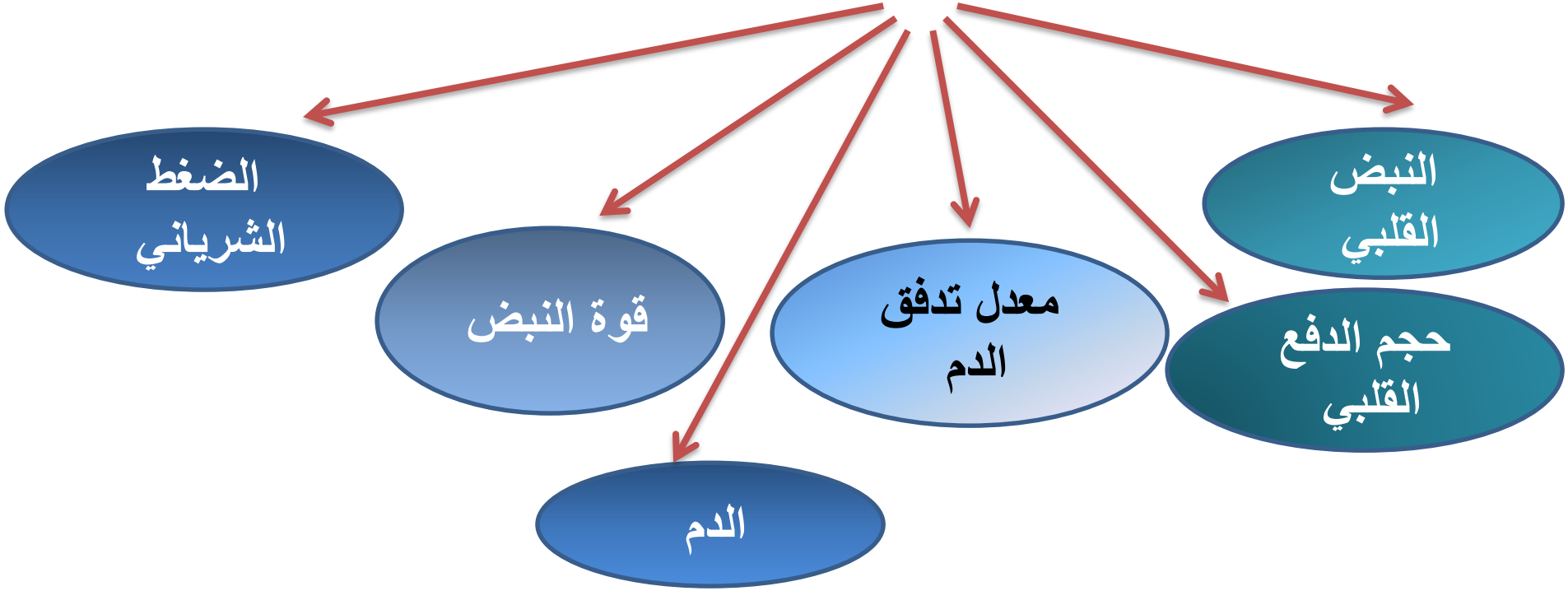
Les adaptation cardiovasculaire a l'entrainement

تكيفات الجهاز القلبي الوعائي للجهد البدني

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

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

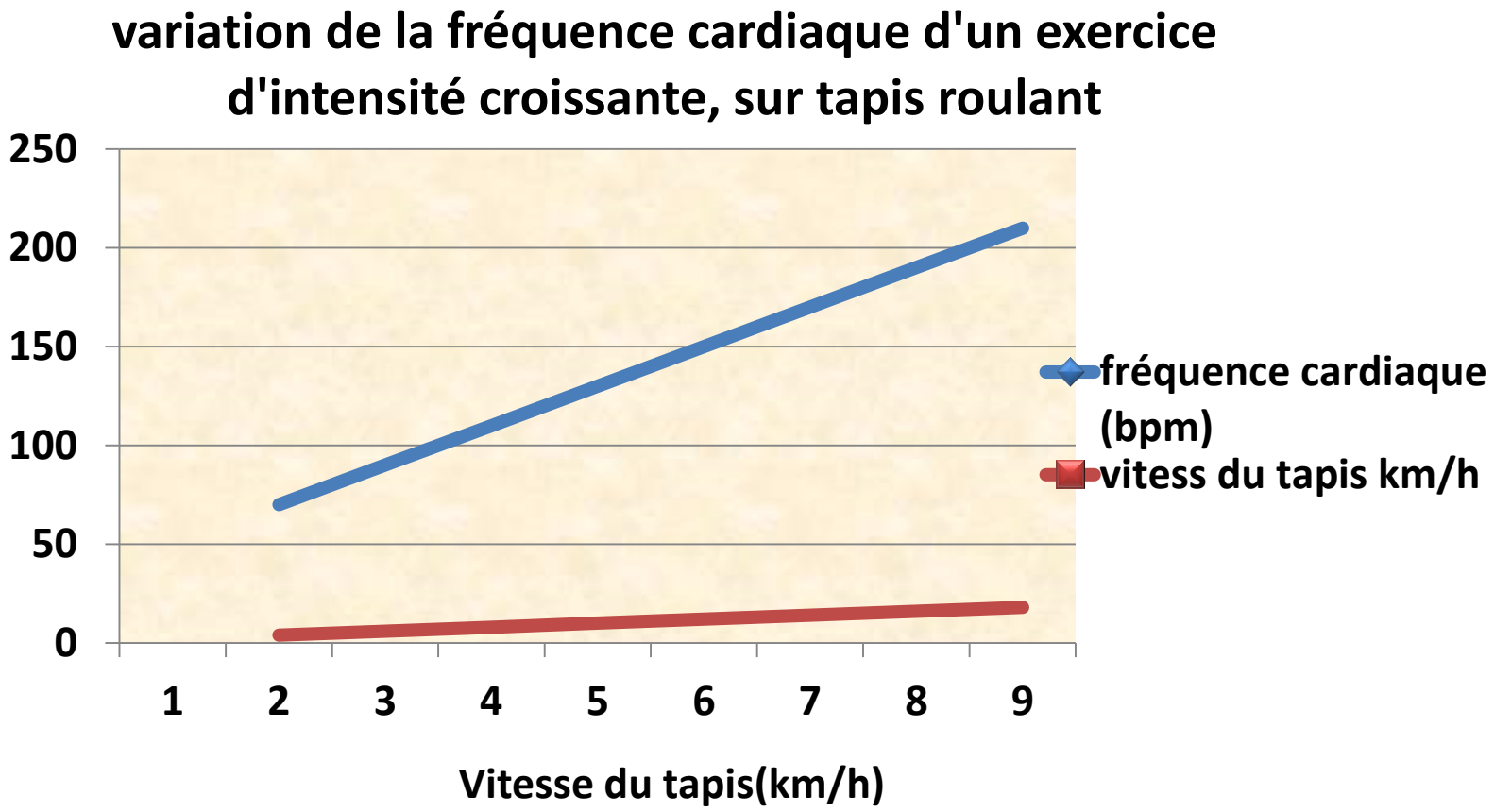
بالنسبة للرياضيين الأكثر ممارسة للتحمل يتراجع النبض القلبي في الراحة حيث يصل من 28 إلى 40 ن.د، عامة

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 الإسترخاء التام و الكلي .

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



تحديد قيمة النبض القلبي الأقصى

نستطيع أن نحدد قيمة النبض القلبي عن طريق معرفة العمر الأقصى و هذا عن طريق العلاقة التالية

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 59 بين 156% إلى 204 ن.د و في هذه الحالة)

نجد أن العلاقة السابقة المطبقة تتميز بنسبة خطأ واضحة أدى إلى ظهور العلاقة التالية

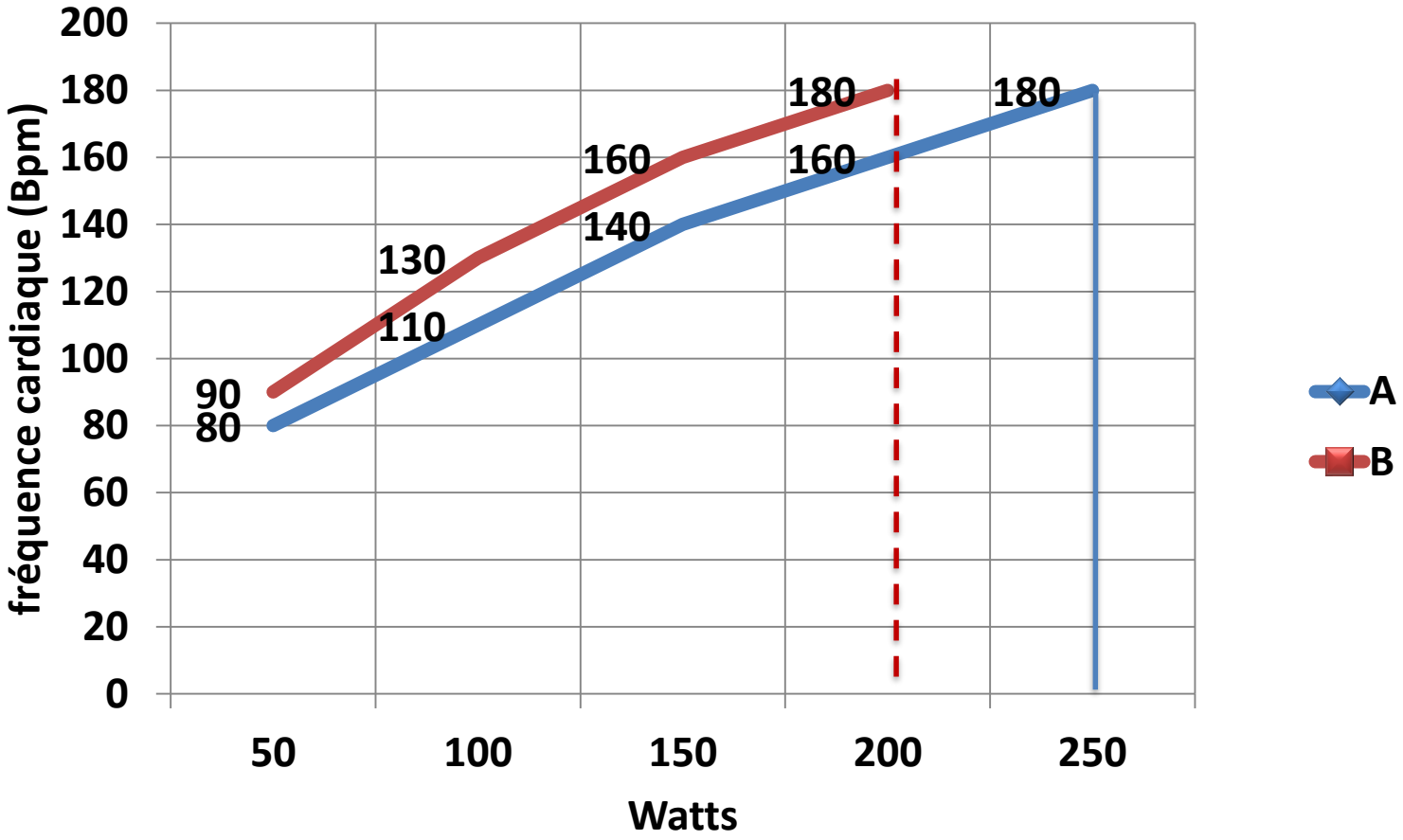
FC max = 220 – l'age

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

L'augmentation de la fréquence cardiaque avec l'intensité de l'exercice et la consommation d'oxygéne est linéaire. Les deux sujet ont la même fréquence cardiaque maximale mais n'ont pas la même puissance aérobie



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 :

1- رجوع الدم الوريدي
retour veineux

2- قدرة التجميع البطينية
La capacité de remplissage ventriculaire

3- قدرة التقلص البطينية
La contractilité ventriculaire

4- الضغط الدموي في شريان الأبهر
La pression sanguine dans l’aorte

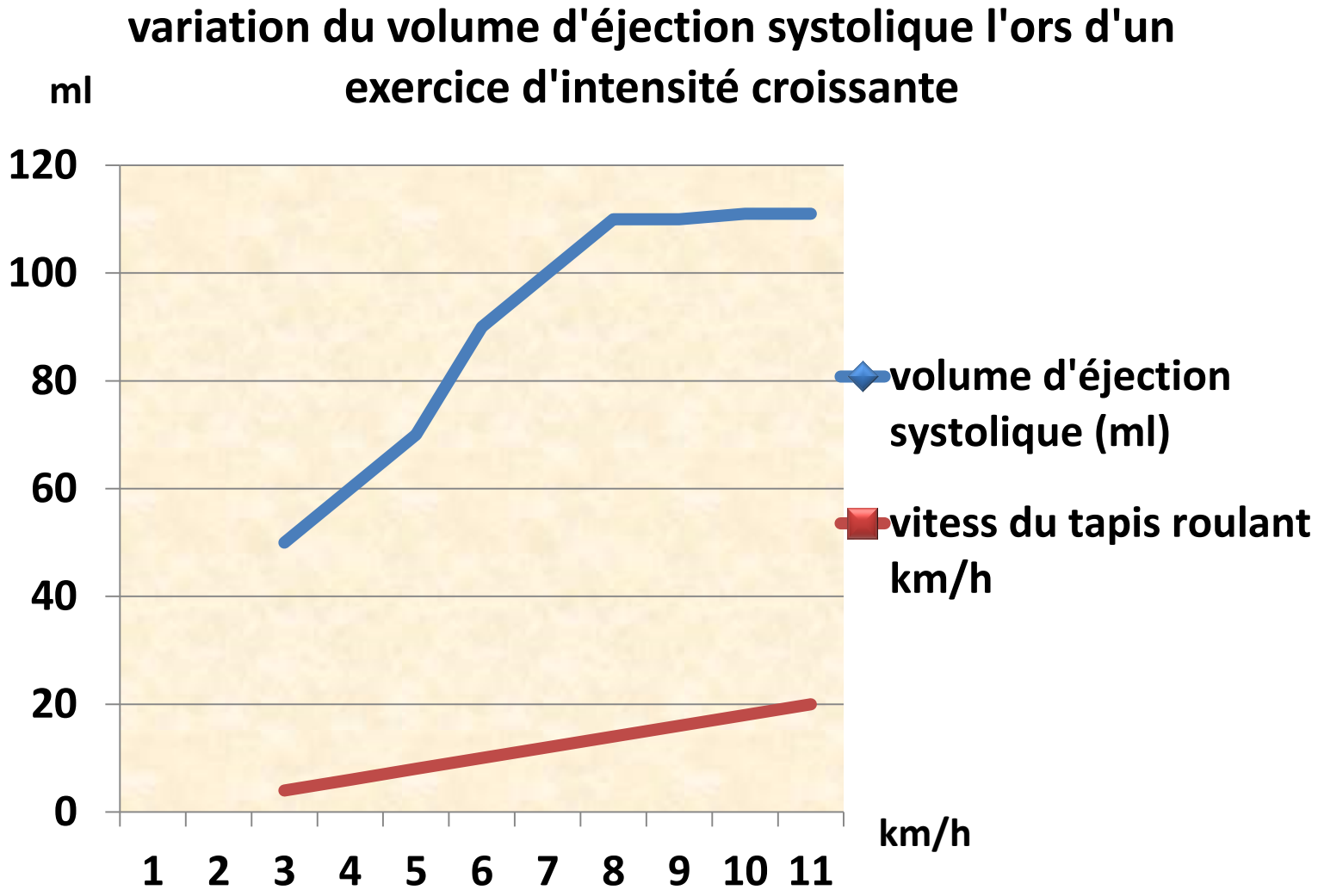
العاملان الأولان يتمثلان في حجم التجميع البطيني ويقصد بذلك الحجم الأقصى للدم الموجود في البطينين (قبل عملية التفريغ) (pré- charge)، فيما يخص كل من العامل الثالث و الرابع يتمثلان في قدرة البطينين على التفريغ وبالتالي قدرة ضخ الدم من طرف البطينين (بعد التفريغ) (poste-charge) و الضغط المطبق في الجهاز الشرياني،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

1-2 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 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


variation du volume d'éjection systolique l'ors d'un exercice d'intensité croissante
ml
120
100
80
60
40
20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
km/h
volume d'éjection systolique (ml)
vitess du tapis roulant km/h

2-2 آلية الزيادة في حجم الدفع القلبي
Mécanismes d’augmentation du volume d’éjection systo2lique

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 إلى 150msمن 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.

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 (20 L/min) للأشخاص العاديين و (40 L/min) لدى الرياضيين الأكثر تدريبا للتحمل حيث يرتفع حجم الضربة من أجل تغطية الزيادة في احتياجات العضلة للأكسجين

Débit cardiaque= FC de repos x VES

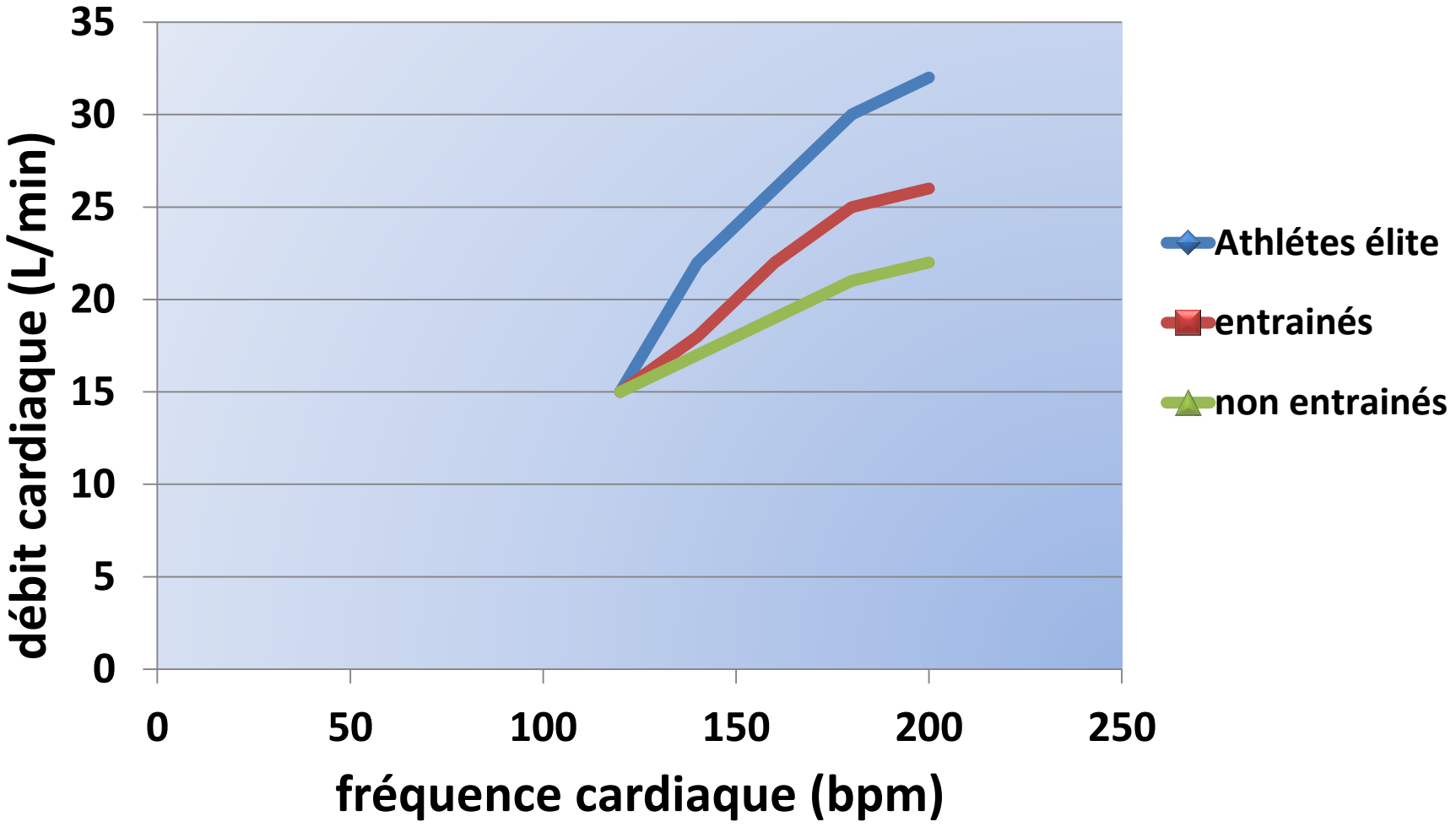
EX: sedentaire ; 70 b/min x 71 mL = 5000 mL

