

**BULLETIN**

DE LA

**FÉDÉRATION INTERNATIONALE  
D'ÉDUCATION PHYSIQUE**

(F. I. E. P.)

**Gymnastique—Jeux—Exercices sportifs**

**SCIENCES ET TECHNIQUES APPLIQUÉES**



**LISBONNE**

**PORTUGAL**

# FIEP-BULLETIN



3-4 — 1969  
39th year

*Proprietor:* F. I. E. P.

*Director and Publisher:* Phys. Ed. Dr. António Leal d'Oliveira,  
President of the F. I. E. P.

Av. 5 de Outubro, 50, r/c., Dt.º, Faro — Portugal.

*Secretary and Treasurer:* Fernando de Lacerda e Melo.

Av. Infante Santo, 76 4.º, Lisbon — Portugal.

## EDITORIAL STAFF

— For the *general subjects:* Phys. Ed. Dr. Pierre Seurin, Secretary General of the F. I. E. P. — 13 - Avenue Lucien Gauthier. *Aix-en-Provence. France.*

— For the *Scientific Section:* Dr. Erling Asmussen — Gymn.-Theor. Laboratory — Univ. of Copenhagen — Denmark.

— For the *School Section:* Dr. Tech. Frode Andersen, Headmaster of the Gl. Hellerup Gymnasium, — Denmark.

— For the *Recreation-Work Section:* Princ. Erik Westergren. Gymnastikfolkhögskolan. *Lillsved* — Sweden.

## CONTENTS

## SOMMAIRE

	Page	
Interval or continuous training. By Preben Kristensen . . . . .	3	Entraînement par intervalles ou entraînement continu. Par Preben Kristensen.
Training of muscular endurance related to age. By Michio Ikaí . . . . .	19	L'entraînement de l'endurance musculaire relativement à l'âge. Par Michio Ikaí.
Inaugural speech of the Director of the School of Physical Education of the Northern University, during the National Convention of Physical Education Students. By Luís Bisquertt . . . . .	28	Discours inaugural du Directeur de l'École d'Éducation Physique de l'Université du Nord, pendant la Convention Nationale des Etudiants d'Éducation Physique. Par Luís Bisquertt.
Museum of Physical Education. By Jayr Jordão Ramos . . . . .	38	Musée d'Éducation Physique. Par Jayr Jordão Ramos.
Sport and present day Sports Medicine. By Aníbal Costa . . . . .	56	Le sport et la Médecine Sportive actuelle. Par Aníbal Costa.
International Course of Physical Education and Sports. Madrid 1968. By A. Leal d'Oliveira . . . . .	63	Cours International d'Éducation Physique et Sports. Madrid 1968. Par A. Leal d'Oliveira.

	Page		
International Course of Physical and Sportive Education, Talence 1968. By A. Leal d'Oliveira . . . . .	81	Cours International d'Education Physique et Sportive, Talence 1968. Par A. Leal d'Oliveira.	
The Central School of Physical Education in Toledo. By Jesus Telo Nuñez . . . . .	91	L'École Centrale d'Education Physique à Tolède. Par Jesus Telo Nuñez.	
News of the World. By A. Leal d'Oliveira . . . . .	95	Nouvelles du Monde. Par A. Leal d'Oliveira.	
International Course of Physical Education in Finland — 1970.	105	Cours International d'Education Physique en Finlande — 1970.	
Books and Magazines. By A. Leal d'Oliveira . . . . .	108	Livres et Revues. Par A. Leal d'Oliveira.	

# L'ÉDUCATION PHYSIQUE DANS LE MONDE

par P. SEURIN

Docteur en Education Physique

Inspecteur Pédagogique de l'Académie d'Aix-en-Provence

Secrétaire Général de la Fédération Internationale d'Education Physique

Un volume de 16 × 24, d'environ 500 pages avec  
plus de 100 illustrations.

Préface du Président de la F.I.E.P.

L'ouvrage a pour but d'apporter une documentation précise sur l'organisation de l'éducation physique dans chaque pays (40 pays). Les collaborateurs sont pour la plupart des responsables officiels qui connaissent parfaitement les conceptions et la réalité de l'éducation physique dans leur pays.

PRIX: 24 N. F., frais d'envoi compris

**EDITIONS BIÈRE**

18, Rue du Peugue — Bordeaux — FRANCE



# SECTIONS

SCIENTIFIQUE — SCOLAIRE — RÉCRÉATION & TRAVAIL (\*)

## INTERVAL OR CONTINUOUS TRAINING

By Preben Kristensen. *Laboratory for the Theory of Gymnastics. University of Copenhagen — DENMARK.*

It was not until this century that the athletic world became interested in the phenomenon of systematic training which can improve one's sports performance.

The physiological sport literature seldom gives a concrete answer to the simple question of what training actually is. Asmussen & Christensen (1964) stated: «By training is meant a systematic practising of one or another ability».

You may also look at the problem in the following way: The level of a performance is limited by a number of factors. A certain combination of these factors may be susceptible to systematic activity (physical as well as psychic) over a given period of time and this may result in an improvement of performance. We can call this systematic activity *training* and the improvement of the performance the *training effect*.

## ENTRAÎNEMENT PAR INTERVALLES OU ENTRAÎNEMENT CONTINU

Par Preben Kristensen. *Laboratoire pour la Théorie de la Gymnastique. Université de Copenhague — DANEMARK.*

Ce ne fut qu'à ce siècle que le monde athlétique est devenu intéressé au phénomène de l'entraînement systématique qui peut améliorer les résultats sportifs.

La littérature physiologique du sport ne donne que rarement une réponse concrète à la simple question de ce que l'entraînement est réellement. Asmussen & Christensen (1964) ont affirmé: «Par entraînement on veut dire la pratique systématique d'une ou l'autre capacité».

On peut regarder aussi le problème de la façon suivante: Le niveau d'une performance est limité par un certain nombre de facteurs: Une certaine combinaison de ces facteurs peut être susceptible d'activité systématique (aussi physique que psychique) pendant une certaine période de temps, d'où peut résulter l'amélioration de la performance. Nous pouvons appeler *entraînement* cette activité systématique et l'amélioration de la performance *l'effet de l'entraînement*.

(\*) Cette première partie du *Bulletin* est spécialement destinée aux articles que nous sont directement envoyés par les Présidents des *Sections* de la *F. I. E. P.*

This first part of the *Bulletin* is specially destined to articles sent directly by the Presidents of the *Sections* of the *F. I. E. P.*

Esta primera parte del *Boletín* es especialmente destinada a los artículos que nos son enviados directamente por los Presidentes de las *Secciones* de la *F. I. E. P.*

Merci pour 1969 — Bonne Nouvelle Année, 1970!



This point of view compels you to define more precisely the factors which may act to diminish effort. You have thus determined the localization of action for the training effect. For instance the performance in a middle-distance run (1,500 m — 4 min) will be determined by the following factors: 1) the sex, 2) the age, 3) the physical and psychic endowments of the runner. It is obvious that the first two factors cannot be affected by training (systematic activity). However all previous experiments (of which the records in the running events) show that certain factors in the physical and psychic endowments of a person, are indeed influenced by training. In this article I will deal with the possible physical effects.

It will then be natural to ask: 1) what factors are involved (analysis) and 2) in what way may these factors be influenced.

A person's maximum performance in a 1,500 m-run, at a given time, will be determined by the processes delivering energy (aerobic as well as anaerobic) and by the mechanical efficiency (i.e. the utilization of the available quantity of energy). With these processes you will also find the limitation of the level of the effort.

