التعديل الحراري للتمرينات البدنية
Thermorégulation de l’exercice physique

1- العوامل الفيزيائية للمبادلات الحرارية Les moyens physique d’échange de chaleurs:

الحرارة المنتجة من طرف الجسم تحمل من طرف الدم إلى المحيط وصولا إلى البشرة.
كما يتم النقل عن طريق المبادلات الحرارية بين الأعضاء الداخلية التي تتطلب عملية الحماية، حيث تساهم 4 عوامل فيزيائية هي: النقل الحراري، الحمل الحراري، الإشعاعات و التبخر.

1-1 المبادلات عن طريق النقل و الحمل الحراري (conduction et convection):

عملية التحويل الحراري عن طريق النقل تتمثل في المبادلات بالاتصال المباشر بين جسمين.
كذلك الحرارة المنتجة على مستوى نسيج داخلي يمكن أن تنقل إلى نسيج آخر مجاور، ومن القريب إلى القريب تنقل الحرارة إلى الانسجة المحيطية. هذه الحرارة يمكن أن تنقل عن طريق الاتصال أو النقل بالألبسة أو عند قيام الهواء بتسخين البشرة.
حركة الهواء تكون دائما في محيط الجسم، وهذا ينتج عنه عملية مبادلات طاقوية مع جزيئات الهواء التي تمر بالاتصال مع البشرة.
كلما كانت حركة الهواء كبيرة (أو السائل أي تواجد الجسم في الماء) يكون هناك عملية مبادلات حرارية عن طريق الحمل بنسب كبيرة و معتبرة.
في الهواء البارد يكون هناك فقدان للحرارة حوالي 10 إلى 20% ولكن عند توضع الجسم في ماء بارد فقدان الحرارة عن طريق النقل يكون أكثر بحوالي 26 مرة من فقدان الحرارة في الهواء الذي تكون درجة حرارته نفس درجة حرارة البشرة.

2-1 المبادلات عن طريق الإشعاعات (radiation):

في الراحة تعتبر الإشعاعات العامل الأول المستخدم من طرف الجسم لفقدان الحرارة، في الأجواء العادية 21° إلى 25° يفقد الجسم حوالي 60% من الحرارة عن طريق الإشعاعات.
التوضع في الشمس يؤدي إلى اكتساب الحرارة عن طريق الإشعاعات الجد معتبرة .

3-1 المبادلات عن طريق التبخر (évaporation):

عملية التبخر تعتبر العامل الأكثر في فقدان الحرارة لدى الإنسان عند أداء التمرينات، فقدان الحرارة عن طريق التبخر يمثل حوالي 80% من الفقدان الكلي أثناء التمرينات البدنية، العوامل الأخرى تتدخل بحوالي 20% كأقصى حد.

عملية التبخر تمثل الفقدان اللاشعوري وهذا بتدخل كل من الفقدان بالتبخر التنفسي و العرقي.

4-1 الرطوبة (l'hygrométrie):

درجة الرطوبة في الهواء الجوي تلعب دورا رئيسيا في المبادلات الحرارية خاصة عن طريق التبخر.

نسبة رطوبة مرتفعة تمثل عدد مهم من جزيئات بخار الماء التي تسبح في الهواء.

التدرج في تركيز بخار الماء بين مساحة البشرة و الهواء الجوي يكون ضعيف وهذا يخفض من قدرات قبول جزيئات أخرى من الماء وعملية التبخر العرقي تصبح أيضا محدودة.

على العكس درجة رطوبة ضعيفة تسمح وتسهل التبخر العرقي.

أثناء أداء التمرينات العضلية، عملية التبخر تمثل العامل الرئيسي في التحويل الحراري نحو الهواء الجوي.

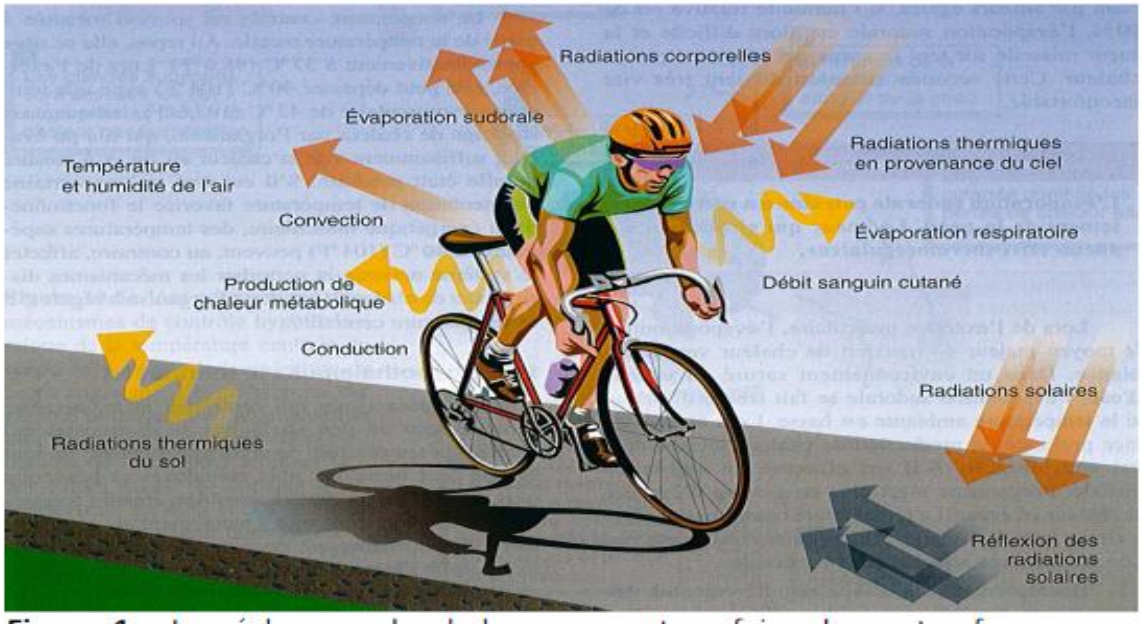
في محيط مشبع ببخار الماء، عملية التبخر العرقي تكون قليلة حتى لو كانت درجة الحرارة منخفضة.

