**Les adaptations cardiovasculaires à l’entrainement**

**تكيفات الجهاز القلبي الوعائي للجهد البدني**

**المحتويات**

1. **استجابة الجهاز القلبي الوعائي للجهد البدني**
   1. النبض القلبي
      1. النبض القلبي في الراحة
      2. النبض القلبي للتمرين
      3. تحديد قيمة النبض القلبي الأقصى
   2. حجم الدفع القلبي

1-2-1 زيادة حجم الدفع القلبي عند أداء التمرينات البدنية

1-2-2 آلية الزيادة في حجم الدفع القلبي

* 1. حجم الضربة
  2. تدفق الدم
  3. الضغط الشرياني

1-5-1 الضغط الشرياني عند التمرينات ذات الوتيرة المستقرة

1-5-2 تأثير التمرينات الثابتة و الحركية للقوة العضلية على الضغط الشرياني

* 1. الدم

1-6-1 محتوى الأكسجين

1-6-2 الحجم البلازمي

1. **تكيفات وتحولات الجهاز القلبي الوعائي للتدريب الرياضي (الجهد البدني)** 
   1. حجم وأبعاد القلب
   2. حجم الدفع القلبي
   3. النبض القلبي

2-3-1 النبض القلبي في الراحة

2-3-2 النبض القلبي في التمرينات البدنية تحت القصوى

2-3-3 النبض القلبي الأقصى

2-3-4 العلاقة بين النبض القلبي و حجم الدفع القلبي

2-3-5 الاسترجاع القلبي

2-3-6 النبض القلبي وتدريب القوة

* 1. حجم الضربة
  2. تدفق الدم
  3. الضغط الشرياني

2-6-1 التكيفات المزمنة للضغط الشرياني عند تمرينات القوة

* 1. حجم الدم

2-7-1 الحجم البلازمي

2-7-2 الكريات الحمراء

**تكيفات الجهاز القلبي الوعائي للجهد البدني**

**Les adaptations du système cardiovasculaire à l’effort physique**

1. **استجابة الجهاز القلبي الوعائي للجهد البدني** :

**مقدمة :**

عند اختبار مجموعة مكونات الجهاز القلبي الوعائي نجد أنها تتكيف و تتغير مع متطلبات الجهد البدني، حيث تجبر التمرينات البدنية الجهاز القلبي الوعائي بالتأقلم بطريقة سريعة و خاصة ، و هذا ما يسمح باستجابة الجهاز لزيادة الاحتياجات الخاصة ، و تحسين قدرات النقل و تتمثل هذه التغيرات في:

* 1. النبض القلبي .
  2. حجم الدفع القلبي.
  3. حجم الضربة .
  4. معدل تدفق الدم .
  5. حجم الدم .

1-6 الضغط الشرياني.

* 1. **النبض القلبي** :

**1-1-1 النبض القلبي في الراحة :**

يتراوح النبض القلبي في الراحة من 60 إلى 80 ن.د لدى بعض الأشخاص لمتوسطي العمر، وقد يصل إلى 100 ن.د. بالنسبة للرياضيين الأكثر ممارسة للتحمل يتراجع النبض القلبي في الراحة حيث يصل من 28 إلى 40 ن.د عامة. يمكن أن يتغير النبض القلبي في الراحة بالتأثر بالعوامل المحيطية ، تغيرات درجة حرارة المحيط، و مستوى الارتفاع عن سطح البحر .

كما يمكن أن يرتفع النبض القلبي قبل بداية التمرينات البدنية وهذا استجابة لتحرير بعض الوسائط الناقلة (النوردرينالين) عن طريق الجهاز العصبي السمبثاوي أو الأدرينالين عن طريق الغدة الكظرية، ومن أجل قياس النبض القلبي في الراحة يجب أن يكون أثناء الاسترخاء التام و الكلي .

**1-1-2 النبض القلبي للتمرين :**

أثناء أداء التمرين يرتفع النبض القلبي بسرعة ، مرتبطا ذلك بزيادة الشدة المطبقة ، كما تنخفض نسبة الزيادة عند الوصول إلى النبض القلبي الأقصى ((Fcmax و تعتبر القيمة المقاسة للنبض القلبي الأقصى هي الأكثر أمكانية للوصول إليها أثناء أداء تمرين بشدة قصوى، و يعتبر النبض القلبي الأقصى قيمة ثابثة تتغير من سنة إلى أخرى وينخفض بحوالي 1ن\د كل سنة.

**1-1-3 تحديد قيمة النبض القلبي الأقصى :** نستطيع أن نحدد قيمة النبض القلبي عن طريق معرفة العمر الأقصى و هذا عن طريق العلاقة التالية : **( FC max = 220 – l’age ) .**

و في بعض الدراسات الإحصائية دلت على أن الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم حوالي 40 سنة تكون نسبة النبض القلبي الأقصى 68 % بين 168 إلى 291 ن.د ± 1 و بنسبة 95% بين 156 إلى 204 ن.د)، و في هذه الحالة نجد أن العلاقة السابقة المطبقة تتميز بنسبة خطأ واضحة أدى إلى ظهور العلاقة التالية : **FC max = 208 – (0,7 x âge en années ) .**

هذه العلاقة موجهة خصيصا للأشخاص الذين اقل من 20 سنة و أكثر من 50 سنة . أثناء التمرينات البدنية بشدة ثابتة يرتفع النبض القلبي بطريقة مباشرة وسريعة بعد ذلك يبدأ في الاستقرار عند نبض معين هذا ما يسمى بالنبض القلبي المتوازن، (la fréquence cardiaque d’équilibre ou steady-state) ويعتبر ذلك المستوى المثالي للنبض القلبي من أجل تحقيق احتياجات التمرين .