If you want to study the training effect of systematic activity (i.e. training according to a «programme» or system) or the max. performance in an event (e.g. a 1,500 m-run), you could have several persons being at the same level of ability who follow various different training programmes and thus easily determine which scheme (programme) has achieved the greatest effect. This is the method used in amateur sports, but you must consider the many uncertain factors in this method of which the most conspicuous may be the precise contents of the training programmes (the length and type of distance, the speed, etc.).

The preferred method must be the one mentioned earlier, i.e. to get precise knowledge through analysis and experiments. This approach may also have a wider pers-

Ce point de vue oblige à définir plus précisément les facteurs qui peuvent agir pour diminuer l'effort: On déterminera ainsi la localisation de l'action pour les effets de l'entraînement. Par exemple la performance dans une course de demi-fond (1,500 m — 4 min.) sera déterminée par les facteurs suivants: 1) le sexe, 2) l'âge, 3) la dotation physique et psychique du coureur. Il est évident que les deux premiers facteurs ne peuvent pas être affectés par l'entraînement (activité systématique). Cependant, les expériences antérieures (dont les records dans les épreuves de course) montrent que certains facteurs dans les capacités physiques et psychiques d'une personne, sont réellement influencés par l'entraînement. Dans cet article je traiterai des effets physiques possibles.

Il sera alors naturel de demander: 1) quels sont les facteurs impliqués (analyse) et 2) de quelle façon ces facteurs peuvent être influencés.

La performance maximum d'une personne dans une course de 1.500 m, dans un temps donné, sera déterminée par des procédés qui libèrent de l'énergie (aérobiques et anaérobiques) et par l'efficacité mécanique (c'est-à-dire l'utilisation de la quantité disponible d'énergie). Avec ces procédés on trouvera aussi la limitation du niveau de l'effort.

Si on veut étudier l'effet de l'entraînement d'une activité systématique (c'est-à-dire l'entraînement selon un «programme» ou système) la performance max. dans une épreuve (p. ex. une course de 1.500 m), on peut prendre plusieurs personnes d'un même niveau de capacité et leur faire suivre des programmes différents d'entraînement et ainsi déterminer facilement quel schéma (programme) a produit l'effet le plus grand. C'est la méthode employée dans le sport amateur, mais on doit considérer beaucoup de facteurs incertains dans cette méthode, le plus remarquable étant, peut être, le contenu même des programmes d'entraînement (l'étendue et le type de la distance, la vitesse, etc.).

La méthode préférée doit être celle mentionnée en premier lieu, c'est-à-dire, connaître plus précisément par l'analyse et des expérimentations. Cette recherche peut aussi

Thank you for 1969! — A Happy New Year. 1970!

pective e.g. it may be of clinical value for training of convalescents, the disabled and other ill persons.

If we return to the max. performance in a 1,500 m-run the problem will be to analyse the factors limiting the effort in connection with 1) the aerobic and anaerobic processes and 2) the mechanical efficiency.

In the aerobic process the decisive factor will be the oxygen uptake, assuming for the present that the necessary «fuels» will be present if the food consumed has been adequate. In order to find out what may reduce the oxygen uptake during a 1,500 m-run, one must analyse the various components of this process which include: 1) the ventilation of the lungs, 2) the constant diffusion in the lungs, 3) the blood's transport of oxygen, 4) the cardiac output, 5) the blood flow through the muscles, 6) the conditions for diffusion of the oxygen from the muscle capillaries to the tissues.

It is, however, well known that the amount of oxygen taken up during a 1,500 m-run, will not be sufficient to cover the energy requirements. During effort some part of the energy therefore must be liberated by anaerobic processes. The determination of the magnitude of these anaerobic processes, can be made in two ways: 1) either by analyzing the actual anaerobic processes, or 2) by determining the size of the oxygen debt.

The first method is very complicated because of the complexity of the processes of which so far only the splitting of oxygen to lactic acid has been used as an indicator of the anaerobic processes. The other method is now gradually being used more often, e.g. by Swedish physiologists. In this approach the oxygen debt is used as an indirect measure of the extent of the anaerobic processes.

The mechanical efficiency (i.e. the relation between the external work and the applied energy) may also be analysed more closely one day. At present however it is extremely difficult to find a term for the

avoir une perspective plus large, p. ex., elle peut avoir une valeur clinique pour l'entraînement de convalescents, estropiés et autres malades.

Si on revient aux performances max. dans la course de 1.500 m, le problème sera celui d'analyser les facteurs qui limitent l'effort en connection avec 1) les procédés aérobique et anaérobique et 2) l'efficacité mécanique.

Dans le procédé aérobique le facteur décisif sera l'absorption d'oxygène en supposant, pour le moment, que les «combustibles» nécessaires seront présents si les aliments consommés ont été adéquats. Pour découvrir ce qui peut réduire l'absorption d'oxygène pendant la course de 1.500 m, on doit analyser les différents composantes de ce procédé lequel inclue: 1) la ventilation des poumons, 2) la diffusion constante dans les poumons, 3) les transport sanguin de l'oxygène, 4) le rendement cardiaque, 5) l'écoulement sanguin à travers les muscles, 6) les conditions pour la diffusion de l'oxygène des capillaires musculaires vers les tissus.

Il est cependant bien connu que la quantité d'oxygène absorbé pendant une course de 1.500 m, ne sera pas suffisante pour couvrir les demandes de l'énergie. Pendant l'effort une partie de l'énergie doit pourtant être libérée par des procédés anaérobiques. La détermination de la grandeur de ces procédés anaérobiques, peut être faite de deux façons: 1) soit par l'analyse des procédés anaérobiques réels, ou 2) en déterminant la grandeur de la dette d'oxygène.

La première méthode est très compliquée à cause de la complexité des procédés desquels jusqu'ici seulement le fractionnement de l'oxygène en acide lactique a été employé comme l'indicateur des procédés anaérobiques. L'autre méthode est maintenant peu à peu plus souvent employée, p. ex. par les physiologistes suédois. Dans cet approche la dette d'oxygène est employée comme mensuration indirecte de l'étendue des procédés anaérobiques.

L'efficacité mécanique (c'est-à-dire la relation entre le travail extérieur et l'énergie appliquée) peut aussi être analysée plus étroitement à l'avenir. De tout façon il est extrêmement difficile de trouver à présent

Gracias por el 1969! — Feliz Año Nuevo, 1970!



work output because technique differs so much from person to person, and it is a great problem to explain how much work a certain technique requires.

When you have proceeded as far as possible in your analysis, you can start making experiments. Generally it will not be possible to examine all the different functions at the same time. You are forced to do without some and concentrate on a few others, as I have done in the present experiments (see below).

It is clear that if you want to examine the difference in the training effect by using two different programmes, you must beforehand make sure *that the various conditions of the experiment are constant and only the training programmes differ.*

You could ask in advance if there exists a fixed principle in the relationship between the type of training and its effects. It has, for example been postulated that the nearer the training intensity approaches the maximum capacity, the greater is the training effect. From experiments with rats made in the twenties, it is concluded that an increase of the training quantity cannot result in a greater training effect (for literature, see below). This postulate has also been used by the supporters of the principle of interval training.