أثناء التمرينات المطولة، إنتاج الحرارة الأيضية يكون معتبر، عندما يكون ذلك في جو حار، يقوم الجسم بالتخلص من الحرارة المفرطة .

تقدير الاستعمال الحريري أثناء الراحة والتمرين المطول

Mécanisme des pertes de chaleur	Repos		Exercice	
	Total %	Kcal/min	Total %	Kcal/min
Conduction et convection	20	0,3	15	2,2
Radiation	60	0,9	5	0,8
évaporation	20	0,3	80	12,0
Total	100	1,5	100	15,0

تفاعل ميكانيزمات التحويل الحراري بين البشرة والمحيط(C.V et Wenger C.B, 1984)



2- مراقبة المبادلات الحرارية contrôle des échanges de chaleur

2-1 منطقة تحت المهاد (المعدل الحراريhypothalamus : le thermostat):

توجد مستقبلات حساسة تسمى المستقبلات الحرارية تكتشف كل التغيرات في الحرارة، المعلومات الملتقطة تنقل إلى المعدل الحراري (منطقة تحت المهاد).

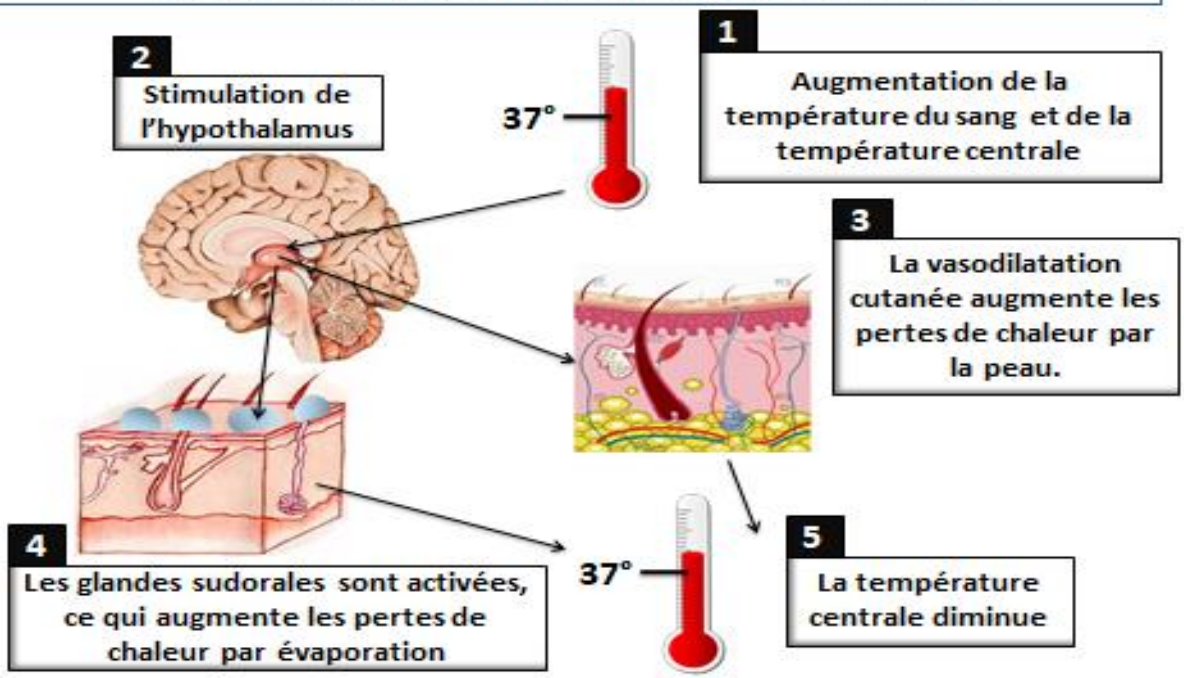
استجابة للمستقبلات الحرارية تتدخل هذه المنطقة بمجموعة من الآليات للتعديل الحراري منظمة من أجل المحافظة على درجة الحرارة العادية للجسم، وهذا ما يسمى نظريا (نقطة إعلام).

نوعين من المستقبلات تتدخل في هذه الآليات: مستقبلات مركزية و محيطية.

