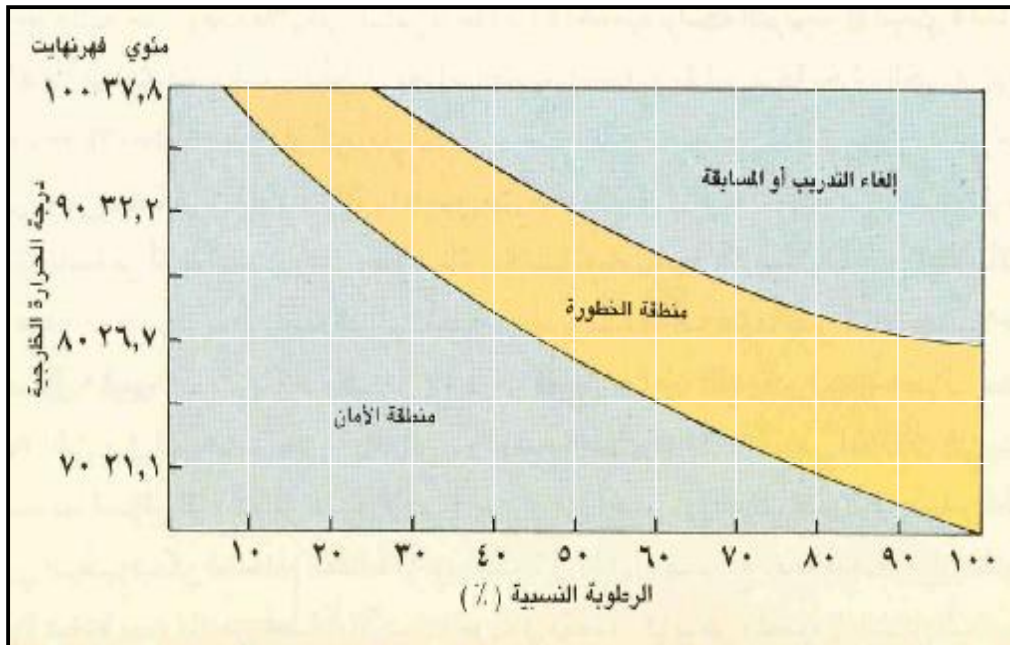
وفي حالة عدم توفر مقياس الحرارة الكروي الرطب، فبالإمكان استخدام مقياس الحرارة الجاف مع الأخذ في الاعتبار نسبة الرطوبة الخارجية، ومن ثم استخدام المعادلة الموضحة أدناه في معرفة الإجهاد الحراري الملقى على الجسم، خاصة عندما يكون الإشعاع الحراري محدوداً:

مؤشر الإجهاد الحراري (WBGT) =

$$٣,٩٤ + (٠,٥٦٧ \times \text{درجة الحرارة الخارجية}) + (٠,٣٩٣ \times \text{ضغط بخار الماء}) + ٣,٩٤$$

ويمكن معرفة ضغط بخار الماء من محطات الأرصاد الجوية مباشرة.

كذلك يمكن للمدرب ومنظمي المسابقات الرياضية، في حال عدم توفر مقياس الحرارة الرطب، الحصول على قراءة درجة الحرارة الخارجية (الجافة) وكذلك معدل الرطوبة النسبية من مصلحة الأرصاد الجوية، ومن ثم استخدام الشكل رقم (١٠) للاستدلال على مقدار الإجهاد الحراري المتوقع على الجسم، وذلك بوضع خط رأسي من محور درجة الرطوبة وخط أفقي من محور درجة الحرارة، فإذا تقاطعا في منطقة الأمان، فمعنى ذلك ملائمة الجو الخارجي للتدريب أو المسابقة، وبالتالي فإن الإجهاد الحراري المتوقع على الجسم ليس كبيراً، أما في حالة تقاطع الخطين في منطقة الخطورة فينبغي اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة لتجنب الرياضيين احتمالات الإصابات الحرارية، وذلك من خلال توفير السوائل لهم وحثهم على تناولها على الدوام، مع الأخذ في الحسبان العوامل الأخرى المؤثرة على التحكم الحراري في الجو الحار، كالعمر، ومستوى النضج البيولوجي، والحالة الصحية للمشاركين، والملابس التي يرتديها اللاعبون، وغير ذلك من عوامل. وفي حالة تقاطع الخطين في منطقة الإلغاء، فينبغي بالطبع إلغاء المسابقة أو تأجيلها من أجل سلامة المشاركين، لأن ذلك يعني أن الإجهاد الحراري كبير على الجسم، وهناك بالتالي احتمالات عالية لحدوث الإصابات الحرارية.



شكل رقم (١٠): رسم إرشادي للتعرف على مستوى الإجهاد الحراري على الجسم من خلال معرفة درجة الحرارة الخارجية (الجافة) ونسبة الرطوبة. (المصدر: Lamb, D., Physiology of Exercise, 1978, p. 281).