In the standing discussion about the effect of the different training programmes, the question of interval training versus endurance training has come up. At the end of the fifties a group of physiologists in *Stockholm* carried out a number of examinations concerning intermittent *work* and continuous *work* (literature see below). *Characteristic* of all these experiments was that they were the result of a single work test, not training experiments. If you want to know something about the training effect, you have to make hypotheses from these work tests. This extrapolation has been practised to a great extent, mostly outside the laboratory in *Stockholm*.

un nom pour le rendement du travail parce que la technique diffère beaucoup de personne à personne, et c'est un très grand problème d'expliquer combien de travail exige une certaine technique.

Quand on a avancé aussi loin que possible dans l'analyse, on peut faire des expériences. Il n'est pas possible, en général, d'examiner simultanément toutes les différentes fonctions. On est forcé d'en délaissier quelques unes et de se concentrer en quelques autres, comme je l'ai fait dans les expériences présentes (voir ci-dessous).

Il est clair que si vous voulez examiner la différence dans les effets de l'entraînement, en employant deux programmes différents, vous devez certifier auparavant *que les différentes conditions de l'expérience sont constantes est que seulement les programmes d'entraînement sont différents.*

On pourra demander préalablement s'il existe un principe fixe dans le rapport entre le type d'entraînement et ses effets. Il a été postulé, par exemple que, plus l'intensité de l'entraînement approche la capacité maximum, plus grand sera l'effet de l'entraînement. On a conclu à partir d'expériences avec des rats, dans les années vingt, qu'une augmentation de la quantité d'entraînement ne peut pas provoquer un effet plus grand de l'entraînement (voir la littérature ci-dessous). Ce postulat a été aussi employé par les partisans du principe de l'entraînement par intervalles.

Dans la discussion courante sur l'effet des différents programmes d'entraînement, a surgi la question de l'entraînement par intervalles face à l'entraînement de résistance. A la fin des années cinquante un groupe de physiologistes à *Stockholm*, a réalisé un certain nombre d'examen concernant le *travail* intermittent et le *travail* continu (voir la littérature ci-dessous). La *caractéristique* de toutes ces expériences a été qu'elles étaient le résultat d'un seul test de travail et non d'expériences d'entraînement. Si on veut connaître quelque chose sur l'effet de l'entraînement, on doit faire des hypothèses de ses tests de travail. Cette extrapolation a été beaucoup pratiquée, principalement en dehors du laboratoire à *Stockholm*.

Vielen Dank fuer 1969! — Ein gutes Neues Jahr 1970!



In addition the German sport physician, Reindell, (Nett, 64) who is an advocate of the principle of interval training, says: «The short interval training in which the load phases only amount to 15-45 sec. has nevertheless a great advantage: by this training method the following basic elements will also be trained, besides endurance; 1) speed, 2) strength, 3) local endurance of muscles.»

In order to study these problems and to examine in the laboratory some much applied training programmes based on the principle of the short interval training of Reindell and Mognes Larsen, I have made the following experiment in the *Laboratory for Theory of Gymnastics, University of Copenhagen*.

#### The experiment

Two groups, each consisting of 4 school boys aged 15-16 years, were trained on a bicycle ergometer for 5 weeks, one group with a programme of interval training and the other with continuous training of half an hour, three times a week. *Both groups accomplished the same total quantity of work.*

All 8 volunteers were healthy, normal and not at all especially well-trained. Furthermore they were all of approximately the same weight (six weighing 60 kg and two 50 kg) and of almost the same «physical fitness» estimated by means of max. oxygen uptake in ml per min. per kg body weight according to the monogram of I. Åstrand, 1960 b (app. 50 ml O<sub>2</sub> per min. per kg body weight). They also had equivalent scores on a strength test with weights.

Before the beginning of the 5 week training period, each of the boys was tested on a Krogh bicycle ergometer for max. capacity at a certain work intensity (1,700 kpm/min. and 1,400 kpm/min. for those weighing 60 and 50 kg respectively). The total time of work was noted when the work was terminated by complete

En outre, le médecin sportif allemand Reindell (Nett, 64) qui défend le principe de l'entraînement par intervalles, dit: «L'entraînement à intervalles courts, dans lequel les phases des charges s'élèvent seulement à 15-45 sec., a néanmoins un grand avantage: par cette méthode d'entraînement, les éléments de base suivants, outre la résistance, seront aussi entraînés: 1) la vitesse, 2) la force, 3) l'endurance locale des muscles».

En vue d'étudier ces problèmes et d'examiner dans le laboratoire quelques programmes d'entraînement très employés, basés sur le principe de l'entraînement avec des intervalles courts, de Reindell et Mogens Larsen, j'ai fait l'expérience suivant dans le *Laboratoire pour la Théorie de la Gymnastique de l'Université de Copenhague*.

#### L'expérimentation

Deux groupes, chacun consistant de 4 écoliers âgés de 15-16 ans, ont été entraînés à la bicyclette ergométrique pendant 5 semaines, un des groupes selon un programme d'entraînement par intervalles et l'autre par l'entraînement continu pendant une demi-heure, trois fois par semaine. *Les deux groupes accomplissaient la même quantité totale de travail.*

Tous les 8 volontaires étaient bien portants, normaux et pas spécialement bien entraînés. De plus ils étaient tous approximativement du même poids (six pesant 60 kg et deux 50 kg) et avaient presque la même «aptitude physique» calculée par la quantité max. d'oxygène consommé en ml. par min. et par kg du poids du corps, d'accord avec le monogramme de I. Åstrand, 1960 b (app. 50 ml. O<sub>2</sub> par min. par kg du poids du corps). Ils avaient eu aussi des résultats équivalents dans un test de force avec des poids.

Avant de commencer la période de 5 semaines d'entraînement, chacun des garçons était soumis à un test à la bicyclette ergométrique de Krogh pour la capacité max. avec une certaine quantité de travail 1.700 kpm/min et 1.400 kpm/min pour ceux pesant 60 et 50 kg respectivement). Le temps total de travail était noté quand

Obrigado por 1969! — Ano Novo Feliz, 1970!

exhaustion. The experiment was made in an atmosphere of competition in order to make the boys try their hardest.

The two smaller boys formed a separate experimental group and by lot were to train with either interval work or continuous work. In the same way the remaining six.

le travail terminait en épusement complet. L'expérience était faite dans une atmosphère de compétition, de façon que les garçons réalisaient le mieux qu'ils le pouvaient.

Les deux garçons les plus petits ont formé un group d'expérience séparé et devaient s'entraîner au sort, soit par travail par intervalles, soit par travail continu. De même les six restants.

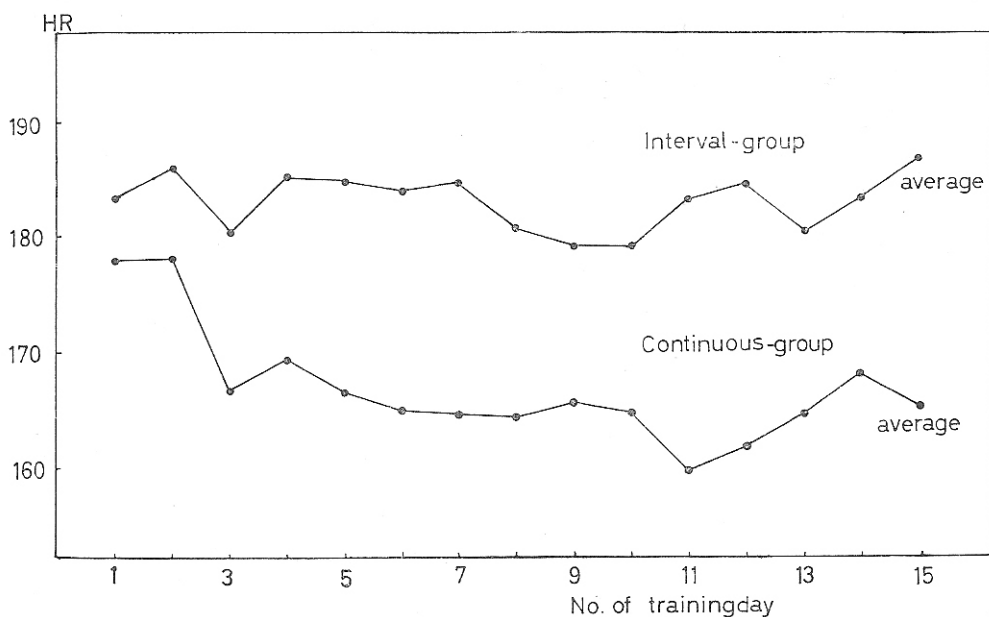


Fig. 1

This Fig. shows the average cardiac rate during each day of training, for the two groups.  
Cette Fig. montre la fréquence cardiaque moyenne en chaque jour d'entraînement, pour les deux groupes.