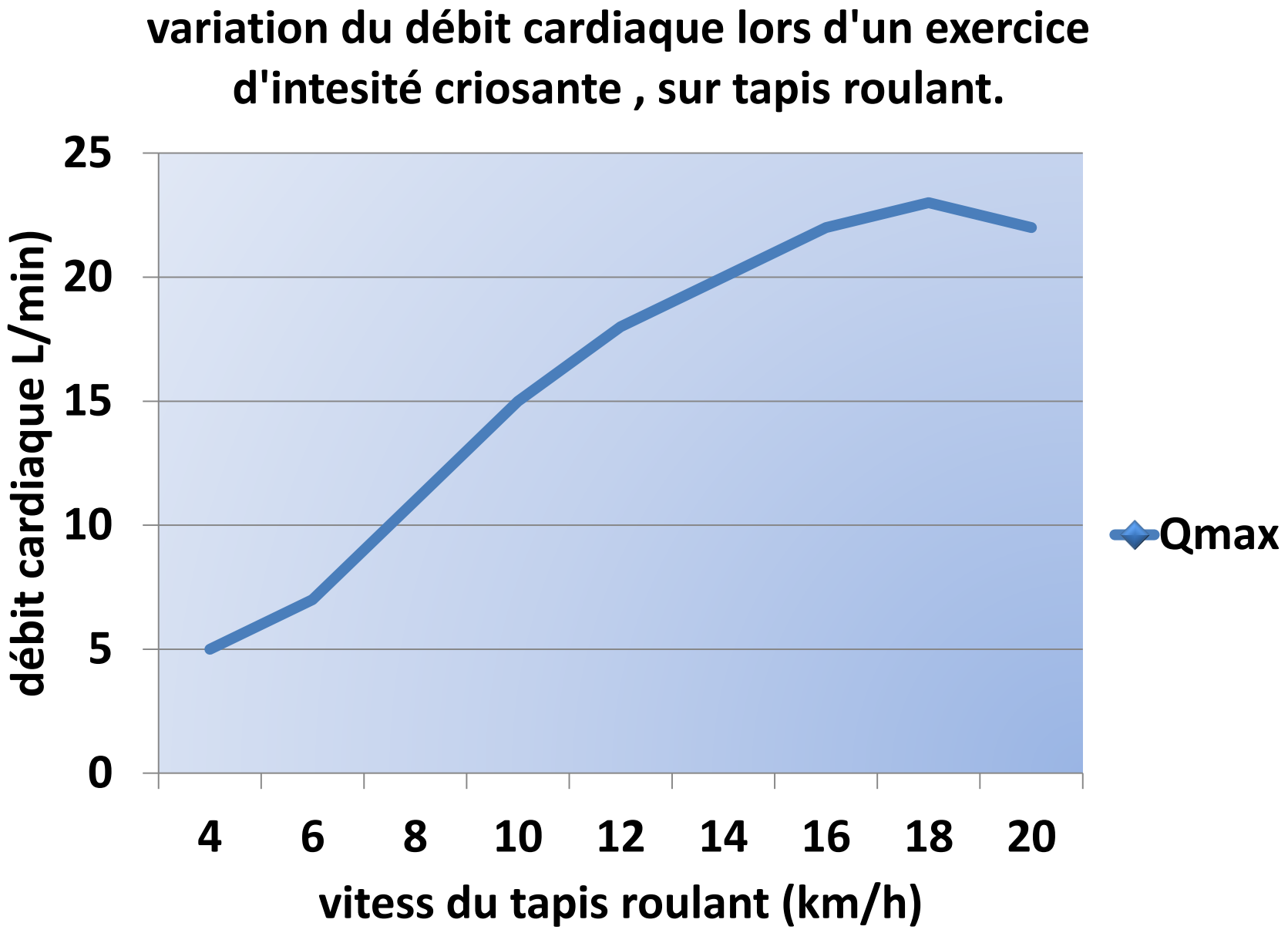
Entrainé : 50b/min x 100 mL = 5000 mL

débit cardiaque (Q)= $\frac{VO_{2\,mL\,.min^{-1}}}{diff\ a-\overline{VO_2}} x100$

EX : (Q) = $\frac{250}{5} x\ 100 = 5000ml/min$

augmentation du débit cardiaque et du volume d'éjection systolique chez des défférentes sujet




variation du débit cardiaque lors d'un exercice d'intesité criosante , sur tapis roulant.
débit cardiaque L/min)
25
20
15
10
5
0
4
6
8
10
12
14
16
18
20
vitess du tapis roulant (km/h)
Qmax

4- تدفق الدم
Le débit sanguin

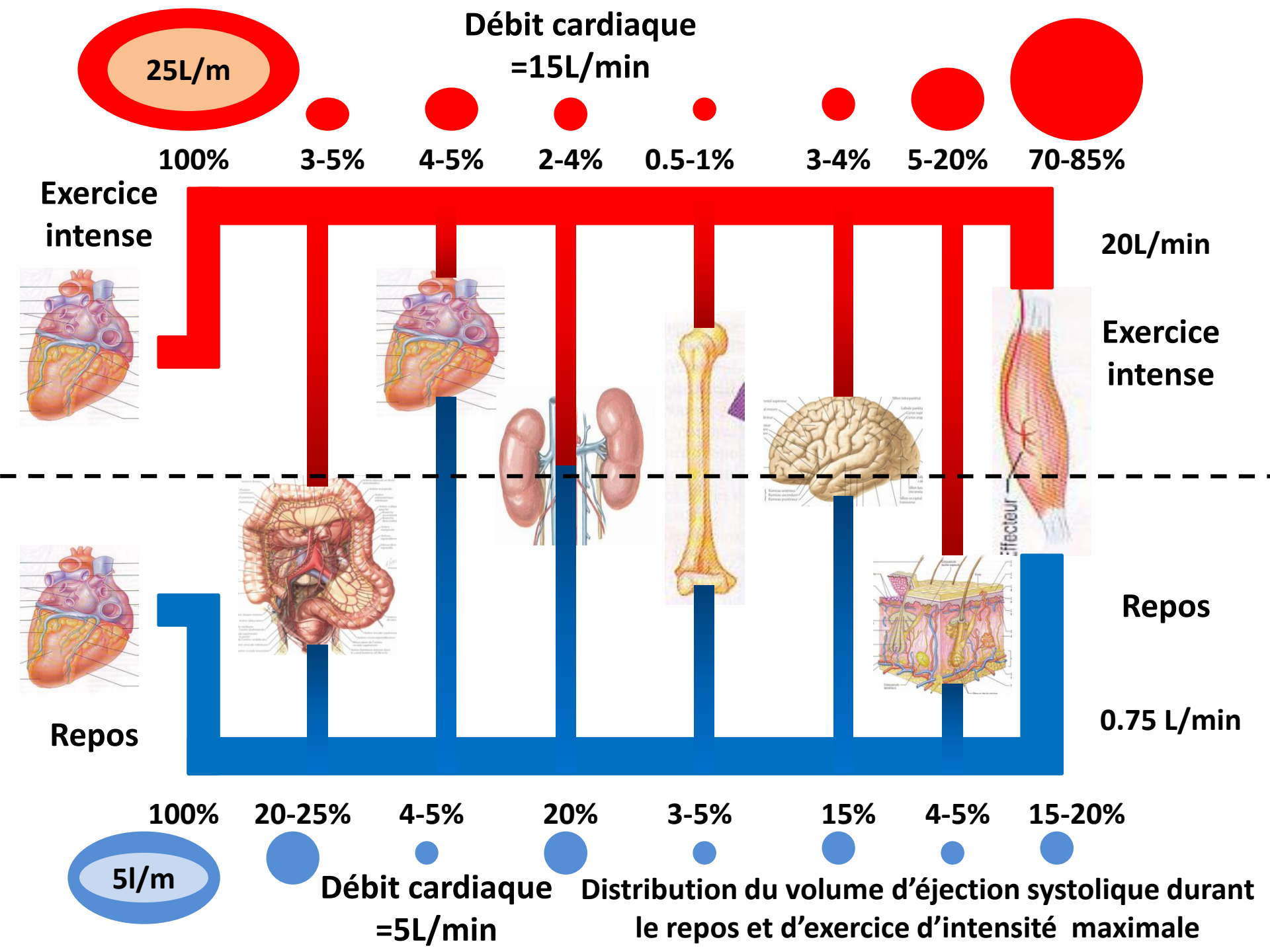
إن الزيادة في تدفق الدم أثناء أداء التمرين تسمح بإخراج كمية كبيرة من الدم في الجهاز الشرياني و يمكن ملاحظة هذا الحجم على مستوى الأعضاء و العضلات النشطة ، حيث يلعب الجهاز العصبي السمبثاوي دورا في تنقل الدم من المواقع الغير نشطة إلى المواقع النشطة وفقا للاحتياجات المتطلبة .

تستقبل العضلات في فترة الراحة من 15 a 20% من تدفق الدم الكلي وبإمكان العضلات ان تستقبلك كمية من الدم المتدفق 80 a 85% 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.


25L/m
Débit cardiaque
=15L/min
100%
3-5%
4-5%
2-4%
0.5-1%
3-4%
5-20%
70-85%
Exercice
intense
20L/min
Exercice
intense
Repos
0.75 L/min
Repos
100%
20-25%
4-5%
20%
3-5%
15%
4-5%
15-20%
5l/m
Débit cardiaque
=5L/min
Distribution du volume d'éjection systolique durant
le repos et d'exercice d'intensité maximale

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 350\480 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 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 من 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 mm Hg

عند التمرينات البدنية الضغط 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

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 استمرار التمرين الضغط الدموي السيستولي يمكن أن ينخفض تدريجيا وهذا راجع إلى استمرار توسع الشرينات حيث ينتج عن ذلك انخفاض في المقاومة المحيطية

