

**Zeitschrift:** Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

**Herausgeber:** Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

**Band:** 21 (1965)

**Artikel:** Cardiomégalie et adaptation à l'effort

**Autor:** Didisheim, J.C. / Übersax, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-307618>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Cardiomégalie et adaptation à l'effort

*Par J. C. Didisheim et R. Übersax*

L'examen clinique, anamnèse, auscultation, ECG, scopie permettent dans la plupart des cas de diagnostiquer une cardiopathie, mais ne donnent guère de renseignements sur l'état fonctionnel du système cardiovasculaire d'un sujet normal. Des examens plus compliqués, cathétérismes, angiographies, sont coûteux et comportent des risques qu'il est peu indiqué de prendre sans intention thérapeutique. Par conséquent, l'examen de la fonction cardiaque du sujet normal doit employer des méthodes particulières, qui d'une part, sont simples et inoffensives, et d'autre part donnent aussi des renseignements quantitatifs et non seulement qualitatifs. La fonction du cœur étant de pomper du sang, la pompe la plus puissante étant celle qui a le plus gros débit, il serait logique, pour estimer la fonction cardiaque, de mesurer son débit maximum ou le débit maximum qu'il est possible de maintenir en état stable. Dans les conditions physiologiques, c'est pendant l'effort que le cœur est soumis au stress le plus puissant; pour mesurer la valeur de la fonction cardiaque, il faudrait pouvoir mesurer le débit cardiaque pendant l'effort maximum par exemple. Mais si cela est possible dans un laboratoire de recherches, il ne s'agit pas d'une méthode applicable en pratique. Le sujet normal, et plus particulièrement l'athlète, offrent le grand avantage par rapport au malade de se prêter particulièrement bien à des tests d'effort, à une condition cependant, c'est que ces tests ne comportent pas de manœuvres désagréables ou dangereuses, et pour le sportif par exemple, une prise de sang est déjà considérée comme désagréable. Par contre, il est facile et indolore de recueillir l'air expiré, et ceci permet de mesurer la consommation d'O<sub>2</sub>, par exemple. La consommation d'O<sub>2</sub> maximum a une relation étroite avec le débit cardiaque maximum, ce qui permet de mesurer indirectement et de manière simple la fonction cardiaque.

La consommation d'O<sub>2</sub> maximum est égale au produit du débit cardiaque maximum par la différence de saturation artério-veineuse maximum en O<sub>2</sub>. Puisque, lors de l'effort maximum, la saturation artérielle reste pratiquement normale et que la désaturation veineuse atteint une