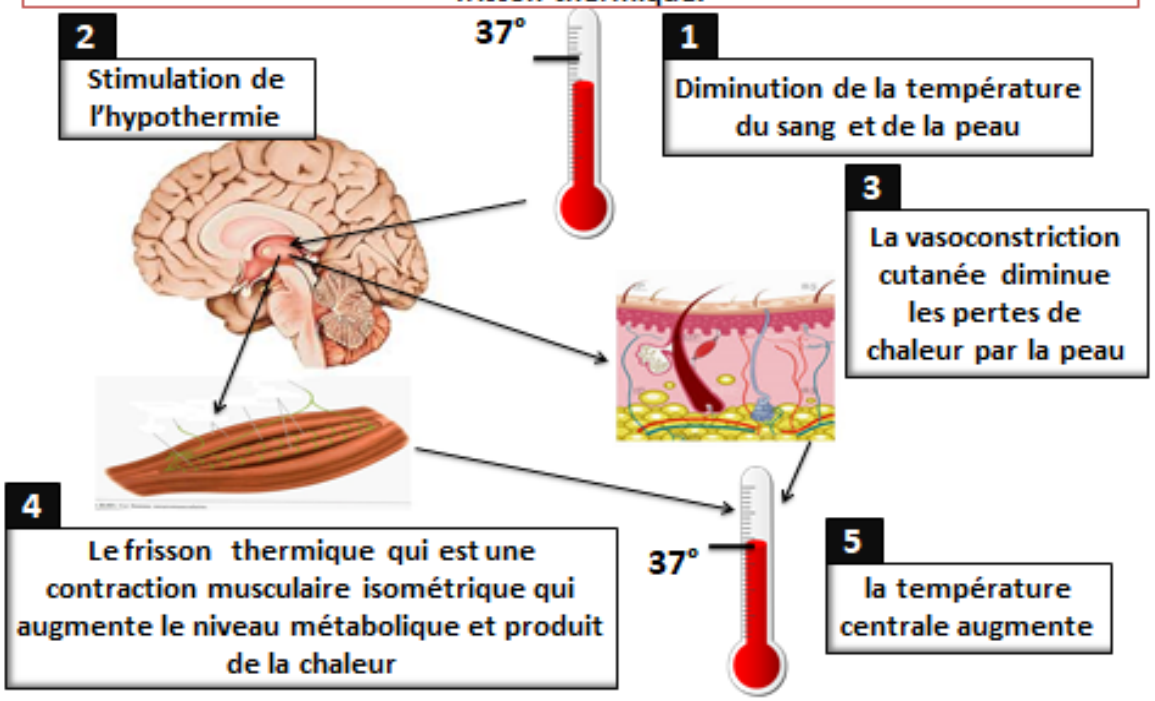
المستقبلات المركزية توجد في منطقة تحت المهاد حيث تسجل درجة حرارة الدم المتنقل في المخ، حساسيتها كبيرة جدا تصل إلى 0,01°.

التغيرات الحرارية في محيط منطقة تحت المهاد تحفز مجموعة من ردود الأفعال الموجهة من أجل المحافظة أو التخلص من الحرارة الداخلية .

Hyperthermie: lorsque le température du corps du corps augmente, l'hypothalamus est stimulé et déclenche l'augmentation du débit sanguin cutané et la production de sueur pour éliminé la chaleur en excès



Hypothermie: lorsque le température du sang et des tissus est inférieure à la valeur normale du point de consigne (37°) (hypothermie), l'hypothalamus envoie des signaux vers la peau, afin de limiter les pertes se chaleur et déclenche le frisson thermique.



2-2 المنفذات الحرارية les effecteurs thermiques:

❖ **الغدد العرقية :**

عند ارتفاع درجة حرارة البشرة أو الدم، منطقة تحت المهاد تعمل على تحفيز الغدد العرقية من أجل إفراز العرق .

كلما ارتفعت الحرارة كلما كان إفراز العرق بنسبة معتبرة وعملية التبخرعلى مستوى البشرة تسمح بالتخلص من الحرارة، ترطيب و إنعاش البشرة.

❖ **العضلات الملساء في جدران الشرينات :**

عند ارتفاع حرارة البشرة أو الدم، منطقة تحت المهاد تبعث رسائل عصبية نحو العضلات الملساء الموجودة في جدران الأوعية الدموية، وهذا يؤدي إلى توسيع الأوعية المحيطي.

حيث ينتج عن ذلك زيادة مستوى تدفق الدم تحت الجلد، وبذلك ينقل الدم الحرارة من المناطق المركزية نحو البشرة .

❖ **العضلات الهيكلية :**

تُساهم العضلات الهيكلية في الحفاظ على التوازن في الجسم عن طريق توليد الحرارة.

يتطلب انقباض العضلات طاقة على شكل ATP يتم إنتاج الحرارة.

هذه الحرارة ملحوظة للغاية أثناء التمرين، عندما تتسبب حركة العضلات المستمرة في ارتفاع درجة حرارة الجسم، وفي حالات البرد الشديد عندما ينتج الارتعاش تقلصات عضلية هيكلية عشوائية لتوليد الحرارة.

❖ **الغدد الصماء (الإفراز الداخلي) :**

عدة هرمونات ترفع من مستوى العمليات الأيضية الخلوية و بالتالي إنتاج الحرارة الداخلية.

البرد يرفع من إفراز الثيروكسين من طرف الغدة الدرقية، حيث ينتج عن ذلك زيادة المستوى الأيضي في جميع أنحاء الجسم في بعض الحالات أكثر من 100 %، كذلك نشير إلى الكاتيكولامين (الادرينالين و النورادرينالين) اللذان يتدخلان مباشرة في العمليات الأيضية .

3-الإستجابات الفزيولوجية أثناء التمرينات في الأجواء الحارة (ambiance chaude):

3-1 وظيفة الجهاز القلبي الوعائي La fonction cardiovasculaire:

الجهاز الدوري ينقل الحرارة من العضلات نحو المحيط أين يتم التخلص منها، حيث يوجد تدفق كبير للكتلة الدموية نحو منطقة الجلد.

حجم الدم الكلي يصبح محدود، تدفق الدم العضلي ينخفض أثناء التمرينات حيث ينتج عن ذلك توسع للأوعية الدموية في منطقة الجلد ويؤدي ذلك إلى انخفاض في نشاط العضلات و التفوق الرياضي.

عملية إعادة توزيع الدم على مستوى العضلات و في مناطق الجلد يخفض من الرجوع الوريدي نحو القلب و حجم التليدياستول، و بالتالي إنخفاض حجم الدفع القلبي .

2-3 إنتاج الطاقة La production d'énergie:

الأعمال المنجزة من طرف(FinK et coll) إكتشفت أن إستهلاك الأكسجين و إستخدام الجليكوجين و إنتاج اللاكتات يرتفع أيضا، أثناء أداء التمرينات في الأجواء الحارة.

إنتاج العرق و إرتفاع التهوية يتطلب طاقة و هذا ما يرفع من نسبة إستهلاك الاكسجين.