Valeur systolique

Hypertension sévère 180 mm Hg ou plus

Hypertension moyenne 160–179 mm Hg

Hypertension légère 140–159 mm Hg

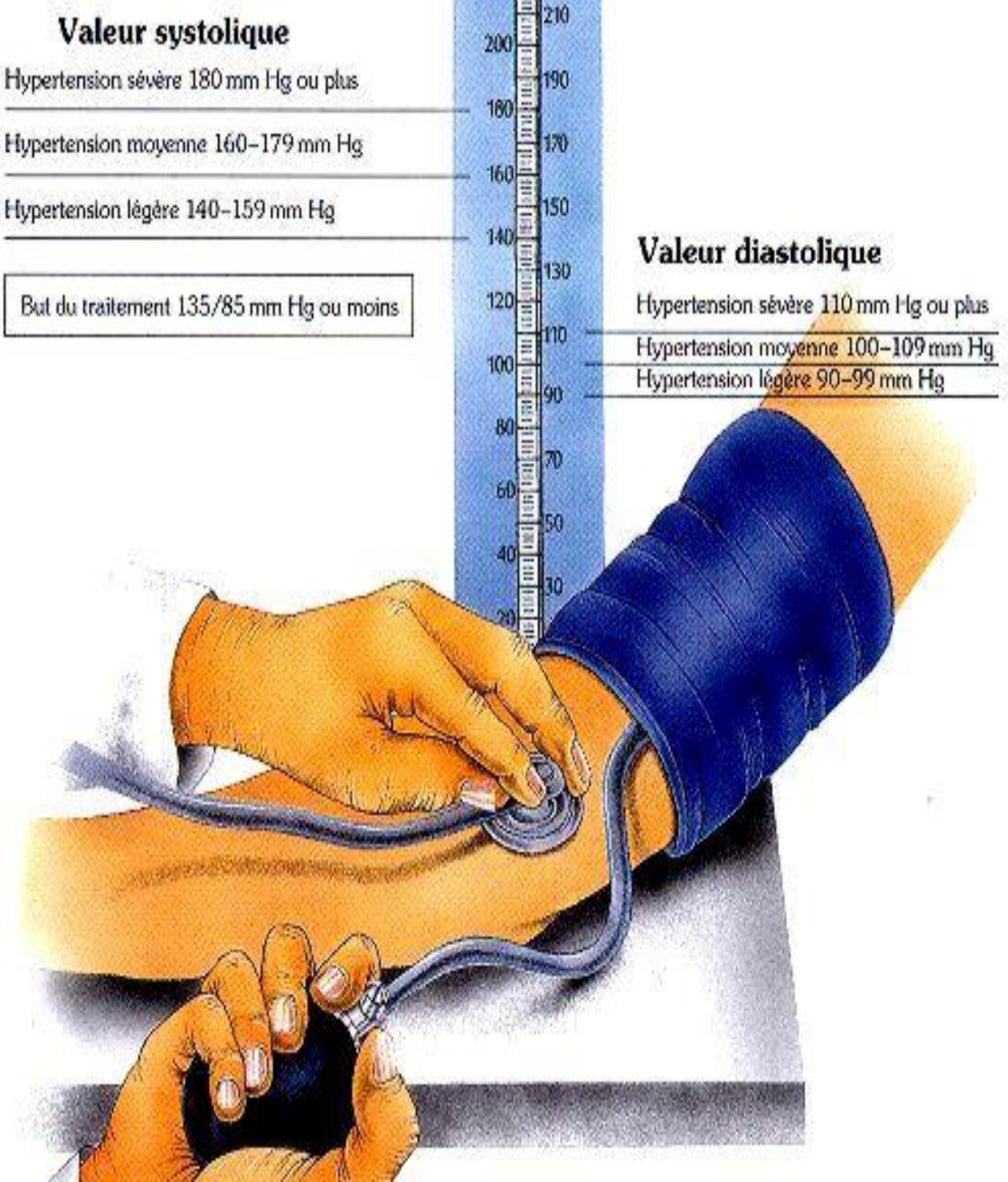
But du traitement 135/85 mm Hg ou moins

Valeur diastolique

Hypertension sévère 110 mm Hg ou plus

Hypertension moyenne 100–109 mm Hg

Hypertension légère 90–99 mm Hg



Valeur systolique

Hypertension sévère 180 mm Hg ou plus

Hypertension moyenne 160–179 mm Hg

Hypertension légère 140–159 mm Hg

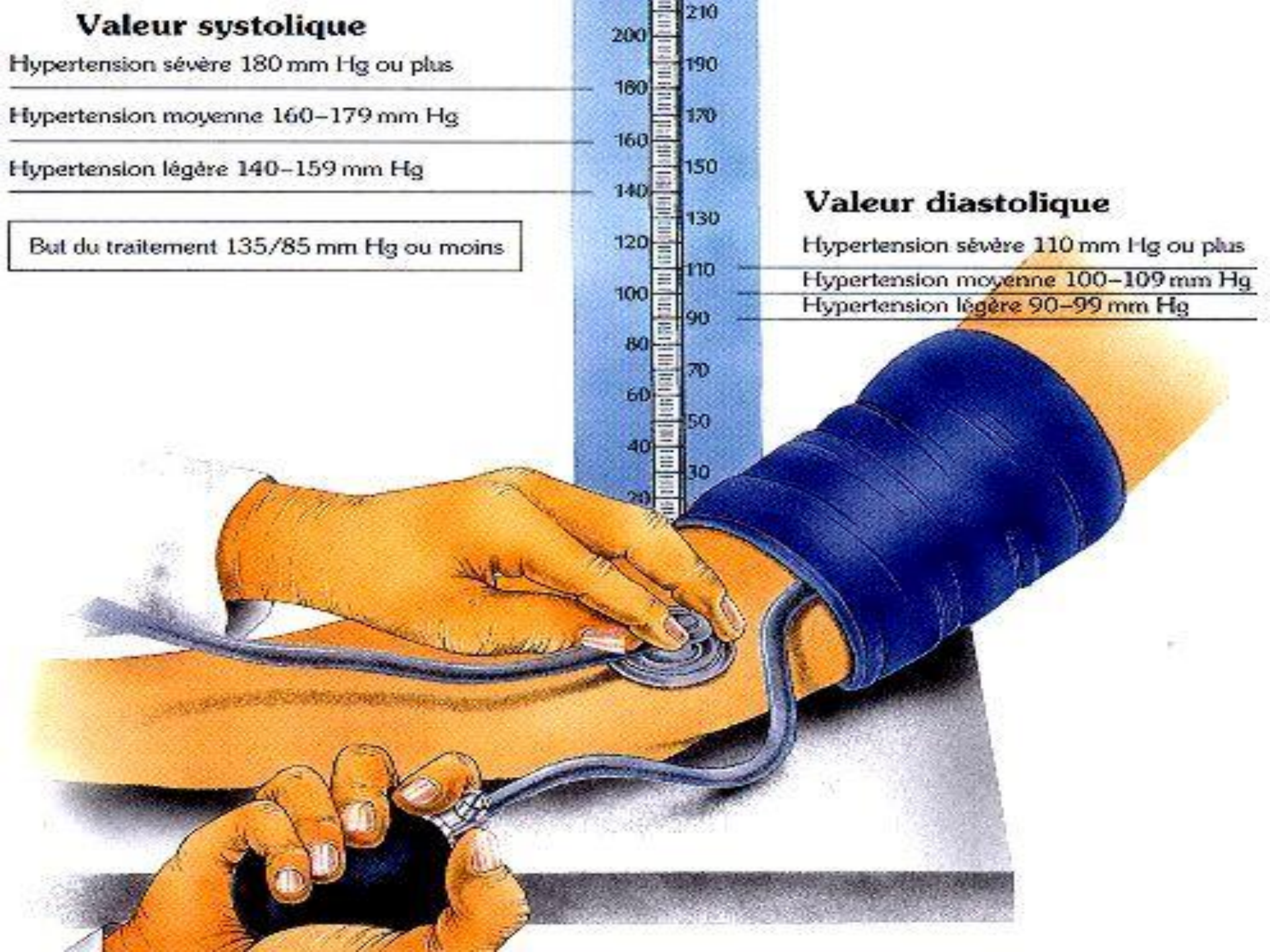
But du traitement 135/85 mm Hg ou moins

Valeur diastolique

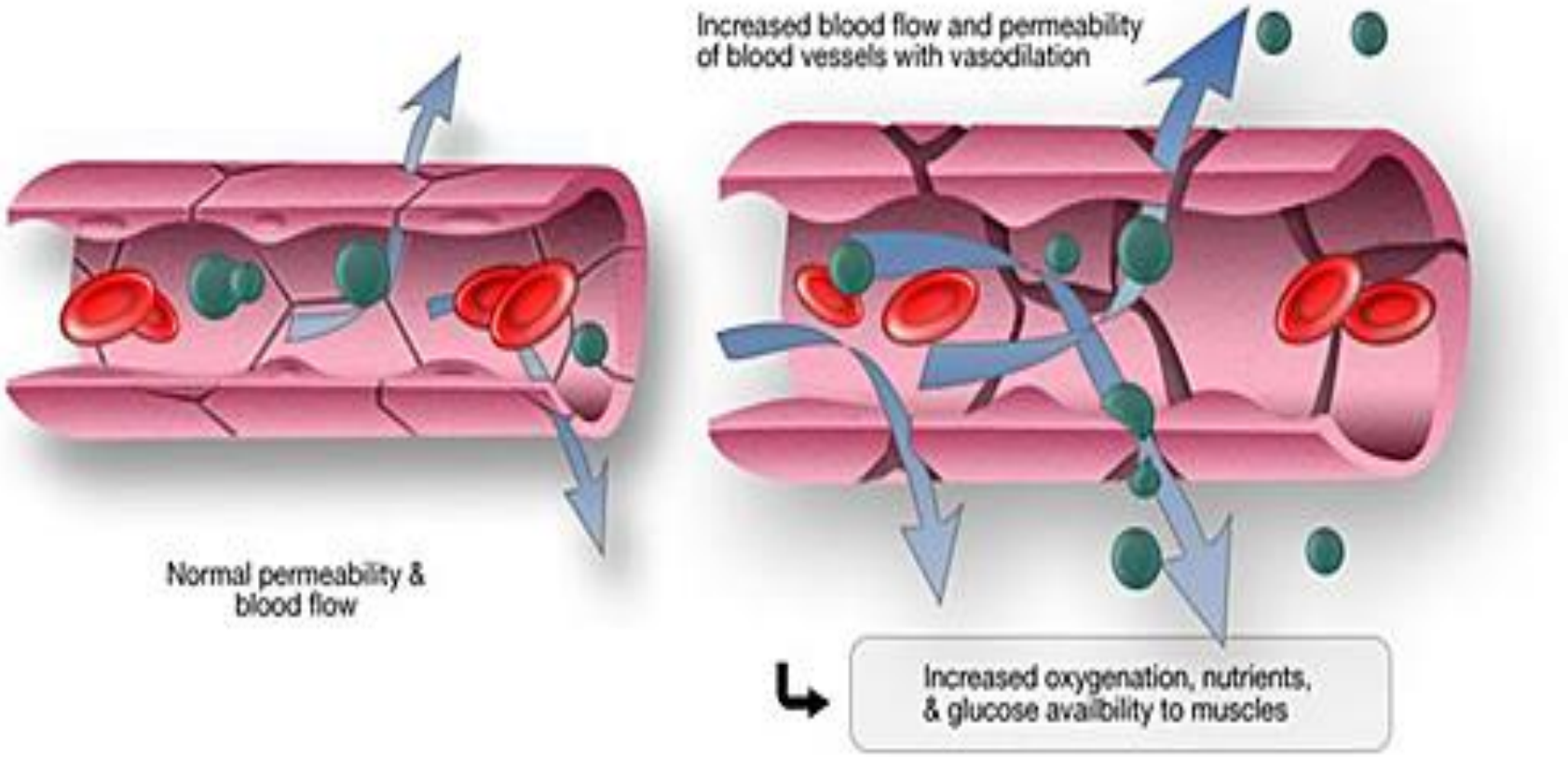
Hypertension sévère 110 mm Hg ou plus

Hypertension moyenne 100–109 mm Hg

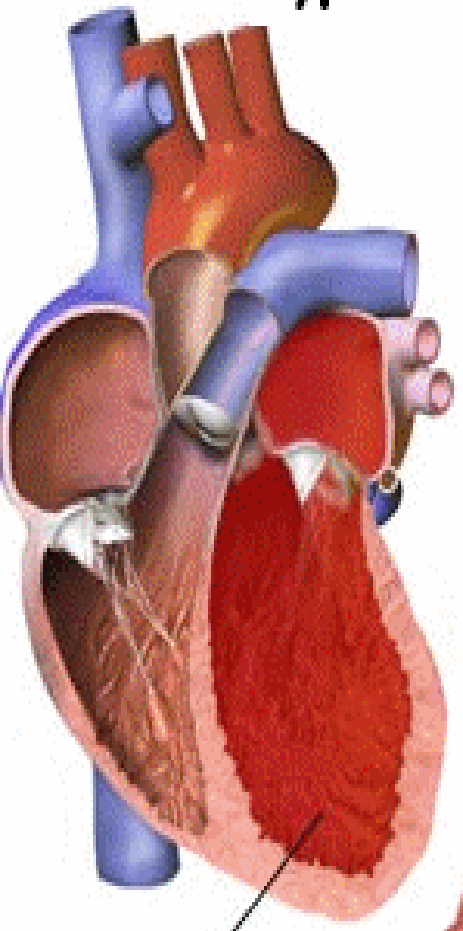
Hypertension légère 90–99 mm Hg



Vasodilation



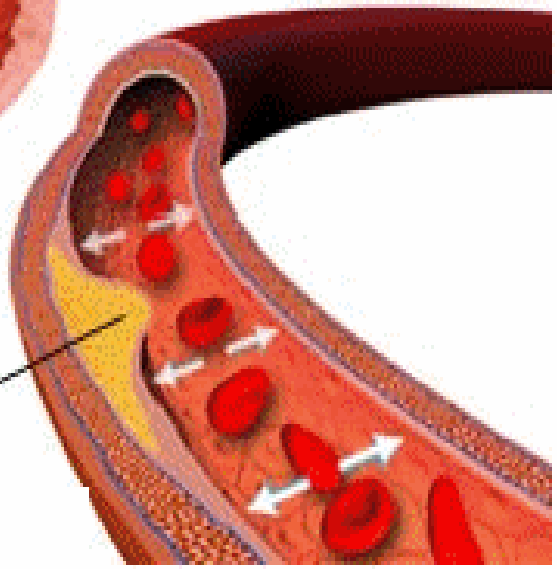
Hypertension



le diamètre des vaisseaux sanguins diminue. Cela creer une tension plus forte.

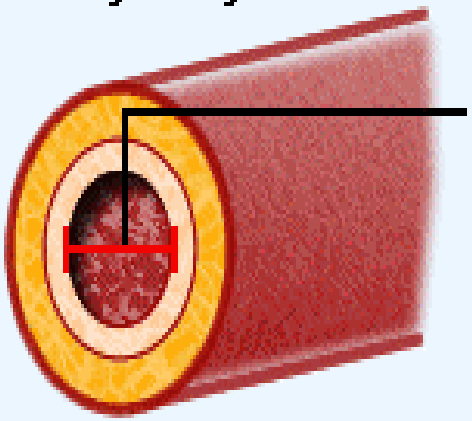
l'insuffisance cardiaque

l'Athérosclérose



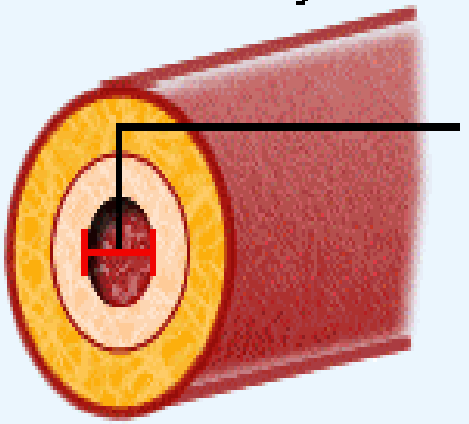
Comment les vaisseaux sanguins affectent t-ils la pression sanguine.
la pression atérielle est la pression du sang dans les artères elle depend donc de la flexibilitée et de la taille de celle ci.

Healthy artery

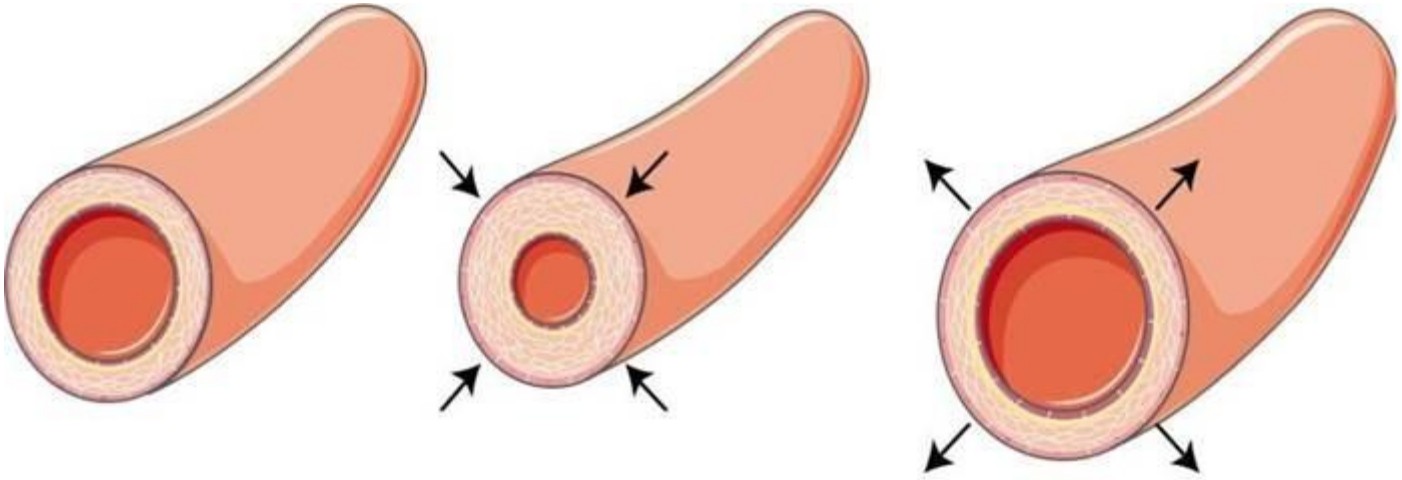


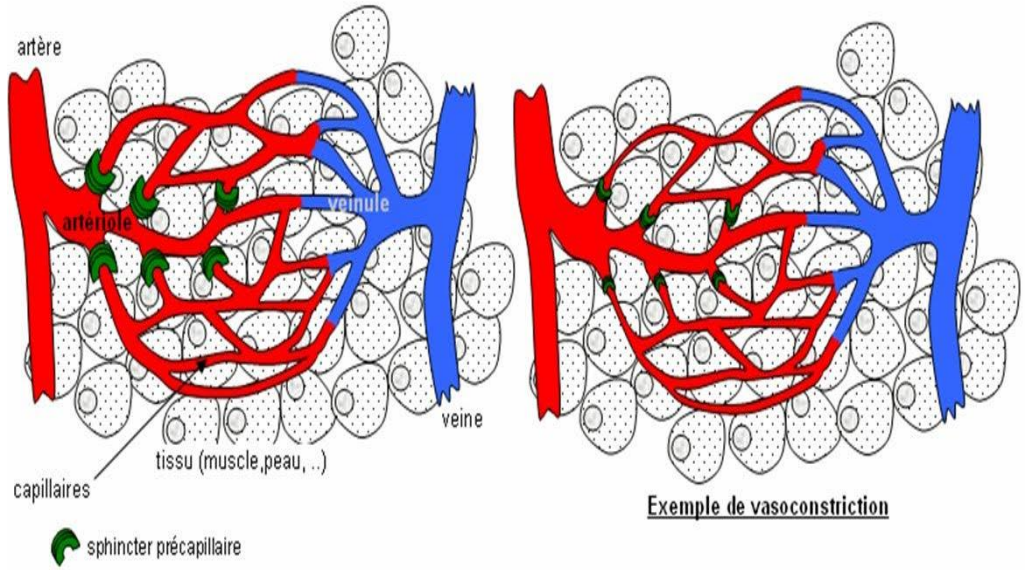
pour un individu sain le diamétre de l'artère est normal soit entre 4 et 8 mm. ci contre on peut voir une artère normal.

Constricted artery

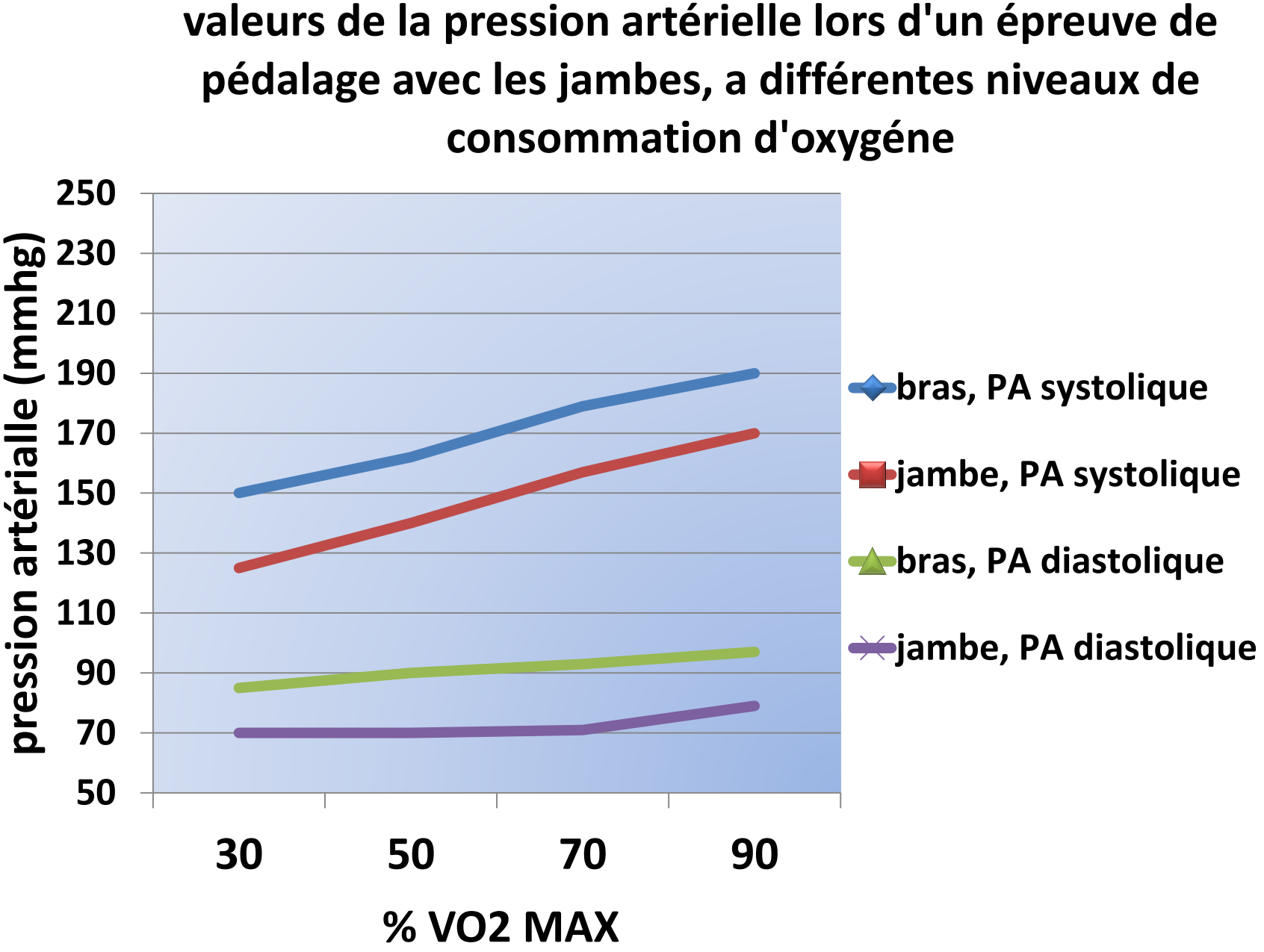


lorsque le diamètre de l'artère diminue la préssion sanguine augmente





Exemple de vasoconstriction


valeurs de la pression artérielle lors d'un épreuve de pédalage avec les jambes, a différentes niveaux de consommation d'oxygéne
pression artérialle (mmhg)
250
230
210
190
170
150
130
110
90
70
50
30
50
70
90
% VO2 MAX
bras, PA systolique
jambe, PA systolique
bras, PA diastolique
jambe, PA diastolique

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 .

مقارنة الضغط الشرياني السيستولي و الدياستولي لدى 7 أشخاص ينفذون مجموعة من الحركات الإيزومترية و تطوير الذراع بحمولات و ضد مقاومة هيدروليكية

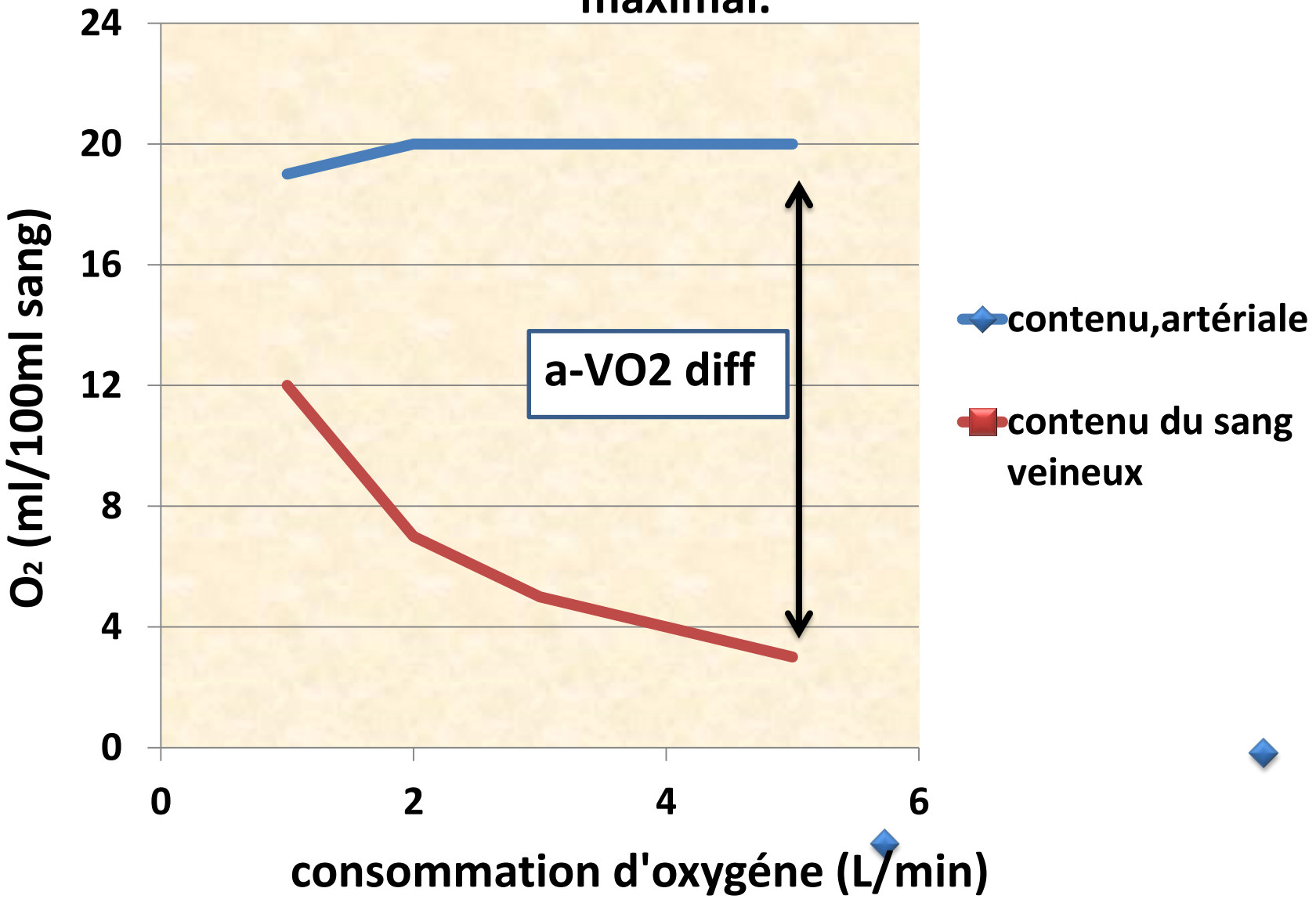
Conclusion	Développé de bras isométrique % CMV				Des haltères maximum isométrique % CMV		Résistance hydraulique développée	
	25	50	75	100	25	50	Lente	Rapide
Pression systolique	172	179	200	225	169	232	237	245
Pression diastolique	**106**	**116**	**135**	**156**	**104**	**154**	**101**	**160**

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.