الإصابات الحرارية الناجمة عن الجهد البدني في الجو الحار:

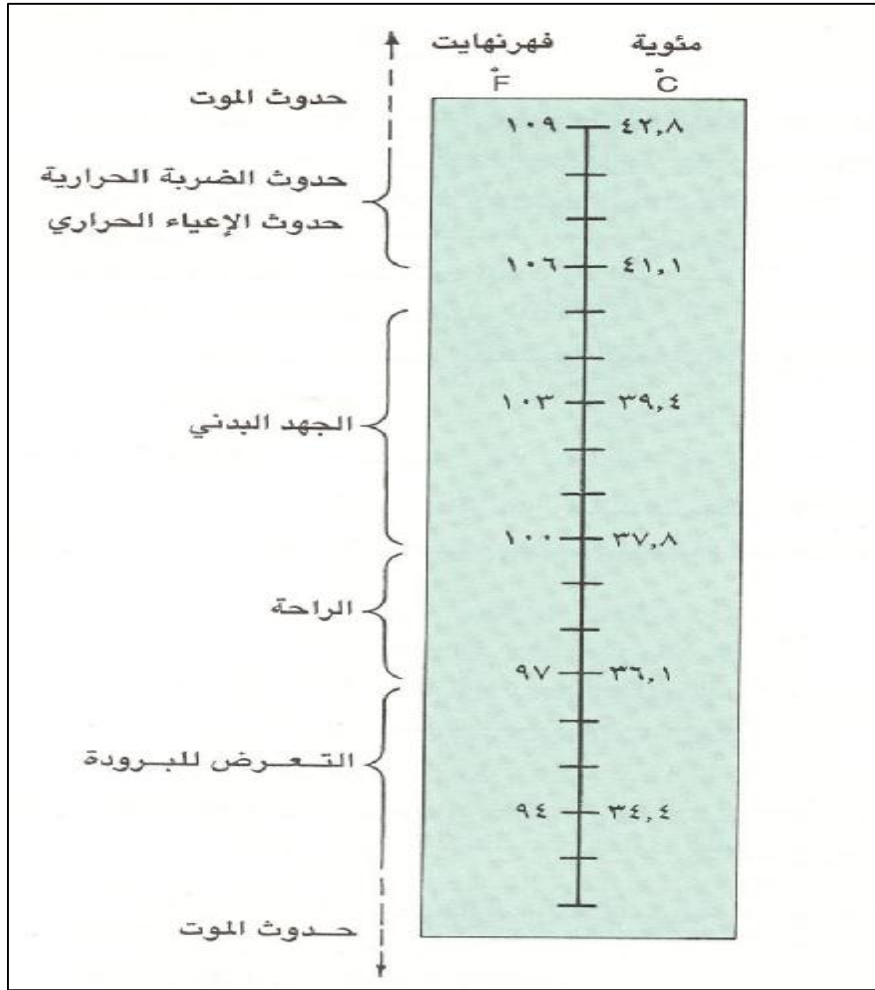
تتأثر الوظائف الحيوية في الجسم جراء انخفاض أو ارتفاع درجة حرارة الجسم، فعندما تنخفض درجة حرارة الجسم إلى أقل من ٣٥ درجة مئوية (٩٦ فهرنهايت) فإن الإنزيمات الموجودة في الخلايا وخاصة خلايا الدماغ تصبح أقل نشاطاً، مما يؤدي إلى انخفاض أو هبوط العمليات الأيضية الخلوية (أي العمليات الحيوية التي تحدث في الخلايا)، والنتيجة هي إبطاء الوظائف المهمة والأساسية مثل التنفس أو حتى توقفها.

في المقابل نجد أن ارتفاع درجة حرارة الجسم فوق ٤٣ درجة مئوية (١٠٩ فهرنهايت) يؤدي إلى بداية تفكك وتحلل الإنزيمات البروتينية ويتبع ذلك احتراق بطيء لأنسجة الجسم (أنظر إلى الشكل رقم ١١). على هذا يتضح مدى أهمية جهاز التنظيم الحراري، خاصة عندما نعرف أن القيام بجهد بدني عنيف لمدة طويلة كما في سباق الماراثون مثلاً قد يؤدي إلى رفع درجة حرارة الجسم إلى ما فوق ٤٠,٦ درجة مئوية (١٠٥ درجات فهرنهايت). ولا يقتصر هذا الارتفاع في درجة الحرارة مع ما يصاحبه من جفاف في الجسم على التأثير سلباً على الأداء البدني فقط، بل قد يعرض صحة الرياضي وسلامته للخطر. ولعل البعض منا يتذكر ما حدث في سباق المشي في الدورة الأولمبية الصيفية في مدينة لوس أنجلوس عام ١٩٨٤م، عندما حاولت المتسابقة السويسرية (جابريلي اندراسون سكييس) جاهدة إكمال طريقها إلى خط النهاية في سباق الماراثون وهي في حالة جفاف، ودرجة حرارة جسمها مرتفعة، وتكاد تسقط من الإعياء الحراري، الناجم من الجهد البدني في الجو الحار.

في الفقرات التالية، سنستعرض أهم الإصابات الحرارية الشائعة أثناء الجهد البدني، خاصة في الجو الحار، ونتناول بعض المعلومات المبسطة حول مؤشرات الإصابات الحرارية وكيفية التصرف حيالها.

١ - التشنج الحراري (Heat Cramp):

عندما يفقد الشخص كمية كبيرة من السوائل نتيجة للتعرق، فإن ذلك يؤدي إلى فقدان كمية من الصوديوم والبوتاسيوم مع العرق، وبذلك ينخفض تركيز هذين العنصرين المهمين في السوائل المحيطة بالخلايا العضلية، مما يؤدي إلى تغيير حساسية النشاط الكهربائي في الخلايا العضلية، مسبباً لها دون أعراض مسبقة انقباضاً مستمراً لتلك العضلات دون ارتخاء. فإذا تزامن ذلك مع الانقباض العضلي المتكرر من جراء التدريب البدني فإن المحصلة هي حدوث ما يسمى بالتشنج العضلي الناتج عن فقدان بعض الأملاح بسبب التعرق الغزير.