حيث ينخفض مستوى تدفق الدم على مستوى العضلات مع إستخدام أكثر للجليكوحين و إنتاج أكثر للاكتات، و هذا ما يسرع من عملية حدوث التعب و الإنهاك.

حسب (Febbario) إرتفاع درجة حرارة العضلات يؤدي إلى حدوث إضطراب في العمليات الأيضية العضلية و حدوث التعب.

إرتفاع الحرارة يؤدي إلى زيادة إفراز الادرينالين و الذي بدوره يرفع من نسبة إستهلاك و إستخدام السكريات.

3-3 توازن السوائل l'équilibre hydrique ; la sudation :

الغدد العرقية خاضعة لمراقبة منطقة تحت المهاد، فارتفاع درجة حرارة الدم يؤدي بمنطقة تحت المهاد بتنبيه الجهاز العصبي السمبثاوي الذي بدوره يحفز ملايين الغدد العرقية المتوزعة على مساحة الجسم.

أثناء التمرينات الشاقة في الأجواء الحارة ، يمكن أن يفقد الجسم أكثر من 1 لتر من العرق في الساعة وفي 1 متر مربع من مساحة الجسم .

وهذا ما يعادل فقدان بين 1,6 إلى 2 لتر من العرق، أي 2,5 إلى 3,2 من وزن الجسم.

مستوى تعرق مرتفع يخفض من حجم الدم، وبالتالي حجم الدم الكلي المتاح للعضلات و احتياجات التعديل الحراري تصبح غير كافية.

لدى عدائي المسافات الطويلة، فقدان العرق يمكن أن يصل من 6% إلى 10% من وزن الجسم ، و هذا ما يمكن أن ينتج عنه خطر ارتفاع الحرارة الجسمية.

فقدان الماء و الأملاح يحفز إفراز الالدسترون و الهرمون المضاد لإدرار البول المسؤولان عن المحافضة على توازن السوائل. الالدستيرون يفرز من طرف قشرة الغدة الكظرية وهو مسؤول عن المحافضة على تركيز الصوديوم في الدم ، عند إنخفاض الحجم البلازمي أو إنخفاض الضغط الشرياني يعمل هذا الهرمون على حجز الصوديوم من طرف الكلى ويصاحب ذلك حجز الماء من أجل المحافضة على السوائل.

التدريب في الأجواء الحارة ينتج عنه زيادة الحجم البلازمي و البين خلوي بنسبة 10 إلى 20% و هذا من أجل تحضير الجسم للتوضع الإضافي في الحرارة وهذا ما يسمح بمستوى تعرق جد معتبر.

أداء التمرينات وفقدان السوائل يحفز أيضا الغدة النخامية على إفراز هرمون الأنتي ديوريتيك ADH الذي يعمل على إعادة امتصاص الماء من طرف الكلي ، ما يحفز حجز الماء من طرف الجسم و التخفيض من فقدان السوائل و الأملاح و الحد من الطرح البولي

4- أخطار ممارسة التمرينات في الأجواء الحارة les risques de l'exercice en ambiance chaude:

درجة حرارة الجو لا تعتبر كمؤشر كافي للإرهاق الفزيولوجي المفروض على الجسم حيث توجد أربع عوامل أخرى يجب أن تأخذ بعين الاعتبار.

- درجة حرارة الجو
- نسبة الرطوبة
- سرعة الهواء
- الكمية الكلية للإشعاعات

4-1 المشاكل المتعلقة بالحرارة les problèmes liés à la chaleur :

- **التشنجات العضلية** بسبب الحرارة تعتبر أقل ضررا من الأخطار الثلاثة التي من الممكن أن تحدث (الإنهاك، *ضربة* حر)، فيما يخص العضلات الأكثر استخداما من في التمرينات ينتج عن ذلك فقدان السوائل و جفاف الجسم مصاحبا ذلك أيضا مستوى تعرق مرتفع .
- **الإنهاك بسبب الحرارة** يصاحبه حدوث مؤشرات التعب وهي ضيق التنفس، دوار و دوخة، تقيؤ، بشرة باردة ورطبة أو العكس حارة و جافة، إنخفاض الضغط و نبض ضعيف و سريع.

حيث توجد منافسة بين احتياجات منطقة الجلد من أجل التعديل الحراري والإحتياجات العضلية من أجل التمرينات.

الإنهاك بسبب الحرارة يحدث عند انخفاض حجم الدم بسبب فقدان السوائل و الاملاح الغزير الراجع إلى عملية التعرق .

Signes annonciateurs des malaise liés à la chaleur (avec la permission de pepsiCo 1995)

ضربة حر Le coup de chaleur هي استعجال طبي يتطلب تدخل مباشر للطبيب و هي تتميز بالمؤشرات التالية :

- ❑ الارتفاع الزائد و المفرط للحرارة المركزية فوق 40° .
- ❑ توقف العرق، بشرة حارة و جافة .
- ❑ نبض و تنفس سريع.
- ❑ إرتفاع للضغط غير عادي.
- ❑ تصرفات غير شعورية و فقدان الوعي .

المعالجة تتطلب إنعاش سريع للشخص في حوض مائي بارد و الإحتوء بغطاء رطب و مهوى.

➢ **الوقاية من إرتفاع الحرارة La prévention de l'hyperthermie**

الوقاية من ضربة حر يمر بالمراحل التالية :

- ❑ تفادي أولا ممارسة التمرينات المطولة في الهواء الطلق .
- ❑ ممارسة النشاطات البدنية أو الرياضية في الصباح أو المساء.
- ❑ وضع كميات من المشروبات في أماكن ممارسة الرياضيين و التوقف لتناول كميات من الماء كل 10 إلى 20 دقيقة.
- ❑ الألبسة الرياضية تعتبر مهمة أيضا حيث يجب أن تكون خفيفة تسهل المبادلات و ذات لون باهت تسمح بعكس الإشعاعات.