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.


variation de la différence artério-veineuse en oxygéne (a-VO2) l'ors d'un exercice croissante et maximal.
24
20
16
12
8
4
0
O2 (ml/100ml sang)
a-VO2 diff
contenu,artériale
contenu du sang veineux
0
2
4
6
consommation d'oxygéne (L/min)

2-6 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 .

تكيفات و تحولات الجهاز القلبي الوعائي للتدريب الرياضي (الجهد البدني)
Les adaptation du système cardiovasculaire à l'effort physique

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

1- حجم القلب
Les dimensions du cœur

2- حجم الدفع القلبي
Volume d'éjection systolique

3- النبض القلبي
La fréquence cardiaque

4- حجم الضربة
Débit cardiaque

5- تدفق الدم
Débit sanguin

6- الضغط الشرياني
La pression artérielle

7- حجم الدم
Volume sanguin

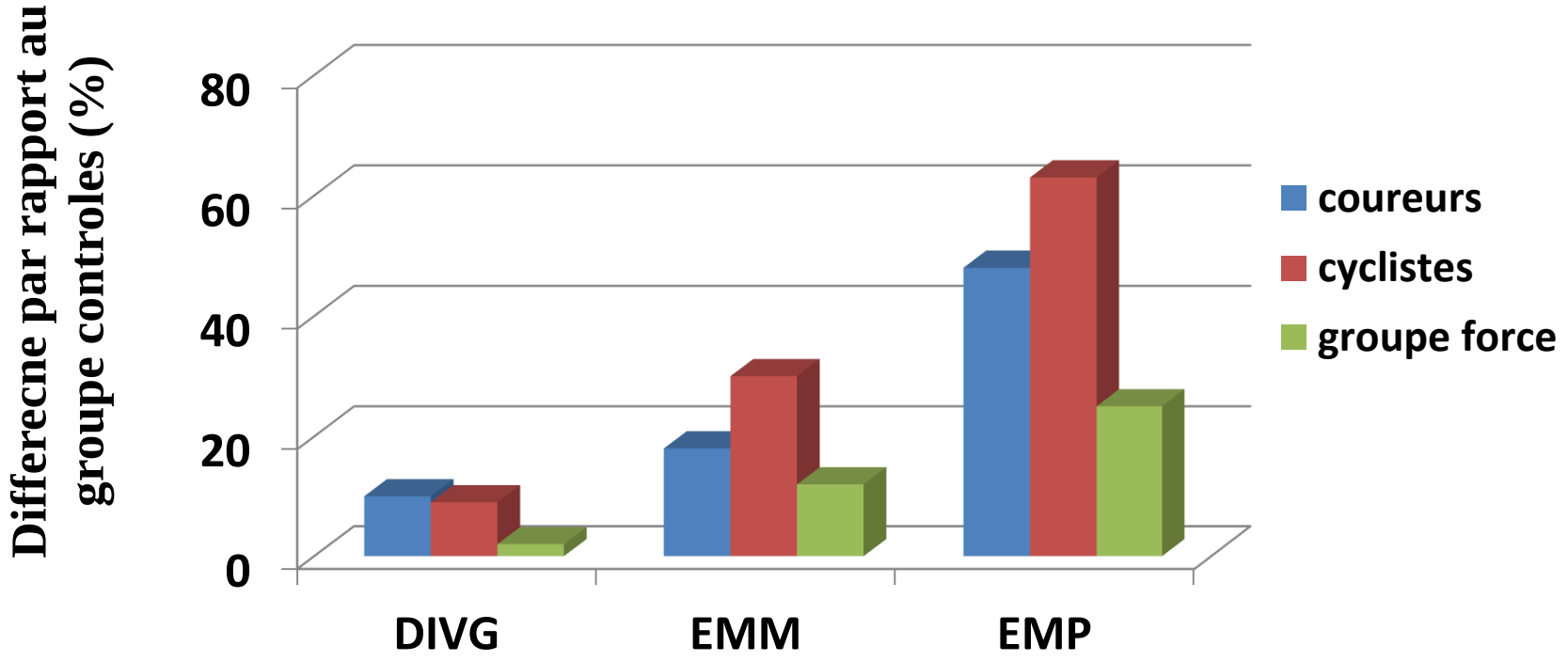
1- حجم القلب
Les dimensions cardiaque

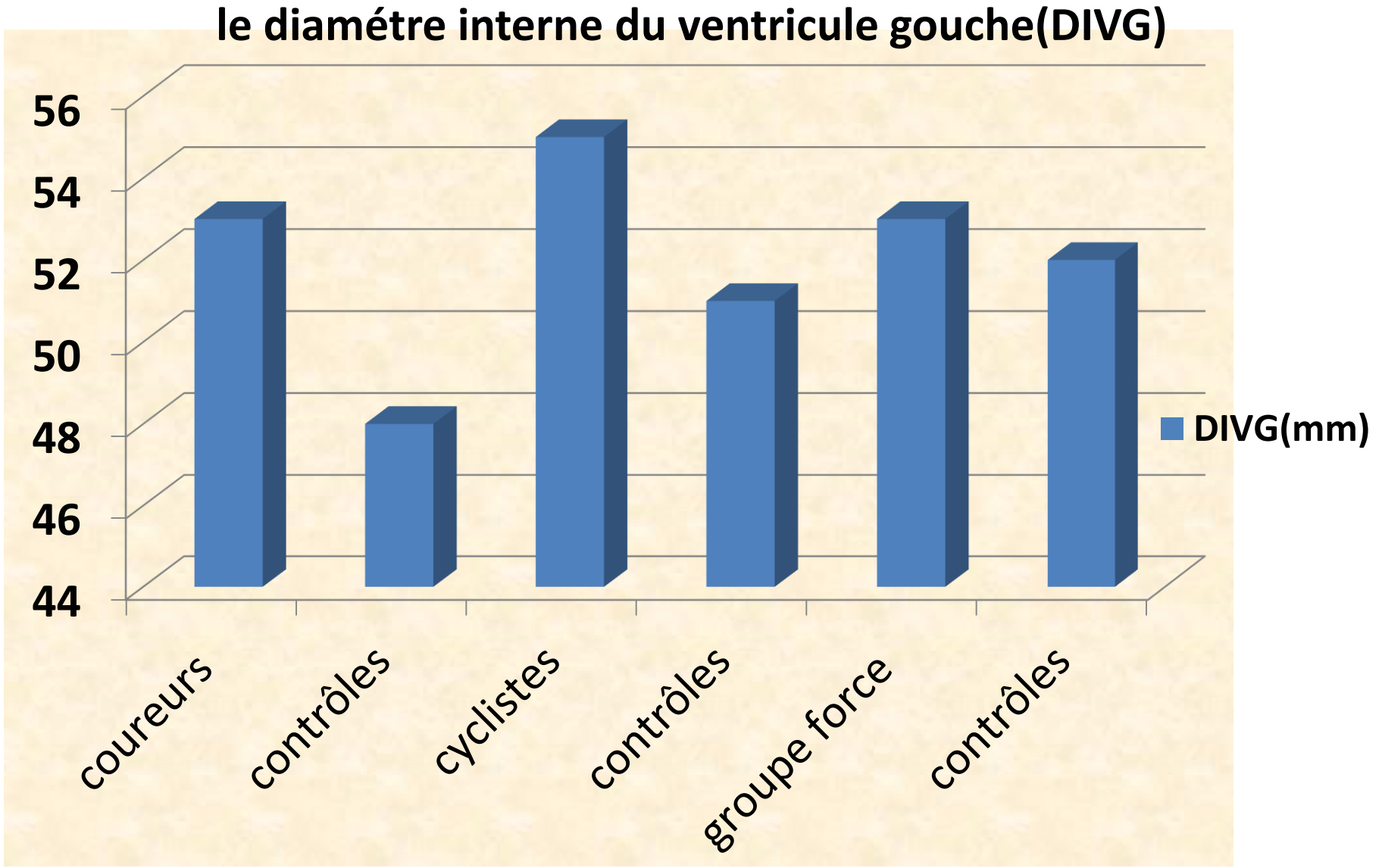
استجابة لزيادة حمولة العمل أثناء التدريب الهوائي يؤدي ذلك إلى زيادة كتلة و حجم القلب ، وهذا من خلال سمك جدار القلب وزيادة اتساع تجويف البطين الأيسر، ما يفسر ذلك بزيادة تضخم عضلة القلب، هذه الزيادة، ناتجة عن التدريب المزمن للتحمل حيث يحدث عنه تضخم عضلي قلبي،

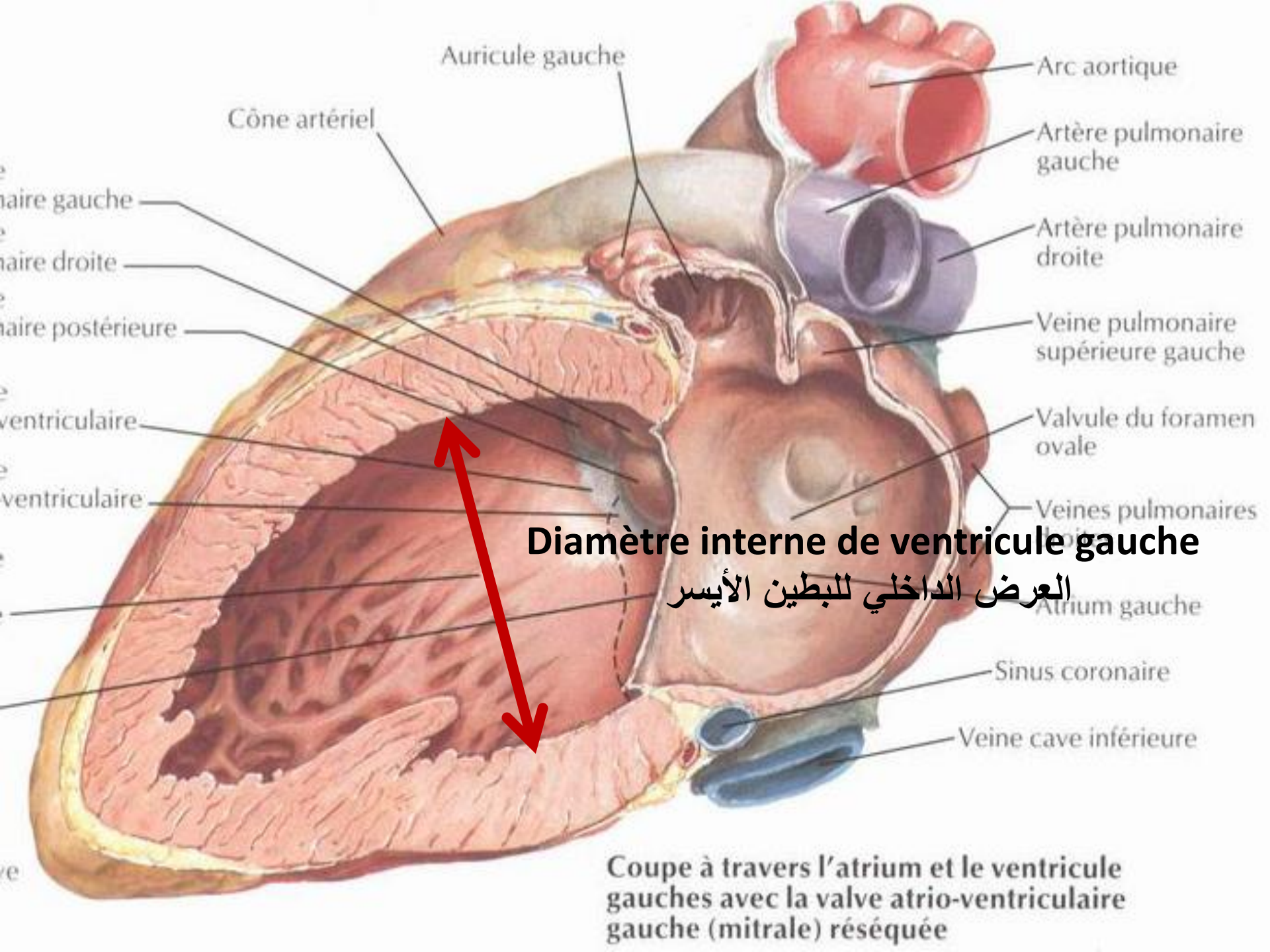
ولا يعتبر هذا التضخم مرضي لأنه ناتج من التدريب وهذا ما يسمى بقلب الرياضي (cœur d'Athlète) ، كل هذه التحولات ترجع إلى زيادة الحمل التدريبي المطبق على القلب مستوجبا ذلك على القلب أن يطبق عملية تقلص معتبرة من أجل ضغط شرياني يصل من 350 إلى 480 مم زئبقي أثناء تدريب القوة.

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).

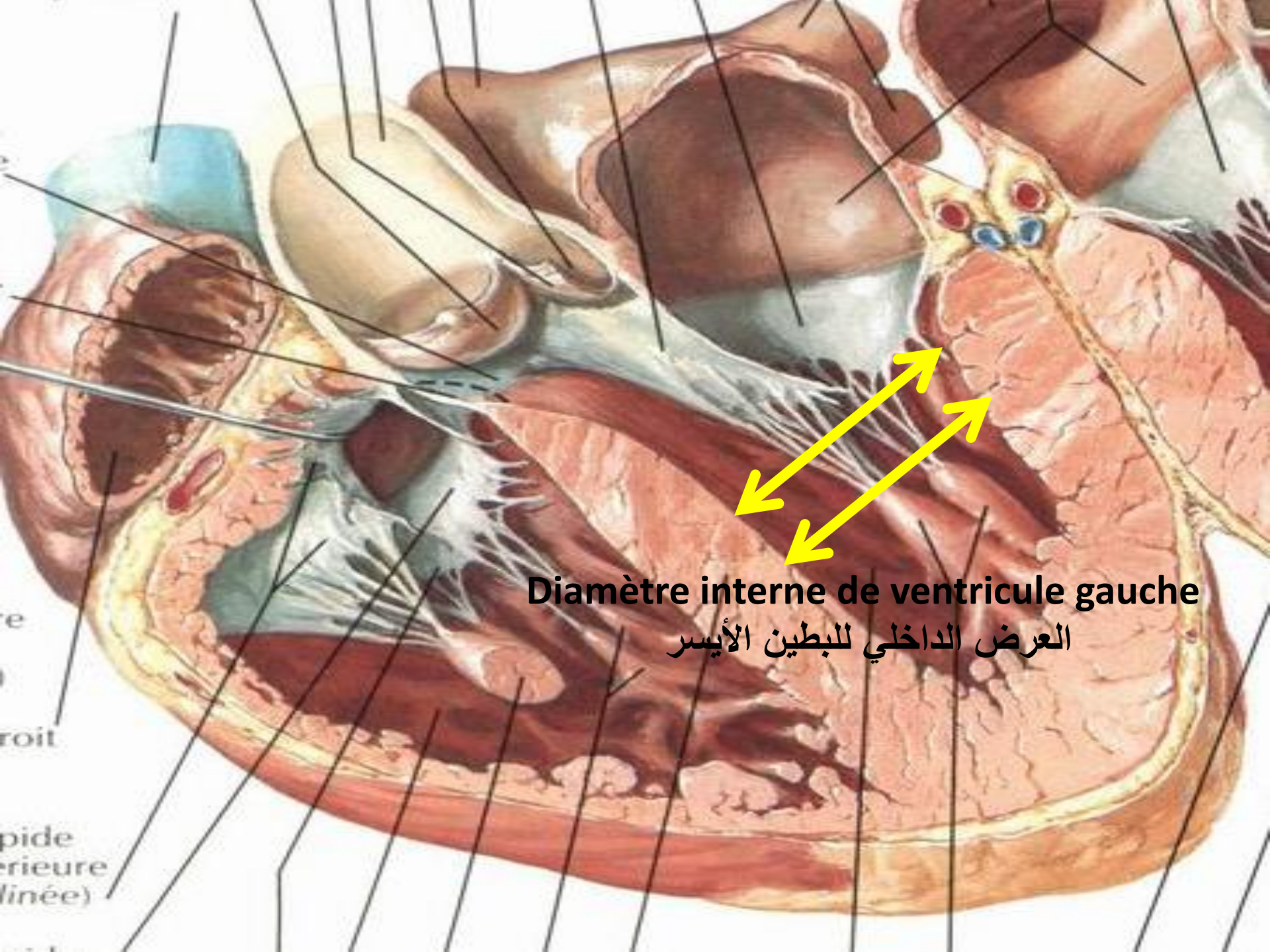
différences de la taille des coeurs entre coureurs, cyclistes, groupe de force, et leur groupe controles respectifs