The training consisted of half an hour's work, 3 times a week for each group. For the «continuous group» it consisted of 1,100 kpm/min (1,000 kpm/min for a boy weighing 50 kg). For the «interval group» the training intensity was 2,200 kpm/min (or 2,000 kpm/min) for 30 sec. with 30 sec. rest pause and so on for half an hour. *The total quantity of work was thus the same for the two groups every training day.*

During the testing, as well as during the training, various «functions» were measur-

L'entraînement consistait en un travail d'une demi-heure, 3 fois par semaine, pour chaque groupe. Pour le «groupe à travail continu» il consistait de 1.100 kpm/min (1.000 kpm/min pour un garçon pesant 50 kg). Pour le «groupe de travail par intervalles» l'intensité de l'entraînement était 2.200 kpm/min (ou 200 kpm/min) pendant 30 sec., avec 30 sec. de repos et ainsi de suite pendant une demi-heure. *La quantité totale de travail était donc la même pour les deux groupes, chaque jour d'entraînement.*

Pendant la prise des tests, ainsi que pendant l'entraînement, on mesurait des «fonc-

ed: 1) the ventilation of the lungs, 2) the oxygen uptake, 3) the pulse rate, 4) blood lactate concentration (BLC).

At the end of the training period a max. test (the standard work) was repeated and the work was stopped after the same length of time. The same functions were measured and a possible decrease of 1) — 3) would indicate a training effect on the aerobic work capacity, while a possible decrease of the BLC would indicate the training effect on the anaerobic work capacity.

A couple of days later a new max. test was made. On one boy still another max. test, but this time with higher work intensity, viz. instead of 1,400 kpm/min: 1,600 kpm/min.

## Results

### *During the training:*

The above mentioned functions 1) — 4) are presented in tables 1 and 2. You will see that the major effect was that the demand on the 4 functions was much higher for the interval group than for the continuous group. This is emphasized by the lactat concentration which, for the former group during the whole traming period, was 4 times higher (see diagram 2).

For both groups there is a slight falling tendency in all the functions which may have been caused by a better mechanical efficiency. For the peripheral circulation (BLC) the decrease is so great (interval group: 18 % and continuous group: 28 %) that the tendency must be explained by the fact that the training work itself has become less taxing.

All objective and subjective signs (according to the statements made by the boys themselves) show that the interval training really was a stressful training form (near max.) which demands great motivations while the continuous training was «no

tions» variées: 1) la ventilation des poumons, 2) l'absortion d'oxygène, 3) la fréquence du pouls, 4) la concentration en lactate sanguin «BLC».

A la fin de la période d'entraînement un test max. (le travail standard) était répété et le travail arrêté après le même temps. Les mêmes fonctions étaient mesurées et la diminution possible de 1) — 3) indiquerait l'effet de l'entraînement dans la capacité aérobique de travail, tandis que la décroissance possible de «BLC» indiquerait l'effet de l'entraînement dans la capacité de travail anaérobique.

Un couple de jours plus tard on faisait un nouveau test max. Chez un des garçons on faisait encore un autre test max., mais cette fois de plus grand intensité, c'est-à-dire 1.600 kpm/min, au lieu de 1.400 kpm/min.

## Résultats

### *Pendant l'entraînement:*

Les fonctions sus-mentionnées 1) — 4) sont présentées dans les tableaux 1 et 2. On verra que l'effet le plus grand a été que les demandes aux 4 fonctions étaient plus grandes pour le «groupe de travail par intervalles» que pour le «groupe de travail continu». Cela est accentué par la concentration de lactate, laquelle était 4 fois plus haute pour le premier groupe pendant toute la période de l'entraînement (voir le diagramme 2).

Pour les deux groupes il y a une légère tendance de chute dans toutes les fonctions ce qui pouvait être causé par une meilleure efficacité mécanique. Pour la circulation périphérique (BLC), la diminution est si grande («groupe de travail par intervalles»: 18 % et groupe de travail continu: 28 %) que la tendance doit être expliquée par le fait que le travail d'entraînement, lui même, est devenu moins exigeant.

Tous les signes objectifs et subjectifs (d'accord avec les affirmations des garçons, eux mêmes) montrent que l'entraînement par intervalles était une forme réellement «stressante» d'entraînement (presque max.) ce qui exige une grande motivation,



harder than riding to the bakery for muffins» (as one of the boys put it) thus requiring less motivation.

tandis que l'entraînement continu n'est pas «plus dur qu'aller à la boulangerie pour les galettes» (comme l'a dit un des garçons), en exigeant donc moins de motivation.

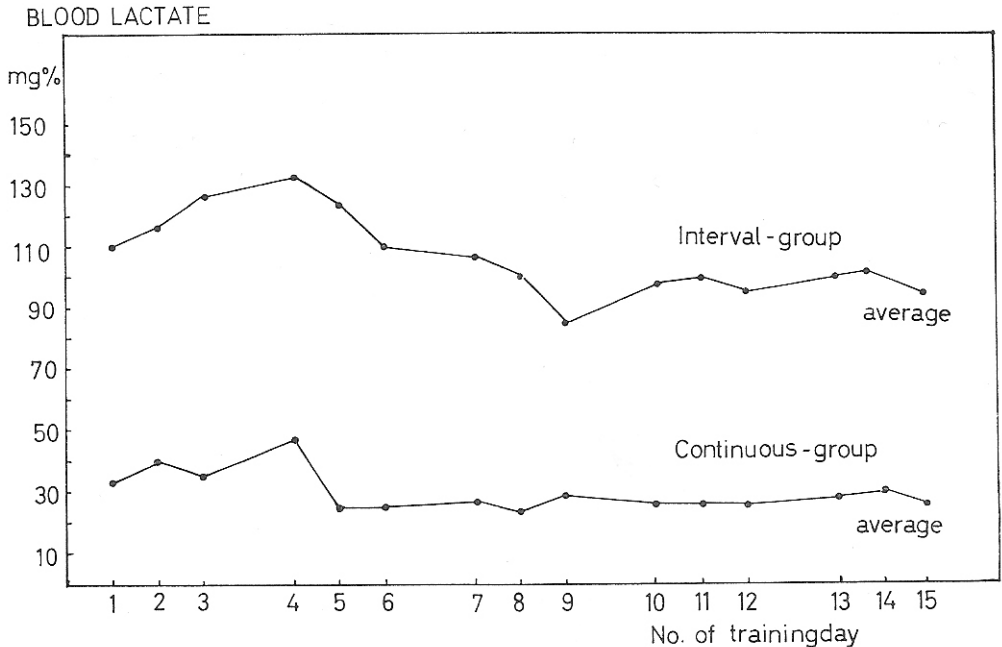


Fig. 2

This Fig. shows the average heart per each day during the whole training period, for the two groups.  
 Cette Fig. montre la fréquence cardiaque moyenne en chaque jour pendant toute la période d'entraînement, pour les deux groupes

### The training effect

From the above mentioned principle about the effect of the training intensity, you should expect a considerable greater training effect on the interval group than on the continuous group. Let us look at the results: table 3 and diagram 3:

On table 3 you will find a survey of the functions measured on the 8 boys. The first column downward shows the ventilation measured in the last half minute of the standard work before the training (B) and after the training (A).