FREQUENCE CARDIAQUE, AVANT ET LORS D'UN EFFORT MAXIMUM, CHEZ 71 SPORTIFS

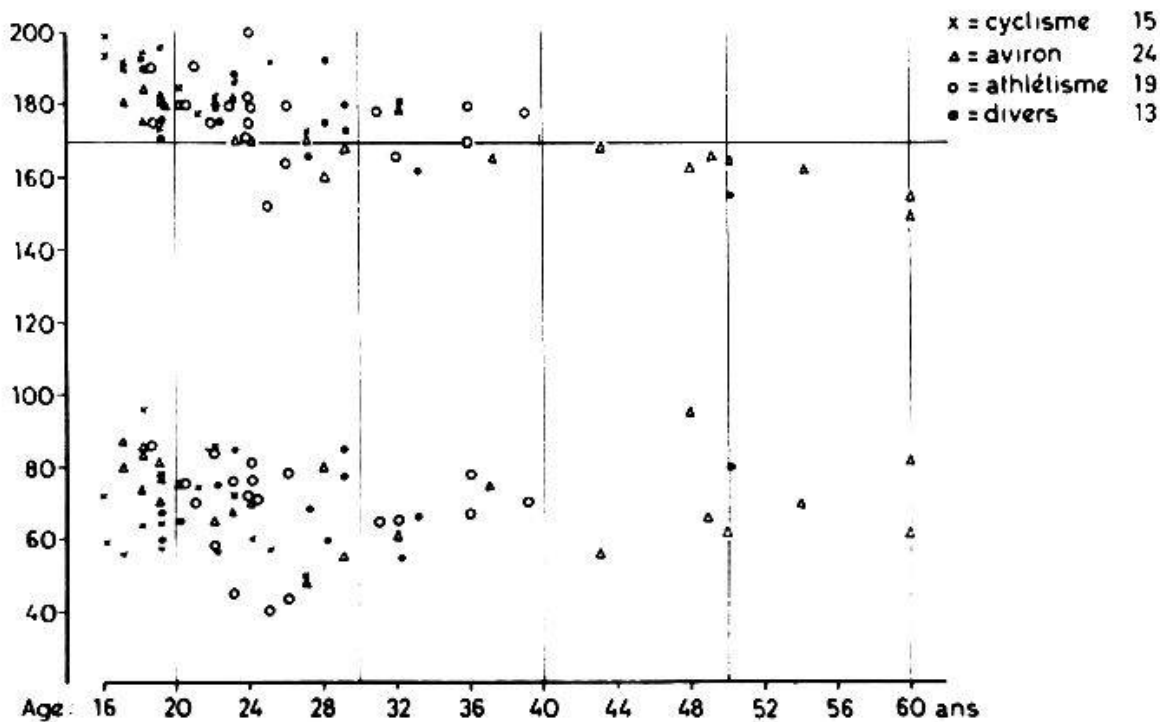


Fig. 1. La fréquence cardiaque maximum mesurée pendant un effort ergométrique diminue avec l'âge même chez les sujets entraînés.

valeur qui varie peu d'un sujet normal à l'autre, que la consommation d'O<sub>2</sub> maximum soit très élevée ou basse, on peut donc admettre qu'il existe une relation linéaire entre consommation d'O<sub>2</sub> maximum et débit cardiaque maximum et que cette valeur dépend de la désaturation veineuse [1].

Des études faites par *Mitchell* et collab. [2] sur 15 étudiants en bonne santé et soumis à des efforts de course ont montré que la désaturation en O<sub>2</sub> du sang de la veine brachiale est presque aussi importante que celle de la veine fémorale bien qu'il s'agisse d'un effort physique auquel les bras ne participent que peu. La vasomotricité chez le sujet normal est donc assez bien adaptée pour limiter l'irrigation sanguine proportionnellement aux besoins des différentes parties du corps pendant l'effort. Une insuffisance de la régulation vasomotrice ne constitue donc pas non plus une limite au transport d'O<sub>2</sub> chez le sujet normal.

Deux limites au transport maximum d'O<sub>2</sub> restent possibles – une anémie ayant bien entendu été écartée – soit la limite par le débit cardiaque, soit la limite par les tissus périphériques incapables d'utiliser l'O<sub>2</sub> au dessous d'une certaine pression partielle. Puisque la désaturation veineuse ne varie que peu avec l'entraînement, la principale adaptation, qui permet à l'athlète d'augmenter sa consommation d'O<sub>2</sub> maximum en s'entraînant, doit être une augmentation du débit cardiaque maximum.

Le débit cardiaque est égal au produit de la fréquence cardiaque par le volume systolique. Lors d'un effort maximum, la fréquence cardiaque varie peu d'un sujet à l'autre (fig. 1), chez des adultes jeunes elle est située entre 180 et 200. Lors de tests sur bicyclette ergométrique, les seuls sujets n'atteignant qu'une fréquence inférieure à 170 étaient des rameurs ou des athlètes, ayant une résistance physique exceptionnelle mais inhabitués à un effort de pédalage. Par conséquent, on peut admettre que ces sujets n'atteignaient pas en pédalant leur fréquence cardiaque maximale, car ils étaient limités dans ce type d'effort par leur fonction musculaire. Par contre, tous les cyclistes de même que tous les sujets normaux atteignent une fréquence cardiaque plus élevée que 170. La fréquence cardiaque maximale diminue avec l'âge, comme l'a déjà démontré *Robinson* [3]. Et nous l'avons confirmé, même chez des sportifs ayant continué toute leur vie à faire des efforts intenses, comme certains rameurs par exemple.

Puisque la fréquence cardiaque maximale varie peu d'un sujet à l'autre, les variations du débit cardiaque maximum ou, si l'on préfère, de la consommation maximum d'O<sub>2</sub> ne peuvent plus s'expliquer que par une différence dans la grandeur du volume systolique, et c'est bien ce