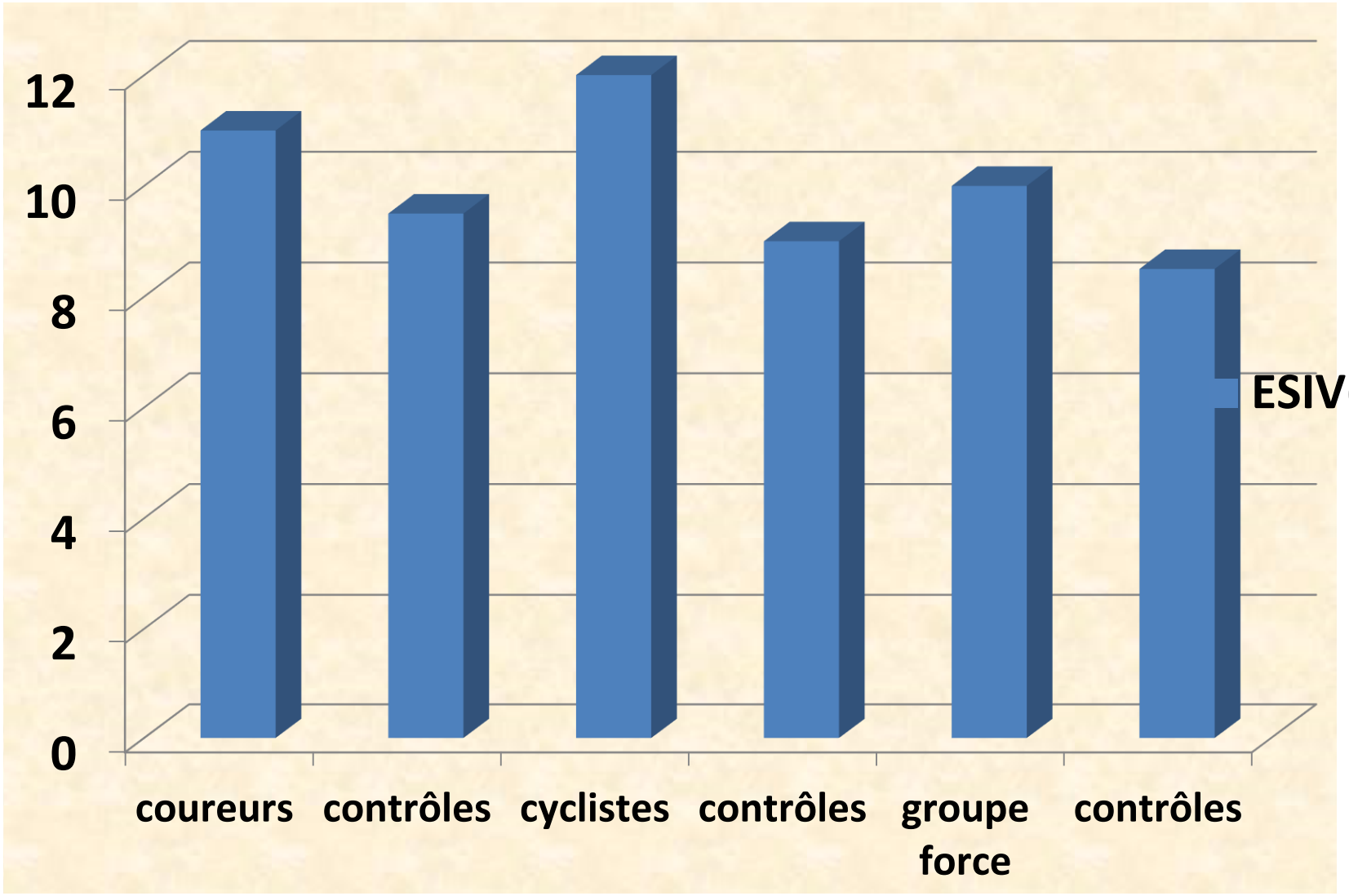

le diamétre interne du ventricule gouche(DIVG)
56
54
52
50
48
46
44
coureurs
contrôles
cyclistes
contrôles
groupe force
contrôles
DIVG(mm)

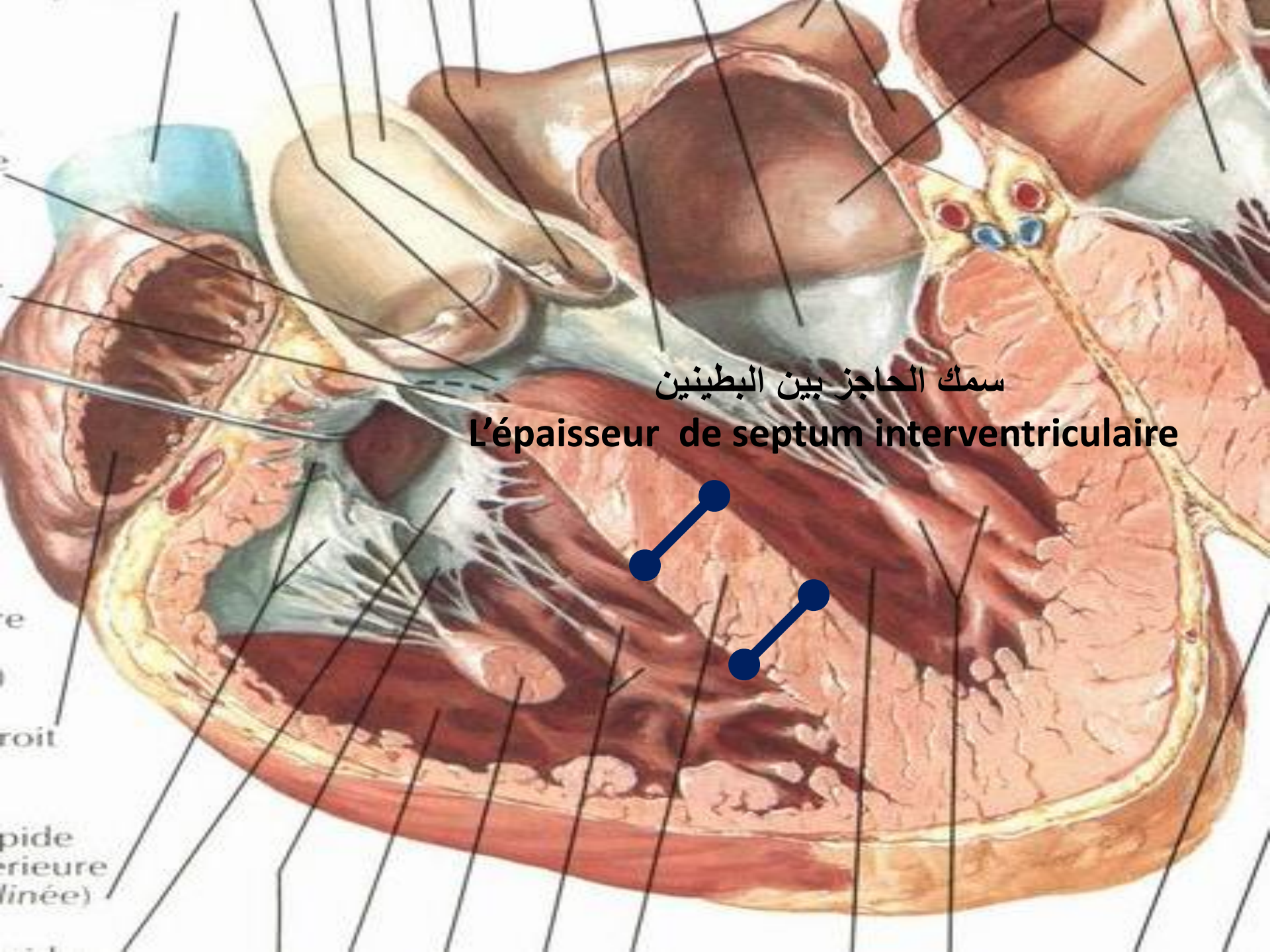


Coupe à travers l'atrium et le ventricule gauches avec la valve atrio-ventriculaire gauche (mitrale) réséquée

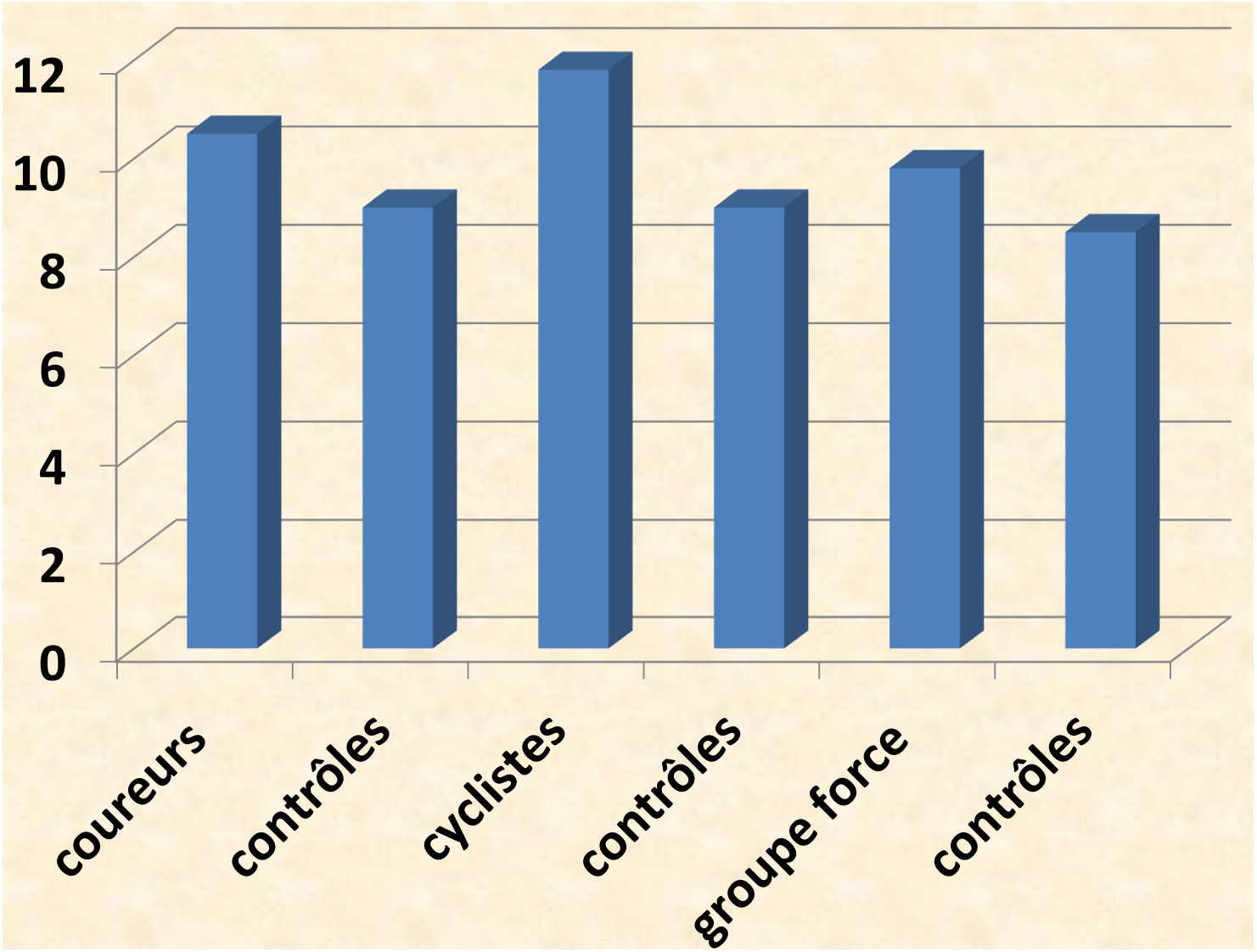

Diamètre interne de ventricule gauche
العرض الداخلي للبطين الأيسر

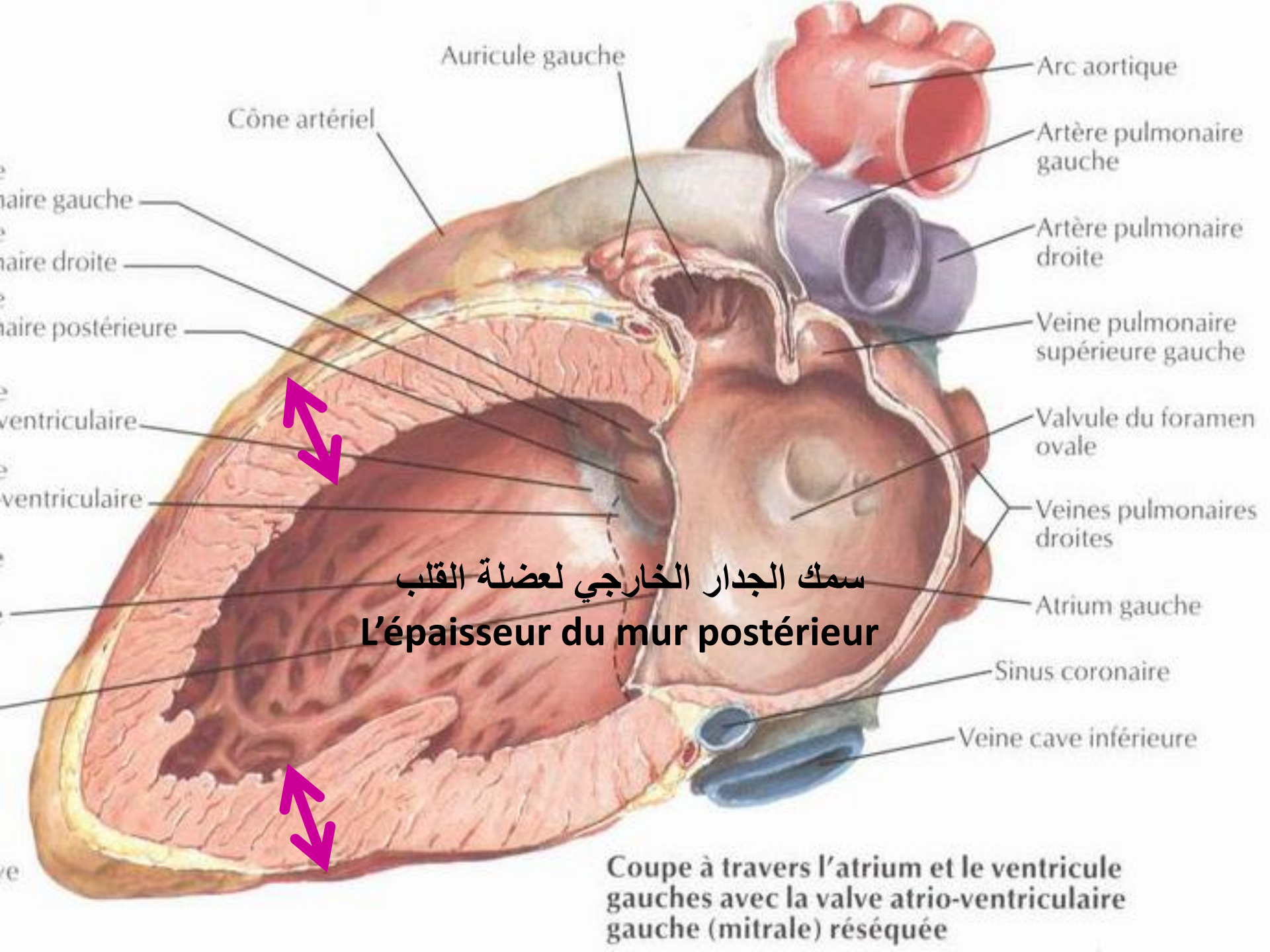
l'épaisseure du septum interventriculaire (ESIV)



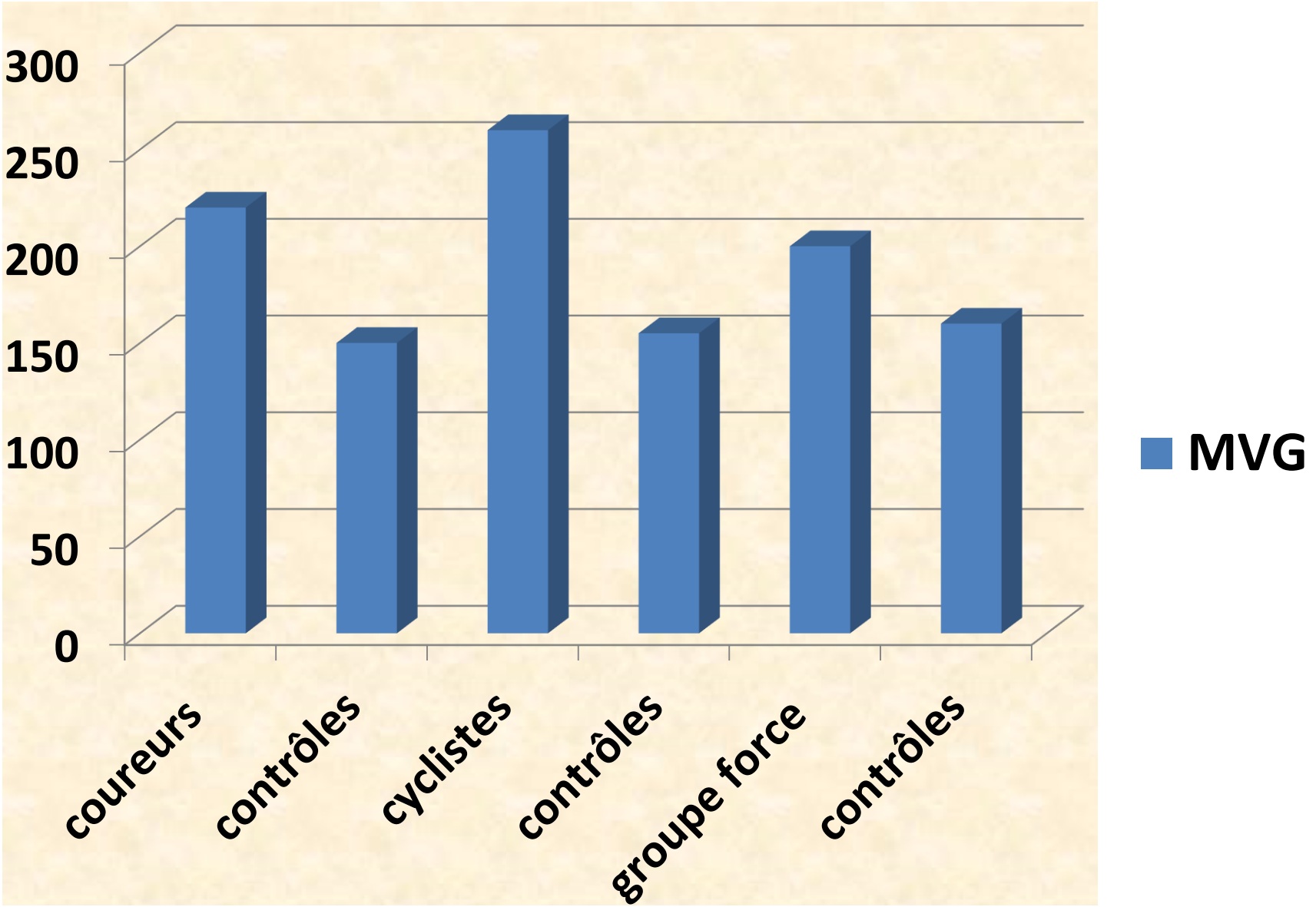

سمك الحاجز بين البطينين
L’épaisseur de septum interventriculaire

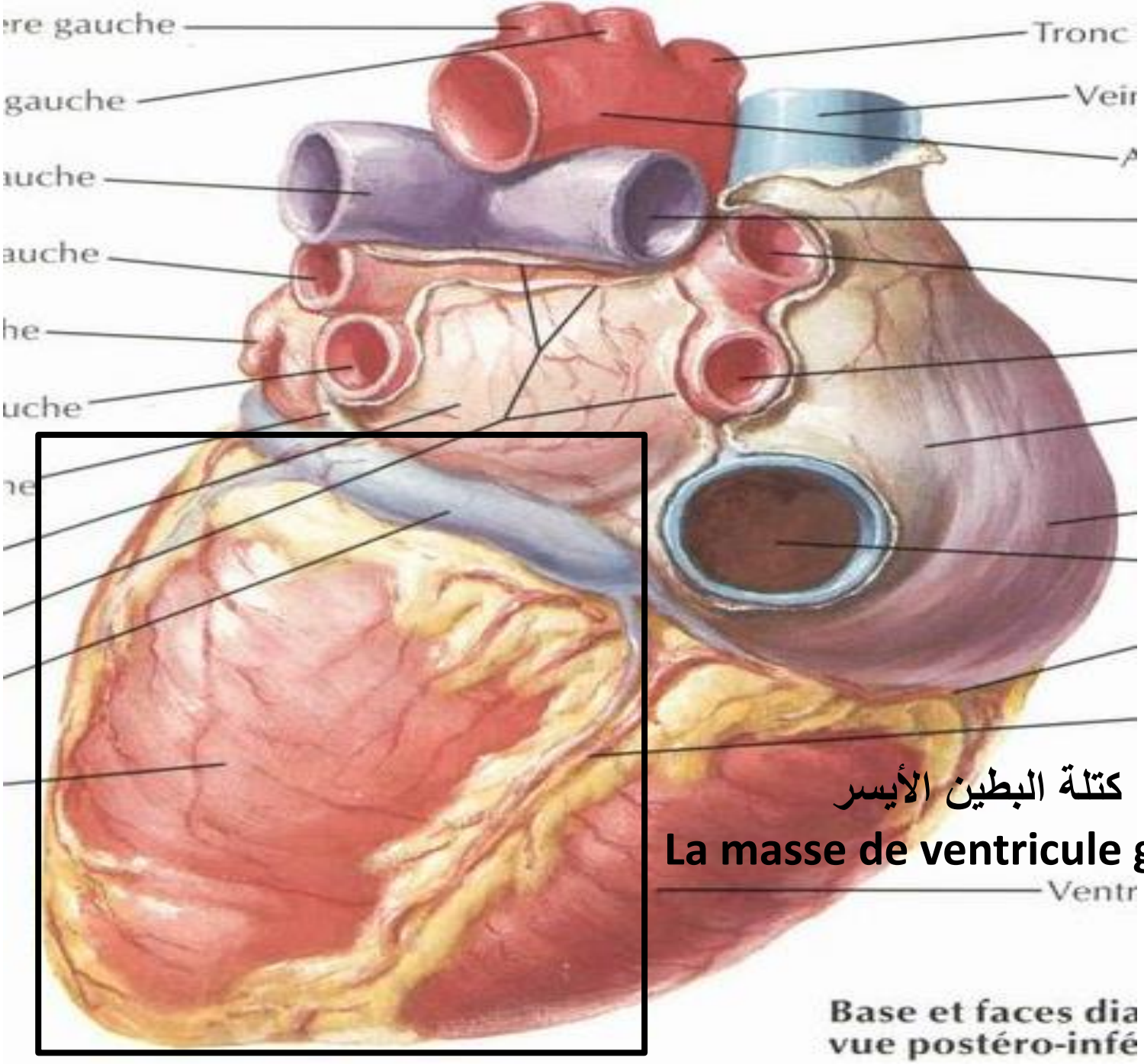
l'épaisseur du mur postérieur EMP(mm)




