التنظيم الحراري عند الرياضي

الأستاذ: فيلالي خليفة
أستاذ مساعد بالمدرسة العليا لأساتذة التربية البدنية والرياضية– مستغانم

يعتبر جهاز التنظيم الحراري من الأجهزة التي لها أولوية في جسم الإنسان أثناء الجهد البدني إن لم نقل أنه أهم جهاز. هذا الجهاز يعمل على تثبيت حرارة الجسم الداخلية: (نسبيا) وهذا لإبعاد الجسم عن خطر الهلاك بصفة عامة وللأسباب التالية بصفة خاصة.

– لكي تعمل بصفة فعالة الأجهزة المستعملة من طرف الجسم أثناء الجهد البدني مثل التنفس الدوران الدموي، الجهاز العصبي– العضلي، الجهاز العصبي المركزي، الأيض والتنظيمات الهرمونية وغيرها تحتاج إلى حرارة معينة وملائمة. هذه الأخيرة تقارب 37° درجة، علما أنه يوجد بعض التفاوت في درجة الحرارة ما بين المناطق الداخلية للجسم، بين الأعضاء وحتى في نفس العضو.

أما الحرارة المحيطية الجلدية وما تحت الجلدية فهي مختلفة تماما من منطقة إلى أخرى. حسب توزيع الدفء أو الحرارة داخل الجسم ينقسم هذا الأخير إلى قسمين:

القسم الأول يتمثل في النواة (Noyau) التي تحتوي على الأعضاء الداخلية، ويعني الموجود داخل البطن والقفص الصدري ومع الرأس، القسم الثاني يتمثل في الغطاء أو الغشاء (Enveloppe) الذي يتكون من العضلات والعظام والجلد (5). بطبيعة الحال نسبة هذين القسمين ليست ثابتة وإنما متغيرة حسب حرارة الوسط المحيط ونوعية العمل وغيرها. في حالة ارتفاع حرارة الجو وأثناء العمل تكبر نسبة النواة وتتقلص نسبة الغشاء إلى العضلات والجلد (10) أما في حالة البرد فنسبة النواة تتقلص (5). يعمل جهاز التنظيم الحراري بصفة مختلفة حسب حالة الرياضي (عمل أو راحة)، حسب قوة وطول مدة العمل حسب التغيرات البيئية (الحرارة المرتفعة أو المنخفضة، درجة الرطوبة وسرعة تنقل الهواء)، حسب درجة التدريب (قدرات الرياضي)، نوعية الغذاء (نسبة كل من السكريات والمواد الدسمة والبروتينات في الغذاء) حيث تختلف طاقوية كل مجموعة منها، وحسب اللباس والمسكن.

فيما يخص تدخل الغذاء فإننا نلاحظ أن حرارة جسم الإنسان تكون منخفضة نوعا ما في الساعات الأولى من الصباح ومرتفعة في الساعات الأولى من المساء، وهذا ناتج عن التفاعلات الكيميائية (الأيضية Métaboliques) المحللة للغذاء. (7)

بالنسبة لأثر البيئة فإنها تؤدي إلى تغيير في نسبة النواة ونسبة الغشاء. كما ورد آنفا في حالة الحرارة العالية ترتفع درجة حرارة الجسم الداخلية بنسبة معتبرة، حيث ترفع من حرارة العضلات والجلد ممّا يوسع في منطقة النواة. أمّا في حالة البرد فإن أثر هذا الأخير يتطرق لمنطقة كبيرة من الجسم حتى تقترب من الأعضاء الداخلية لهذا تتقلص نسبة النواة في هذه الحالة.