This test shows generally that the boys now were able to do the same work with app. 20 % lower ventilation. This is in

### L'effet de l'entraînement

Du principe sus-mentionné sur l'effet de l'intensité de l'entraînement, on pourrait atteindre un effet considérablement plus grand de la part du groupe de «travail par intervalles», que du groupe de «travail continu». Regardons les résultats: tableau 3 et diagramme 3.

Dans le tableau 3 on trouvera une description des fonctions mesurées sur 8 garçons. La première colonne montre, en descendant, la ventilation mesurée dans la dernière demi-minute du travail standard avant l'entraînement (B) et après l'entraînement (A).

Ce test montre généralement que les garçons étaient maintenant capables de faire le même travail app. avec 20 % moins de

## BLOOD LACTATE

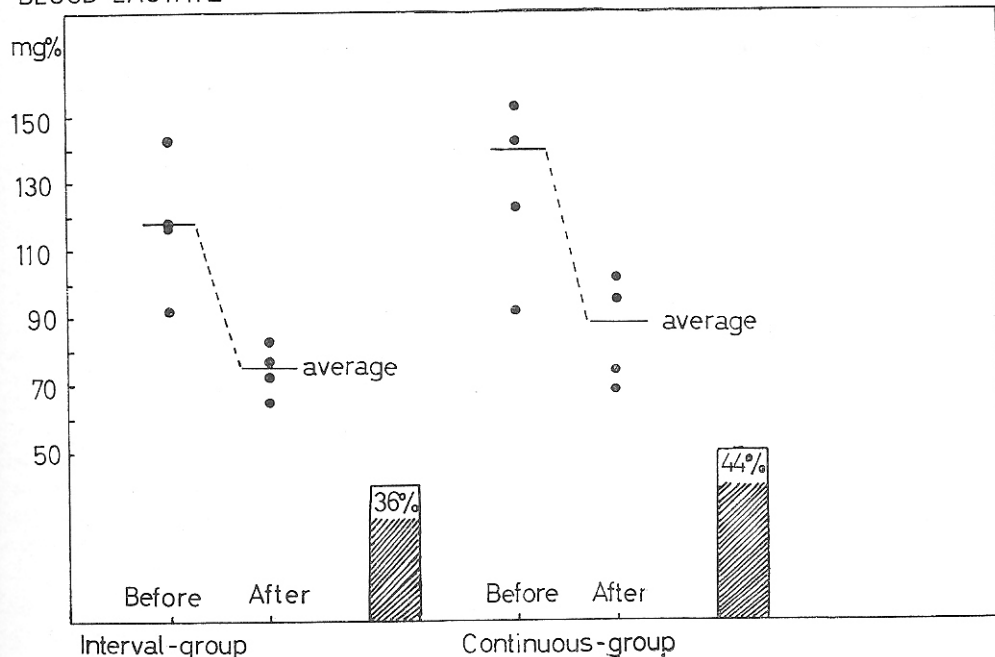


Fig. 3

This Fig. shows blood lactate concentration after standard work, before and after the training period, by the two groups. The columns show the decrease of the average B L C, in each group.

Cette Fig. montre la concentration de lactate après un type de travail, avant et après la période d'entraînement, par les deux groupes. Les colonnes montrent la diminution du B L C moyen, en chaque groupe.

accordance with earlier experiments, (compare Åstrand, 1956).

From left to right, in table 3  $R_1$ ,  $R_2$  and  $R_3$  represent the level of the ventilation at the end of the standard work in the first, second and third minute of rest, before and after the training period. Here the general observation is that there is a faster recovery after the training. Comparing the two  $R_3$ -values with each person, you find a difference of 40 — 50 %. The pulse rate after the standard work, shows the same tendency which is in accordance with the faster recovery after training found by other authors (compare Åstrand, 1956).

Further more you will see the «max.»  $O_2$ -uptake per min. (also measured in the last half minute of the test work) shows, on the whole, no change after training. This

ventilation. Ceci est d'accord avec des expériences antérieures (comparer avec Åstrand, 1956).

De gauche à droite, dans le tableau 3,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  représentent le niveau de la ventilation à la fin du travail standard, aux première, seconde et troisième minutes de repos, avant et après la période d'entraînement. L'observation générale est ici que la récupération est plus rapide après l'entraînement. En comparant les deux valeurs  $R_3$  avec chaque personne, on trouve une différence de 40-50 %. La fréquence du pouls, après le travail standard, montre la même tendance laquelle est d'accord avec la récupération plus rapide trouvée par d'autres auteurs, après l'entraînement (comparez avec Åstrand, 1956).

De plus on verra que l'absorption «max.» de  $O_2$ , par min (aussi mesurée dans la dernière demi-minute du travail testé) ne montre, en général, aucun changement après

you might have expected because the external work in both cases is the same and will require a certain quantity of oxygen unless the mechanical efficiency has increased with the training. However you cannot expect this increased efficiency for such a common exercise as bicycling (compare Åstrand, 1956). Christensen et al., 1960, have found practically the same efficiency working on a bicycle ergometer in intermittent work as at continuous work.

The respiration has become easier, but even though the work of the respiratory muscles at max. work may require app. 15% of the total  $O_2$ -uptake (Mc Ilroy et al., 1954, Nielsen, 1930); a decrease of 20% in the ventilation only resulted in a decrease of of 3% in the total demand of  $O_2$  in the system.

Max.  $O_2$ -uptake per min. per kg body weight, is on the same level as Åstrand, in 1952, found with 17 year old boys used for similar experiments, (app. 58 ml  $O_2$  per min. per kg body weight).

An interesting result is the decrease in the BLC (blood lactate concentration) taken 7 min. after the end of the work (diagram 3). You will also find this tendency in previous experiments: Bang, 1936, Dill et al., 1930, Edwards et al., 1940, and Eskildsen, 1945.

Seven of the 8 boys have a decrease of the BLC of 30-40%. One of them (HB) had an increase of 6%. This increase, I postulate, is due to other factors than the training form. He was the only boy who did not bicycle to and from the school, the only one who drove to the laboratory, and the one who had a larger daily consumption of cigarettes. This I mentioned as a circumstance which cannot be taken as the direct or only cause for the observed increase.

Apart from this one case, the average decrease of the «continuous group» is greater than the the «interval group» (44% versus 36%). So apparently there is a somewhat greater effect with the former group, but no decisive difference between the two groups.

l'entraînement. On pouvait l'espérer parce-que le travail externe est le même dans les deux cas et demande une certaine quantité d'oxygène, à moins que l'efficacité mécanique aie augmenté avec l'entraînement. Cependant on ne peut pas espérer cette efficacité augmentée par un exercice si commun comme est le pédalage (comparer Åstrand, 1956). Christensen et col. (1960), ont pratiquement trouvé la même efficacité de travail sur une bicyclette ergométrique au travail intermittent et au travail continu.

