



ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL PAPER

UM MÉTODO NÃO INVASIVO PARA DETERMINAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBICO EM CRIANÇAS E ADULTOS SEDENTÁRIOS

A NONINVASIVE METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE ANAEROBIC THRESHOLD IN CHILDREN AND SEDENTARY PERSONS

Georgine Gaisl

Peter Hofmann

Department of Exercise Physiology
Institute of Sports Sciences
University Graz, Graz - Austria

RESUMO

GAISL, G. e HOFMAN, P. Um método não invasivo para determinação do limiar anaeróbico em crianças e adultos sedentários. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, vol.3, nº3, pp. 42-50, 1989.

A determinação não invasiva do limiar anaeróbico (LA), de acordo com Conconi, foi inicialmente desenvolvida como teste de campo para corredores de elite. Propusemos a modificação do teste original de Conconi para condições laboratoriais e de campo de forma que possa ser aplicada em crianças.

Com o objetivo de obter curvas fidedignas de frequência cardíaca em adultos sedentários, consideramos ser necessário a adoção de certos critérios para determinação da carga: 1. a carga inicial deve ser ajustada de acordo com o nível de performance do avaliado; 2. o número de fases de carga deve estar entre 12 e 16; 3. o tempo total de teste não deve exceder 15 minutos; 4. a taxa de incrementos das fases de carga deve ser adequada à capacidade individual de desempenho.

Uniterms: limiar anaeróbico, teste de Conconi,

INTRODUÇÃO

O teste de Conconi original (3) é um teste de campo relativamente simples para a determinação não invasiva do limiar anaeróbico (LA) através da análise da curva de frequência (FC) durante carga de trabalho progressivo. O avaliado deve percorrer distância de 200

ABSTRACT

GAISL, G. and HOFMANN, P. A noninvasive method for the determination of the anaerobic threshold in children and sedentary persons. Brazilian Journal of Science and Movement, vol.3, nº3, pp. 42-50, 1989.

The noninvasive determination of the anaerobic threshold (AT) according to Conconi has primarily been developed for top runners as a field test. We have modified this original Conconi test for laboratory conditions and field conditions in such a way that it can be used in children. In order to obtain analyzable heart rate curves in sedentary adults, we found that it is necessary to adhere to certain loading criteria: 1. the initial load should be adjusted to the performance level of the test person; 2. number of load phases should be between 12-16; 3. total testing time should be no longer than 15 minutes; 4. rate of increments of load phases should be coordinated with the individual performance capacity.

Uniterms: anaerobic threshold, Conconi test.

The original Conconi test (3) is a relatively simple field test for the noninvasive determination of the anaerobic threshold (AT) through heart rate (HR) curve analysis during increasing work load. The test person has to run 200m distances without a brake, and speed is

Submetido para publicação em: 17.10.88
Aprovado em: 05.04.89

* Trabalho enviado originalmente em inglês



metros sem interrupção e a velocidade é aumentada em 0,5 km/h a cada 200 metros até que seja atingido o máximo do indivíduo. Conconi desenvolveu e utilizou este teste em atletas de elite. O procedimento original do teste não é aplicável em indivíduos sedentários e em crianças porque eles não podem controlar seu ritmo adequadamente. Por esta razão desenvolvemos modificações no teste de Conconi, tanto para condições de campo, quanto laboratoriais - em esteira rolante e bicicleta ergométrica - com resultados aplicáveis mesmo para crianças ou indivíduos sedentários (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

O teste de Conconi é baseado no princípio que durante um aumento de carga definido existe uma relação linear entre FC e a carga somente na parte média da curva de frequência cardíaca - entre aproximadamente 120-170 batimentos por minuto (15). De acordo com Conconi a deflexão da linearidade na sessão superior da curva da frequência cardíaca está correlacionada com LA.

MODIFICAÇÃO DO TESTE DE CONCONI PARA CRIANÇAS

INVESTIGAÇÕES EM BICICLETA ERGOMÉTRICA.