Signes de l'hyperthermie

Température rectale	Symptômes
40-40,5°C (104-105° F)	Sensation de frisson et de chair de poule (érection des poils)
40,5- 41,1°C (105-106° F)	Faiblesse musculaire , désorientation, perte d'équilibre
41,1- 41,7°C (106-107° F)	Baisse du débit sudoral, perte de conscience et du contrôle hypothalamique
> 42,2°C (> 108°F)	Décès

5- التكيف عند أداء التمرينات في الأجواء الحارة l'acclimatation à l'exercice en ambiance chaude :

1-5 تأثير التكيف للحرارة effet de l'acclimatement à la chaleur

التدريب في الأجواء الحارة يحسن من قدرة الجسم على التخلص من الحرارة، و يخفض كذلك من خطر الإنهاك و ضربة حر وهذا ما يسمى بالتكيف للحرارة.

هذا التكيف يرجع إلى التوضع في الأجواء الحارة، مستوى تدفق الدم والتعرق يرتفع، الكمية الكلية من العرق المنتج ترتفع وهذا يسمح بمجابهة جيدة للحرارة، نتيجة لذلك الحرارة الجلدية تصبح منخفضة .

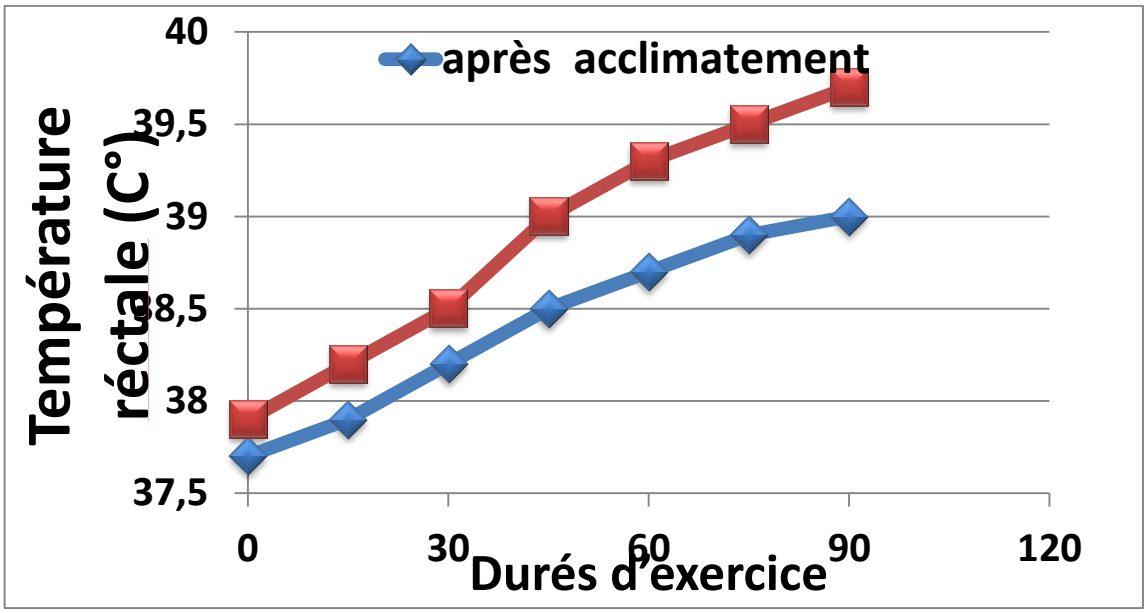
نشير كذلك إلى أن العرق يكون أقل تركيزا لدى الرياضيين، وهذا يسمح بالمحافظة الفعالة على الأملاح.

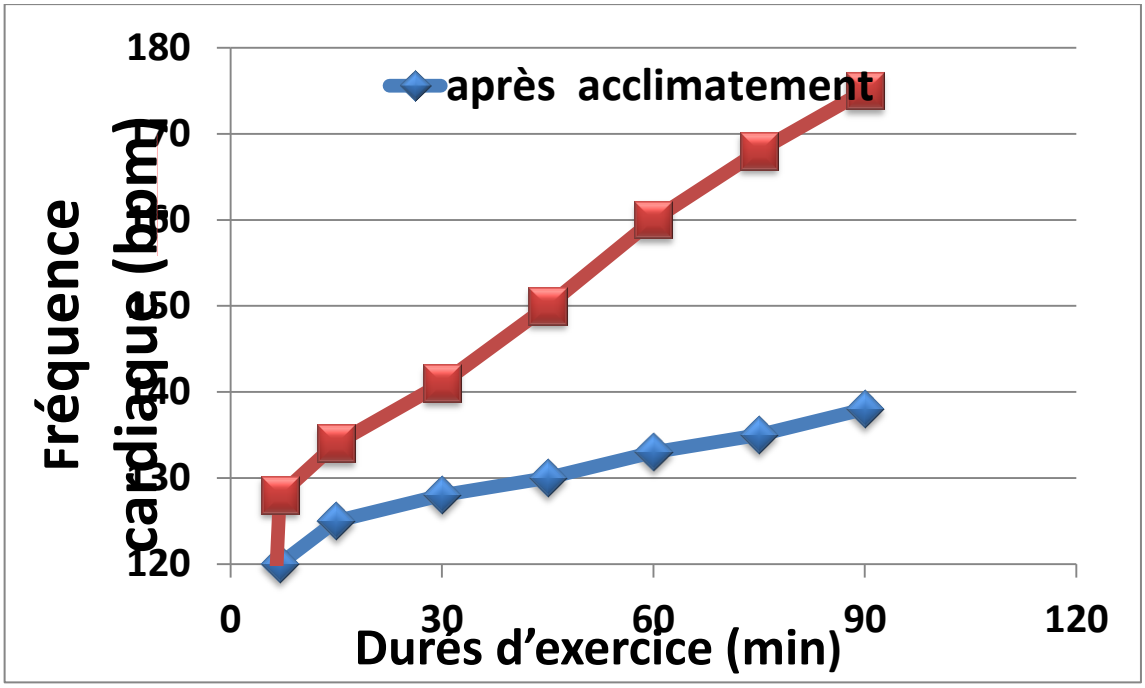
درجة الحرارة الجسمية أكثر انخفاضا بعد التكيف للتمرينات في الأجواء الحارة، النبض القلبي يصبح أقل ارتفاعا، هذه التكيفات تفسر بإعادة توزيع الكتلة الدموية بعد انخفاض تدفق الدم الجلدي حيث يرتفع حجم الدفع القلبي.