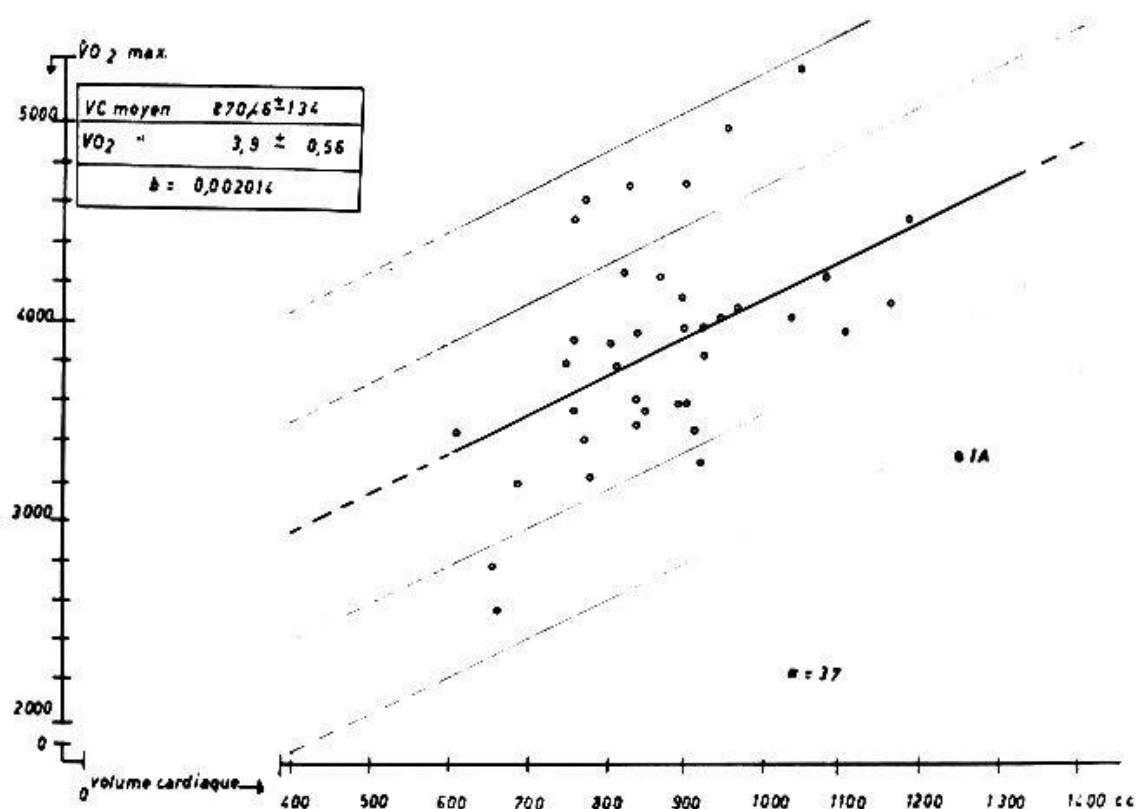


Fig. 2. Corrélation statistique entre le volume du cœur mesuré radiologiquement au repos couché et la consommation d'oxygène maximum. IA: sportif ayant une insuffisance aortique, bien que la consommation d'oxygène soit très élevée, elle ne suffit pas à expliquer la cardiomégalie.

qu'ont démontré, des tests d'effort, faits pendant des cathétérismes chez des sujets normaux et chez des sportifs [4]. La position du corps a une grande influence sur le volume systolique, celui-ci étant plus grand couché que debout. Pendant l'effort, le volume systolique augmente peu en position couchée, mais peut doubler lorsqu'il est fait debout, passant par exemple de 91 à 187 ml en moyenne dans les expériences de *Mitchell* [1].

Le volume cardiaque est également beaucoup plus grand couché que debout, aussi bien chez les sujets normaux, chez les sportifs que chez les cardiaques [5]. Cette différence de volume ne peut être expliquée que par une différence dans le volume sanguin cardiaque résiduel. Il est probable que la différence de volume systolique, qui existe entre l'athlète et le sujet normal, s'explique par une différence dans le volume sanguin résiduel, se traduisant donc par une augmentation du volume cardiaque chez l'athlète.