شكل رقم (11): تأثير ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة الداخلية للجسم على الإنسان. المصدر: (Lamb, D., Physiology of Exercise, 1978, p. 270).

وعلى الرغم من أن التفسير السابق ذكره هو الاعتقاد التقليدي المتعارف عليه حول التشنج العضلي المصاحب للجهد البدني في الجو الحار، إلا أن بعض البحوث الحديثة بدأت في إلقاء ضوء الشك على هذا التفسير، حيث تشير نتائج إحدى الدراسات التي أجريت على عدائي المسافات الطويلة وما فوق الطويلة إلى عدم وجود فروق دالة في معدل فقدان السوائل أو حجم الدم أو حجم بلازما الدم بين العدائين الذين يعانون من التشنج العضلي المصاحب للجهد البدني في الجو الحار وأقرانهم الذين لا يعانون من التشنج العضلي، أما محتوى الصوديوم في بلازما الدم وإن كان منخفضاً قليلاً لدى المجموعة التي تعاني من التشنج العضلي، إلا أنه كان ضمن الحدود الإكلينيكية للشخص العادي، وخلصت تلك الدراسة إلى أنه لا يوجد تغير في تركيز المنحلات في الدم لدى الرياضيين الذين يعانون من التشنج العضلي المصاحب للجهد البدني.

العلاج:

عند حدوث التشنج العضلي الناتج عن فقدان بعض الأملاح مع العرق (الصوديوم والكلوريد والبوتاسيوم بصفة رئيسية) بشكل متكرر فإن على الممارس القيام بما يلي:

- الاسترخاء بعد كل تدريب أو مباراة.
- تناول تغذية جيدة بعد التدريب البدني أو المباراة، لكي يستعيد الجسم حاجاته من المعادن الضرورية، مع الاهتمام خاصة بتناول الفاكهة والخضروات.
- محاولة تعويض السوائل، وذلك بشرب الماء أو السوائل الأخرى قبل التدريب البدني وأثناءه ثم بعده، ولا مانع في حالة تجاوز الجهد مدة ساعة من تناول بعض المشروبات التي تحتوي على الكربوهيدرات والمنحلات شريطة ألا تحتوي على نسبة عالية من السكر (لا تتجاوز ٤-٨ %) أو نسبة مرتفعة من المنحلات (كالصوديوم والكلوريد والبوتاسيوم، الخ...).

٢ - الإغماء الحراري (Heat Syncope):

يحدث الإغماء الحراري عندما يتعرض الشخص لبيئة حرارية مرتفعة، ويعزى حدوثه إلى توسع الأوعية الدموية الطرفية، وخاصة في الجزء السفلي من الجسم، وبالتالي تجمع كمية كبيرة من الدم في الأوردة السفلية من الجسم، ويتزامن ذلك مع حدوث جفاف ونقص في السوائل من جراء التعرق الغزير، وبالتالي انخفاض حجم بلازما الدم ومن ثم انخفاض العائد الوريدي من الدم، الذي بدوره يقود إلى انخفاض نتاج القلب مما يحدث نقصاً في كمية الدم المتجه إلى الدماغ، خاصة إذا كان ذلك مصاحباً لانخفاض ضغط الدم، والنتيجة هي حالة الإغماء الحراري، وغالباً ما يحدث الإغماء الحراري في بداية فترة التأقلم الحراري، قبل حدوث زيادة في حجم الدم من جراء عملية التأقلم الحراري للجهد البدني في الجو الحار. وفي حالة حدوث الإغماء الحراري، فبالإضافة إلى تزويد الرياضي بالسوائل، ينبغي أن يستلقي على ظهره ويرفع ساقيه قليلاً عن مستوى الأرض، ليتمكن الدم من الوصول إلى الدماغ ببسر وسهولة، وبالتالي وصول الأكسجين إليه.

٣ - الإعياء الحراري (Heat Exhaustion):

يعني عدم قدرة الجهاز الدوري وجهاز التحكم الحراري على مجابهة ارتفاع درجة حرارة الجسم نتيجة للجهد البدني في الجو الحار، وقد تصل درجة حرارة الجسم في الغالب من ٣٩-٤٠ درجة مئوية (١٠١-١٠٤ فهرنهايت) أو أكثر، كما ترتفع ضربات القلب، وقد تتخضض كمية التعرق نتيجة لحدوث جفاف في الجسم، ولذا فإن الشخص قد يسقط من الإعياء، أو قد لا يتمكن

من إكمال التدريب أو السباق، وهذه الحالة يجب أن تؤخذ بجدية إذ من الممكن أن تعود إلى الضربة الحرارية ومن ثم إلى الوفاة، إذا لم يتم تدارك المصاب واتخاذ الإجراءات اللازمة له.