Auricule gauche
Arc aortique
Cône artériel
Artère pulmonaire gauche
naire gauche
Artère pulmonaire droite
naire droite
naire postérieure
Veine pulmonaire supérieure gauche
ventriculaire
Valvule du foramen ovale
ventriculaire
Veines pulmonaires droites
سمك الجدار الخارجي لعضلة القلب
L'épaisseur du mur postérieur
Atrium gauche
Sinus coronaire
Veine cave inférieure
Coupe à travers l'atrium et le ventricule gauches avec la valve atrio-ventriculaire gauche (mitrale) réséquée

la masse du ventricule gauche MVG (g)





كتلة البطين الأيسر

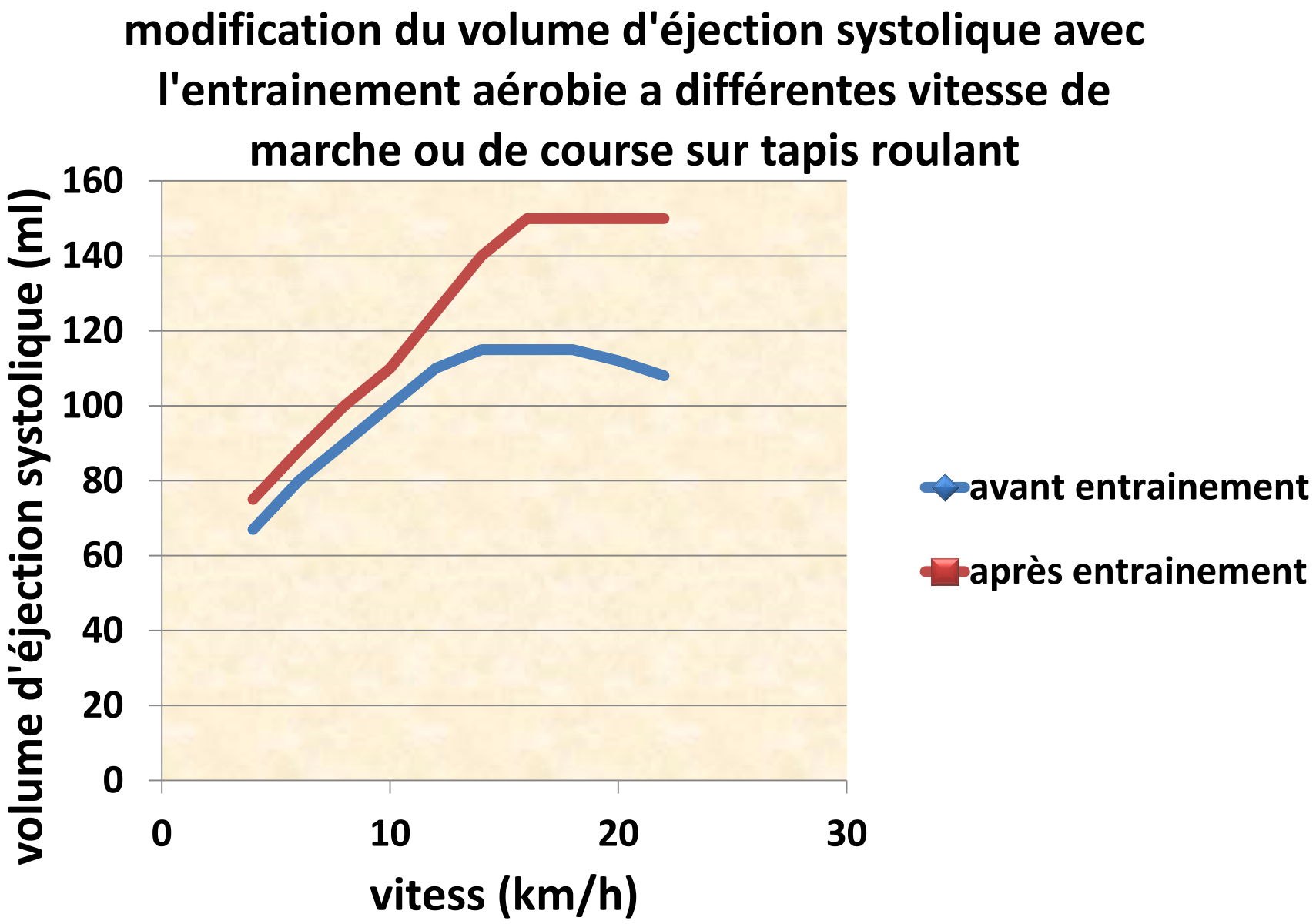
La masse de ventricule gauche

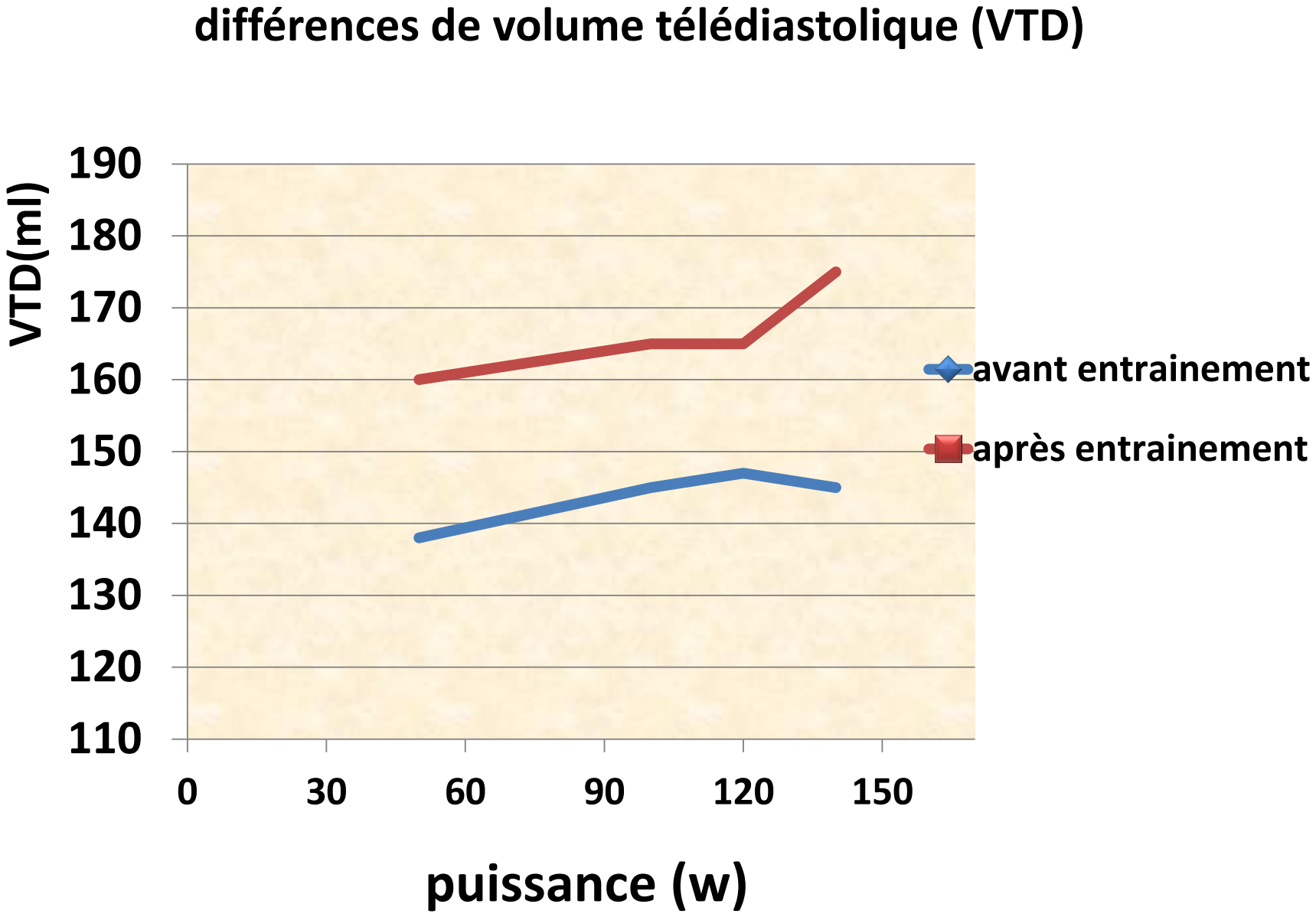
2- حجم الدفع القلبي
Volume d’éjection systolique

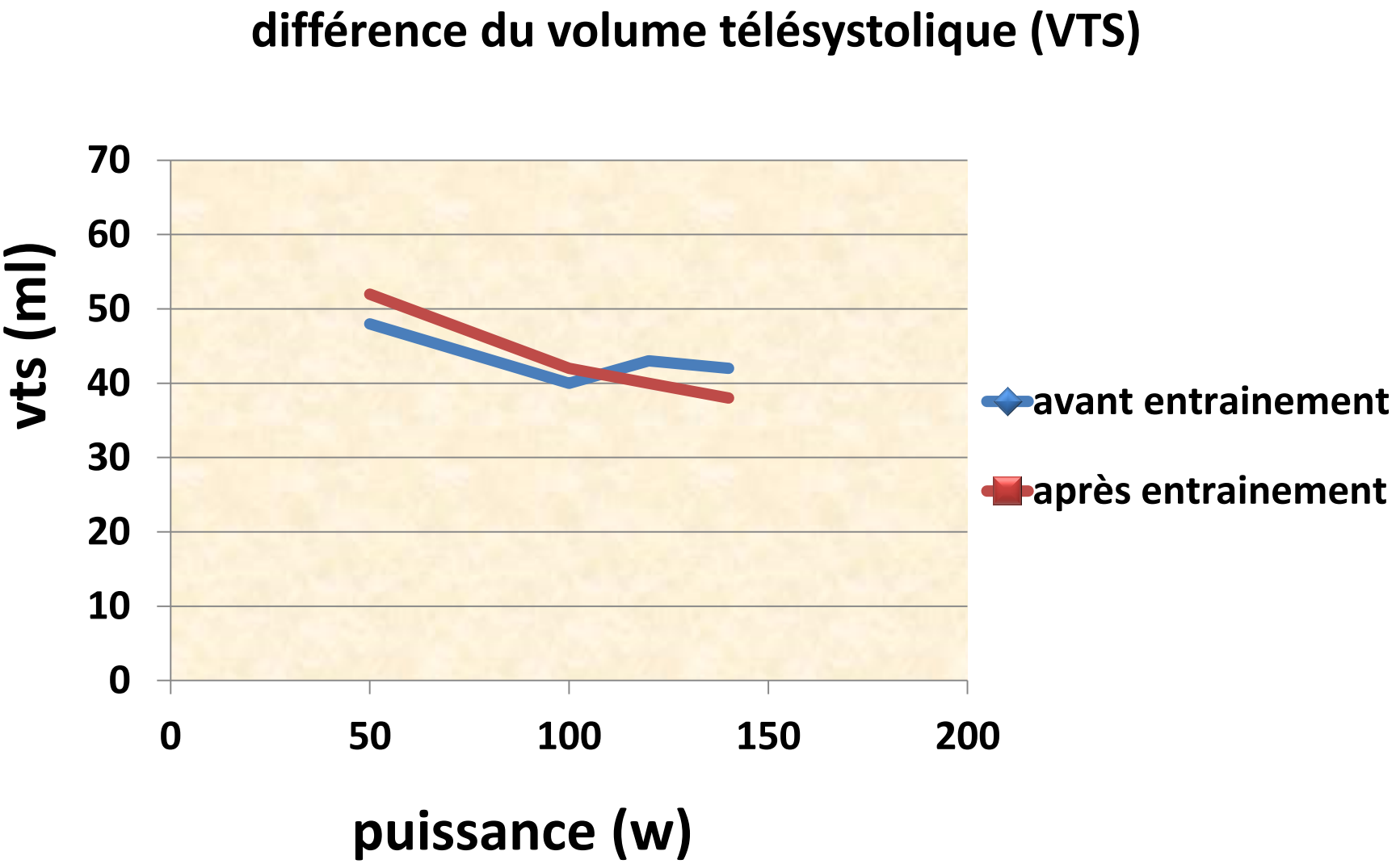
يؤدي التدريب الهوائي إلى زيادة حجم الدفع القلبي وفي دراسة أجريت بعد 6 أشهر من التدريب لوحظ أن التدريب يحسن و يرفع من نسبة التجميع الدياستولي في البطين الأيسر يصاحبه زيادة في حجم الدم هذا ما يؤدي إلى الرفع من حجم الدياستول و التليدياستول في النهاية هذا التدفق في الدم يمدد من جدران البطينين ويسمح ذلك بتطبيق 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.

Valeurs du volume d’éjection systolique à différents niveaux d’entrainement

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


modification du volume d'éjection systolique avec l'entrainement aérobie a différentes vitesse de marche ou de course sur tapis roulant
volume d'éjection systolique (ml)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
vitess (km/h)
avant entrainement
après entrainement


différences de volume télédiastolique (VTD)
VTD(ml)
190
180
170
160
150
140
130
120
110
0
30
60
90
120
150
puissance (w)
avant entrainement
après entrainement


différence du volume télésystolique (VTS)
vts (ml)
70
60
50
40
30
20
10
0
0
50
100
150
200
puissance (w)
avant entrainement
après entrainement

3- النبض القلبي
La fréquence cardiaque

1-3 النبض القلبي في الراحة

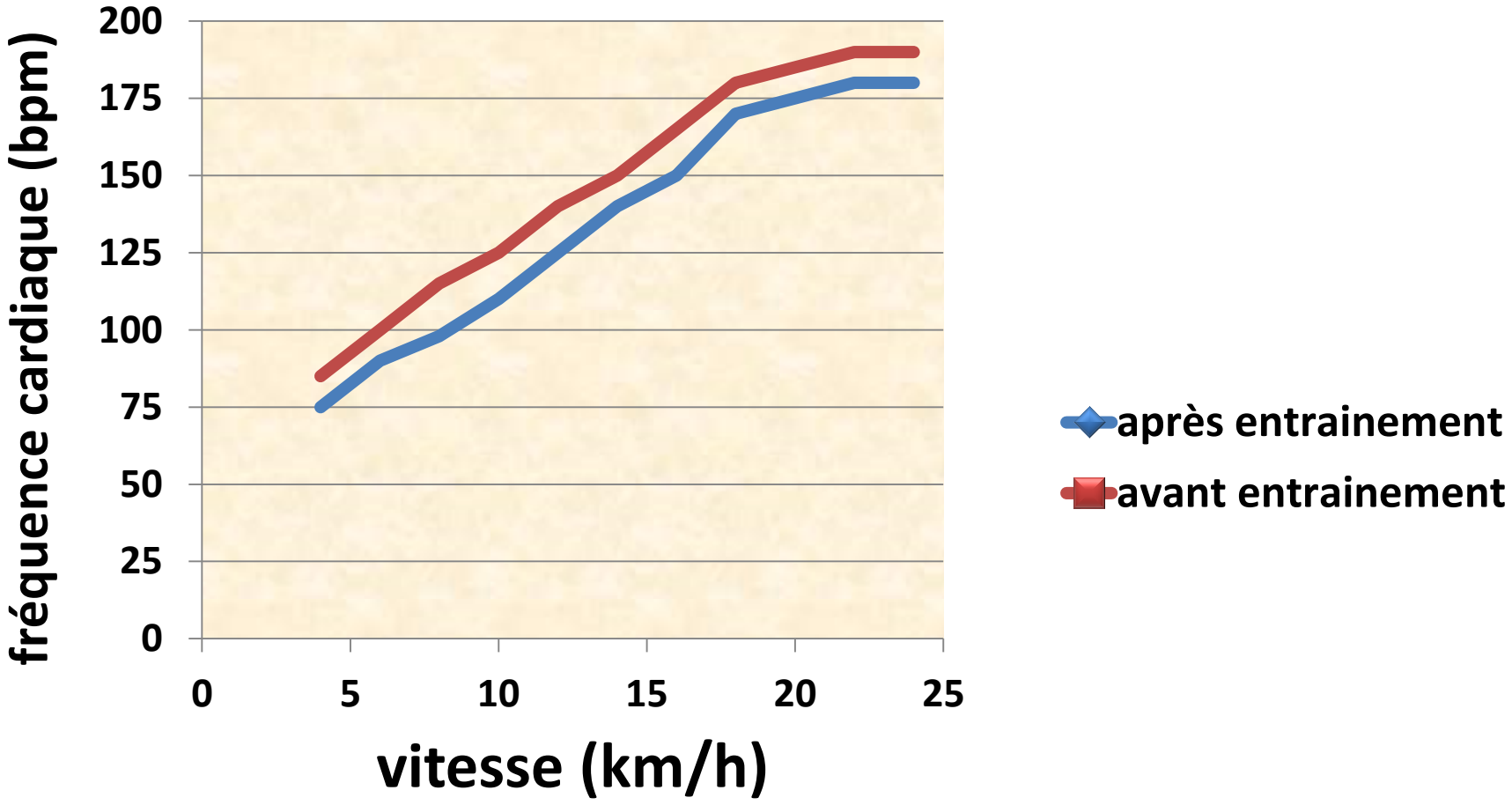
ينخفض النبض القلبي في الراحة بصورة واضحة بعد فترة من التدريب الهوائي حيث يصل النبض القلبي في الراحة للشخص العادي حوالي 80 ن\د و ينخفض ب 1 ن\د في الأسبوع عند الأشهر الأولى من التدريب، الآلية المسببة لهذا الانخفاض غير معروفة حاليا و ما هو واضح أن التدريب يرفع من نشاط الجهاز الباراسمبثاوي ويخفض من النشاط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

modification de la fréquence cardiaque avec l'entrainement aérobie a différente vitesses de course