La respiration est devenue plus facile, mais bien que le travail des muscles respiratoires, en travail max., demande environ 15% de l'absorption totale d' $O_2$  (Mc Ilroy et col., 1954, Nielsen, 1930); un abaissement de 20% dans la ventilation resulta seulement de la diminution de 3% dans les exigences totales de  $O_2$  dans l'organisme.

L'absorption max. de  $O_2$  par min, et par kg du poids du corps, est au même niveau trouvé par Åstrand en 1952 chez des garçons de 17 ans dans des expériences similaires (app. 58 ml  $O_2$  par min., par kg du poids du corps).

Un résultat intéressant est la diminution dans le «BLC» (concentration du lactate sanguin) prise 7 min après la fin du travail (diagramme 3). On trouve aussi cette tendance dans les expériences antérieures: Bang, 1936, Dill et col., 1930, Edwards et col., 1940, et Eskildsen, 1945.

Sept des 8 garçons ont une diminution de «BLC» de 30-40%. Un d'eux (HB) a eu une augmentation de 6%. Je postule que cette augmentation est due à d'autres facteurs que la forme d'entraînement. Il était le seul garçon qui ne prenait pas la bicyclette pour aller et venir de l'école, le seul qui allai en auto au laboratoire et celui qui consommait plus de cigarettes pendant le jour. Je mentionne ceci comme une circonstance qui ne peut pas être prise comme étant la cause seule ou directe de l'augmentation observée.

Outre ce cas, la diminution moyenne du «groupe au travail continu», est plus grande que dans le «groupe à travail par intervalles» (44% contre 36%). Ainsi il est apparent en effet quelque peu plus grand chez le premier groupe mais sans différence



On the other hand it is striking that the decrease was not greater for the «interval group» when you bear in mind that this group (during 5 weeks) has trained so hard that the final BLC was app. 100 mg % after the training periods, while with the «continuous group», it was only 25 mg % (compare diagram 2).

The average BLC-value (123 mg %) is a little higher than the average value which Åstrand, 1952, found with 9 boys of the same age using a similar test (107 mg %). However, in an Appendix, he gives individual values of 110 mg %, 138 mg % and 133 mg %. These values agree with those which Gallagher & Brouha (1943) found in well motivated boys of the same age using the same test (122 mg %).

The third number in the vertical column shows the ventilation and the  $O_2$ -uptake during a new max. test at the same intensity where the values are registered at exactly

décisive entre les deux groupes. De l'autre côté il est frappant que la diminution n'était pas plus grande pour le «groupe de travail par intervalles» si vous rappelez que ce groupe (pendant 5 semaines) s'est entraîné si durement que le «BLC» final était app. 100 mg % après les périodes d'entraînement, tandis que, avec le «groupe à travail continu» il était seulement 25 mg % (comparer avec le diagramme 2).

La valeur moyenne B.L.C. (123 mg %) est un peu plus grande que la valeur moyenne qui Åstrand (1952) a trouvé chez 9 garçons du même âge, employant un test similaire (107 mg %). Cependant en Appendice, il donne des valeurs individuelles de 110 mg %, 138 mg % et 133 mg %. Ces valeurs s'accordent avec celles trouvées par Gallagher & Brouha (1943) chez des garçons bien motivés du même âge employant le même test (122 mg %).

Le troisième numero dans la colonne verticale montre la ventilation et l'absorption de  $O_2$  pendant un nouveau test max. de la même intensité où les valeurs sont enregist-

TABLE 1.

*Ventilation (BTPS) l/min. (Measured in 25 and 26 min.)*

*Ventilation (BTPS) l/min. (Mesurée pendant 25 et 26 min.)*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<i>Group C.</i>																<i>Groupe C.</i>
H. J.	65,4	67,0	62,9	60,5	63,0	57,6	59,8	50,1			50,4	51,5		52,2	46,4	H. J.
C. R.	58,6	59,1	63,3	68,1		55,5		61,0	54,2			58,8	53,2	57,7	53,4	C. R.
K. L.	64,0	61,0	58,8	64,6		57,3	49,2	48,2			48,7	52,3	47,8	51,8	49,9	K. L.
H. B.	64,2	70,7	62,7	66,6	61,3	64,9	59,7	62,5	61,7			62,2	60,1	65,5	66,5	H. B.
<i>Group I.</i>																<i>Groupe I.</i>
K. V.				100,1		80,6	79,9	80,2			81,5	91,6	80,5	79,5	76,5	K. V.
				86,6		72,3	77,3	80,2			84,0	82,1	70,9	75,9	71,6	
L. H.			84,8	84,2		89,0	82,6	93,5	87,5			81,5	88,1	90,5	84,8	L. H.
			83,6	89,7		99,0	96,0	100,9	96,6			87,7	89,8	96,2	91,0	
S. H.		85,5		105,0		97,0	74,7	64,8	68,9			82,5	79,7	92,7	88,9	S. H.
		90,7		92,5		99,9	73,5	66,3	65,8			81,4		90,1	87,6	
T. T.	71,8	62,6	70,1	71,6		70,0	69,0	68,6			72,2	72,5	64,5	52,5	58,3	T. T.
	79,0	66,9	74,0	79,3		66,4	72,0	59,5			77,1	66,5	57,7	51,2	54,5	

the same time as in the first and second tests. In other words a control of 2. value, which on the whole confirms the other.

Fourth number in the column is the new «max.» value which agrees with the first max. test in the cases of  $V_{37}$  and  $V_{62}$ . This means *that the max.  $O_2$ -uptake has not increased after 5 weeks of training, but the time during which the boys can work on the max. value has been prolonged.* Robinson & Harmon, 1941, found even after 24 weeks of intensive running 4 times a week, an increase in the max.  $O_2$ -uptake from 53 ml per min. per kg to 60 ml per min. per kg, (13,2 % increase). This might cause us to think more critically about the training effect on the max.  $O_2$ -uptake and also on the term itself: max.  $O_2$ -uptake.

It is difficult to say anything decisive about the max. BLC after the training period. The careful conclusion must be that it does not appear that the max. BLC (apart from a single case) changes after 5 weeks of training with the two training forms mentioned here.

If you look at the increase of the total quantity of work, you can speak of an average increase of 78 % for «the continuous group» but only 53 % for the «interval group». *Another striking observation.*

It should be mentioned that the average body weight remained unchanged during the training period and that the isometric muscle strength in the right knee extensor (measured after the training period) was practically the same with both groups (about 2,000 kg/cm) (compare Reindell's postulate,

When you find any decrease in the BLC in the standard work, it is in all probability due to the fact that a quicker mobilization of the anaerobic capacity has taken place. This rapidity perhaps is favoured by an increase of the capillaries or of the  $O_2$ -depots in form of oxyhemoglobin so that less demand is put on the anaerobic metabolism.

trées exactement en même temps que dans le premier et second tests. En d'autres mots, un contrôle de la valeur 2. qui, en somme, confirme l'autre:

Le quatrième numéro de la colonne est la nouvelle valeur «max» qui est d'accord avec le premier test max. dans les cas de  $V_{37}$  et  $V_{62}$ . Ceci veut dire *que l'absorption max de  $O_2$  n'a pas augmenté après 5 semaines d'entraînement, mais le temps pendant lequel les garçons peuvent travailler à la valeur max., a été prolongé.* Robinson & Harmon 1941, ont trouvé, même après 24 semaines de course intensive, 4 fois par semaine, une augmentation de l'absorption max. de  $O_2$ , de 53 ml par min. et par kg, à 60 ml par min par kg, (13,2 % d'augmentation). Ceci peut nous porter à discuter sur l'effet de l'entraînement sur l'absorption max. d' $O_2$  et, aussi, sur le terme lui même: absorption max. d' $O_2$ .