بعض الدراسات تشير إلى ارتفاع حجم الدم الكلي بعد فترة من التدريب في الأجواء الحارة. هذه الظاهرة ترجع أساسا إلى حجز الصوديوم من طرف الجسم.

Différence de (a) température rectale et (b) fréquence cardiaque avant entrainement à la chaleur (avant acclimatement) et après

entrainement à la chaleur (acclimatement) modifié d'après D.S king et al 1984





الرفع من الحجم البلازمي بنسبة 10 إلى 12% عن طريق البروتينات البلازمية (Gisolfi et cohen 1979) . هذه الزيادة في الحجم البلازمي تسمح بالمحافظة على ضغط الدم و حجم الدفع القلبي بدون الحاجة إلى زيادة حجم الضربة عن طريق النبض القلبي التحفيز السريع لمستوى التعرق عند بداية التمرينات، وهذا يخفض من التخزين الاولي للحرارة.

الرفع من مستوى التعرق إلى 3 مرات عند نفس حمولة التمرين (نفس نسبة إستهلاك الأقصى للأكسجسن) (1 لتر في الساعة عوض 0,3 لتر في الساعة لدى شخص متدرب و متكيف في الاجواء الحارة عند شدة 60% من VO2max).
انخفاض تركيز العرق من الأملاح المعدنية خاصة الصوديوم و الكلور وهذا بفضل هرمون الالدستيرون الذي يسمح بإعادة إمتصاص الصوديوم على مستوى الكلى .

2-5 آليات التكيف القصوى للحرارة acclimatement optimale à la chaleur:

التكيف للحرارة يتطلب أكثر التعرض للأجواء الحارة مع الأخذ بعين الاعتبار:

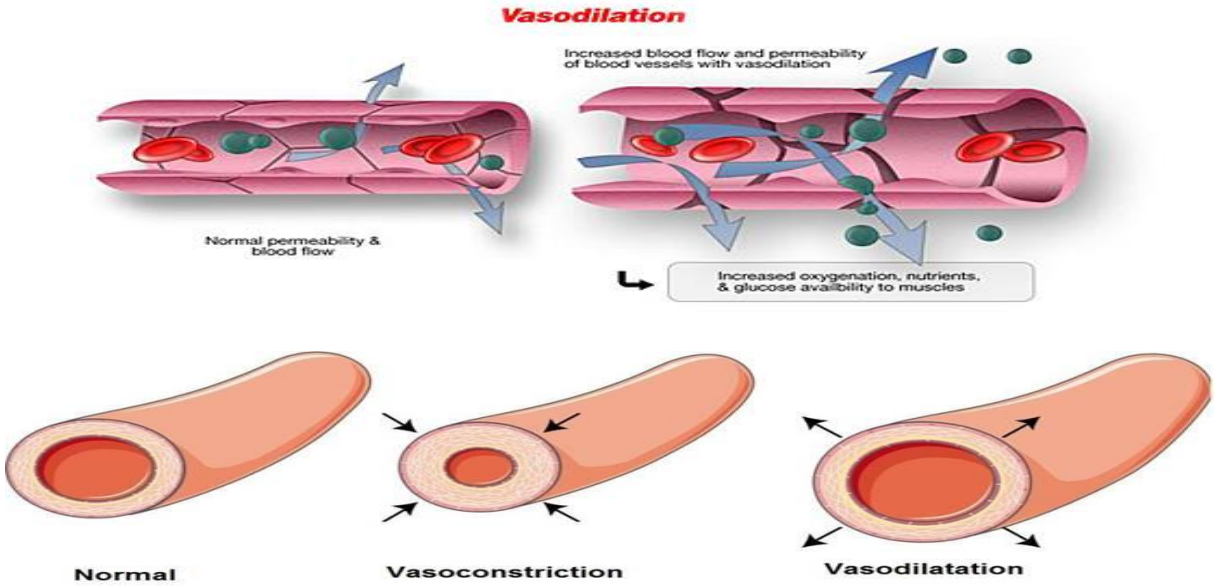
- ❑ الشروط و الظروف المحيطية أثناء تكرار كل تمرين.
- ❑ مدة التعرض للحرارة .
- ❑ مستوى الإنتاج الأيضي الذاتي (شدة التمرينات)

فزيولوجيا، تم الاكتشاف أن الشخص المتدرب يتكيف بسرعة للحرارة، سواء في الوسط الجاف أو الرطب (pandolf et coll., 1988 ; Sawka et coll., 1996)، حيث يجب التدريب عند شدة تمرينات تؤدي إلى إحداث حمل حراري عند شدة على الأقل 50% من الإستهلاك الأقصى للأكسجين .
التدريب في الصباح أو المساء لا يحضر دائما و لا يكون كافي للرياضيين من أجل التكيف للحرارة. يجب كذلك التدريب في الأوقات الحارة من اليوم من أجل دفع عمليات التكيف إلى أقصاها . حيث أوضح Pandolf (1998) أن أداء التمرينات في الحرارة يعتبر الطريقة الأكثر فعالية من أجل تطوير أليات التكيف.
كذلك من المهم أن نخفض من شدة التمرينات حولي 60 إلى 70% في الأيام الأولى من أجل تفادي الإرهاق الحراري و نتائجه .