3-3النبض القلبي الأقصى

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

4-3 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

3-5الاسترجاع القلبي

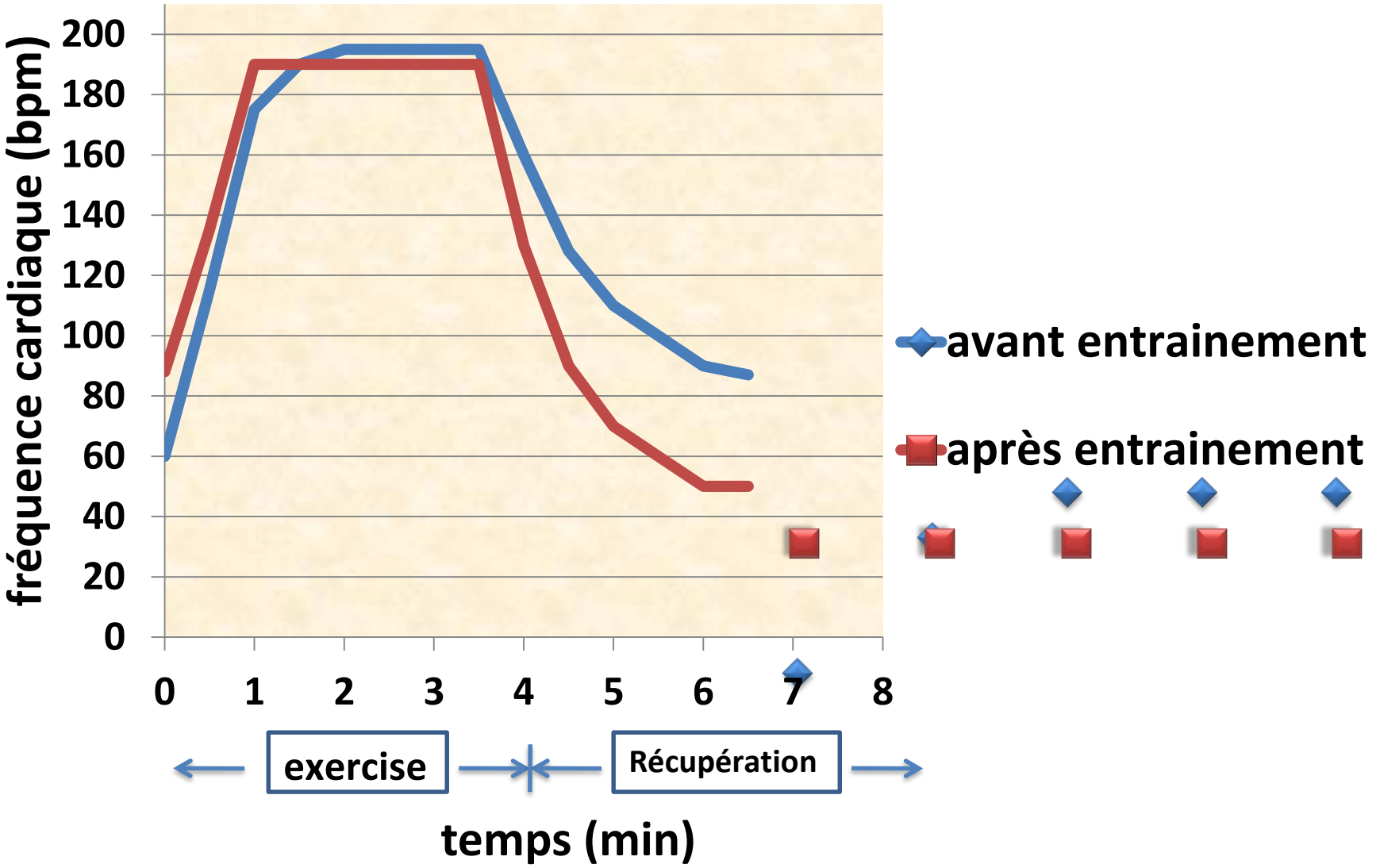
عند التوقف من التمرين، لا يرجع النبض القلبي مباشرة إلى حالة الراحة على العكس فإنه يبقى مرتفع لمدة من الزمن ، بعد ذلك يرجع تدريجيا إلى حالة الراحة و بعد مدة من التدريب فإن النبض القلبي يرجع بسرعة إلى حالة الراحة و هذا ما يلاحظ في التمرينات البدنية القصوى و تحت القصوى .

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 :

- كمية التدريب
- شدة التدريب
- مدة التدريب
- مدة الراحة المطبقة بين فترات التمرين
- الكتلة العضلية المطبقة

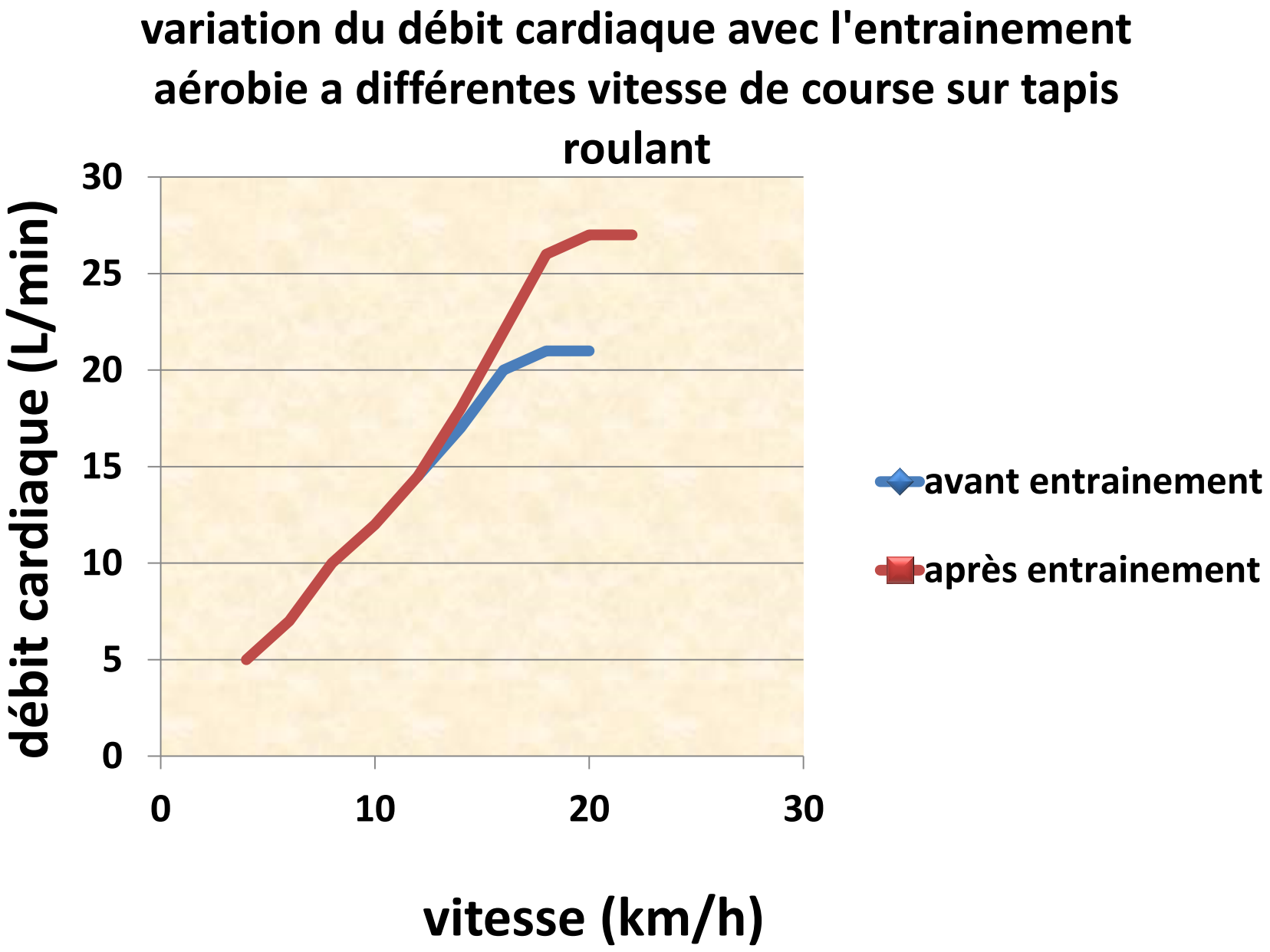
variation avec l'entrainement des valeurs de fréquence cardiaque l'ors de la récupération



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 ($a\text{-}VO_2$) 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


variation du débit cardiaque avec l'entrainement aérobie a différentes vitesse de course sur tapis roulant
débit cardiaque (L/min)
30
25
20
15
10
5
0
0
10
20
30
vitesse (km/h)
avant entrainement
après entrainement

4- 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 :

زيادة عدد الشعيرات الدموية في العضلات
L'augmentation du nombre de capillaire dans les muscles entrainés

توسع الأوعية الموضعي La vasodilatation locale

إعادة توزيع الدم la redistribution sanguine

زيادة حجم الدم L'augmentation du volume sanguin

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 mm^2	Nombre de fibres musculaire s par mm^2	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

5- 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

قياس الضغط الدموي في الراحة و عند التمرينات التحت قصوى قبل وبعد 4 إلى 6 أسابيع من التدريب لدى 7 أشخاص وصلوا إلى مرض القلب التاجي .

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

Modifier d'après Clausen , J P et coll, physical training in the management of coronary artey disease. Circulation 40; 143 1969.

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 .

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 .

المقارنة بين تمرينات هوائية متواصلة، الضغط الدموي يرتفع أكثر أثناء تمرينات القوة خاصة عند تمرينات الجزء السفلي مقارنة بتمرينات الجزء العلوي.

6- حجم الدم
Le volume sanguin

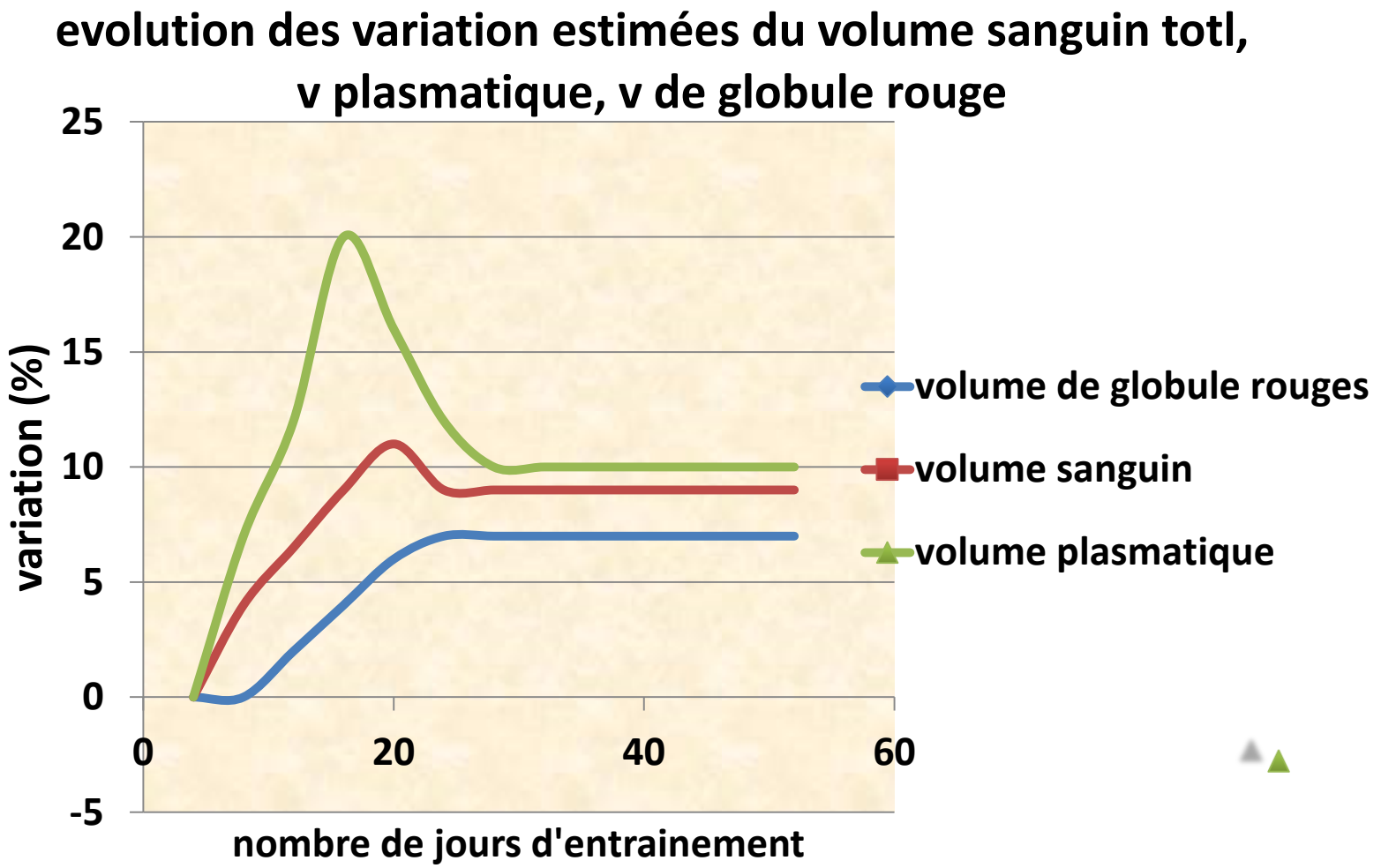
يؤدي التدريب الرياضي إلى زيادة حجم الدم الكلي ، حيث كلما زادت شدة التمرين كلما كانت عملية التكيف أكبر وأسرع، ترجع هذه الزيادة إلى الرفع من الحجم البلازمي والكريات الدموية الحمراء، وهذا بالطرق التالية :

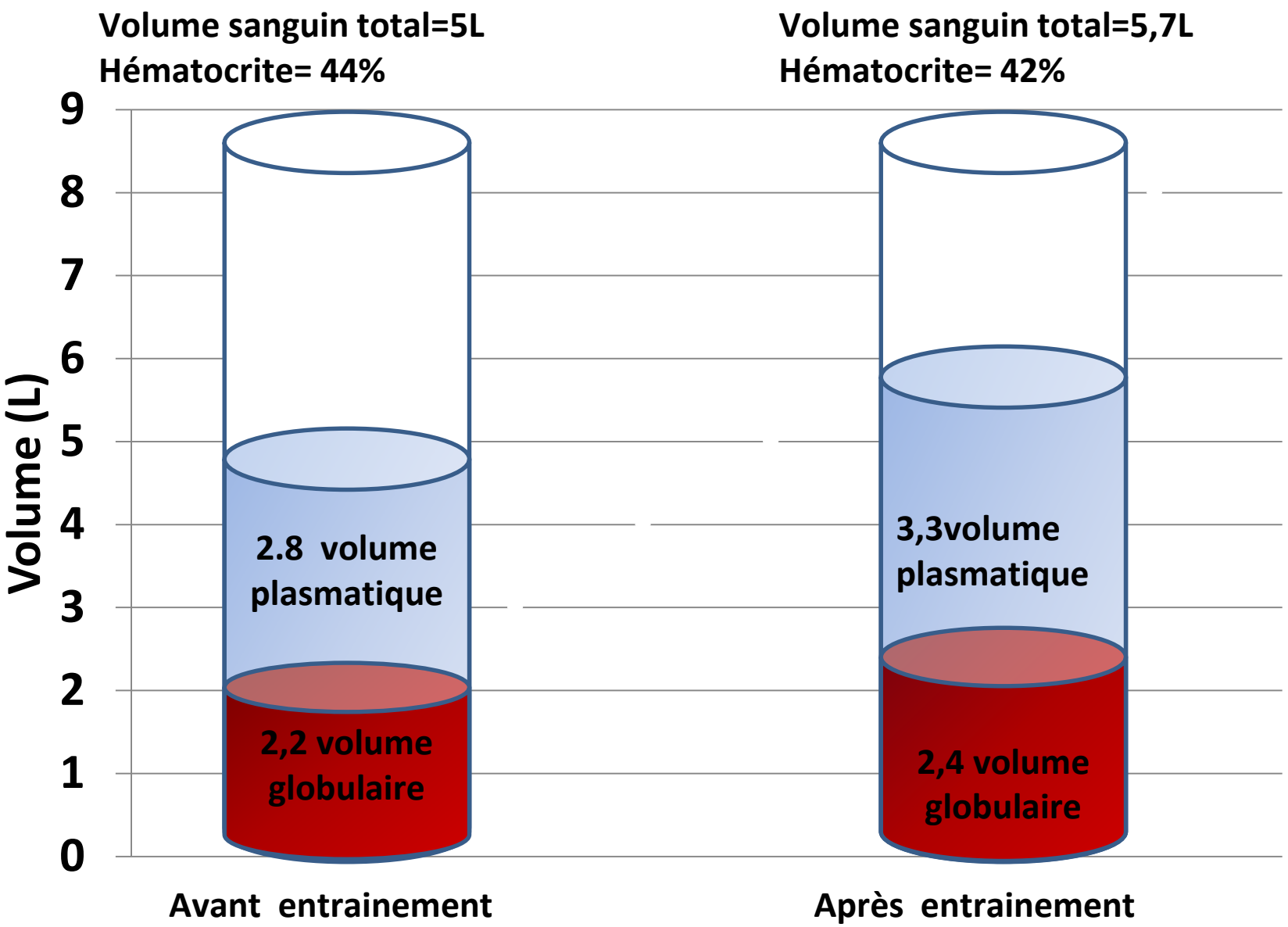
الحجم البلازمي

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.