**1-2 حجم الدفع القلبي ( Volume d’éjection systolique ):**

يرتفع حجم الدفع القلبي عند أداء التمرينات البدنية و يعتبر هنا رئيسيا و محددا لقدرة التحمل على مستوى الجهاز القلبي الوعائي و هذا بتدخل العوامل التالية :

العاملان الأولان يتمثلان في حجم التجميع البطيني ويقصد بذلك الحجم الأقصى للدم الموجود في البطينين (قبل عملية التفريغ) (pré- charge)، فيما يخص كل من العامل الثالث و الرابع يتمثلان في قدرة البطينين على التفريغ وبالتالي قدرة ضخ الدم من طرف البطينين (بعد التفريغ) (poste-charge) و الضغط المطبق في الجهاز الشرياني، هذه العوامل تنظم مباشرة التغيرات في حجم الدفع القلبي استجابة لزيادة شدة التمرينات.

**1-2-1 زيادة حجم الدفع القلبي عند أداء التمرينات البدنية ( Augmentation du volume d’éjection systolique a l’exercice ):**

يرتفع حجم الدفع القلبي للدم أثناء أداء التمرينات حيث تكون هذه الزيادة عند وصول شدة الجهد البدني من 30 إلى 60 % من الإمكانيات القصوى ، بحيث يستمر حجم الدفع القلبي بالزيادة وصولا إلى التمرين الأقصى .

بالنسبة للأشخاص العاديين الذين لا يقومون بعملية التدريب يصل حجم الدفع القلبي من 50 إلى 60 مل في الراحة و 120 مل كأقصى حد عند أداء التمرينات.

أما بالنسبة للأشخاص الأكثر تدريبا للتحمل يرتفع حجم الدفع القلبي و يصل من 80 إلى 110 مل في الراحة و من 160 إلى 200 مل أثناء أداء الجهد البدني .

**1-2-2 آلية الزيادة في حجم الدفع القلبي** (**Mécanismes d’augmentation du volume d’éjection systolique ):**

بالنظر إلى قانون ( (Frank et starlingue ترتبط زيادة حجم الدفع القلبي على حسب درجة تمدد الجدران البطينية ، حيث أن كل زيادة في قدرة التجميع البطينية (diastole)تؤدي إلى تمديد جدران البطينين، مع قوة التقلص تضخ كميات معتبرة من الدم ، أما الفرضية الثانية تتعلق بزيادة قدرة تقلص الألياف البطينية نظرا للتحفيز العصبي أو زيادة الكاتي كولامين (الادرينالين و النورادرينالين) الدوري مما يسمح بزيادة حجم الدفع القلبي حتى في غياب الزيادة في حجم الدم المجمع ((télédiastolique.

نستطيع القول أن قانون Frank et starlingue يتدخل في حالة ما إذا كانت شدة التمرين ضعيفة ، أما فيما يخص زيادة قدرة التقلص البطينية تتدخل عند تطبيق التمرينات بشدة عالية . كما نستطيع أن نفسر نقصان حجم الدم (volume télédiastolique ) للبطين الأيسر إلى نقصان زمن التجميع البطيني حيث يصل من 700 a 500 ms في الراحة إلىms150 من أجل مستوى عال للتمرينات البدنية المطبقة ( و ذلك عند نبض من 200 a 150 b/m) .

من أجل تطبيق قانون (frank- starling) يجب بالطبع أن يكون حجم الدم الواصل إلى القلب مرتفع وبالتالي نتوصل إلى أن رجوع الدم الوريدي يرتفع، هذا التكيف يمكن أن يكون سريع بفضل التحفيز السمبثاوي للجهاز الشرياني (في المناطق الغير نشطة) و الوريدي، من جهة أخرى تقلص العضلات النشطة يضغط على الأوردة المجاورة وبالتالي يحدث تسريع لعملية التفريغ، زيادة عملية التنفس و التغير في الضغط داخل القفص الصدري و داخل البطن يسهل عملية الرجوع الوريدي.

من خلال هاذين العاملان الأساسيان (زيادة رجوع الدم الوريدي و التقلص البطيني) ينتج عن ذلك زيادة حجم الدفع القلبي.

**1-3 حجم الضربة (le débit cardiaque ):**

حجم الضربة هي ناتج النبض القلبي عن طريق حجم الدفع القلبي حيث يصل حجم الضربة في الراحة حوالي 5 L/min و ترتفع هذه القيمة خطيا كلما زادت شدة التمرينات البدنية المطبقة لتصل إلى ( L/min 20) للأشخاص العاديين و (L/min (40 لدى الرياضيين الأكثر تدريبا للتحمل حيث يرتفع حجم الضربة من أجل تغطية الزيادة في احتياجات العضلة للأكسجين .