A carga inicial de trabalho foi de 0 watts por 3 minutos como uma fase de aquecimento. Logo após a carga recebeu incremento de 10 watts a cada minuto até que fosse atingido o máximo de cada avaliado. Antes, durante e nos 3 primeiros minutos após o exercício a FC foi continuamente medida com um "SPORT TESTER" PE 300 da Polar Electro e registrada em intervalos de 5 segundos. Ao final do exercício foram registradas as frequências cardíacas do final de cada minuto de carga. Os resultados foram determinados graficamente para que fosse localizado o ponto de deflexão da linearidade da FC (fig. 1).

increased 0,5 km/h every 200 m until the subject's maximum is attained. Conconi developed and used this test in top athletes. The original test procedure cannot be applied to sedentary persons and children because they cannot check their time well enough. Therefore, we have developed modifications of the Conconi test for field conditions as well as for the laboratory (treadmill and bicycle ergometer) that yield useful results even for children and untrained persons (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

The Conconi test is based on the principle that during a defined load increase, HR shows only in the middle section of the heart rate curve a linear relation to load (between approx. 102-170 beats/min.) (15). According to Conconi, deflection from linearity in the upper section of the heart rate curve correlates with AT.

MODIFICATIONS OF THE CONCONI TEST FOR CHILDREN

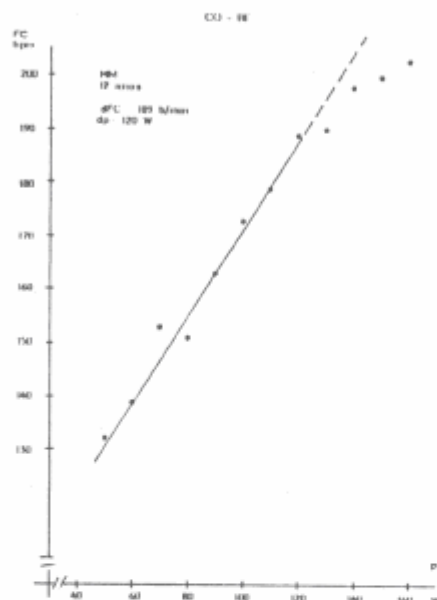
INVESTIGATIONS ON THE BICYCLE ERGOMETER

The initial work load level was 0 W for 3 min. as a warming-up phase. After that the load was increased every minute by 10 W until each subject's maximum was attained. Before, during and in the first 3 min after the exercise, HR was registered continually with a sport tester PE 300 of Polar Electro and stored in 5-s intervals. At the end of the exercise, HR stored at the end of each load minute was noted. The results were determined graphically to find the point deflection from linearity of HR (fig. 1).



FIGURA 1 - Curva de frequência cardíaca e limiar anaeróbico (bicicleta ergométrica).

dFC - deflexão da frequência cardíaca
dP - deflexão da potência



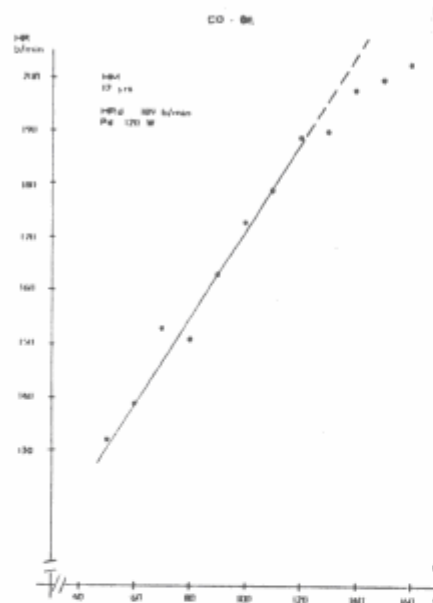
Em estudo longitudinal foram avaliadas crianças de 11 anos de idade ($n=64$) e foi obtida uma alta correlação entre a FC no limiar de Conconi e a FC no limiar do lactato (8,9).