بالنسبة لحالة الرياضي، فمن المعروف أن الجهد البدني يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية مقارنة بحالة الراحة، وهذا حسب قوة وطول مدة العمل وكتوضيح أتطرق لسباق الماراتون Marathon الذي أثناءه تصل درجة حرارة الجسم عند الرياضي إلى 41° درجة وأكثر. هذه الأخيرة نجدها عند الأوائل أما عند الأواخر فهي نسبيا أقل من هذا الرقم. (3)

عادة جهاز التنظيم الحراري نادرا ما يعمل بأقصى قوة له، إنه يعمل على مستوى معينة لفترة طويلة بفضل تدخل الإنسان بنفسه حيث يمكنه المقاومة باللباس والمسكن. (4)

ككل الأجهزة الوظيفية للجسم، يحتوي جهاز التنظيم الحراري على مستقبلات ومركز عصبي وأعضاء تقوم برد الفعل. فيما يخص المستقبلات فإنه يحتوي على مستقبلات داخلية وأخرى خارجية، المستقبلات الخارجية توجد بكثرة في الجلد وبنسبة قليلة في مخاطية الجهاز التنفسي وعلى الجفن. المستقبلات الداخلية توجد في الرأس خاصة في المركز الحراري الذي يتمثل في المنطقة ما تحت المهاد (Hypothalamus) ومن المحتمل أن توجد كذلك في الأوعية والأعضاء الداخلية. (4)

هذه المستقبلات موجودة بكثرة في جلد الإنسان (خاصة في الوجه) بنسبة معينة حيث المستقبلات البرد تفوق مستقبلات الدفء بـ10 مرات. (6)

تنقسم المستقبلات الحرارية إلى مستقبلات خاصة وغير خاصة، الخاصة تتمثل في مستقبلات البرد والدفء، أما الغير الخاصة فتتمثل في المستقبلات الآلية (الميكانيكية) للبرد. (8،6)

تتأثر هذه المستقبلات بالحرارة التي تعبرها في الاتجاهين: إما من الوسط المحيط إلى داخل الجسم، وإما من داخل الجسم إلى الوسط المحيط. (2)

تتمثل م.الدفء في جسيمات روفيني (Corpuscules de Ruffini) أما البرد فتتمثل في جسيمات كراوز (Corpuscules de Kraus) (8،6،2)

كذلك موضع المستقبلات في الجلد يختلف حسب نوع المستقبل وحسب الباحثين: أكدت بحوث السنوات الأخيرة على أن المستقبلات موضوعة في كامل سمك على عمق لا يتعدى 400–600 ميكرو متر وليس كما كان معتقدا قبل. (4)

تأثر المستقبلات بالحرارة (أي بالتغيرات الحرارية) يتم بصفة مدققة جدا، حيث ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة بنسبة بعض الأجزاء من المائة. (4) وحتى من الألف من الدرجة 1° خلال فترة 1–3 ثواني يؤدي إلى تنبيه المستقبل. (2)

علما أن في النهايات العصبية لهاته المستقبلات يوجد كمون غشائي (Potentiel de membrane) عالي جدا. (4) يتم التنبيه بأقصى رثم لمستقبلات الدفء عند ارتفاع درجة الحرارة من 30–32° إلى 38–40° أمام البرد– فعند انخفاض درجة الحرارة من 32–35° إلى 24–28° (في بعض الأحيان إلى 15°). (4)

أمّا مركز هذا الجهاز فهو يتمثل أساسا في المنطقة ما تحت المهاد (Hypothalamus) أين تحلل المعلومات الحرارية الآتية من المستقبلات الخارجية والداخلية. هذا المركز بدوره يحتوي على مستقبلات حرارية، من ميزات هذا المركز أنه يتمتع بمستوى حراري معين [(Lomax 1987) في (4)]. الذي بواسطته يتم تنظيم الخلل الحراري القائم في الجسم (إذا كان هناك خلل)، هذه الوجهة الأولى التي يتفق عليها الكثير من الباحثين.