* **Débit cardiaque = FC de repos x VES**
* **EX: sedentaire ; 70 b/min x 71 mL = 5000 mL**
* **Entrainé : 50b/min x 100 mL = 5000 mL**

**1-4 تدفق الدم (Le débit sanguin) :**

إن الزيادة في تدفق الدم أثناء أداء التمرين تسمح بإخراج كمية كبيرة من الدم في الجهاز الشرياني و يمكن ملاحظة هذا الحجم على مستوى الأعضاء و العضلات النشطة ، حيث يلعب الجهاز العصبي السمبثاوي دورا في تنقل الدم من المواقع الغير نشطة إلى المواقع النشطة وفقا للاحتياجات المتطلبة .

تستقبل العضلات في فترة الراحة من %20 a 15 من تدفق الدم الكلي وبإمكان العضلات ان تستقبلك كمية من الدم المتدفق %85 a 80 أثناء أداء تمرين بدني عال الشدة . في حالة ارتفاع درجة حرارة الإنسان الداخلية استجابة للتمرينات البدنية أو التوضع في مواقع حارة، في هذه الحالة يوزع الدم نحو البشرة من أجل المساعدة للتخلص من الحرارة ، وهذا يخفض من حجم الدم المخصص للعضلات النشطة و بالتالي التفوق و المنافسات المنجزة في أجواء حارة.

تزايد احتياجات العضلة للأكسجين و المواد الغذائية يرتفع عند بداية التمرينات، وهذا يتطلب زيادة تدفق الدم الموضعي في المواقع النشطة، على مستوى الأحشاء تكون هذه المنطقة أقل نشاطا أثناء التمرينات، تحفيز ألياف الجهاز السمبثاوي ينتج عنه توسع الأوعية الموضعي وهذا يحفز إعادة توزيع الدم نحو المواقع النشطة، على العكس في العضلات ألياف الجهاز السمبثاوي التي تقوم بتضييق الأوعية تثبط، بينما ذات التحفيز التوسيعي تنشط ، كل هذه الآليات تؤدي إلى زيادة تدفق الدم في العضلات النشطة.

أثناء التمرينات المطولة أو المنجزة في درجات حرارة مرتفعة، التخلص من الحرارة يتم عن طريق عملية التعرق وهذا يخفض من حجم البلازمي للدم، انخفاض الحجم البلازمي ينتج عنه إعادة توزيع الكتلة الدموية نحو البشرة وهذا يخفض من الرجوع الوريدي وبالتالي حجم التجميع الدياستولي. حجم الدفع القلبي ينخفض أيضا. من أجل المحافظة على حجم الضربة المهم من أجل مواصلة الجهد يعمل القلب على معادلة انخفاض حجم الدفع القلبي بزيادة النبض القلبي.

**1-5 الضغط الشرياني (La pression artérielle) :**

يمكن تسجيل قيمتين للضغط الشرياني أولهما قصوى أو السيستولية والقيمة الثانية المنخفضة أو الدياستولية، وفي تمرينات التحمل ترتفع قيمة الضغط الشرياني السيستولي تدريجيا بزيادة شدة الجهد البدني حيث يتجاوز الضغط 120 مم زئبقي في فترة الراحة وأكثر من 200 مم زئبقي أثناء أداء الجهد البدني العال الشدة وقد تسجل في بعض الحالات القليلة جدا أثناء التمرينات القصوى الهوائية قيم للضغط تصل من 240 إلى 250 مم زئبقي للاعبين الأكثر تدريبا . بالنسبة للضغط الدياستولي لدى الشخص البالغ في الراحة يصل إلى 80 مم زئبقي نظرا لأن فترة الدياستول أطول من فترة السيستول .

كما يرتفع الضغط الشرياني تدريجيا مع شدة التمرينات وتفسر الزيادة في الضغط الشرياني السيستولي أساسا إلى زيادة حجم الضربة وهذا ما يسمح بتطبيق ضغط سريع في جميع الجهاز الدوري وصولا إلى الشعيرات المحيطية والأنسجة. على العكس الضغط الشرياني الدياستولي يتغير بصفة قليلة جدا حتى عند ممارسة النشاط البدني الهوائي المتزايد.

أثناء التمرينات التحت قصوى يصل الضغط الشرياني إلى مستوى التوازن حيث ترتفع هذه القيمة كلما زادت شدة التمرينات، في حالة التمرينات المطولة الضغط الشرياني السيستولي يمكن أن ينخفض قليلا بينما الضغط الشرياني الدياستولي لا يتغير، هذا الانخفاض في الضغط الشرياني السيستولي يفسر إلى زيادة توسع الشرينات الموضعية العضلية وهذا يؤدي إلى انخفاض مقاومة سريان الدم.

يصاحب تمرينات القوة زيادة كبيرة في الضغط الشرياني حيث يمكن أن تتجاوز القيم 480\350 مم زئبقي، في هذا النوع من التمرينات، ينجز الأشخاص كثيرا (manœuvre de valsalva) الذي يحتوي على الزفير الإرادي، الفم، الأنف، ولسان المزمار مغلق،هذه العملية تهدف إلى زيادة الضغط داخل القفص الصدري و الضغط الشرياني في باقي أنحاء الجسم، نظرا لأن دوران الدم يجب أن يقاوم الضغط الناتج من القفص الصدري .