إن من أعراض الإعياء الحراري التعرق الغزير، والصداع، والضعف العام، والدوخة، والغثيان، والتقيؤ، وارتفاع معدل ضربات القلب، والشعور بالقشعريرة، وانخفاض ضغط الدم نتيجة لفقدان السوائل من الجسم وبالتالي انخفاض حجم الدم، وفي حالة حدوث أي من أعراض الإعياء الحراري ينبغي إتباع الآتي:

- التوقف عن التدريب أو المسابقة، واللجوء إلى مكان ظليل.
- تبريد الجسم عن طريق شرب سوائل باردة (وليست مثلجة).
- ترطيب الجسم بماء أو قماش مبلل بالماء.
- توفير تهوية جيدة للمصاب.
- مراقبة الشخص مراقبة جيدة، وفي حالة عدم تحسنه يجب نقله مباشرة إلى أقرب مستشفى أو مركز طبي.

٤ - الضربة الحرارية (Heat Stroke):

تحدث الضربة الحرارية عندما لا يتم إسعاف الشخص المصاب بالإعياء الحراري أو لم تتم ملاحظته، وتعد امتداداً لعملية الإعياء الحراري التي لم تعالج، حيث تكون درجة الحرارة الداخلية فوق ٤٠ درجة مئوية وقد تصل إلى ٤٢ درجة مئوية، ويتطلب الأمر في هذه الحالة المراقبة والمعالجة الطبية، لذا يجب نقل المصاب إلى أقرب مركز طبي. إن من أعراض الضربة الحرارية أن يكون الجلد جافاً وحاراً ويتوقف العرق، وتتسارع ضربات القلب، وتكون درجة الحرارة الداخلية عالية، مع حدوث هذيان، وقد يفقد المصاب وعيه، وفي حالة عدم علاج المصاب فقد يحدث تلف للدماغ وموت له. ونظراً للعلاقة الوثيقة بين فترة بقاء درجة حرارة الجسم مرتفعة وحدوث الوفاة للشخص المصاب بالضربة الحرارية أو حصول تلف لأجهزته الحيوية، فينبغي نقل المصاب بسرعة إلى أقرب مركز طبي، حيث يتم البدء بالعلاج والإسعاف اللازم، بما في ذلك إمداده بالتغذية الوريدية.

عوامل الخطورة المهيأة للإصابات الحرارية:

بالإضافة إلى عدم القدرة للتأقلم على الجهد البدني في الجو الحار، هناك جملة من العوامل الأخرى التي تجعل الشخص أكثر عرضة للإصابات الحرارية من الآخرين. بعض هذه العوامل مرتبطة بالشخص نفسه والبعض الآخر ذو ارتباط بالبيئة المحيطة به. لذا ينبغي دائماً إجراء

تقييم شامل للرياضيين ومعرفة الذين هم أكثر عرضة للإصابات الحرارية من غيرهم، ومن ثم أخذ ذلك في الحسبان عند إجراء التدريبات البدنية في الجو الحار، خاصة في الفترة التي تسبق فترة التأقلم على التدريب في الجو الحار، مثل بداية موسم الصيف أو بعد مدة من الانقطاع عن التدريب البدني. وتشمل القائمة التالية أهم عوامل الخطورة المهيأة للإصابات الحرارية :

- § مرحلة ما قبل البلوغ.
- § انخفاض اللياقة البدنية.
- § حدوث جفاف للجسم.
- § عدم التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار.
- § وجود إصابة حرارية سابقة.
- § قلة النوم.
- § استخدام المنبهات (الكافين، الأفيديرا، شبيه الأفيديرا).
- § استخدام بعض الأدوية (مضادات الاكتئاب، مدرات البول، أدوية ارتفاع ضغط الدم، مضادات الهستامين).
- § تناول الكحول.
- § اضطراب عمل الغدد العرقية (Sweat gland dysfunction).
- § ارتداء الملابس الثقيلة.
- § الإصابة بداء السكري.
- § الإصابة بالتليف الكيسي (Cystic fibrosis).
- § حدوث الحروق الشمسية للشخص.
- § الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي أو الإصابة الهضمية الحادة خلال أسبوع من القيام بجهد بدني عنيف.

التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار:

يعد التأقلم الحراري جزءاً من التكيف الفسيولوجي الذي يحصل لأجهزة الجسم المختلفة جراء التدريب البدني في الجو الحار. ويحدث التأقلم الحراري نتيجة للتعرض بشكل متكرر ومنتزج للجهد البدني في الجو الحار، والنتيجة هي زيادة قدرة الشخص على أداء الجهد البدني تحت وطأة الظروف الجوية الحارة، من خلال تحسن وظائف الجهاز الدوري وزيادة فاعلية جهاز التنظيم الحراري وامتزان السوائل في الجسم. هذه التغيرات الإيجابية تجعل صور الإجهاد الحراري أخف وطأة على وظائف الجسم وأقل أثراً، فنجد أن ارتفاع درجة حرارة الجسم يكون

بعد التأقلم أقل مما سبق، وقدرة الشخص على التخلص من الحرارة تتحسن، كما تستجيب الغدد العرقية للتدريب البدني بشكل فعال، فتصبح أكبر حجماً وأكثر كفاءة، وتكون مستهل عتبة التعرق أدنى (أي يبدأ الجسم بالتعرق مبكراً مقارنة بما قبل التأقلم)، كما أن إفراز العرق بعد التأقلم يصبح أقل احتواءً على كلوريد الصوديوم (الملح)، مما يشير إلى أن الجسم صار أكثر قدرة على ترشيد هذا العنصر المهم وإبقائه داخل الجسم.