لوحظ أن أثناء الحرارة المحيطة (الجوية) العادية توجد بعض التغيرات في حرارة المركز بنسبة 0.01° درجة وحتى أقل (4). وهذا ارتكاز على المعلومات الآتية من المستقبلات، هذا يعني أن أي انخفاض أو زيادة طفيفة في حرارة المركز يؤدي إلى تنشيط هذا الأخير ودخوله المعركة لتعديل الوضعية. بطبيعة الحال إن المركز الحراري يحتوي على عتبة للتنبيه، أي إذا كانت المعلومات غير كافية فهذا لا يؤدي إلى أي رد فعل من المركز (4). حيث ارتكاز على البحوث التي أجريت على الحيوانات (خاصة على الأرنب) لفهم آليات التنظيم الحراري توصل (Ivanov 1990) إلى أن نسبة التغيرات التي تحدث في المركز تقدر بـ30 إلى 50 مرة أصغر ممّا عليه في الجلد (4). تتم عملية تحليل المعلومات الحرارية كالتالي:

المعلومات الآتية من الجلد (المستقبلات الخارجية) تمر إلى المركز عبر السيالات العصبية، أمّا المعلومات الحرارية الداخلية فتصل إلى المركز عبر الدورة وهذا على النحو التالي:

نعرف أن تبادل الحرارة أو الدفء في الشعيرات (Capillaires) يتم كليا وبناء على أن المركز الحراري يحتوي على كمية كبيرة من الشعيرات (لغاية 2500 شعيرة /مم2) (Bogomolov. 1968) في (5) فإن أي تغير في حرارة الأعضاء الداخلية وبالتالي في حرارة الدم يتأثر به المركز الحراري.

حسب "Bligh" (4) توجد في المركز الحراري أعصاب تجمع فيها المعلومات الآتية من مستقبلات البرد وأخرى تجمع فيها المعلومات الآتية من مستقبلات الدفء، وعلى هذا الأساس تحدث عملية مقارنة الاثنين وبالتالي يتم رد فعل للمركز ارتكازا على هذا النوع من التحليل. وهذه الوجهة الثانية (4).

الأعصاب المجمعة للمعلومات تبدأ في عملها إما بالزيادة وإما بالنقصان في التنبه عند بلوغ العتبة، بطبيعة الحال المعلومات الحرارية الآتية من الجلد والنواة تكون مدققة لما تعتمد على مؤثرات كل جزء من الجسم، بحيث يتم جمع المعلومات في المركز حسب مؤشراتها، في حالة ما إذا كانت مؤشرات الحرارة الداخلية كبيرة، فإن التنظيم الحراري يتم ارتكازا على حرارة المركز الحراري. أما إذا كانت مؤشرات المعلومات الحرارية المحيطة (الجلدية) كبيرة فإن التنظيم يتم على حساب مستقبلات الجلد (المستقبلات الخارجية).

بعد تحليل المعلومات الحرارية في المركز تصدر الأوامر إلى الأعضاء لتعديل ما قد اختل، فيما يخص هذه الأخيرة (الأعضاء) فإن جهاز التنظيم الحراري لا يحتوي على أعضاء خاصة إلا به.

أن يستعمل أعضاء الأجهزة الأخرى كالتنفس والدوران الدموي وغيرها، لهذا يمكن القول أن هذا الجهاز يعتبر أصعب جهاز في جسم الإنسان (5)، حيث يحدث بعض التنافس (خاصة في الحالات القاسية) بين هذا الجهاز والأجهزة الأخرى لتلبية رغبات الجسم وتعديل وضعه، وهذا ما سوف نراه فيما بعد.

لنرى الآن التغيرات التنظيمية التي تحدث أثناء مختلف التأثرات على الجسم:

1- التنظيم الحراري في حالة الراحة:

كما هو معروف فإن الحرارة موجودة داخل جسم الإنسان، تعتبر نتيجة توليد وضياع (أو دخول وخروج) للدفء أو الحرارة من جسم الإنسان، فيما يخص توليد الدفء فإنه يتم حسب التفاعلات الكيميائية الأيضية، وتختلف نسبته عند مختلف الأعضاء والأنسجة حسب حالة الإنسان أو (الرياضي).

ربّما أننا نتكلم عن حالة الراحة، فإن في هذه الحالة يكون توزيع حصة كل عضو أو نسيج من توليد الدفء كالتالي:

العضلات: -20%، كبد -20%، مخ الرأس -18%، القلب -10%، الكلى -7%، الجلد -5% ومجموع الأنسجة الباقية -19%. (7)

ملاحظة: فيما يخص العضلة إنها لا تعتبر من الأعضاء أو الأنسجة الأكثر توليدا للدفء، لكن بما أن المتلة العضلية الإجمالية للجسم تقدر بحوالي 40% من وزن الجسم فإن الدفء المولد عنها يكون مرتفعا جدا.