La corrélation excellente, qui existe entre le volume cardiaque mesuré couché et la consommation maximum d'O<sub>2</sub> (fig. 2) ou un test plus simple, le travail ergométrique accompli à une fréquence cardiaque de 170 (fig. 3), s'explique donc de manière physiologique. Cette corrélation existe déjà

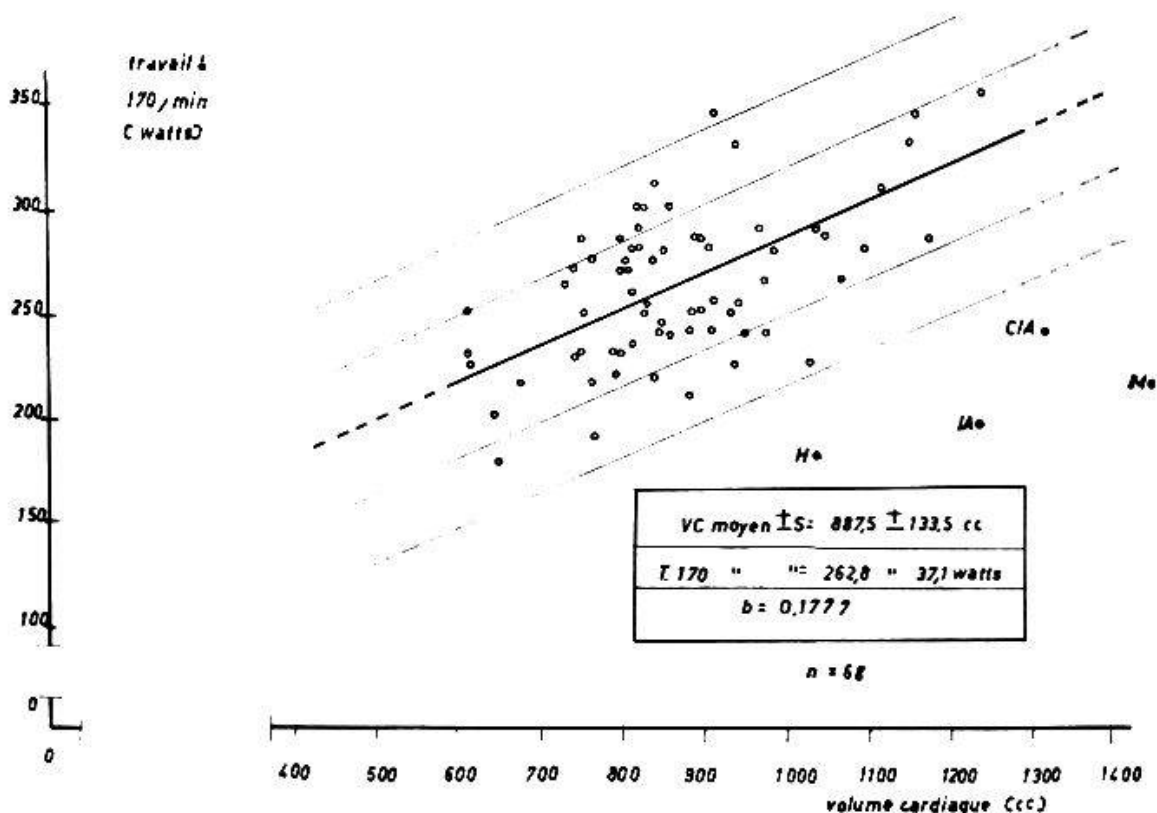


Fig. 3. Corrélation statistique entre le volume cardiaque et la capacité de travail physique à la fréquence cardiaque de 170/min. H: Hypertension. IA: insuffisance aortique, CIA: communication interauriculaire, IM: insuffisance mitrale. Chez ces quatre sportifs souffrant de cardiopathie et ayant une bonne résistance physique, la cardiomégalie ne peut pas s'expliquer par l'augmentation de la capacité de travail physique.