INVESTIGAÇÕES EM ESTEIRA ROLANTE

Após 3 minutos de aquecimento com a esteira a uma velocidade de 6 km/h e um grau de inclinação de 5%, a velocidade foi gradualmente aumentada em 0,5 km/h a cada 200m (indicador de metragem na esteira) até que fosse atingido o máximo de cada aluno. Foram medidas: a frequência cardíaca e o tempo de corrida para cada distância de 200m e registrados em intervalos de 5 segundos com um "SPORT TESTER". Os resultados computados foram imediatamente tabulados e impressos por um computador Canon X-07 e uma impressora Canon X-710. Com

FIG. 1 - Heart rate curve and anaerobic threshold (bicycle ergometer)

HR_d = deflection heart rate
P_d = deflection power



In the course of a longitudinal study, 11-year old children ($n=64$) were tested and a high correlation between HR at the Conconi threshold and HR at the lactate threshold was found (8,9).

INVESTIGATIONS ON THE TREADMILL

After 3-min warming-up phase with a treadmill speed of 6 km/h and with a 5% upgrade, the speed was gradually increased 0,5 km/h every 200m (meter indicator on the treadmill) until each pupil's maximum was reached. HR as well as running time for every 200m distance was monitored and stored in 5-s intervals with a sport tester. The stored results were immediately drawn and printed by a Canon X-07 computer and a Canon X-710 printer. With the given heart rate curve and the speed data, the deflection point and AT could be determined (fig.2).



os dados de velocidade e curva de frequência cardíaca foram determinados os de deflexão e o limiar anaeróbico (fig. 2)

FIGURA 2 - Curva de frequência cardíaca e limiar anaeróbico (esteira rolante) dFC - deflexão de frequência cardíaca dV - velocidade de deflexão.

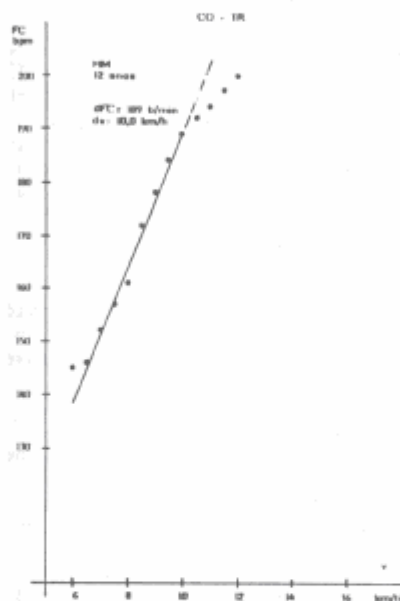
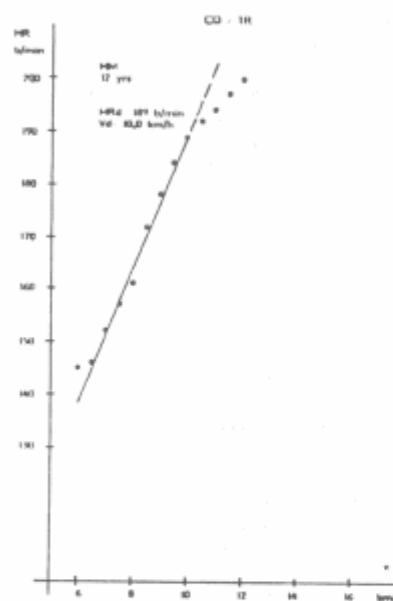


FIG. 2 - Heart rate curve and anaerobic threshold (treadmill) HR_d = deflection heart rate V_d = deflection velocity



INVESTIGAÇÃO DE CAMPO

Crianças e indivíduos não treinados não são capazes de cobrir todo o percurso de 200m com uma velocidade constante e então aumentá-la gradualmente. Portanto o teste de Conconi original não é aplicável nesta população.

Ensinar crianças a controlar o ritmo de corrida é um processo desgastante, desta forma tentamos mostrar às crianças o ritmo exato utilizando várias estratégias de apoio.

Podem ser utilizados equipamentos dotados de cronômetro que controlam o ritmo através da emissão de sinais verbais, colocados a distâncias regulares, ou um ciclista com um tacômetro insta-

FIELD INVESTIGATIONS

Children and untrained persons are not able to run the entire 200m distance with a constant speed and then to increase it gradually. Therefore the original Conconi test cannot be used in these persons.