ويؤدي التأقلم على الجو الحار إلى انخفاض ضربات القلب دون القصوى عند أداء جهد بدني دون الأقصى، ويزداد تدفق الدم إلى الجلد، ويصبح حجم بلازما الدم أكثر لدى المتأقلم مقارنة بغير المتأقلم، مما يزيد من حجم الضربة وبالتالي زيادة نتاج القلب (وهو مقدار الدم الذي يضخه القلب في الدقيقة الواحدة). بالإضافة إلى ما سبق، ينخفض استخدام جليكوجين العضلات أثناء الجهد البدني دون الأقصى بعد التأقلم، مما يعني انخفاض إنتاج حمض اللبنيك في الجهد البدني دون الأقصى.

ومن الملاحظ أيضاً أن ذوي اللياقة البدنية العالية يتعرقون بصورة أسرع من ذوي اللياقة المنخفضة عند أداءهم لجهد بدني عند نفس المستوى من الشدة، ولذا فإنهم يخزنون حرارة أقل داخل أجسامهم مقارنة بغير اللائقين بدنياً، مما يجعلهم أقل عرضة للإصابات الحرارية. كما يتحسن زمن الجهد البدني لديهم بعد حصول التأقلم. ويوضح الجدول رقم (٥) مجمل مظاهر الاستجابة الفسيولوجية للجهد البدني في الجو الحار بعد فترة من التأقلم تتراوح من ١٠ أيام إلى أسبوعين، مقارنة بما قبل حدوث التأقلم.

إن من أهم مظاهر التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار، الموضحة في الجدول رقم (٥)، ترشيد طرح الصوديوم والكلوريد (الملح) في سائل العرق، وانخفاض معدل ضربات القلب عند أداء جهد بدني دون الأقصى مع زيادة حجم الدم المضخوخ في كل ضربة من ضربات القلب، كما أن معدل التعرق يزداد ويبدأ ذلك مبكراً مقارنة بما قبل حدوث التأقلم، وأخيراً فإن حجم سائل البلازما يزداد لدى الشخص المتأقلم، مما يعني زيادة احتياظه من السوائل داخل الجسم، الأمر الذي يحسن من قدرته على مجابهة ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية، الناجمة من أداء الجهد البدني في الجو الحار .

إن انخفاض معدل طرح الصوديوم في سائل العرق يعزى لزيادة حجم البلازما والتشيط الهرموني الحاصل بعد التأقلم، ويوضح الجدول رقم (٦) تركيز بعض المنحلات في سائل العرق لدى مجموعة من الأشخاص الرياضيين وغير الرياضيين، ويظهر أن التأقلم الذي حدث في ترشيد الصوديوم والكلوريد لم يكن مقتصرًا على الذكور فقط، بل شمل أيضاً الإناث. أما أيونات البوتاسيوم فلم تتأثر من جراء التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار. ويعد الصوديوم عنصراً

مهماً للتحكم في حجم السوائل بالجسم، علماً بأن تركيزه في البلازما يبلغ ١٤٠-١٤٥ ملي مول/لتر، أما إذا انخفض مستواه عن ١٣٠ ملي مول/لتر فيؤدي ذلك إلى أعراض نقص الصوديوم.

جدول رقم (٥): مظاهر الاستجابة الفسيولوجية للجهد البدني بعد التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار مقارنة بما قبل التأقلم.

المتغير	الاستجابة بعد فترة من التأقلم لمدة ١٠ - ١٤ يوماً
ضربات القلب	تنخفض
حجم الضربة	يزداد
درجة حرارة الجسم	تنخفض
درجة حرارة الجلد	تنخفض
معدل التعرق	يزداد
مستهل (بداية) التعرق	تحدث مبكراً
محتوى العرق من الصوديوم	ينخفض
معدل القدرة على الجهد البدني	تزداد
التعب العضلي	ينخفض
حجم السوائل خارج الخلايا	يزداد
حجم بلازما الدم	يزداد