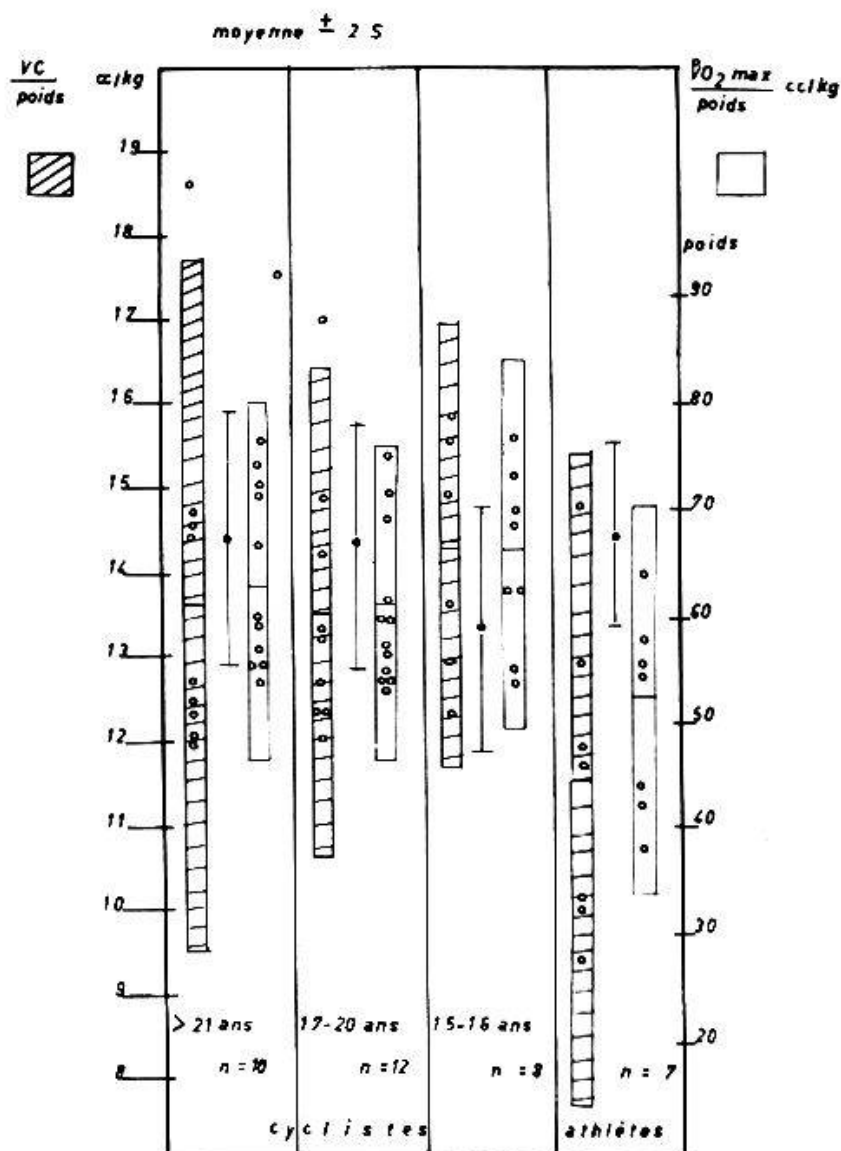


Fig. 4. Comparaison de la consommation d'oxygène maximum relativement au poids et du volume cardiaque relativement au poids parmi des groupes de sportifs d'âges différents. La cardiomégalie de jeunes gens de 15-16 ans est déjà proportionnelle à la consommation d'oxygène maximum, lorsqu'on tient compte du poids.

chez des adolescents de 15 à 16 ans faisant des efforts sportifs intenses, par conséquent la cardiomégalie observée chez de jeunes cyclistes est tout à fait physiologique (fig. 4).

*Conclusion.* Les tests simples, la mesure du volume cardiaque au repos couché et la résistance physique à des efforts submaximaux ou maximaux permettent d'estimer la fonction cardiaque de manière physiologique, puisqu'ils dépendent du volume systolique au repos couché, proche d'ailleurs du volume systolique maximum pendant l'effort. La cardiomégalie ne peut être considérée comme physiologique, que si elle correspond à une augmentation proportionnelle de la performance.

## *Résumé*

Il existe, chez des sujets normaux qui s'entraînent régulièrement dans des sports de résistance, une cardiomégalie importante. L'importance de cette cardiomégalie est proportionnelle au débit cardiaque maximum et également au volume systolique mesuré couché. Un test simple et facile à réaliser chez des sujets normaux: la mesure de la consommation d'O<sub>2</sub> maximale, donne une valeur qui est en corrélation étroite avec le débit cardiaque maximum et par conséquent également avec le volume systolique au repos couché. Cette corrélation dépend de trois conditions qui ont été vérifiées par plusieurs travaux:

1. La différence de saturation artério-veineuse, lors d'un effort entraînant une consommation maximum d'O<sub>2</sub>, varie peu d'un sujet à l'autre.
2. La fréquence cardiaque maximale pendant l'effort a également une valeur très constante chez des sujets jeunes.
3. Le volume systolique pendant l'effort maximum est proche de celui mesuré au repos couché.

Puisque l'augmentation du volume systolique constaté chez des sujets entraînés doit dépendre de l'augmentation du volume sanguin cardiaque résiduel, on s'explique que la cardiomégalie soit un indice de la fonction cardiaque chez le sujet normal.