Teaching the children how to check the time is a tedious process. Therefore we have tried to give the children the exact time by offering various aids. "Time controllers" with a stop watch who can control the time by giving verbal signals can be posted at regular distances, or a cyclist with a tachometer on the handle-bar can ride in front of the runner, or similar methods can be used.



lado no guidão da bicicleta poderia ir a frente do corredor, ou ainda métodos similares.

Controlar o ritmo através de computador é menos complicado e mais científico. Temos nos defrontado com este problema por um longo tempo, visto que este é importante para o desempenho prático do teste de Conconi. Após um tempo maior de ensaio desenvolvemos o seguinte método:

em uma pista de atletismo de 400m são colocados sinais com giz, fita adesiva, cones em intervalos iguais de 20m. Os corredores empunham pequenos computadores ou os têm atados a seus corpos. Estes computadores são programados de tal forma que "bipam" em intervalos de tempo regulares. Devido à maneira como o programa é ajustado, o tempo dos 200 m pode ser dividido em 10 intervalos iguais. Após cada um destes intervalos um "bip" pode ser ouvido. Os avaliados devem ajustar seus ritmos pelos sinais, no momento exato que o "bip" ocorre.

Após terem percorrido os primeiros 200 metros, o tempo de corrida para os 200 metros seguintes é reduzido em 2 segundos. O programa subdivide novamente o novo tempo em 10 intervalos iguais (caso os avaliados corram muito depressa, o sinal vem depois, se correm muito de vagar, o sinal vem antes). Assim é possível para os avaliados percorrerem as várias distâncias de 200 metros com uma velocidade constante e ajustar seus ritmos regularmente.

Durante o teste de campo a FC e o tempo de corrida foram registrados continuamente com o "SPORT TESTER" e analisados pelo computador (figura 3).

Concluímos que para crianças a de terminação invasiva do LA pode ser substituída pela nossa proposta do teste de Conconi modificado.

MODIFICAÇÕES DO TESTE DE CONCONI PARA INDIVÍDUOS NÃO TREINADOS.

Em adultos sedentários não encontramos o ponto de deflexão em todo indivíduo avaliado aplicando o procedimento descrito anteriormente.

Ocorrem os seguintes problemas metodológicos: na bicicleta ergométrica o teste foi muito longo e portanto, os

Giving the time with a computer is less complicated and more scientific. We have dealt with this problem for a long time already, as it is important for the practical performance of the Conconi test. After a longer testing period we have developed the following method: on a 400m athletic track signs are put (with chalk, adhesive tape; cones) at equal distances of 20m. The runners hold small computer in their hands or have them fastened on their bodies. These computers are programmed in such a way that they beep in certain time intervals. Due to the way the program is set up, the 200m time can be divided into 10 equal intervals. After each of these intervals a "beep" can be heard. The test persons have to try to check their time so that they pass the various 20m signs at the very moment the beeping occurs. After they have run the first 200m, the running time for the following 200m is reduced by 2 seconds. The program again subdivides the new, reduced time for the next 200m distance into 10 equal intervals (in case the test persons run too quickly, the signal comes after, if they run too slowly, before the sign). Thus it is possible for the test persons to run the various 200m distances with a constant speed and to increase their time regularly.

During the field test, HR and running time were registered continually and stored with the sport tester, and afterwards analyzed the computer (fig.3).

In conclusion, in children the invasive determination of AT can be substituted by our modifications of the Conconi test.

MODIFICATIONS OF THE CONCONI TEST FOR UNTRAINED PERSONS.

In sedentary adults we could not find the deflection point in every test person with our test procedure described above.