* **PAs (mmHg)= 147+0,333x Pmax(watts)+ 0,31x âge (ans)**

الضغط الشرياني المتوسط (Pam) يكون منخفض قليلا عن متوسط قيم الضغط السيستولي، حيث أن قيم الضغط الشرياني المتوسط للشخص البالغ في الراحة يصل إلى حوالي 93مم ز، هذا الضغط يتمثل في قياس القوة المتوسطة التي يطبقها الدم على ضد جدران الشرايين أثناء الدورة القلبية و يمكن أن نقوم بحسابه وفق العلاقة التالية :

* **Pam = P diastolique+ [0,333( P systolique – P diastolique)]**

لدى شخص لديه قيم للضغط الشرياني الدياستولي و السيستولي على التوالي 89 مم ز و 127 مم ز . الضغط الشرياني المتوسط يساوي:

* **Pam = 89 + [0,333 (127 – 89) ] = 102 mmHg**
* **Débit cardique = pression sanguine ÷ résistance périphérique Totale**
* **résistance périphérique totale= pression sanguine ÷ débit cardiaque**

على سبيل المثال مثل أجل شخص في الراحة حجم الضربة يصل إلى 5 ل\د، الضغط الشرياني السيستولي 190مم ز و الدياستولي 80 مم ز و الضغط المتوسط 93,3 مم ز و بالتالي نستطيع استخدام هذه القيم في العملية الحسابية الخاصة بالمقاومة المحيطية الكلية .

* **Résistance périphérique totale= 93,3mmHg ÷ 5 L/min = 18,7 mmHg**

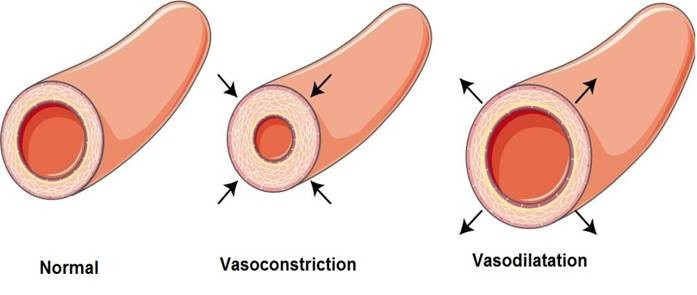
عند التمرينات البدنية لضغط الشرياني السيستولي يرتفع بشدة مقارنة بالضغط الشرياني الدياستولي، حيث أن حجم الضربة يرتفع من 6 إلى 8 مرات مقارنة بالراحة، و هذا يعطي نتيجة و هي انخفاض المقاومة المحيطية بصورة ملاحظة. في حالة وصول حجم الضربة إلى 35 ل\د و الضغط الشرياني المتوسط 130 مم ز (الضغط السيستولي يكون 210مم ز و الدياستولي 90 مم ز) المقاومة المحيطية الدورية تصل إلى 3,71 مم ز و هذا أقل بخمس مرات عن فترات الراحة .

* **Résistance périphérique totale= 130 ÷ 35 = 3,71 mm Hg**

**1-5-1 الضغط الشرياني عند التمرينات ذات الوتيرة المستقرة :**

أثناء النشاطات البدنية الإيقاعية مثل الجري، السباحة، الدراجات، توسع الأوعية الدموية في العضلات النشطة يخفض من المقاومة المحيطية الكلية و هذا يرفع من تدفق الدم على مستوى الأوعية الدموية المحيطية. التناوب بين التقلص و الاسترخاء العضلي ينتج عنه قوة دفع مهمة للدم في الأوعية الدموية و الرجوع إلى القلب.

ارتفاع تدفق الدم أثناء التمرينات المستقرة بشدة متوسطة يؤدي الى الرفع السريع من ضغط الدم خلال الدقائق الأولى من التمرين ليستقر الضغط عند 140- 160 مم . عند إستمرار التمرين الضغط الدموي السيستولي يمكن أن ينخفض تدريجيا وهذا راجع إلى استمرار توسع الشرينات حيث ينتج عن ذلك انخفاض في المقاومة المحيطية .

****

**1-5-2 تأثير التمرينات الثابتة و الحركية للقوة العضلية على الضغط الشرياني :**

تتطلب تمرينات القوة العضلية استجابة و تعديل سريع للجهاز القلبي الوعائي (الضغط الشرياني X النبض القلبي) و هذا يؤدي إلى ارتفاع في قيم الضغط الشرياني عند مستويات قياسية و هذا بتناسب مع الكتلة العضلية المطبقة و نوعية التقلص العضلي، هذه التغيرات في الجهاز القلبي الوعائي ترجع إلى التنبيه الكبير للجهاز القلبي الوعائي عن طريق المناطق النشطة للقشرة الحركية و ردود الفعل المحيطية للعضلات المستخدمة .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Conclusion** | **Développé de bras isométrique % CMV** | | | | **Des haltères maximum isométrique % CMV** | | **Résistance hydraulique développée** | |
| 25 | 50 | 75 | 100 | 25 | 50 | Lente | Rapide |
| **Pression systolique** | 172 | 179 | 200 | 225 | 169 | 232 | 237 | 245 |
| **Pression diastolique** | **106** | **116** | **135** | **156** | **104** | **154** | **101** | **160** |

**1-6 الدم ( le sang) :**

جميع التحولات التي تحدث على مستوى الجهاز القلبي الوعائي تسمح بزيادة و الرفع من محتوى الدم في العضلات النشطة و هذا ما يفسر بتحسين المبادلات بين الوسطين الدم و العضلات.