المصدر: Binkley, et al, J Athletic Training, 2002, 37: 329-343

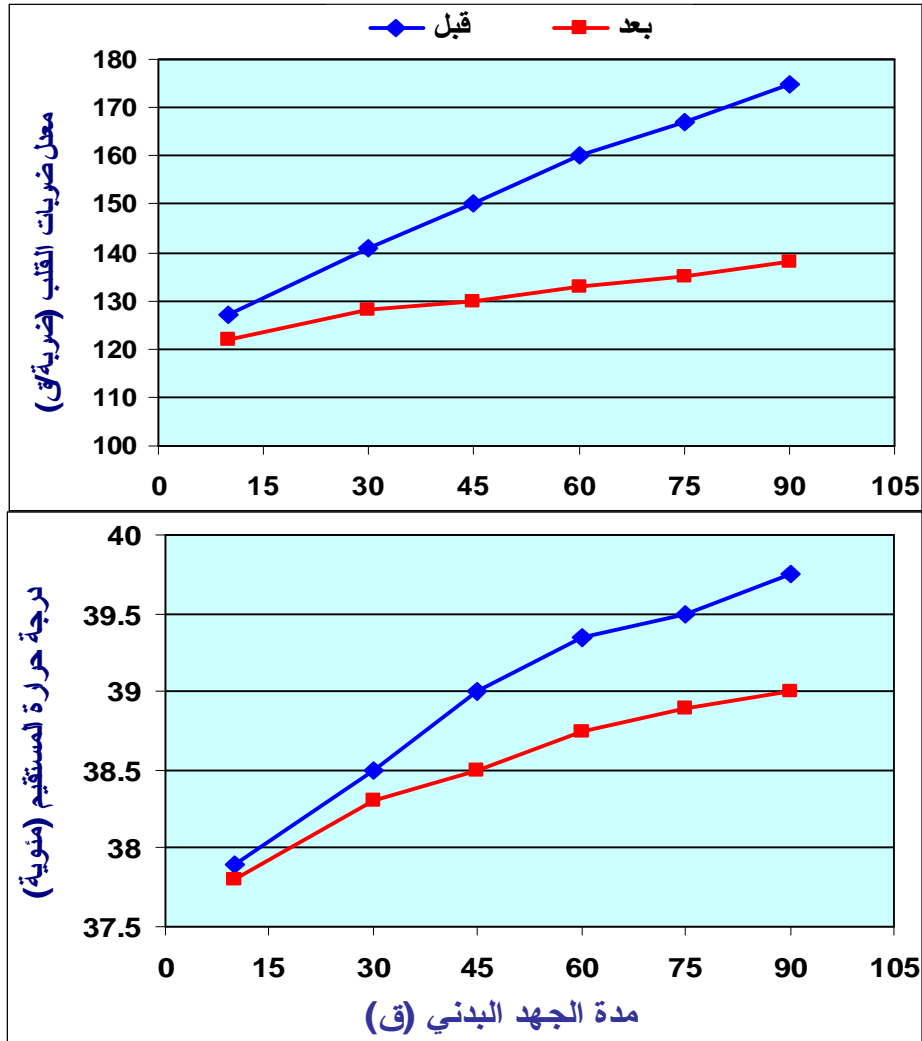
جدول رقم (٦): تركيز بعض المنحلات في العرق (ملي مول/لتر) لدى الأشخاص المتدربين مقارنة بغير المتدربين.

العينة	الصوديوم (Na ⁺)	الكلوريد (Cl ⁻)	البوتاسيوم (K ⁺)
ذكور متدربين	٣٥	٣٠	٤
ذكور غير متدربين	٩٠	٦٠	٤
إناث متدربات	٦٢	٤٧	٤
إناث غير متدربات	١٠٥	٩٨	٤

** يتم إعادة امتصاص الصوديوم والكلوريد من العرق قبل خروجه، بغرض ترشيد هذين العنصرين، على عكس البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم التي لا يعاد امتصاصها، لهذا نجد أن تركيز البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم في العرق وفي بلازما الدم متساوياً.

المصدر: Wilmore J & Costill D, Physiology of Sport & Exercise, 1994, p. 323

أما الشكل البياني رقم (١٢) فيظهر لنا نتائج دراسة توضح استجابة كل من درجة حرارة الجسم ومعدل ضربات القلب لجهد بدني مدته ساعة ونصف الساعة بعد حدوث التأقلم مقارنة بما كان عليه الحال قبل التأقلم، حيث أصبح من الواضح تمكن الرياضيين من بذل الجهد البدني نفسه بمعدل ضربات قلب أقل ودرجة حرارة أدنى بعد تأقلمهم مع الجو الحار مقارنة بما قبل التأقلم. وللحصول على مظاهر التأقلم المشار إليها أعلاه، لا بد من ممارسة التدريب البدني في الجو الحار، وليس التعرض فقط للحرارة دون تدريب. ويعتمد مقدار التأقلم على التدريب البدني في الجو الحار على عدة عوامل منها العمر، ونوع الجنس، والرطوبة الخارجية، واللياقة البدنية، ويعتقد أن التأقلم التام مع الجو الحار يحدث للشخص البالغ خلال مدة تتراوح من ١٠ أيام إلى أسبوعين من التدريب البدني المتوسط الشدة.



شكل رقم (١٢): استجابة درجة حرارة الجسم ومعدل ضربات القلب لجهد بدني قبل وبعد التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار (King, et al., J Appl Physiol, 1985).

أما عن المدة التي يضمحل خلالها التأقلم مع الجو الحار بعد أن يكون قد اكتسبه الرياضي، فيعتقد أنها تتراوح من أسبوعين إلى ٤ أسابيع. إن أول متغير يبدأ بالاضمحلال هو ذلك المتغير الذي حصل له التأقلم أولاً، لذا نرى أن أول ما يضمحل (أول من يفقد التأقلم) هو معدل ضربات القلب وبقية المتغيرات القلبية التنفسية الأخرى، علماً بأن الرياضيين الذين يمتلكون معدلاً عالياً من الاستهلاك الأقصى للأكسجين يكون اضمحلال التأقلم لديهم أبطأ من الذين يمتلكون معدلاً منخفضاً من الاستهلاك الأقصى للأكسجين.