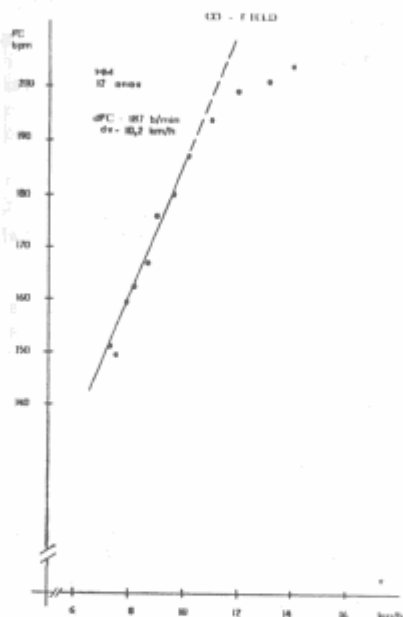
There were the following methodological problems:

on the bicycle ergometer the test was too long, and therefore the results were falsified due to the influences of fatigue on the treadmill the time for the first 200m distances was too long; in the field the 200m distance was too long.



resultados foram falseados devido a influência da fadiga. Na esteira rolante o tempo para as primeiras distâncias de 200m foi muito longo e no campo a distância de 200m também foi muito longa.

FIGURA 3 - Curva de frequência cardíaca e limiar anaeróbico (investigação de campo).
dFC - deflexão da frequência cardíaca.
dV - velocidade de deflexão.



Portanto iniciamos um estudo metodológico e neste estudo apresentamos a primeira parte dos resultados.

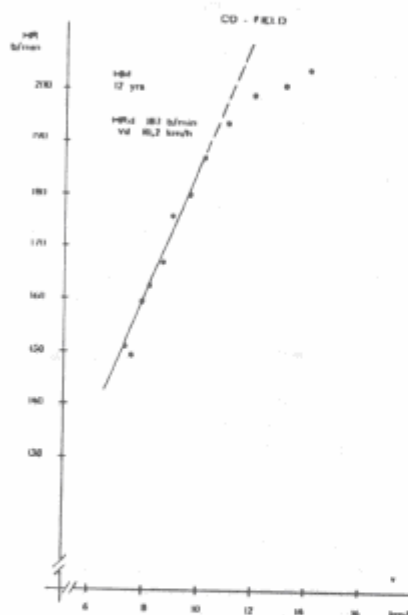
Para obtenção de curva de frequência cardíaca passíveis de análise é necessária a adesão de certos critérios para a dosagem de carga.

1. Carga Inicial

A carga inicial indicada no protocolo original-60 segundos para 200 metros = 12km/h e para indivíduos não treinados já na faixa acima de LA. A FC deve ser o ponto de referência para o estabelecimento da carga inicial: deveria ser de aproximadamente 120 a 130 batidas por minuto. No final da primeira fase de carga: a qual marcaria o início do aumento linear da cur

FIG.3 - Heart rate curve and anaerobic threshold (field investigation)

HR_d - deflection heart rate
V_d - deflection velocity.



Therefore we started a methodological study. In this paper we present the first part of this results:

In order to obtain analyzable heart rate curves, it is necessary to adhere to certain loading criteria:

1. Initial load

The initial load of the original test procedure (60s for 200m=12km/h) is for untrained people already in the range above AT. HR has to be the guide line for the initial load; it should be approx. 120-130 beats/min at the end of the first load phase which would mark the beginning of the range of linear increase of the HR curve (13,15).

The degree of initial load for untrained people is approx. the following:



va de FC (13,15).

A dosagem da carga inicial para indivíduos não treinados é aproximadamente a seguinte:

- . Laboratório - bicicleta ergométrica : 40 a 80 W.
- . Laboratório - esteira rolante: de 6 a 10 km/h com 5% de inclinação.
- . Teste de campo - 80 a 90 segundos por 200 metros.

2. Número de fases de carga.

Para obtenção de uma curva de frequência cardíaca reprodutível é adequado a aplicação de várias fases de carga. Conconi acredita que o número ótimo deve ser de 12 a 16 fases (3). Este número tem se mostrado ideal também para pessoas sedentárias.

3. Tempo total do teste

O tempo total de teste para pessoas sedentárias não deveria exceder os 15 minutos de outra forma, haveria influência de fadiga na FC e conseqüentemente os resultados do teste seriam duvidosos(1,11).