**1-6-1 محتوى الأكسجين** :

في الراحة يحتوي الدم على نسبة أكسجين تقدر ب 20 مل في كل 100 مل للجهاز الشرياني و 14 مل في كل 100 مل في الجهاز الوريدي و بالتالي فإن الفرق بين القيمتين هو (20 مل-14مل = 6 مل) مشكلة الفرق الشرياني الوريدي (a-VO2) هذه القيمة تمثل نسبة الأكسجين المستخدم من طرف الأنسجة .و أثناء أداء التمرينات البدنية ترتفع هذه النسبة تدريجيا بزيادة شدة الجهد البدني حيث تقترب قيمة الأكسجين في الدم الوريدي من 0، وقد ينخفض في بعض الحالات ليقترب من 2إلى 4 مل في كل 100 مل من الدم الوريدي و الأذين الأيمن.

**1-6-2 الحجم البلازمي :**

عند بداية التمرينات يوجد هناك تسرب للسائل البلازمي نحو الفراغ الموجود بين الخلايا، حيث يوجد عاملان محتملان أولهما زيادة الضغط الشرياني مع الضغط المائي السكوني (التوازن وضغط الماء)(hydrostatique) الذي يطبق على جدران الأوعية الدموية، يفرض الضغط المائي السكوني خروج الماء من الوسط الدموي نحو الوسط البين خلوي. العامل الثاني يتمثل في تراكم المواد الأيضية في العضلات النشطة وهذا يرفع من الضغط الاسموزي وينتج نداء للماء للخروج من الوسط الدموي نحو الوسط العضلي.

أثناء التمرينات المطولة الحجم البلازمي يمكن أن ينخفض من 10 إلى 15%. نفس الشيء يحدث أثناء التمرينات العالية الشدة و القصيرة بانخفاض حوالي 15 إلى 20% وأثناء تمرينات القوة انخفاض الحجم البلازمي يكون بتناسب مع شدة الجهد بحوالي 10 إلى 15 %.

في حالة التعرق فقدان الحجم البلازمي يكون معتبر، ينخفض السائل العرقي و السائل بين الخلايا بسبب التعرق هذا يؤدي إلى ارتفاع الضغط الاسموزي في الوسط البين خلوي وهذا يؤدي إلى انتقال الماء من الوسط البلازمي نحو الوسط البين خلوي.

انخفاض الحجم البلازمي للدم يؤدي إلى زيادة لزوجة الدم وهذا يخفض من حجم الضربة، وبالتالي نقص في نقل الأكسجين نظرا لتجاوز حجم مكداس الدم 60%، مجموع هذه العوامل يؤثر على الإنجاز الرياضي تحت هذه الظروف. عند النشاطات البدنية القصيرة المدة لدقائق أو أقل، حركة الماء أو ظاهرة التعديل الحراري أقل أهمية. بينما في حالة التمرينات المطولة مثل المراطون، لا يؤثر انخفاض الحجم البلازمي على الإنجاز الرياضي بل يتعدى ذلك بخطر على الحياة، أي وقوع حادث الموت بسبب جفاف الجسم أو ارتفاع درجة الحرارة الداخلية .

1. **تكيفات و تحولات الجهاز القلبي الوعائي للتدريب الرياضي (الجهد البدني)**

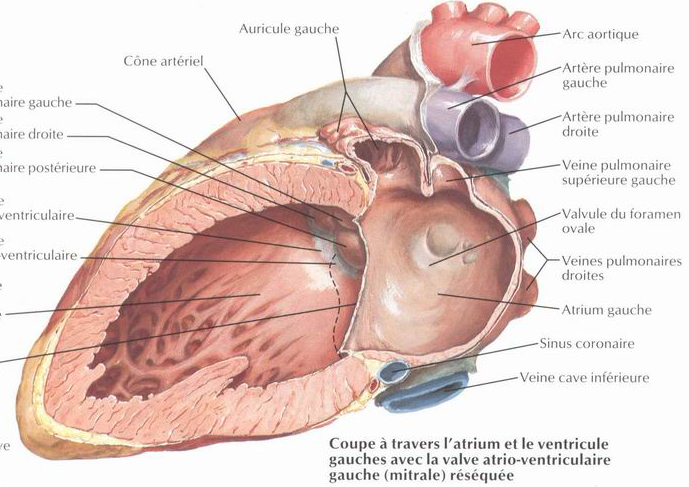
ينتج من خلال التدريب الرياضي مجموعة من التكيفات للجهاز القلبي الوعائي و المتعلقة بالعناصر التالية :

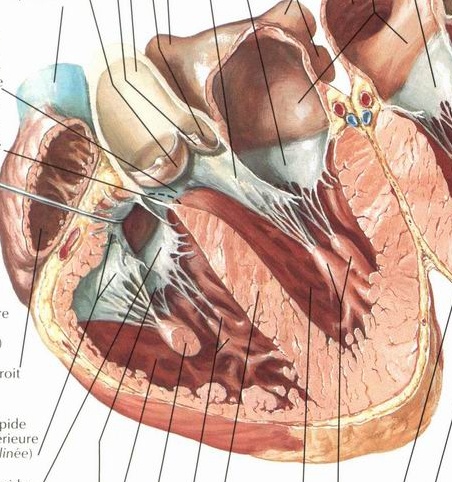
**2-1 حجم و أبعاد القلب (Les dimensions cardiaque):**