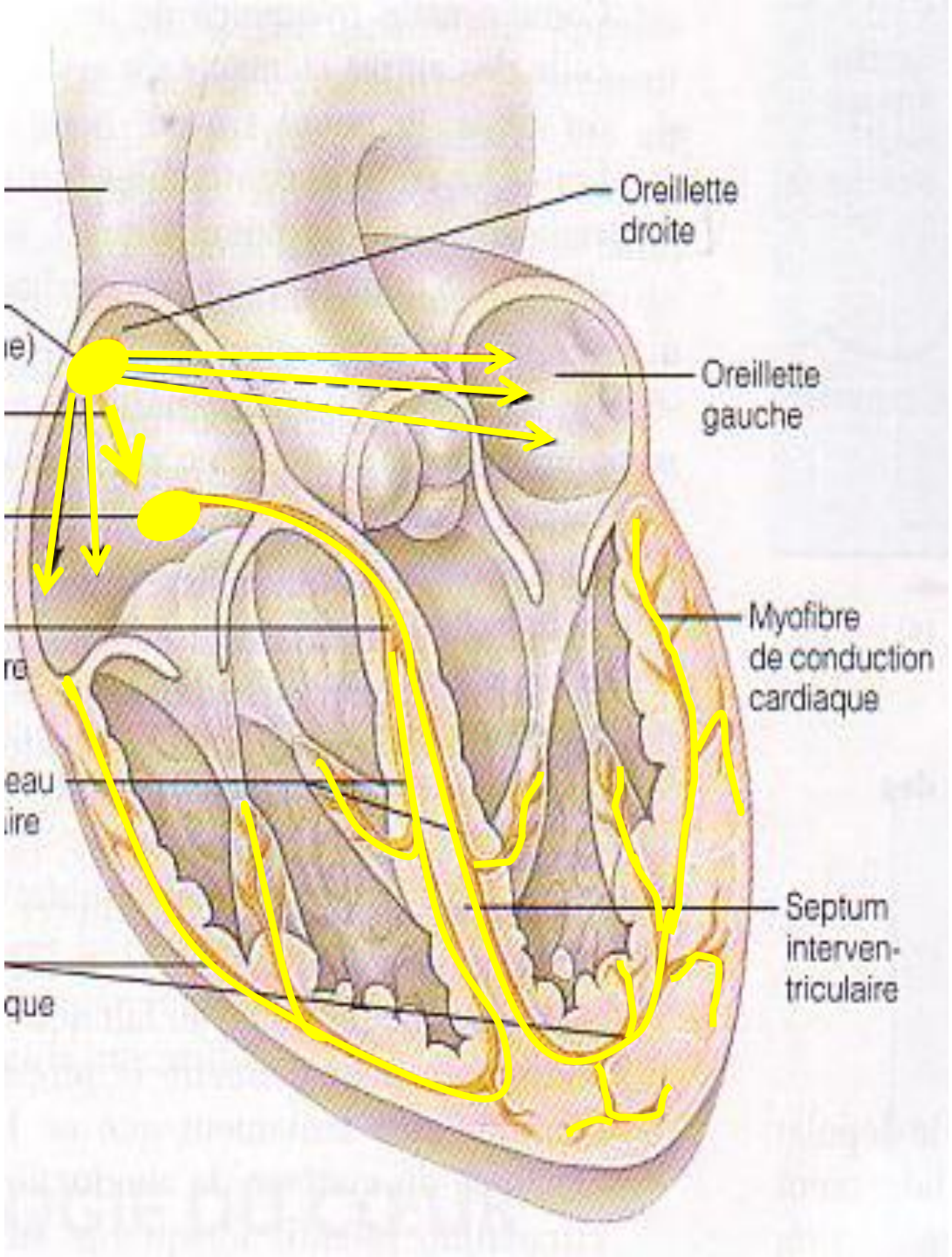
كل زيادة في عدد الكريات الدموية الحمراء تؤدي إلى زيادة في الحجم الدموي الكلي ، بالتالي زيادة في تركيز الهيموغلوبين هذا ما يعطي للدم إمكانية كبيرة من أجل تحقيق الاكتفاء من الأكسجين .

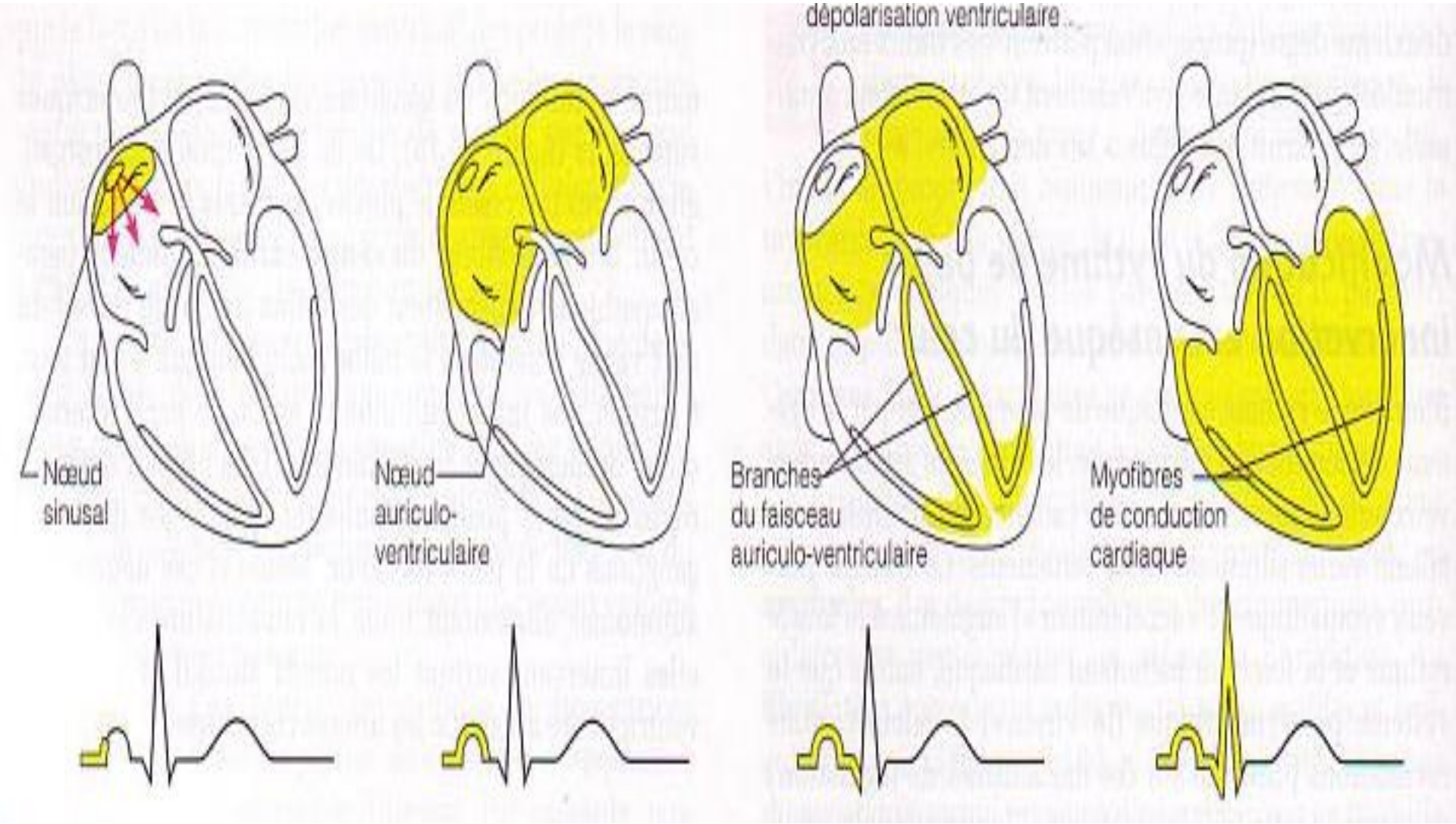
الكريات الحمراء

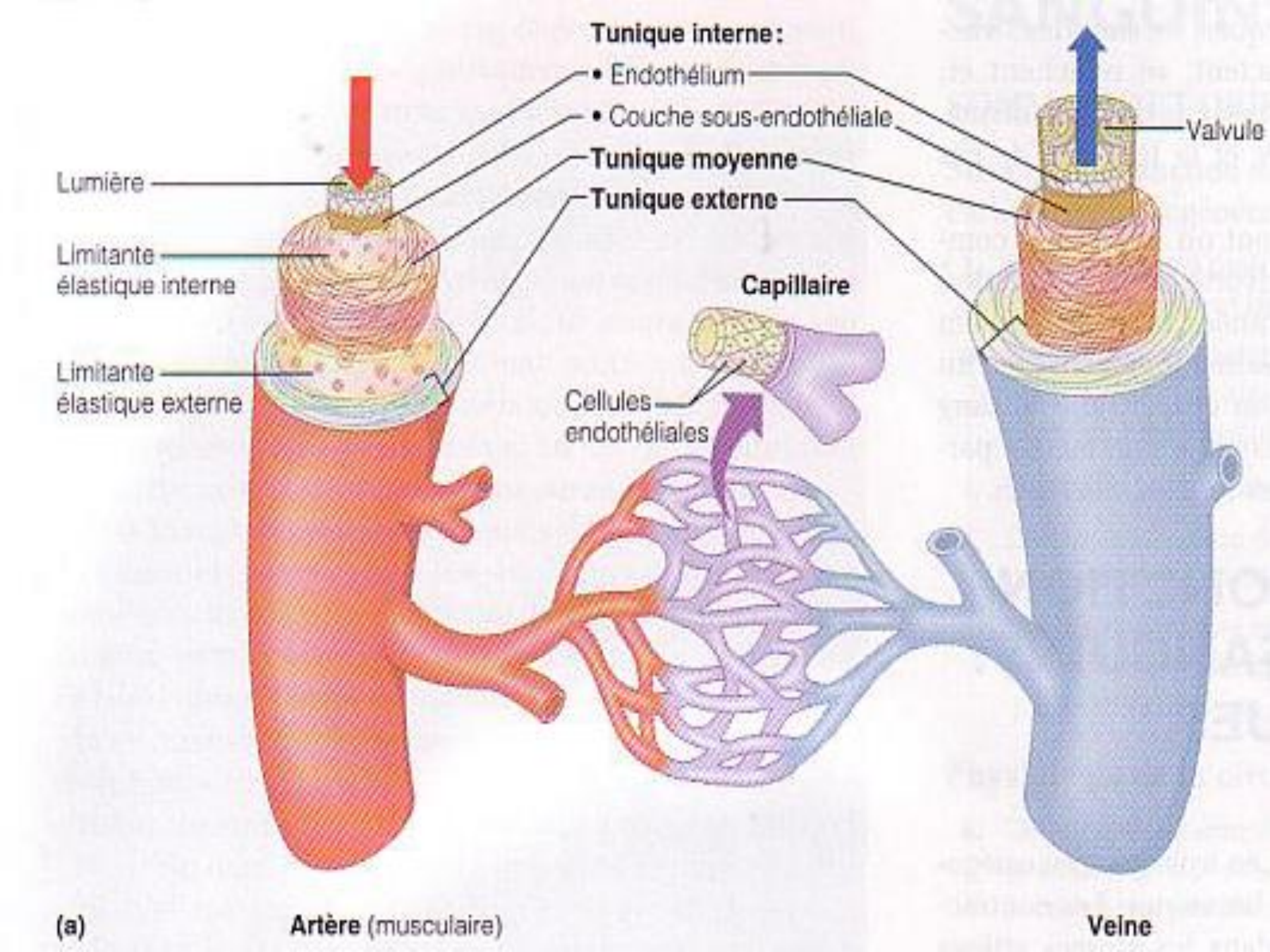




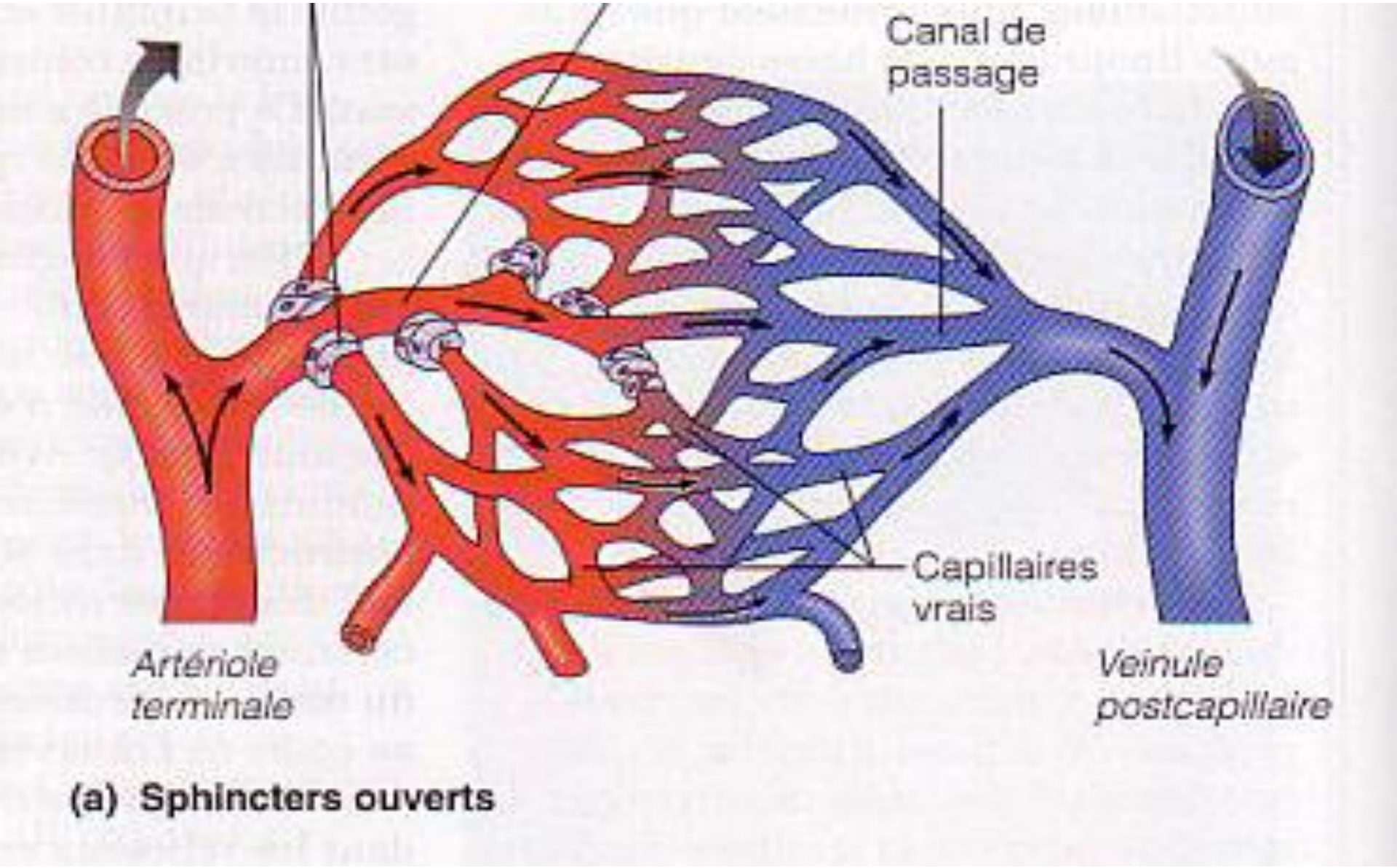
Augmentation du volume sanguin total et du volume plasmatique avec l'entrainement aérobie


Oreillette droite
Oreillette gauche
Myofibre de conduction cardiaque
Septum interventriculaire


dépolarisation ventriculaire
Nœud sinusal
Nœud auriculo-ventriculaire
Branches du faisceau auriculo-ventriculaire
Myofibres de conduction cardiaque


Tunique interne :
• Endothélium
• Couche sous-endothéliale
Tunique moyenne
Tunique externe
Lumière
Limitante élastique interne
Limitante élastique externe
Capillaire
Cellules endothéliales
Valvule
(a)
Artère (musculaire)
Veine

Lit capillaire



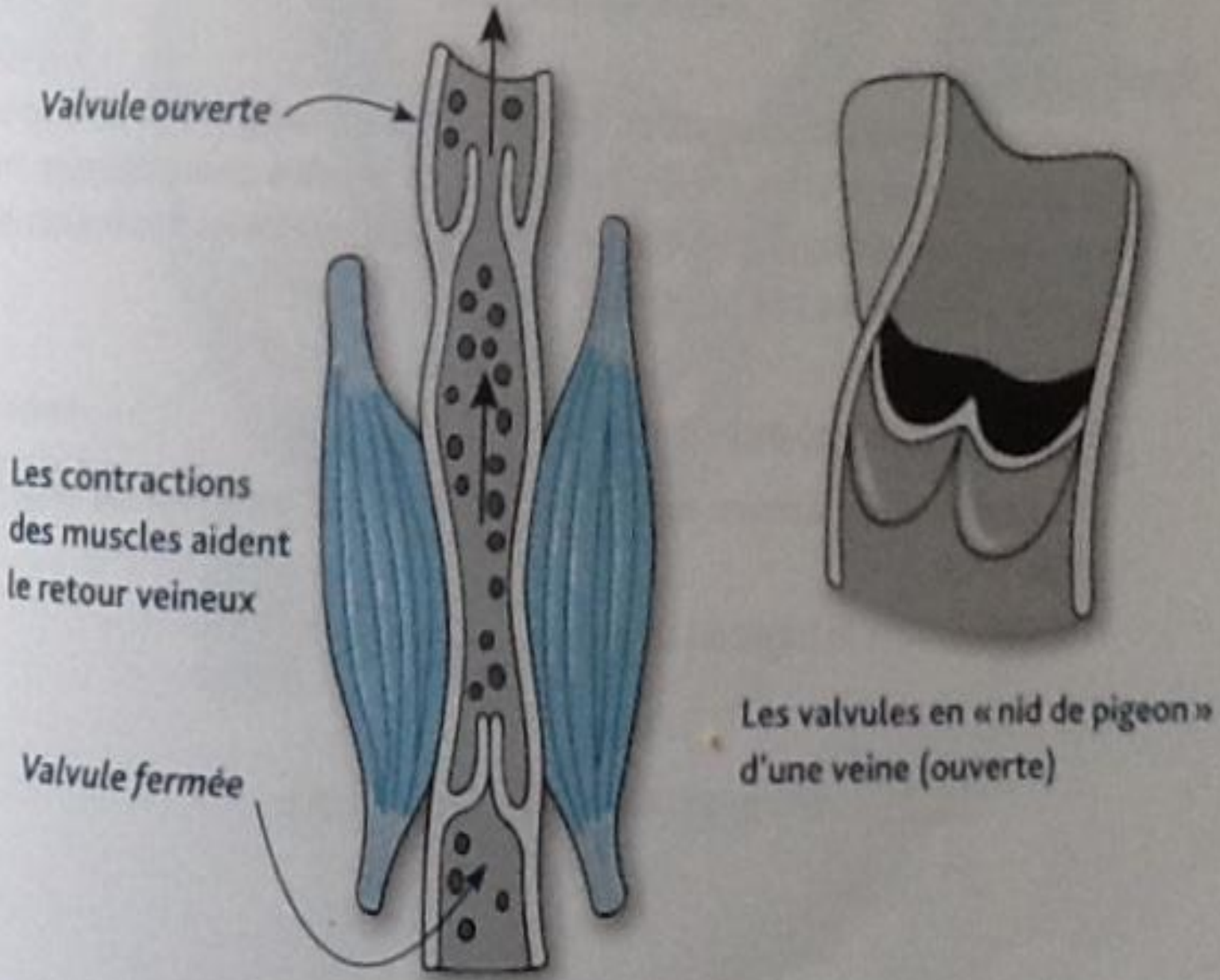


Figure 5 : les veines