4. Taxa de incremento nas fases de carga.

Para ser capaz de manter o tempo de teste total desejado, quando o número de fases de carga é pré-determinado e a carga inicial é definida, é necessário adaptar a taxa de incremento à aptidão física de cada avaliado. A parte da carga inicial (facilmente determinada após a fase de aquecimento) e da carga máxima, a taxa de incrementos podem ser calculadas através da equação:

$$\text{taxa de incremento} = \frac{\text{carga máxima} - \text{carga inicial}}{12 - 16}$$

Exemplo: se um indivíduo do sexo masculino, de 45 anos de idade tem uma média de desempenho de aproximadamente 240W, ele deve ser testado com uma carga inicial de 50W com 12 fases de carga e um incremento de carga de 15W pode ser calculado.

Referência para estabelecimento de fases de carga para indivíduos não treinados:

- Laboratório - bicicleta ergométrica - 10 a 20 wats.
- Laboratório - esteira rolante - 0,5km/h com inclinação de 5%
- Campo - 3,5 segundos por 200 metros.

Laboratory - bicycle ergometer: 40 to 80 W

Laboratory - treadmill: 6 to 10km/h at a 5% upgrade

Field test - 80 to 90 s per 200m.

2. Number of load phases

In order to obtain a reliable heart rate curve, it is best to choose many load phases. Conconi believes the optimal number to be 12-16 phases(3). This number has been shown to be ideal for sedentary people as well.

3. Total testing time

The total test for sedentary people should not last longer than 15 min., otherwise there would be influence of fatigue on HR and consequently a falsification of test results(1,11).

4. Rate of increments of load phases

To be able to keep to the desirable total testing time when the number of load phases is given and an initial load is defined, it is necessary to adapt the rate increments to each test person's physical fitness. From the initial load (easily determined after the warming-up phase) and the assessable maximum load, the rate of increments can be calculated thus:

$$\text{rate of increment} = \frac{\text{max load} - \text{initial load}}{12 - 16}$$

Example: if a 45 year old man an average maximum performance of approx. 240W is to be tested with an initial load of 80 W and with 12 load phases, a load increment of 15 W can be calculated.

Guide lines for load phases for untrained people:

- Laboratory - bicycle ergometer: 10 to 20W
- Laboratory - treadmill: 0,5 km/h at a 5% upgrade
- field - 3,5s per 200m

5. Length of load phases

It has been shown that at least 60s are necessary for the first load phase in order for HR to reach a level adequate to the degree of loading (12). If the first phase is shorter than a minute, test results are distorted and measured performance levels at AT are too high(14). After the initial phase, HR adapts more quickly to the following smaller load increments (e.g. 3s per 200m). A time of approx. 30s is a lower limit of load



3. Duração das fases de carga

Já foi demonstrado que pelo menos 60 segundos são necessários para a 1ª. fase de carga para que a FC atinja o nível adequado à carga (12). Se a primeira fase tem duração menor que um minuto, os resultados do teste serão distorcidos e os níveis de desempenho medidos no LA serão muito altos (14). Após a fase inicial, a FC se adapta mais rapidamente aos incrementos menores de carga seguintes (exemplo: 3 segundos por 200 metros). Um tempo de aproximadamente 30 segundos é o limite mais brando de duração de carga por fase. Portanto, utilizamos um minuto por fase no laboratório em bicicleta ergométrica e esteira rolante e reduzimos a distância de corrida para crianças e indivíduos não treinados de 150 ou 100 m (redução no tempo total do teste).

CONCLUSÕES

A determinação invasiva do limiar anaeróbico em crianças e adultos sedentários pode ser substituído pelo nosso testes de Conconi modificados. A determinação do limiar de Conconi não é tão complexo e dispendioso como a medição do limiar de lactato. Além do mais este não depende como na determinação de lactato da quantidade de glicogênio armazenado nos músculos durante o teste. Os resultados da medição do LA através do lactato são falseados em caso de empobrecimento do glicogênio do avaliado durante o teste, o que ocorre após corridas de longa distância ou quando o indivíduo está sob dieta hipoglicêmica (2). Uma vantagem adicional parece ser a aplicação de nosso procedimento de teste em investigações em larga escala, as quais poderiam ser aplicadas sem o material e equipamento de alto custo que seriam necessários para uma determinação invasiva do LA.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela subvenção nº6961 do Austrian Research Fund (Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung).

duration per phase. Therefore we use a minute per phase in the laboratory on the bicycle ergometer and also on the treadmill, and we reduce the running distance for children and for untrained people to 150 or 100m (reduction of the total testing time).