Il est difficile de dire quelque chose de décisif sur le «BLC» max. après la période d'entraînement. La conclusion prudente doit être qu'il ne semble pas que le «BLC» max. (à l'exception d'un seul cas) change après 5 semaines d'entraînement avec les deux formes d'entraînement ici mentionnées.

Si on regarde l'augmentation de la quantité totale de travail, on peut parler d'une augmentation moyenne de 78 % pour le «groupe de travail continu», mais seulement 53 % pour le «groupe de travail par intervalles». *C'est une autre observation frappante.*

On doit mentionner que le poids moyen du corps s'est conservé inchangé pendant la période d'entraînement et que la force isométrique du muscle dans l'extenseur droit du genou (mesurée après la période d'entraînement) était pratiquement la même chez les deux groupes (environ 2.000 kg/cm) (comparer au postulat de Reindell).

Quand on trouve quelque diminution du «BLC» dans le travail standard, cela est probablement dû au fait que la mobilisation plus rapide de la capacité anaérobie s'est produite. Cette rapidité est peut être favorisée par l'augmentation des capillaires ou par des dépôts de  $O_2$  sous forme d'oxyhémoglobine d'où résulte une moindre demande au métabolisme aérobie.

TABLE 2.

Oxygen uptake (STPD) l/min. (Measured in 25 and 26 min.)

Absorption de l'oxygène (STPD) l/min. (Mesurée pendant 25 et 26 min.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<i>Group C.</i>																<i>Groupe C.</i>
H. J.		2,46		2,38	2,35			2,15				2,19		2,20		H. J.
C. R.	2,65		2,61					2,59				2,56	2,45		2,39	C. R.
K. L.	2,82		2,64			2,65	2,44						2,50		2,64	K. L.
H. B.	2,68			2,70	2,57				2,63				2,59		2,54	H. B.
<i>Group I.</i>																<i>Groupe I.</i>
K. V.				2,72		2,72	2,68				2,60	2,88		2,68		K. V.
L. H.				2,54		2,32	2,46				2,36	2,33		2,38		L. H.
S. H.			3,55	3,04			2,89	2,88						3,00	2,91	S. H.
			2,95	2,84			2,82							2,81	2,79	
S. H.		2,86		2,91			2,71					2,80		2,56	2,70	S. H.
T. T.		2,94		2,60			2,68					2,44		2,37	2,52	T. T.
	2,76		2,79			3,06		2,83					2,66		2,72	T. T.
	2,52		2,93			2,71		3,64		2,57			2,64		2,58	

As previously mentioned, Christensen, 1960, Christensen et al., 1960, Åstrand et al., 1960, have in *Stockholm* made some careful experiments of the *intermittent work* in proportion to the *continuous work* and have as well examined how the system reacts to different forms of intermittent work, aerobic as well as anaerobic. From previous experiments examining whether it was work intensity or work quantity that resulted in the largest effect, Christensen is of the opinion, partly on basis of his own experiments (1931), partly on basis of Edwards et al, 1940, Petrow & Siebert, 1925, Siebert, 1925, that the more the training work loads the body at its max. capacity, the greater is the training effect, (Christensen, 1960). Opposing this, Petren et al., 1937, found there is an increase of the capillaries in the heart and muscle gastrocnemius when training young guinea pigs, in *proportion to the quantity of work*.

Comme il a été déjà mentionné, Christensen, 1960, Christensen et col., 1960, Åstrand et col., 1960, ont fait à *Stockholm* quelques expériences précises du *travail intermittent* en rapport avec le *travail continu* et on aussi examiné comment réagit l'organisme aux différentes formes de travail intermittent, aérobique aussi bien que anaérobique. Des expérimentations antérieures qui ont examiné si c'était l'intensité du travail où la quantité de travail qui produisait l'effet le plus grand, Christensen est de l'opinion, se basant en partie sur ses expériences antérieures (1931) et en partie sur celles de Edwards et col., 1940, Petrow & Siebert, 1925, Siebert, 1925, que plus le travail d'entraînement charge le corps à sa capacité max., plus grand est l'effet de l'entraînement (Christensen, 1960). S'opposant à cela, Petren et col., 1937, ont trouvé une augmentation des capillaires dans le cœur et le muscle gastrocnémien, en entraînant des jeunes cobayes, en *proportion à la quantité de travail*.



TABLE 3.

*Continuous training — Entraînement continu*

		V				V		Total work output Rendement total du travail	
		E BTPS				O <sub>2</sub> STPD			
		W	R 1	R 2	R 3	W	mg %	kgm	
HJJ	Before	107,3	81,4	54,8	37,6	3,03	153	1400 ×	5,67
	After	85,0	57,0	30,2	20,4	2,84	95	1400 ×	5,67
		90,5				3,04	(+ 38 %)	1400 ×	10,06
		105,8				3,13		1400 ×	10,06 (+ 87 %)
		96,6				2,84		1600 ×	3,87
	105,5				2,79		1600 ×	3,87	
CR	Before	(65,4)	77,0	58,9	43,2	(3,02)	144	1700 ×	4,12
	After	83,5	76,4	42,4	26,4	3,41	69	1700 ×	4,12
		83,2				3,38	(+ 52 %)	1700 ×	7,05
		88,8				3,35		1700 ×	7,05 (+ 70 %)
KL	Before	106,8	105,9		38,4	3,66	124	1700 ×	5,07
	After	84,7	71,0		38,3	3,56	73	1700 ×	5,07
		83,9				3,40	(+ 41 %)	1700 ×	9,00
		96,6				3,62		1700 ×	9,00 (+ 77 %)
HB	Before	86,8	77,8	59,5	39,8	2,72	92	1700 ×	2,93
	After	82,5	72,4	48,3	32,6	3,40	102	1700 ×	2,93
	Before	90,5				3,01	(÷ 6 %)	1800 ×	2,81
	After	89,7				3,24		1800 ×	2,81
						aver: of 1-3:	44 %	aver: og 1-3:	78 %

*Interval training — Entraînement intervallé*

KV	Before	104,5	76,5	56,4	36,1	3,29	92	1400 ×	6,43
	After	83,0	64,0	35,7	22,8	2,90	66	1400 ×	6,43
		83,2				3,27	(+ 28 %)	1400 ×	9,51
		96,0				3,22		1400 ×	9,51 (+ 48 %)
LH	Before	93,9	88,2	59,5	40,8	3,16	143	1700 ×	3,64
	After	93,9	82,8	42,6	29,6	3,18	85	1700 ×	3,64
		90,6				3,31	(+ 41 %)	1700 ×	5,09
		107,2				÷	119	1700 ×	5,09 (+ 40 %)
SHO	Before	116,7	88,8	70,5	51,1	3,67	118'	1700 ×	5,22
	After	94,5	67,4	42,3	24,3	3,58	76'	1700 ×	5,22
		99,0				3,16	(+ 36 %)	1700 ×	6,70
		102,0				2,98		1700 ×	6,70 (+ 28 %)
TT	Before	90,6	67,2	52,8	÷	3,31	117	1700 ×	4,81
	After	74,6	59,0	34,5	24,3	3,34	73	1700 ×	4,81
		74,6				3,46	(+ 38 %)	1700 ×	9,58
		89,6				3,47		1700 ×	9,58 (+ 100 %)
						aver:	36 %	aver:	53 %

' Blood taken 13 min. after end of the work. Normally it is taken 7 min. after.

