

## كيفية انتقال الحرارة من وإلى الجسم (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:

### 1- 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 (12-25 درجة مئوية) لا يرتدي أي ملابس أن يفقد حوالي 60% من الطاقة المخزنة في جسمه عن طريق الإشعاع.

### 2- 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.

### 3- 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.

#### 4- التبخر (Evaporation):

يتم فقد الطاقة الحرارية من سطح الجسم بواسطة التبخر الذي يحدث لسائل العرق، ويعد 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 صفرًا عند درجة رطوبة مقدارها 100%. 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 5% 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 580 كيلو سعراً حرارياً من الجسم.

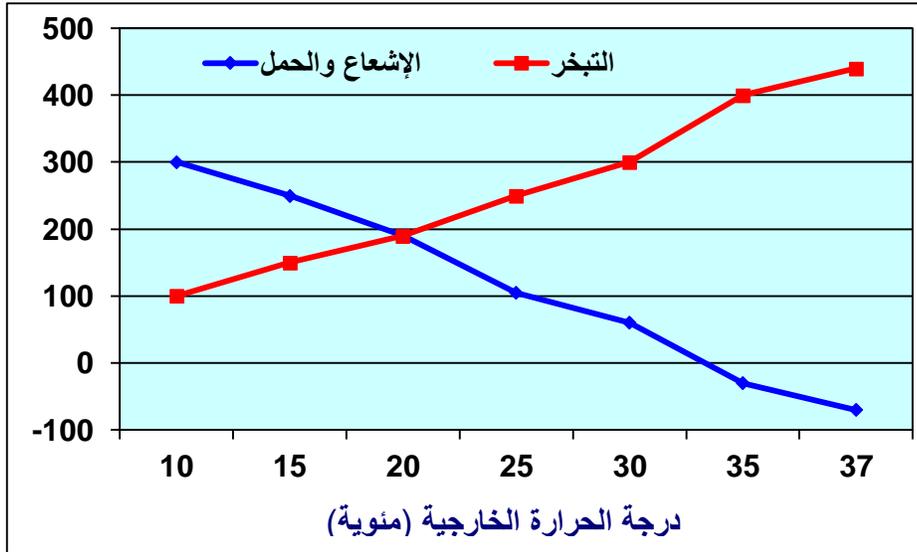
ويوضح الجدول رقم (1) مقدار الفقدان الحراري لكل من التوصيل والحمل، والإشعاع، والتبخر، سواء في حالة الراحة أو في الجهد البدني المرتفع الشدة إلى حد ما (عند شدة تعادل 70% من الاستهلاك الأقصى للأكسجين)، ويلاحظ من الجدول أن الإشعاع يمثل الطريقة الأكبر لفقدان الحرارة من الجسم في الراحة، بينما يعد التبخر الطريقة الرئيسية لفقدان الحرارة من الجسم أثناء الجهد البدني، حيث يتجاوز ما يتم فقده عن طريق التبخر أربعة أضعاف الفقدان الحراري من الحمل والتوصيل والإشعاع مجتمعين.

جدول رقم (1): مقدار الفقدان الحراري لكل من طرق فقدان الحرارة أثناء الراحة والجهد البدني (عند شدة تعادل 70% من الاستهلاك الأقصى للأكسجين).

الجهد البدني		الراحة		طريقة فقدان الحرارة
%	كيلو سعر حراري في الدقيقة	%	كيلو سعر حراري في الدقيقة	
15	2.2	20	0.3	التوصيل والحمل
5	0.8	60	0.9	الإشعاع
80	12.0	20	0.3	التبخر

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

ويزداد دور تبخر العرق أهمية كوسيلة من وسائل تبديد الحرارة الداخلية وتبريد الجسم كلما ارتفعت درجة الحرارة الخارجية، كما هو موضح في الشكل البياني رقم (1)، فعند درجة حرارة خارجية مقدارها 10 درجات مئوية، يعد الحمل والإشعاع الوسيلة الأكثر تبريداً للجسم، لكن مع ارتفاع درجة الحرارة الخارجية وتجاوزها 20 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.



شكل رقم (1): معدل فقدان الحرارة (كيلو سعر حراري/ ساعة) بواسطة التبخر والحمل والإشعاع تبعاً لدرجة الحرارة الخارجية (مصدر البيانات: Astrand & Rodahl, 1986).

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

يتم التحكم في درجة حرارة الجسم الداخلية عن طريق خلايا عصبية حساسة، موجودة في الجزيئين 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:

1. 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 لئلا يتجه 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).

2. التحكم في كمية إفراز العرق بواسطة الغدد العرقية، 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 80% من الطاقة الحرارية المخزنة في الجسم عن طريق تبخر العرق، مقارنة مع حوالي 20% 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.

مركز أبحاث  
نمط الحياة والصحة  
Lifestyle & Health  
Research Center

---

المصدر: الهزاع، هزاع محمد. كتاب: التنظيم الحراري وتعويض السوائل والمنحلات أثناء الجهد البدني لدى الإنسان. الرياض: الإتحاد السعودي للطب الرياضي، 2007م.