CONCLUSIONS

The invasive determination of AT can be substituted in children and in untrained adults by our modified Conconi test. The determination of the Conconi threshold is not as complicated and expensive as the determination of the lactate threshold. Furthermore, it does not, like the lactate determination, depend on how much glycogene is stored in the muscle during testing. Lactate AT measurement results get falsified in case of glycogene impoverishment in a test person, which occurs after long distance runs or when a person is on a diet which is low in carbohydrates (2). An additional advantage seems to be the application of our test procedure in large-scale investigations which could be carried out without the expensive equipment and materials that would be needed for an invasive determination of AT.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Grant No. 6961 from the Austrian Research Fund (Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. BUNC, V.; SPRYNAROVA, S.; HELLER, J. and ZDANOWICZ, R. Possibilities of application of anaerobic threshold in work physiology: II. Methods of determining of anaerobic threshold. *Pracovní Lékarství*, 36: 127-133, 1984.
02. BUSSE, M.W.; MAASSEN, N. and BÖNING, D. Die leistungslaktat-kurve-Kriterium der aeroben Kapazität oder Indiz für das Muskelglykogen? In: H. RIECKERT (ed.): *Sportmedizin-Kursbestimmung*, Springer Verlag Berlin. 455-467, 1987.
03. CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G., DROGHETTI, P., et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. Appl. Physiol.*, Bethesda, 52: 869-873, 1982.
04. GAISL, G. and HOFMANN, P. Modification of the Conconi test for children. *Proceedings of the Olympic Scientific Congress in Seoul 1988* (in press).
05. GAISL, G. and HOFMANN, P. Modifications of the Conconi test for children and untrained persons in the laboratory and in the field. *Proceedings of the International Society of Comparative Physical Education and Sports Conference in Hong Kong* (in press).
06. GAISL, G.; HOFMANN, P. and BUNC, V. Methodical study of the application of the modified Conconi test in sports for the aged. *Proceedings of the International Council for Physical Fitness Research Symposium*, Osaka 1988 (in press).
07. GAISL, G. and WIESSPEINER, G. A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children. *Int. J. Sports Med.* 9: 41-44, 1988.
08. GAISL, G. and WIESSPEINER, G. Comparison of heart rates at the anaerobic threshold determined invasively and noninvasively in eleven year old children. *Pediatric Work Physiology Symposium XIII Hurdal* (Norway) 1987.
09. GAISL, G. and WIESSPEINER, G. Eine unblutige methode zur bestimmung der anaeroben schwelle bei kindern. *Leistungssport*, 17(3): 27-29, 1987.
10. GAISL, G.; WIESSPEINER, G.; NEUHOLD, Ch. and HOFMANN, P. Zur praktischen durchführung des Conconi tests im feld bei kindern. *Leistungssport* 17, 6: 47, 1987.
11. HOFMANN, P. and GAISL, G. Der Conconi test und seine praktische anwendung. *Condition* 19 (7): 18-19, 1988.
12. ISRAEL, S. *Sport und Herzschlagfrequenz*. J.A. Barth Leipzig, 1982.
13. JAKOB, E., BERLIS, M.; HUBER, G.; GLITTENBERG, K. and KEUL, J. Die Bestimmung der anaeroben schwelle mittels des Conconi tests in labor und feldversuchen. In: H. RIECKERT (ed.): *Sportmedizin - Kursbestimmung*, Springer Verlag Berlin. 683-687, 1987.
14. SPRYNAROVA, S.; BUNC, V. and PETRILKOVA, Z.: Influence of a continuously increasing work rate on maximal aerobic power. *Physiologia bohemoslovaca*, 34: 280-281, 1985.
15. TIEDT, N.; WOHLGEMUTH, B. and WOHLGEMUTH, P. Die statische kernlinie der belastungsfrequenz. *Med. und Sport*, 13(3): 87-94, 1973.

Endereço do Autor/Author Address

Georgine Gails
Dept. of Exercise Physiology
Inst. of Sports Sciences
Univers. Graz, Graz
Austria