لكي يحصل التأقلم التام مع الجو الحار لدى الرياضي، لا بد من ممارسة التدريب البدني في الجو الحار، وليس فقط التعود على الجو الحار دون تدريب (أي العيش في البيئة الحارة)، حيث إن حدوث التأقلم على الجو الحار فقط من خلال العيش في الجو الحار دون تدريب بدني، يقود إلى استجابة بعض الوظائف الفسيولوجية لتلك البيئة الحارة، لكن البعض الآخر من تلك الوظائف مرهون استجابته وتأقلمه بتزامن التدريب البدني مع الجو الحار، ويوضح الجدول رقم (٧) الفروق في الآثار الفسيولوجية الناجمة عن التأقلم لثلاث حالات مختلفة هي: التأقلم على الجو الحار دون تدريب بدني، والتأقلم على الجهد البدني في الجو البارد، والتأقلم على الجهد البدني في الجو الحار. ويظهر من خصائص التأقلم على التدريب البدني في الجو الحار زيادة ملحوظة في حجم بلازما الدم، وتغير نوع الوقود المستخدم في تزويد العضلات بالطاقة (حيث يزداد استخدام الدهون في الجهد البدني التحملي)، وزيادة النشاط العصبي السمبثاوي، وتحسن الاستهلاك الأقصى للأكسجين، وتحسن اقتصادية الجهد البدني (أي انخفاض استهلاك الأكسجين أثناء الجهد البدني دون الأقصى)، وانخفاض ضربات القلب. أما انخفاض درجة حرارة الجسم، وانخفاض عتبة التعرق، وتحسن القدرة على التخلص من الحرارة عن طريق الحمل أو الإشعاع، فلا يوجد اختلاف ملحوظ بين التأقلم الناجم عن التدريب في الجو الحار أو التأقلم الناتج عن العيش في الجو الحار دون تدريب بدني.

وللتأكيد على أهمية التدريب البدني، خاصة في الجو الحار، وأثره على مستهل عتبة التعرق ومقدار التعرق، يمكن التمعن في الشكل البياني رقم (١٣)، الذي يوضح العلاقة بين درجة الحرارة الداخلية للجسم ومعدل استجابة التعرق، لدى ثلاث مجموعات من الأفراد: المجموعة الأولى تمثل أفراداً متدربين ومتأقلمين مع الجو الحار، والمجموعة الثانية هم أفراد متدربون غير متأقلمين مع الجو الحار، أما المجموعة الثالثة فتتمثل أفراداً غير متدربين وغير متأقلمين مع الجو الحار. ويظهر من الشكل أنه عندما يكون الشخص غير متدرب وغير متأقلم مع الجو الحار فإن الغدد العرقية في الجلد لا تبدأ بإفراز العرق إلا بعد بلوغ درجة حرارة الجسم ٣٧,٧ درجة مئوية (أي تكون بداية استجابتها أبطأ من الحالتين الأخيرتين)، أما بالنسبة

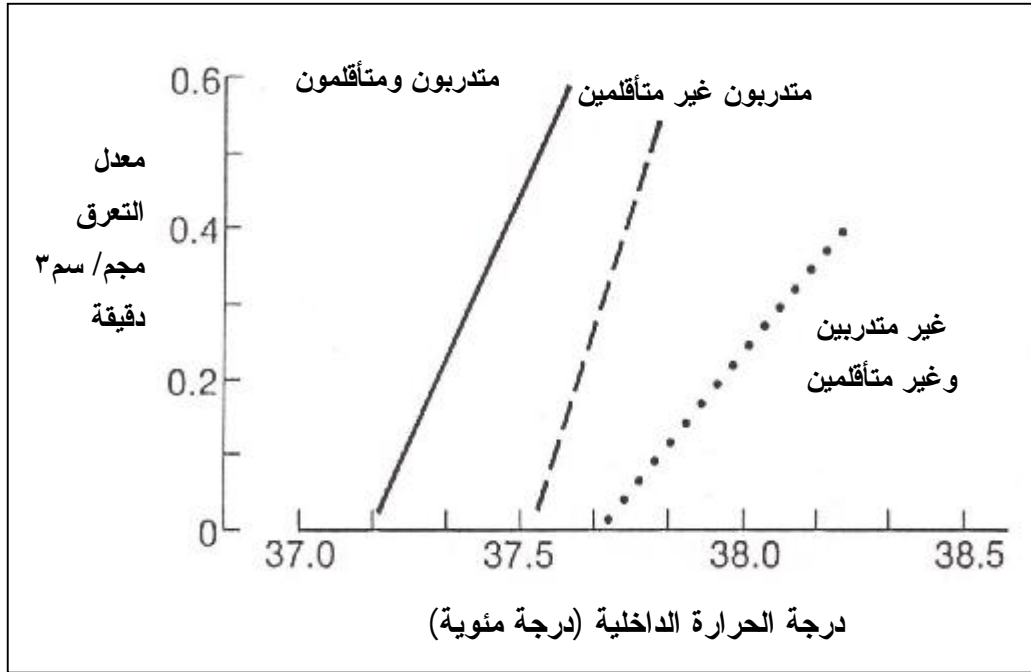
للشخص المتدرب وغير المتأقلم فإن بداية التعرق تكون عند درجة حرارة داخلية تعادل ٣٧,٥ درجة مئوية، وفي حالة الشخص المتدرب والمتأقلم مع الجو الحار فإن مستهل عتبة التعرق يكون عند درجة حرارة داخلية توازي ٣٧,٢ درجة مئوية (أي تبدأ الغدد العرقية بالعمل في وقت مبكر مقارنة بالحالتين السابقتين)، مما يؤكد أهمية التدريب البدني في الجو الحار ودوره في خفض عتبة التعرق، وبالتالي سرعة التخلص من الحرارة المخزنة داخل الجسم من جراء الجهد البدني في الجو الحار.