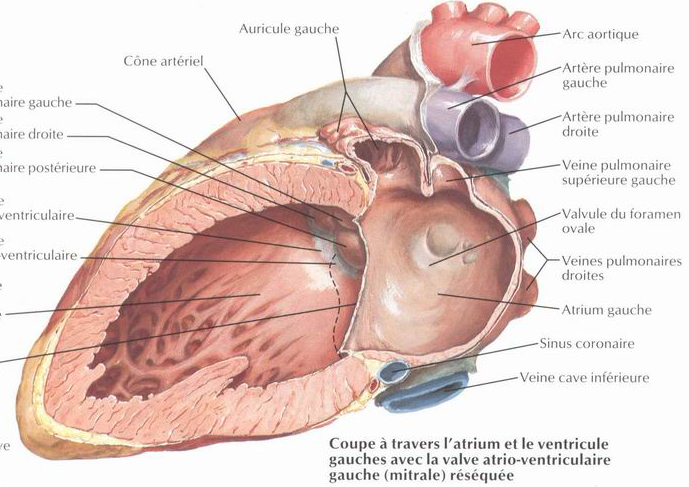
استجابة لزيادة حمولة العمل أثناء التدريب الهوائي يؤدي ذلك إلى زيادة كتلة و حجم القلب ، وهذا من خلال سمك جدار القلب وزيادة اتساع تجويف البطين الأيسر، ما يفسر ذلك بزيادة تضخم عضلة القلب، هذه الزيادة، ناتجة عن التدريب المزمن للتحمل حيث يحدث عنه تضخم عضلي قلبي.

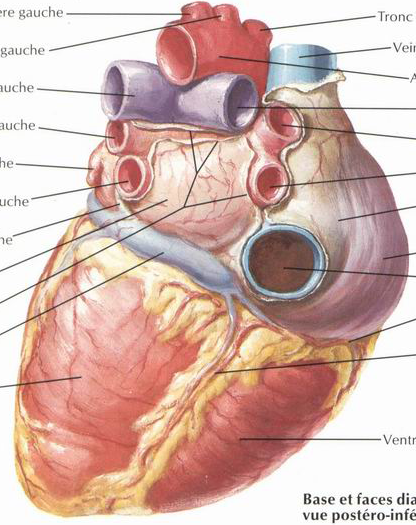
ولا يعتبر هذا التضخم مرضي لأنه ناتج من التدريب وهذا ما يسمى بقلب الرياضي (cœur d’Athlète) ، كل هذه التحولات ترجع إلى زيادة الحمل التدريبي المطبق على القلب مستوجبا ذلك على القلب أن يطبق عملية تقلص معتبرة من أجل ضغط شرياني يصل من 350 إلى 480 مم زئبقي أثناء تدريب القوة.

و بالتالي فإن الزيادة في الكتلة القلبية هي زيادة ناتجة عن تدريب القوة وفي نفس الوقت الزيادة في تجويف البطين الأيسر ناتجة عن التدريب الهوائي مفسرين ذلك بزيادة الحجم الهيولي للدم مما يؤدي إلى زيادة حجم الدم المجمع في القلب (volume diastolique).









**2-2 حجم الدفع القلبي (Volume d’éjection systolique ):**

يؤدي التدريب الهوائي إلى زيادة حجم الدفع القلبي وفي دراسة أجريت بعد 6 أشهر من التدريب لوحظ أن التدريب يحسن و يرفع من نسبة التجميع الدياستولي في البطين الأيسر يصاحبه زيادة في حجم الدم هذا ما يؤدي إلى الرفع من حجم الدياستول و التليدياستول في النهاية هذا التدفق في الدم يمدد من جدران البطينين ويسمح ذلك بتطبيق قانون (Frank-starlingue) ، مفسرين ذلك بتضخم الجدار الخارجي لعضلة القلب و بالتالي الزيادة في كتلة البطين الأيسر مما يسمح بتطبيق قوي لحجم الضربة ناتجا عن ذلك انخفاض في حجم الدم المتبقي في البطين عند نهاية السيستول او التلي سيستول (volume résiduel) بضخ كميات معتبرة من الدم في الجهاز الدوري.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Sujets** | **Vs de repos (ml)** | **Vs maximal (ml)** |
| **Non entrainés** | **50-70** | **80-110** |
| **Entrainés** | **70-90** | **110-150** |
| **Très entrainé** | **90-110** | **150-220** |

**2-3 النبض القلبي (La fréquence cardiaque ):**

**2-3-1 النبض القلبي في الراحة :**

ينخفض النبض القلبي في الراحة بصورة واضحة بعد فترة من التدريب الهوائي حيث يصل النبض القلبي في الراحة للشخص العادي حوالي 80 ن\د و ينخفض ب 1 ن\د في الأسبوع عند الأشهر الأولى من التدريب ، الآلية المسببة لهذا الانخفاض غير معروفة حاليا و ما هو واضح أن التدريب يرفع من نشاط الجهاز الباراسمبثاوي ويخفض من النشاط السمبثاوي .

و بالنسبة للاعبين الأكثر ممارسة للنشاط الهوائي نجد أن النبض القلبي في الراحة أقل من 40 ن\د و في بعض الحالات يصل إلى 30 ن\د، ومن جهة أخرى عدة دراسات منجزة على الرياضيين لم تجد أو كان هناك انخفاض ضعيف للنبض القلبي في الراحة أقل من 5 ن\د بعد 20 أسبوع من التدريب الهوائي.