في حالة الراحة المواد المحللة لتوليد الطاقة وبالتالي الحرارة تتمثل في 3/2 من الشحوم (المواد الدسمة و3/1 من السكريات. المؤشر التنفسي آنذاك يقارب 0.8. (7)

كل لتر من الأوكسجين المستهلك من طرف جسم الإنسان يساعد على توليد حوالي 9 و4 كيلو حريرة من الطاقة (حرارة) مع العلم أن في هذه الحالة مقدار الأوكسجين المستهلك هو 2 و0-0.3 لتر/دقيقة (1). هذا إذا كانت حرارة الوسط المحيط معتدلة يعني 28° درجة إذا كان الإنسان عار وحوالي 20-22° درجة بلباس خفيف (9)، (1).

هذا ما يساعد على الحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية ثابتة ولا يدعو جهاز التنظيم الحراري إلى التدخل، أما إذا كانت حرارة الوسط المحيط مرتفعة فإنها تؤدي إلى ظهور بعض التغيرات التنظيمية لإبعاد خطر الاختراق بالدفء الفائض، مع العلم أن مستوى حرارة الجسم الداخلية للإنسان قريب من الحد الأقصى للحرارة التي يمكنها أن تستحمل من طرف الجسم (هذا الحد يقدر بأقل من 45°) حيث هذه الأخيرة هي نقطة إتلاف البروتينات بواسطة الحرارة. (1)

في هذه الحالة يتكون فائض من الدفء في الجسم وللحفاظ على توازنه يجب عليه التخلص منه.

للتخلص من الدفء، يستعمل جهاز تنظيم الحرارة 4 أساليب أو آليات:

1- نقل الدفء (أو الحرارة) بواسطة الدم وتبادله بين الأوعية والأنسجة.

2- نقل الدفء من الجسم إلى الهواء بواسطة تنقل هذا الأخير (سرعة الرياح).

3- الإشعاع.

4- تبخر العرق (10).

1 و2 و3 تتم حسب الفرق الموجود بين الجهتين: من الحار أو الدافئ إلى البارد أو أقل دفأ، أما الرابعة فالعكس. هذه الآلية الأخيرة تتدخل عادة بعد 30° درجة جوية.

تحت هذه النقطة يستعمل الجسم الآليات (3،2،1). أثناء الحرارة العالية أهم طريق لضياع الدفء يعتبر تبخر العرق، حيث كل لتر من العرق المتبخر يوافق 580 كيلو حريرة مضيعة أو مبعدة من طرف الجسم (3). للتخلص من الفائض الحراري المكون داخل الجسم، يستعمل جهاز التنظيم الحراري الأجهزة المذكورة آنفا بنسب تتماشى والحالة الممثولة أمام الجسم. هذا يعني أن في هذه الحالة لا تحدث تغيرات معتبرة في هذه الأجهزة وبالتالي لا تلاحظ تغيرات تكيفية معتبرة، كما هو معروف في حالة الراحة طلبات الجهاز العضلي تجاه الأجهزة السابقة الذكر للتغطية محدودة وضئيلة، لهذا يمكن لجهاز التنظيم الحراري أن يلبي رغباته كليا. حيث تستعمل قدراته بنسبة لا تفوق 30% من الدرجة القصوى (Nadel 1985)(5).

بصفة أخرى يمكن القول أن في حالة الراحة تأثير الحرارة الخارجية العالية على الجسم، يجد نفسه تحت العتبة التي تنشط الآليات الهجينية المؤدية إلى تغيرات وظيفية وتشكلية.

فيما يخص تأثير البرد على جسم الإنسان (الرياضي)، فإن جهاز التنظيم الحراري يعمل في الاتجاه المعاكس لما سبق، حيث يستعمل آلية توليد الدفء سواء بالطريقة الإرادية أو الغير إرادية.

الطريقة الإرادية تتمثل في تنشيط العضلات.