6- التمرينات في البرد L'exercice au froid :

درجة الحرارة المرجعية لمنطقة تحت المهاد هي 37° ، مع التغيرات اليومية في الحرارة يمكن أن تصل إلى 1°.
إنخفاض درجة الحرارة الجلدية أو الدموية يؤدي إلى إستجابة مركز التعديل الحراري (منطقة تحت المهاد) وهذا يحفز آليات تصارع ضد البرد و ترفع من إنتاج الحرارة الجسمية.
الأليات الأولية هي الإرتجاف الحراري، التعديل الحراري بدون إرتجافات، تضييق الأوعية الدموية المحيطي.
الإرتجاف الحراري هو تتابع مجموعة من التقلصات اللاإرادية التي ترفع بنسبة 4 إلى 5 مرات من إنتاج الحرارة الأيضية في الراحة.
التعديل الحراري بدون إرتجافات: يطبق تحفيز العمليات الأيضية عن طريق الجهاز العصبي السمبثاوي، وهذا بالرفع من المستوى الأيضي و زيادة إنتاج الحرارة الداخلية .

تضييق الاوعية الدموية المحيطي : يأتي بعد التحفيز السمبثاوي للعضلات الملساء الموجودة في جدران الشرينات القريبة من مساحة الجلد، هذا التقلص يؤدي إلى التخفيض من قطر الأوعية الدموية و تدفق الدم في محيط الجلد، وهذا من أجل الحماية من فقدان الحرارة . المستوى الأيضي للخلايا الجلدية ينخفض أيضا وهذا يصاحبه نقصان في درجة حرارة الجلد، و التخفيض من الإحتياجات المحيطية للأكسجين



1-6 العوامل المؤثرة على فقدان الحرارة الجسمية

Les facteurs affectant les pertes de chaleur de l'organisme

1-6-6 المرفولوجيا و الكتلة الجسمية morphologie et composition corporelle:

العامل الأحسن من أجل مقاومة إنخفاض الحرارة هو عزل الجسم عن البرد.

الدهون التحت جلدية تعتبر عازل فعال، قياس ثنيات الدهون وهي مؤشر جيد لدرجة مقاومة و مجابهة البرد، فالاشخاص الذين لديهم نسبة دهون مرتفعة يحتفظون بنسبة جيدة للحرارة الجسمية

مستوى فقدان الحرارة يتأثر أيضا بالفرق بين المساحة الجسمية و الوزن. هذا الفرق يكون ضعيف لدى الأشخاص الذين لديهم بنية ضخمة ووزن ثقيل.

2-1-6 حركة الهواء le courant d'air:

درجة حرارة الجو لا تعتبر عامل كافي من أجل تقييم الإرهاق الحراري المفروض على الجسم، حركة الهواء تعتبر عامل تبريد و بالتالي نشير إلى حركة التيار الهوائي . عن طريق النقل و الحمل هذه الظاهرة ترفع من فقدان الحرارة ، كلما كان الهواء رطب و بارد بشدة كلما كان الإرهاق الحراري كبير.

2-6 فقدان الحرارة في الماء Les pertes de chaleur dans l'eau :

في الماء العامل الرئيسي المسؤول عن تبريد الجسم هو النقل الحراري.

الشخص المتوضع في الماء درجة حرارته 32° يحافظ على الحرارة المركزية للجسم، بينما عند إنخفاض درجة حرارة الماء (hypothermie). هذا الفقدان المهم للحرارة من طرف للجسم يؤدي بسرعة إلى انخفاض حاد في الحرارة الجسمية وحدوث الموت عند طول مدة التوضع.

عند دخول شخص في ماء درجة حرارته 15° تنخفض درجة حرارته الشرجية بـ2,1° في الساعة (4° تنخفض الحرارة الشرجية ب3,2° في الساعة) .

حسب (pugh et edholm) الأشخاص البدناء (لديهم نسبة دهون حوالي 30%) حيث يمكنهم السباحة إلى 6ساعات و 50 دقيقة في ماء درجة حرارته 11,8° بدون التغير في درجة الحرارة الشرجية، في نفس الشروط السباحين النحفاء لديهم نسبة دهون قدرها 10% حيث تنخفض درجة الحرارة المركزية إلى 33,7 وهذا بعد 30 دقيقة من السباحة فقط وهذا يجبر على التوقف.

3-6 الاستجابات الفزيولوجية أثناء التمرينات في الأجواء الباردة

Réponses physiologiques lors de l'exercice en ambiance froid

1-3-6 الوظيفة العضلية La fonction musculaire:

تبريد العضلات يؤدي إلى إضعافها، يتكيف الجهاز العصبي بتغيير نمط تحفيز الألياف العضلية، هذه التغيرات تؤثر على فعالية العضلات، وهذا يظهر في سرعة التقلص و انخفاض واضح في القوة المنتجة عند انخفاض الحرارة الجسمية.

عند انخفاض درجة حرارة العضلات إلى 25° بسبب البرد لا يعمل الجسم في نفس السرعة والقوة المنتجة المعتادة أين يحدث تعب سريع.

بقاء مستوى الإنجاز و التفوق الرياضي في حالة المحافظة على مستوى عزل عن طريق الألبسة والإنتاج الإيضي اثناء التمرينات وهذا يعتبر كافي من أجل المحافظة على حرارة الرياضي.

2-3-6 الإستجابات الأيضية les réponses métaboliques:

من المعروف جدا أن التمرينات المطولة تطبق تحريك و أكسدة الاحماض الدهنية الحرة (AGL). العملية الأيضية هذه تحفز عن طريق الكاتيكولامين البلازمي (الأدرينالين و النورادرينالين).