**2-3-2 النبض القلبي في التمرينات البدنية تحت القصوى:**

أثناء أداء الجهد البدني و المتميز بشدة تحت قصوى، فإن العمل على تحسين الآلية الهوائية يترجم إلى نقصان في النبض القلبي عند نفس الشدة المطبقة المتعلقة بالتمرين ، و أثناء أداء الجهد البدني تحت أقصى مع تدريب لمدة 6 أشهر نلاحظ انخفاض في النبض القلبي حيث يتراجع بـ 10 إلى 30 ن\د .

**2-3-3**  **النبض القلبي الأقصى:**

تبقى قيمة النبض القلبي الأقصى ثابتة بالنسبة للشخص ، حيث لا تتغير قيمته و لو بعد مدة من .التدريب المستمر.

**2-3-4 العلاقة بين النبض القلبي و حجم الدفع القلبي:**

يؤدي الجهد البدني إلى زيادة نبضات القلب و هذا بدوره يعمل على زيادة حجم الدفع القلبي ،ما يسمح بتكيف حجم الضربة حسب الاحتياجات و عند التمرينات القصوى يصل حجم الضربة إلى أقصاه، و مع أن شدة النبض تكون جد مرتفعة يؤدي هذا إلى نقصان في فترة التجميع البطينية (دياستول) و بالتالي نقصان في حجم الدفع القلبي .

مثال: من أجل نبض قلبي أقصى 180 ن\د يتقلص القلب ثلاث مرات في الثانية مدة كل دورة تستمر 0,33 ثانية و هذا يترك 0,150 ثانية لفترة التجميع دياستول وبالتالي مدة التجميع قصيرة ينتج عن ذلك انخفاض في حجم الدفع القلبي .

**2-3-5 الاسترجاع القلبي:**

عند التوقف من التمرين، لا يرجع النبض القلبي مباشرة إلى حالة الراحة على العكس فإنه يبقى مرتفع لمدة من الزمن ، بعد ذلك يرجع تدريجيا إلى حالة الراحة و بعد مدة من التدريب فإن النبض القلبي يرجع بسرعة إلى حالة الراحة و هذا ما يلاحظ في التمرينات البدنية القصوى و تحت القصوى .

**2-3-6 النبض القلبي وتدريب القوة:**

دلت بعض الدراسات إلى أن التدريب الخاص بالقوة يؤدى كذلك إلى انخفاض النبض القلبي في الراحة و أثناء التمرين، وفي كل الحالات تبقى دراسات تأثير تدريب القوة على النبض القلبي أقل إعلانا من تلك المدرجة في التدريب الهوائي، هذه التغيرات تبقى متعلقة بخصائص تدريب القوة :

**2-4 حجم الضربة (Débit cardiaque ):**

في هذه الحالة نتطرق إلى تأثير التدريب على النبض القلبي وحجم الدفع القلبي حيث يعتبران العاملان المؤثران على حجم الضربة ، يتأقلم حجم الضربة كلما زادت كمية الأكسجين المستهلك ومع شدة التمرين المطبقة، حيث أن زيادة الفرق الشرياني الوريدي (a-VO2) الراجع إلى زيادة نسبة الأكسجين المنزوع على مستوى الأنسجة أو نقصان مستوى استهلاك الأكسجين يؤدي إلى تراجع في حجم الضربة. عامة يتكيف حجم الضربة مع كميات استهلاك الأكسجين.

يبلغ حجم الضربة عند التمرينات القصوى حوالي 15 إلى 20 مل\د بالنسبة للشخص العادي ، وحوالي 20 إلى 25 مل\د بالنسبة للرياضيين وقد يتجاوز 40 مل\د لرياضيي التحمل في المستوى العالي .

**2-5 تدفق الدم (Débit sanguin ):**

نعلم جيدا أن الطلب على الأكسجين والمواد الغذائية يرتفع عند الجهد البدني و من اجل تحقيق الاكتفاء يجب تحسين تدفق الدم على مستوى العضلات النشطة ، و مع التدريب الرياضي يتكيف الجهاز القلبي الوعائي رئيسيا بأربعة عوامل هي :

تؤدي الزيادة في حجم الدم الموضعي إلى تطوير شعيرات دموية جديدة على مستوى عضلات الأشخاص المتدربين هذا التكيف يسمح بزيادة حجم الدم الكلي، وبالتالي هذه الزيادة في الحجم و تدفق الدم تسمح بالتجاوب مع زيادة متطلبات الجسم أثناء الجهد البدني الهوائي.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Groupe | Nombre de capillaire par mm2 | Nombre de fibres musculaire s par mm2 | Nombre de capillaires par fibre | Distance de diffusion µm |
| Très entrainé |  |  |  |  |
| Avant exercice | 640 | 440 | 1.5 | 20.1 |
| Après exercice | 611 | 414 | 1.6 | 20.3 |
| Non entrainés |  |  |  |  |
| Avant exercice | 600 | 557 | 1.1 | 20.3 |
| Après exercice | 599 | 576 | 1.0 | 20.5 |

**2-6 الضغط الشرياني (La pression artérielle ):**

يؤثر التدريب الهوائي على الضغط الشرياني مهما كان مستوى التمرين عند شدة تحت قصوى أو قصوى، إلا أنه بالنسبة للأشخاص المتدربين ينخفض الضغط الشرياني بعد عملية التدريب ، هذا الانخفاض يحصل بالنسبة للضغط الشرياني السيستولي و الدياستولي ، هذا الانخفاض يكون بمعدل 10 مم زئبقي بالنسبة الضغط الشرياني السيستولي و 8 مم زئبقي للضغط الدياستولي، تبقى هذه الآلية مجهولة إلى حد الآن.