## *Zusammenfassung*

Bei gesunden Menschen, die zur Erhaltung der Widerstandskraft regelmäßig Sport treiben, kommt eine bedeutende Kardiomegalie vor. Das Ausmaß dieser Kardiomegalie ist dem maximalen Herzminutenvolumen sowie dem liegend gemessenen Schlagvolumen proportional. Ein einfacher und bei gesunden Menschen leicht durchführbarer Test, nämlich die Messung des maximalen O<sub>2</sub>-Verbrauchs, ergibt einen Wert, der in enger Beziehung zum maximalen Herzminutenvolumen steht und deshalb auch zum Schlagvolumen bei liegender Ruhestellung. Diese Korrelation hängt von drei Voraussetzungen ab, die in mehreren Arbeiten bestätigt wurden:

1. Der Unterschied der arteriovenösen Sättigung bei einer Anstrengung, die einen maximalen O<sub>2</sub>-Verbrauch nach sich zieht, variiert bei den verschiedenen Versuchspersonen wenig.
2. Die maximale Herzfrequenz während der Anstrengung weist bei jungen Menschen ebenfalls einen sehr konstanten Wert auf.
3. Das Schlagvolumen während der größten Anstrengung nähert sich dem Wert, der bei liegender Ruhestellung gemessen wird.

Da die Steigerung des Schlagvolumens, welche bei trainierten Personen beobachtet wird, von der Erhöhung des residuellen Herzminutenvolumens abhängen muß, erklärt es sich, daß die Kardiomegalie beim gesunden Menschen als Index der Herzfunktion zu werten ist.

### *Riassunto*

I soggetti normali che si allenano regolarmente negli sport richiedenti molta resistenza, presentano una cardiomegalia importante. Tale cardiomegalia è proporzionale al volume massimo della gettata cardiaca, come pure al volume sistolico misurato in posizione coricata.

La determinazione del massimo consumo di ossigeno, una prova semplice e facile da realizzare sui soggetti normali, permette di ottenere un valore che è in stretta correlazione con la massima gettata cardiaca e di conseguenza pure con il volume sistolico misurato a riposo, in posizione coricata. Questa correlazione dipende da tre condizioni che furono verificate in diversi lavori scientifici:

1. Durante uno sforzo causante un massimo consumo di ossigeno, la differenza di saturazione arterio-venosa dei diversi soggetti varia di poco.
2. Anche la massima frequenza cardiaca durante lo sforzo presenta dei valori molto costanti per quello che riguarda i soggetti giovani.
3. Il volume sistolico durante il massimo sforzo è poco differente da quello misurato a riposo in posizione coricata.

Dato che l'aumento del volume sistolico constatato sui soggetti allenati deve dipendere dall'aumento del volume sanguigno residuo del cuore, ci si può spiegare come la cardiomegalia sia un indizio della funzione cardiaca del soggetto normale.

### *Summary*

Normal subjects who participate regularly in some form of sport, show a significant cardiomegalia. The importance of this cardiomegalia is proportional to the maximum cardiac output and also to the systolic volume measured lying down. A simple and easy test to perform on normal subjects: the measure of the maximal  $O_2$  consumption, gives a value which is in direct correlation with the maximal cardiac output and consequently also with the systolic volume lying resting. This correlation depends on three conditions which have been verified by several works:

1. The difference in arterio-venous saturation after an effort requiring a maximal consumption of  $O_2$ , varying a little from one subject to another.

2. The maximal cardiac frequency during the effort is also a very constant value in young subjects.

3. The systolic volume during the maximum effort is close to that measured during rest lying down.

Since the augmentation of systolic volume found in trained subjects should depend on the augmentation of the residual cardiac blood flow, the cardiomegalia should be an indication of the cardiac function in the normal subject.

1. *Marshall R. J. et Shepherd J. T.*: Exercise and circulation. *Circulation* 27, 323 (1963).
2. *Mitchell J. H., Sproule B. J. et Chapmann C. B.*: The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. *J. clin. Invest.* 37, 538–547 (1958).
3. *Robinson S.*: Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie* 6, 251–321 (1938).
4. *Bevegaard S., Holmgren A. et Jonsson B.*: Circulatory studies in well-trained athletes at rest and during heavy exercise with special reference to stroke volume and the influence of body position. *Acta physiol. scand.* 57, 26–50 (1963).
5. *Musshoff K. und Reindell H.*: Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. *Dtsch. med. Wschr.* 25, 1001–1008 (1956).