والطريقة الغير إرادية تتمثل في ظاهرة "الارتجاف" حيث تظهر من الحبيبات في جلد الإنسان كرد فعل للبرد. (9)

2- التنظيم الحراري أثناء الجهد البدني:

أثناء الجهد البدني يلاحظ ارتفاع في مستوى الأيض ممّا يؤدي إلى زيادة في توليد الدفء بعشرات المرات (5) بالمقارنة مع حالة الراحة، وبالتالي ترتفع الحرارة الداخلية للجسم حسب قوة العمل. (3) (10).

الاستعمال الكبير للطاقة من طرف العضلات في هذه الحالة يؤدي إلى توليد كمية كبيرة من الدفء (أو الحرارة)، حيث 25% أو أقل من هذه الطاقة تعمل على تسهيل عملية التقلص العضلي، أما الباقي (حوالي 75% تحرر على شكل حرارة أو دفء هذا الأخير يعمل على ارتفاع درجة حرارة الجسم الداخلية (3) (10) (5) (1). وهذا حسب نوعية وقوة العمل، لوحظ في سباق الماراتون درجة حرارة الجسم تصل إلى غاية 41° وأكثر (3،5) في هذه الحالة يلزم تدخل جهاز التنظيم الحراري لإنقاذ الموقف وإبعاد خطر

الاحتراق. وكما ورد آنفا فإن هذا الأخير يستعمل نفس الأساليب أو الآليات التي ذكرت في القسم السابق للخلاص من الدفء الفائض.

في هذه الأثناء ضياع الدفء من طرف الجسم بواسطة النقل (سواء بتنقل الهواء أو سير الدم) والإشعاع يكون ضئيلة وثابتة أهم وسيلة لهذا الغرض هي التبخر للعرق بدون أن ننسى التبخر عن طريق الجهاز التنفسي، حيث يساهم بحوالي 10% من مجموع الدفء المضيع (5). وهذه النسبة قد تكون معتبرة أثناء الجهد البدني، أثناء الجهد البدني الكبير يحدث بعض التنافس على أعضاء الجهاز التنفسي بين الجهاز الحراري والجهاز الحركي، الأول يحتاج إلى الخلاص من الدفء، والثاني يحتاج إلى الأوكسجين من الهواء (وكما هو معروف استهلاك 02 يعني توليد ATP) لتفادي الاختناق يلزم للجهاز الحركي أن يكون لديه تنفس عميق أما الجهاز الحراري يطلب تنفس سطحي (10). يلاحظ كذلك تنافس بين الجهاز الحراري وجهاز الدوران الدموي، هذا الأخير زيادة على وظائفه العادية (نقل الغذاء، الأكسجين والإفرازات الأخرى)، ينقل الدفء (أو الحرارة) من المناطق المصنعة له (العضلات) إلى الجلد، هذا يعتبر الطريق السليم للتخلص من فائض الحرارة من طرف العضلات العامة، عندما يصل الدم في الأوعية ما تحت الجلدية تتدخل الأساليب الباقية لإبعاد الدفء من الجسم، فعالية هذا الإبعاد ترتكز على حجم أو كمية الدم الموزعة في الأوعية ما تحت الجلدية (5) (10).

كلما كان العمل شاق ومطول كلما كانت كمية الدم تحت الجلدية معتبرة، في هذه الثناء يلاحظ توسيع للأوعية (الأوردة) تحت الجلدية لاحتواء أكبر كمية ممكنة من الدم وبالتالي التخلص من أكبر كمية ممكنة من الدفء الزائد، وهذا توازنا مع ارتفاع حرارة الجلد. (5) (10).