أثناء التعرض للبرد يلاحظ زيادة واضحة في إفراز الكاتيكولامين، بينما مستوى الأحماض الدهنية الحرة ينخفض بوضوح أثناء التمرينات المطولة المنجزة في الظروف العادية .

كما يحدث تضييق مهم للأوعية الدموية اثناء التعرض للبرد في محيط الجلد و تحت الجلد، وهذا بسبب إنخفاض تدفق الدم الذي ينقل الدهون من منطقة التخزين نحو العضلات و التخفيض من نسبة استخدامها مسببا بعض الاضطرابات في العمليات الأيضية .

4-6 أخطار التمرينات في الأجواء الباردة

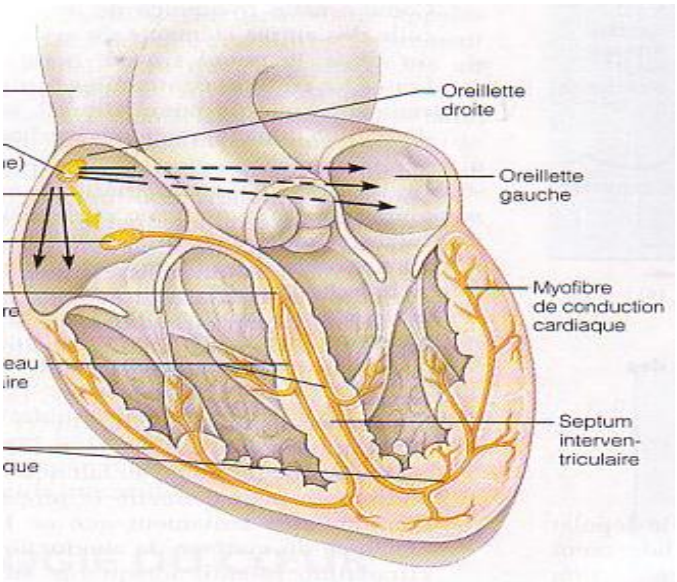
Les risques de l'exercice en ambiance froid

تم الاكتشاف أن دخول الأشخاص في ماء جامد تنخفض درجة الحرارة الشرجية من 25°إلى 24°. عند انخفاض درجة الحرارة عن 34,5° منطقة تحت المهاد تفقد جزءا من قدرتها على تعديل الحرارة، هذه القدرة تختفي كليا عند انخفاض درجة الحرارة الشرجية إلى 29,5°. فقدان الوظيفة هذا ينتج عنه انخفاض في التفاعلات الأيضية حيث لا تمثل سوى نصف المستوى العادي .

- **تأثير الجهاز القلبي الوعائي les effets cardiorespiratoires**

تأثير التعرض المفرط للبرد ينتج عنه حوادث في الأنسجة المحيطية و الأنسجة الحيوية، الجهازالقلبي الوعائي و التنفسي.

المرحلة النهائية لانخفاض الحرارة هي حدوث الموت، حيث يؤثر البرد على العقدة الجيبية (nœud sinusal) مركز التحكم القلبي حيث الانخفاض المتواصل في وتيرة النبض المفروض من طرف ريتم العقدة الجيبية يؤدي إلى انخفاض في مستويات النبض القلبي.



التنفس العميق للهواء البارد ينتج عنه تجمد أو تلف في المجاري التنفسية.

الهواء البارد الذي يقطع الفم و الحنجرة يسخن مباشرة حتى إذا كانت درجة حرارة الهواء منخفضة أقل من 25°. التنفس الفمي يستخدم بكثرة عند أداء التمرينات و هذا يؤدي إلى التهاب الفم و الحلق و الحنجرة ، و الشعب الرئوية عند وصول درجة الحرارة الخارجية

أقل من 12°. التعرض المتواصل للبرد يؤثر على الوظيفة التنفسية و يخفض من وتيرة ومدى التنفس.

- **معالجة انخفاض الحرارة traitement de l'hypothermie**

انخفاض الحرارة المتغير يمكن أن يعالج بأخذ الجسم لغطاء أو ألبسة و مشروبات ساخنة. الانخفاض في الحرارة الحاد يتطلب التدخل السريع الكامل من أجل تفادي بداية حدوث اضطراب قلبي، كما يتطلب ذلك النقل إلى المستشفى و العلاج الطبي.

6-4-2 التجمدات les gelures

البشرة تكون معرضة للجليد عند انخفاض الحرارة إلى درجات أقل من 0°.

بالنظر إلى الحرارة المتنقلة عن طريق تدفق الدم و إنتاج الحرارة الأيضية، درجة حرارة الهواء الضرورية من أجل تجميد الأصابع، الأنف و الأذنين تكون أقل من -29°. و بالتالي نقول أن تضييق الأوعية الدموية يسمح بمحافظة الجسم على الحرارة.

دوران الدم في منطقة الجلد يمكن أن ينخفض إلى درجة موت الأنسجة بسبب نقص الأكسجين و المواد الغذائية .

هذه التجمدات تصبح أكثر خطورة إذا لم يتم معالجتها مباشرة مع خطر حدوث التلف و الفساد وفقدان الأنسجة .

6-5 التكيف في البرد Acclimatation au froid

بعض من المعلومات تشير إلى أن البقاء المستمر و اليومي في ماء بارد، يؤدي إلى الرفع من الأنسجة الدهنية تحت الجلد. بينما بعض المعلومات الأخرى تشير إلى أن التوضع المتكرر في البرد يؤدي إلى اضطراب في تدفق الدم المحيطي و درجة الحرارة.

دراسات أخرى في وضعيات مماثلة تشير إلى أن التوضع المستمر لبعض أجزاء الجسم في البرد مثل اليد يمكن أن ينتج عنه مجابهة للبرد بطريقة أحسن، الصيادين المجبرين على العمل باليد في ماء بارد لعدة ساعات لديهم توسع للأوعية مما يؤدي إلى تسخين المناطق المتعرضة للبرد.