قام كل من (hagberg et coll) لمدة 5 أشهر بتتبع رياضيين مراهقين لرفع الأثقال، حيث وجد أن الضغط الشرياني محدد أو غير طبيعي ، حيث أن الضغط الشرياني في الراحة ينخفض بصورة ملاحظة نفس الشيء لوحظ بعد التدريب الهوائي .

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mesure** | **Repos** | | | **Exercice sous maximale** | | |
| **Valeur moyenne** | | | **Valeur moyenne** | | |
| **Avant** | **Après** | **Différence** | **Avant** | **Après** | **Différence** |
| **Pression systolique (mmHg)** | **139** | **133** | **-4,3** | **173** | **155** | **-10,4** |
| **Pression diastolique (mmHg)** | **78** | **73** | **-6,4** | **92** | **92** | **-14,1** |
| **Pression moyenne (mmHg)** | **97** | **92** | **-5,2** | **127** | **127** | **-14,3** |

لدى مجموعة من النساء و الرجال تتراوح أعمارهم من 60 إلى 70 سنة، ستة أشهر من التدريب المنخفض الشدة الهوائي ينخفض الضغط الشرياني السيستولي حوالي 20 مم ز و 12 مم ز للضغط الشرياني الدياستولي ، الأليات الرئيسية المسؤولة عن هذا الانخفاض تبقى غير معروفة، أهم العوامل التي قد تسبب هذا الانخفاض هي :

* اعتدال نشاط الجهاز العصبي السمبثاوي عن طريق التدريب، هذا الاعتدال يرجع إلى انخفاض المقاومة المحيطية لدوران الدم و انخفاض متلازم للضغط الدموي.
* التخلص الجيد من الصوديوم من طرف الكلي و هذا يخفض من حجم السوائل و ضغط الدم.
* التأثير الجيد للتمرينات البدنية على الضغط الشرياني لا يلقى الإجماع عند النظر إلى التقارير العلمية نظرا لأن الدراسات المختلفة على الحيوانات لم تكتشف التأثير الحسن، المهم و الثابت للبرامج التدريبية للتمرينات البدنية . وفي دراسات أخرى نسبة الموت للأشخاص الذين يعانون من ضغط الدم و لديهم لياقة هوائية جيدة أقل بـ 60%مقارنة بأشخاص عاديين لديهم ضغط عادي .

**2-6-1 التكيفات المزمنة للضغط الشرياني عند تمرينات القوة :**

يرتفع الضغط الدموي بصورة ملاحظة عند أداء التمرينات الخاصة بالقوة، أثناء التمرينات الحركية عند شدة منخفضة قيم الضغط في الراحة لا ترتفع على المدى الطويل (Fleck S J, 1988, Pearson A C et al, 1986 ) . حيث أن البرنامج التدريبي المنتظم للقوة يخفف و يقلل من إرتفاع الضغط الشرياني أثناء التمرينات. كذلك لدى مجموعة من الرياضيين المختصين في كمال الأجسام و أثناء أداء تمرينات القوة كان هناك ارتفاع ضعيف في قيم الضغط الشرياني السيستولي و الدياستولي مقارنة بمجموعة من المبتدئين الغير متدربين . حيث أن هذا الانخفاض يكون واضح عند رفع نفس الحمولة قبل عملية التدريب .

بالرغم من التأثير الواضح و الإيجابي لتدريب القوة على ارتفاع الضغط الشرياني أغلب الدراسات تشير إلى أن تأثير تدريب القوة أقل فعالية من برامج التدريب الهوائي من أجل التخفيض من الضغط الشرياني في الراحة.

**2-7 حجم الدم (Le volume sanguin ):**

يؤدي التدريب الرياضي إلى زيادة حجم الدم الكلي ، حيث كلما زادت شدة التمرين كلما كانت عملية التكيف أكبر وأسرع، ترجع هذه الزيادة إلى الرفع من الحجم البلازمي والكريات الدموية الحمراء، وهذا بالطرق التالية :

**2-7-1 الحجم البلازمي :**

يرتفع الحجم البلازمي للدم استجابة للتدريب الهوائي ، يؤدي التمرين إلى الرفع من إنتاج هرمون (antidiurétique ADH)و هرمون الالدسترون اللذان يعملان على حجز وحبس الماء من طرف الكليتين هذا يعمل على زيادة الحجم البلازمي من جهة ، ومن جهة أخرى يعمل التمرين على الرفع من تركيز البروتينات خاصة الألبومين بحيث تعتبر البروتينات البلازمية الأولى التي تعمل على تعديل الضغط الاسموزي ، كل زيادة في هذه البروتينات تؤدي إلى تنقل الماء من الأنسجة نحو الدم، هذه الزيادة تلاحظ بعد بضع ساعات من أداء التمرين.

**2-7-2 الكريات الحمراء :**

كل زيادة في عدد الكريات الدموية الحمراء تؤدي إلى زيادة في الحجم الدموي الكلي ، بالتالي زيادة في تركيز الهيموغلوبين هذا ما يعطي للدم إمكانية كبيرة من أجل تحقيق الاكتفاء **من** الأكسجين .