عندما تكبر كمية الدم في الأوعية تحت الجلدية يلاحظ بطأ في التيار الدموي تحت الجلدي (5) مما يسهل مهمة الغدد العرقية لأخذ كمية الماء اللازمة للعرق، تمركز الدم في الأوعية تحت الجلدية يؤدي إلى نقص كمية الدم الموجودة في الأعضاء الداخلية: ينقص على إثرها الرجوع الدموي الوريدي وكنتيجة ينخفض الضخ القلبي، تعويضا لهذا تظهر بعض التغيرات يرتفع رتم القلب (عدد الضربات القلبية) وينخفض الضغط الدموي الشرياني، وبهذا يبقى الصادر القلبي ثابتا. (5)

ولكن هذا يحدث في حدود المعقول، حيث عند اقتراب نبض القلب إلى أقصاه (الدرجة القصوى الخاصة بالشخص) فإنه يؤدي إلى تعب الشخص وبالتالي الانقطاع عن العمل. (5) زيادة على التغيرات المذكورة آنفا وخاصة عندما يكون العمل شاق، فإن سرعة العرق تكبر ممّا يؤدي إلى نقص في كمية الدم الدوراني: كمية الماء المأخوذة من الدم (البلازما) للعرق تعوض بكمية أخرى تؤخذ من الوسط البيئي للخلايا ومن الخلايا نفسها (5).

ملاحظة: هذا التعويض يكون كلي عندما تكون سرعة العرق صغيرة.

هذا ما يؤدي إلى نقص الماء في الخلايا وبالتالي نقص كمية الدم الدوراني، هذه نتيجة التعويض الغير التام للماء الخارج من الدم.

بعد فترة معينة على هذا المنوال، يمكن ملاحظة تعب الغدد العرقية: إذا كانت سرعة العرق تقدر بـ8–9 لترات في الساعة فبعد 15–20 دقيقة من العمل اليومي يمكن ملاحظة تعب الغدد العرقية، هذا نتيجة نقص كمية معتبرة من الماء من الجسم ويعتبر هذا التعب كآخر محاولة لتقليص هذا النقص. (5)

بعدما تتعب الغدد العرقية من العمل تبدأ الحرارة الداخلية في الارتفاع (5). هذا الأخير يعتبر واحد من العوامل الرئيسية التي تعيق العمل وتوقفه.

من المعروف أن من محتويات العرق نجد نسبة معينة من ملح NACL عند ارتفاع سرعة العرق في هذه النسبة من NACL تكون معتبرة وتؤدي إلى خلل في توازن هذا الملح ممّا يؤدي إلى تدخل بعض الأجهزة المنظمة للماء والأملاح وإبعاد الخلل والحفاظ على التوازن في الجسم.

هذا ما يحدث بصفة عامة من تنظيمات أثناء الجهد البدني في حالة الحرارة المعتدلة للوسط المحيط. أما إذا كان العمل العضلي يتم في حرارة مرتفعة للوسط المحيط، فهذا يزيد من الخطر على جسم الإنسان حيث الأجهزة تعمل بأكثر فعالية وقوة وتقريبا نفس التغيرات الوظيفية التي رأيناها من قبل (أثناء الجهد البدني). تحدث هنا كذلك لكن بحدة أكبر: حيث تكبر كمية الدفء داخل الجسم بنسبة كبيرة جدا، إذا تكرر هذا التأثير المضاعف (العمل البدني + الحرارة العالية الخارجية) فهذا يؤدي إلى الصعوبة بمهمة جهاز التنظيم الحراري أكثر فأكثر، ويلقى الجسم نفسه أمام خيارين إما التكيف مع هذه الظروف وإما الاستسلام أمام الأمر الواقع والهلاك. هذا التكيف يتم عبر 4 مراحل وخلال مدة تفوق الشهر، وكنتيجة لهذا التكيف يلاحظ ما يلي:

- انخفاض مستوى العتبة الحرارية لبداية العرق (خاصة أثناء العمل).
- ارتفاع سرعة العرق (أو التعرق).
- توزيع محكم لدرجة العرق في مختلف أماكن الجسم.
- نقص كمية الأملاح في العرق.
- انخفاض في نبض القلب.
- ارتفاع للدم المضخ من طرف القلب.
- ارتفاع كمية الدم الدوراني.
- نقص تكثف خصاب الدم (الهيموقلوبين).
- انخفاض درجة الحرارة الداخلية والجلدية أثناء الراحة والعمل.
- الرفع من استقرار الجسم اتجاه الحرارة الخارجية العالية. (10)