جدول رقم (٧): التأثيرات الفسيولوجية الناجمة عن التأقلم على الجو الحار دون جهد بدني، والتأقلم على الجهد البدني في الجو البارد، والتأقلم على الجهد البدني في الجو الحار.

المتغير	التأقلم على الجو الحار دون جهد بدني	التأقلم على الجهد البدني في الجو البارد	التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار
انخفاض عتبة التعرق	++	+	++
زيادة التخلص من الحرارة عن طريق الحمل والإشعاع	++	++	++
زيادة حجم بلازما الدم	+	+	++
انخفاض ضربات القلب	-	++	++
انخفاض درجة حرارة الجسم	++	+	++
انخفاض درجة حرارة الجلد	+	+	+
تغير نوع الوقود المستخدم	-	++	++
زيادة النشاط العصبي السمبثاوي	+	++	++
زيادة الاستهلاك الأقصى للأكسجين	-	++	++
تحسن اقتصادية الجهد البدني	-	-	+
التأقلم على الجهد البدني في الجو البارد	-	++	++
التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار	+	-	++

(-) تأثير محدود (+) تأثير متوسط (++) تأثير مرتفع

المصدر: Armstrong & Maresh, Sports Med 1991, 12:302-312



شكل رقم (١٣): استجابة التعرق تبعاً لدرجة الحرارة الداخلية لدى كل من الأفراد المتدربين والمتأقلمين مع الجو الحار، والمتدربين غير المتأقلمين مع الجو الحار، وغير المتدربين من غير المتأقلمين مع الجو الحار، ويظهر من الشكل كل من مستهل عتبة التعرق ومعدل التعرق تبعاً لارتفاع الحاصل في درجة حرارة الجسم. (المصدر: Fox, et al, 1988 ، عن بيانات من Nadel, 1978).

نصائح عامة عند التدريب أو ممارسة النشاط البدني في الجو الحار:

- ١- ينبغي التدرج في التدريب في الجو الحار (زيادة مدة التدريب وشدته بالتدريج) حتى يتم التأقلم على الجهد البدني في الجو الحار. أما قبل حدوث التأقلم فيجب الاعتناء بموعد إجراء التدريب الذي يستحسن أن يكون في أوقات الصباح الباكر أو في المساء، حيث لا يكون الجو حاراً جداً.
- ٢- يجب عدم ارتداء الملابس الثقيلة أثناء التدريب في الجو الحار، مع عدم لبس الملابس التي لا تسمح بتهوية الجسم (كالبوليستر) بتاتاً، بل لبس الملابس القطنية الخفيفة التي تساعد على تبخر العرق، مع مراعاة أن تكون الملابس فاتحة اللون، نظراً لأن الملابس الداكنة تمتص الحرارة عن طريق الإشعاع.

٣- أثناء الأيام الشديدة الحرارة فإنه ليس من المستغرب أن يفقد الرياضي الذي يمارس رياضة بدنية تحمليه ما بين ٢-٤ لترات من الماء بسبب التعرق، هذا التعرق يعد أمراً ضرورياً لمقاومة الارتفاع في درجة حرارة الجسم، ولذا يصبح من اللازم تعويض الجسم عما يفقده من ماء، من خلال شرب الماء والسوائل حتى أثناء التدريب، ولذا ينبغي على المدرب أن يشجع اللاعبين على تناول السوائل وخاصة الماء قبل التدريب وأثناءه وبعده.

٤- إن الشعور بالعطش ليس دليلاً كافياً لاحتياج الجسم للماء، لذلك يمكن الاستدلال بانخفاض وزن الجسم بعد التدريب مقارنة مع الوزن قبل التدريب على مقدار السوائل المفقودة نتيجة للجهد البدني، ويعد انخفاض الوزن بأكثر من ٣% من وزن الجسم انخفاضاً ملحوظاً ومؤشراً على احتياج الجسم لكمية من الماء لتعويض السوائل المفقودة عن طريق التعرق، ويمكن الاسترشاد بشرب كأسين من الماء مقابل كل نصف كيلو جرام انخفاض لوزن الجسم، كما ينبغي العمل على تقادي أي انخفاض مماثل لوزن الجسم في المرات التالية من التدريب، وذلك بتناول السوائل على الدوام.

٥- ينبغي تثقيف الرياضيين حول أهمية تجنب الإصابات الحرارية، وضرورة تناول السوائل بالقدر الكافي الذي يضمن تعويض السوائل المفقودة عن طريق العرق (أنظر الفصل الثالث من هذا الكتاب الخاص بتعويض السوائل والمنحلات، لاحقاً).

٦- على الرياضيين تجنب الإكثار من القهوة والشاي أو المشروبات التي تحتوي على نسبة عالية من الكافيين قبل التدريب البدني أو المنافسات التحمليه في الجو الحار، لأن الكافيين يساعد على إدرار البول، وبالتالي سرعة فقدان السوائل من الجسم.

٧- عندما تزيد احتمالات تعرض الرياضيين للإصابات الحرارية كما في حالات الجهد البدني في الجو الحار، ينبغي تعديل توقيت المسابقات الرياضية وفتراتها، من أجل تقادي حدوث الإصابات الحرارية، مع توفير السوائل للرياضيين على الدوام، وحثهم وتشجيعهم على تناولها.