Le sang est pris 13 min. après la fin du travail. Normalement il est pris 7 min. après

This whole problem about intensity and quantity, should be taken up for re-examination and study. It must be decided which function you want to examine, on what kind of work the training effect is to be measured (on the training work itself or on a standard work) and you must take care that in comparing experiments you must keep one of the factors constant. That has just been done in our experiment, the total quantity of work mentioned being equal for the two training groups, while on the other hand, the intensity in the work periods was twice as great for the «interval group» as for the «endurance group».

Without drawing any decisive conclusion from this insufficient material I have tried to present here, I must express my surprise that work, such as the interval work, which demands so much of the anaerobic metabolism (measured by BLC), does not give a clearly greater reduction of the standard work. It does not quite harmonize with the common hypothesis about training effect which has been advanced by various writers (compare Christensen, 1960). However more experiments with considerably more subjects who are also accustomed to laboratory work, control groups, control tests made more frequently during the training, and a comparison of different forms of interval training versus different forms of continuous training, will undoubtedly illustrate the problem more clearly (neither of those two programmes claims to be the most effective within its training form).

#### Conclusion

If a similar examination on a larger scale confirms this experiment, then it means that you should not recommend interval training as being a particularly effective or pleasant training form compared to the more moderate and at least equally effective continuous training form. This is specially true for people whose motivation you suspect not to

Tout ce problème sur l'intensité et la quantité, devrait être repris pour être réexaminé et étudié. On doit décider quelle fonction nous désirons examiner, de quelle espèce de travail on doit mesurer l'effet de l'entraînement (le travail d'entraînement lui-même ou un travail standard) et on doit prendre soin de maintenir constant un des facteurs, en comparant les expériences. Cela a été justement fait dans notre expérience, la quantité totale de travail mentionné étant égale pour les deux groupes entraînés, tandis que, de l'autre côté, l'intensité pendant les périodes de travail a été le double pour le «groupe de travail par intervalles» comparé au «groupe de résistance».

Sans tirer aucune conclusion décisive de ce travail expérimental insuffisant que j'ai essayé de présenter ici, je dois exprimer ma surprise de constater que le travail tel que le «travail par intervalles» qui exige tant du métabolisme anaérobie (mesuré par le «BLC») ne donne pas une réduction nettement plus grande du travail standard. Cela ne s'harmonise pas complètement avec l'hypothèse commune sur les effets de l'entraînement qui ont été avancés par plusieurs auteurs (comparer avec Cristensen, 1960). Cependant, plus d'expériences avec beaucoup plus de sujets qui sont aussi habitués aux travaux de laboratoire, groupes de contrôle, tests de contrôle plus fréquents pendant l'entraînement et la comparaison de différentes formes d'entraînement par intervalles, à l'opposé des différentes formes d'entraînement continu, doivent sans doute illustrer plus clairement le problème (aucun de ces deux programmes ne demande d'être le plus effectif dans sa forme d'entraînement).

#### Conclusion

Si un examen similaire, à une échelle plus large, confirme cette expérience, alors cela signifie qu'on ne doit recommander l'entraînement par intervalles comme étant une forme d'entraînement particulièrement effective ou agréable, comparée à la forme d'entraînement continu, plus modérée et au moins également effective. Ceci est spécia-

be so great. This is of great importance to P. E. Instructors as you cannot expect all school-boys to be well motivated.

lement vrai pour les personnes chez lesquelles on soupçonne une moindre motivation. Cela est de grande importance pour les instructeurs d'E.P., vu qu'on ne peut pas espérer que tous les écoliers soient bien motivés.

#### REFERENCES — RÉFÉRENCES

- Asmussen, E. & Christensen, E. H. (1964). *Kompendium i legemsøvelsernes specielle teori. Københavns Universitet.*
- Bang, O. (1936). *Undersøgelser over mælkesyren i blodet ved muskelarbejde. Levin & Munksgaard. København.*
- Christensen, E. H. (1931). *Beiträge zur Physiologie schwerer körperlicher Arbeit. Munksgaard, København.*
- Christensen, E. H. (1956). *Lactic acid, circulatory and ventilatory rate during continuous and discontinuous work of extreme high intensity. Abstracts of comm. XXth. intern. Physiol. Congr. Brussels, 175.*
- Christensen, E. H. (1960). *Intervallararbeit und Intervalltraining, Int. Zeit. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 18: 345-356.*
- Christensen, E. H., R. Hedman and J. Holmdahl (1960 a). *The influence of rest pauses on mechanical efficiency, Acta Physiol. scan. 48, 443-447.*
- Christensen, E. H., R. Hedman and B. Saltin (1960 b). *Intermittent and continuous running. Acta physiol. scand. 50: 269-286.*
- Christensen, E. H. (1961). *Neue Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der Sportsmedizin. Intervallararbeit. Sportsmedizin, 11.*
- Dill, D. B., H. T. Edwards, E. V. Newmann, and Margaria (1937). *Analysis of recovery from anaerobic work. Arb. Physiol. 9: 299-307.*
- Edwards, H. T., L. Brouha and R. T. Johnson (1939). *Effect de l'entraînement sur le taux de l'acide lactique au cours du travail musculaire. Le travail humain, 8:1. cit. from Johnson, R. V. (1960). Science and medicine of exercise and sports, Harper Brother Publ. New York, Chap. 21.*
- Gallagher, J. R. and L. Brouha (1943). *The evaluation of athletic programmes by means of fitness tests. Yale J. Biol. & Med. 15: 657-670.*
- McIlroy, M. B., R. Marshall and R. V. Christie (1954). *Clin. Sc. 13: 127-136.*
- Nett, T. (1964). *Bericht über den gemeinsamen IV. Kongress der international Track and Field Coaches Association. Duisburg. Verlag Bartels & Wernitz, Berlin.*
- Nielsen, M. (1936). *Die Respirationsarbeit bei Körperruhe und bei Muskelarbeit. Skand. Arch. Physiol. 74: 299-316.*
- Petrén, T., T. Sjöstrand und B. Sylvén (1937). *Der Einfluss der Trainings auf die Häufigkeit der Capillaren in Herz- und Skelettmuskulatur. Arb. Physiol. 9: 376.*
- Petrow, H. und W. Siebert (1925). *Studien über Arbeitshypertrophie des Muskels., Z. klin. Med. 102: 428-433.*
- Reindell, H., H. Roskamm und W. Gerschler (1962). *Das Intervalltraining. Barth Verlag. München.*
- Robinson, S. and P. Harmon (1941). *The lactic acid mechanism and certain properties of the blood in relation to training. P. Am. Physiol. 132: 757-769.*
- Siebert, W. (1929). *Untersuchungen über Hypertrophie des Skelettmuskels, Z. klin. Med. 109: 350-359.*
- Åstrand, P. O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard. København.*
- Åstrand, P. O. (1956). *Human physical fitness with special reference to sex and age. Physiological Review, 36: 307-335.*
- Åstrand, I., E. H. Christensen and R. Hedman (1960 a). *Intermittent muscular work, Acta physiol. Scan. 48: 448-453.*
- Åstrand, I. (1960 b). *Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta physiol. Scand. 1960. Suppl. 169.*