

ELİT FUTBOLCULARDA EKOKARDİYOĞRAFİK ÖZELLİKLER - AEROBİK VE ANAEROBİK ÖZELLİKLERLE İLİŞKİ

Bedrettin AKOVA*, Hakan GÜR*, Dilek YEŞİLBURSA**, O. Akın SERDAR**

ÖZET

Bu çalışma 20-33 yaşlarındaki (25.4 ± 4.5 yıl) elit futbolcuların ekokardiyografik özelliklerini belirlemek ve bu özellikler ile aerobik ve anaerobik özellikler arasındaki ilişkileri araştırmak amacı ile düzenlendi. Çalışmaya 7-23 yıldır (14.3 ± 4.5 yıl) antrenman yapan 18 elit erkek futbolcu gönüllü olarak katıldı. Bütün deneklere maksimal oksijen tüketim ve Wingate testleri uygulandı. Ayrıca ekokardiyografik değerlendirmeler yapıldı. Değişkenler arasındaki ilişkileri görmek için kısmi korrelasyon analizi kullanıldı. Deneklerin büyük bölümünde kalbin boyutları normal sınırlar içindeyken % 44'ünün kalbinde eksantrik hipertrofi yönünde değişim göze çarpmaktaydı. Ekokardiyografik değişkenler ile oyuncuların aerobik ve anaerobik test sonuçları arasında istatistiksel anlamlı ilişkiler gözlemlenmedi. Bu bulgular ışığında, sezon öncesi temel alındığında bu çalışma için gönüllü olan futbolcuların kalplerinde eksantrik hipertrofi ağırlıklı bir değişim olduğu, aerobik ve anaerobik özelliklerin kardiyak yapı ile ilişkisi olmadığı sonucuna varıldı.

Anahtar sözcükler: Maksimal oksijen tüketimi, zirve güç, kalbin boyutları

SUMMARY

ECHOCARDIOGRAPHIC CHARACTERISTICS IN ELITE SOCCER PLAYERS - RELATIONSHIPS WITH AEROBIC AND ANAEROBIC FEATURES

This study was designed to determine the echocardiographic characteristics of elite soccer players, aged 20 to 33 years (25.4 ± 4.5 years), and to investigate the relationships between their echocardiographic findings

* Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Spor Hekimliği Bilim Dalı, Bursa

** Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Bursa

and aerobic and anaerobic features. Eighteen elite male soccer players who were training for 7 to 23 years (14.3 ± 4.5 years) volunteered for the study. Maximal oxygen consumption and Wingate tests were applied to each subject. Echocardiographic examinations were also performed. Partial correlation analysis was used to detect the relationships between the variables. Although 44 % of the players displayed changes associated with eccentric hypertrophy, cardiac dimensions were found to be within normal limits. There was no statistically significant correlation between echocardiographic variables and, aerobic and anaerobic test results. In the light of the findings, it can be concluded that, based on pre-season evaluation of soccer players who volunteered for this study, aerobic and anaerobic features did not relate with cardiac structure.

Keywords: Maximal oxygen consumption, peak power, heart dimensions

GİRİŞ

Düzenli ve uzun süreli antrenmanlar sonucunda kardiyak boyutlarda bazı değişiklikler oluşmaktadır (9,13,14,21). Sporcu kalbi olarak da nitelendirilen bu değişiklikler spor branşlarına göre bazı farklılıklar göstermektedir (7,12). Düzenli yapılan antrenmanların sonucunda oluşabilecek kardiyak değişiklikler üzerinde etkili olan faktörler arasında yapılan sporun tipi, süresi, şiddeti, cinsiyet, genetik ve vücut kompozisyonu sayılmaktadır (7,12,21). Futbol gibi aerobik ve anaerobik aktivitelerin yoğun olduğu spor branşlarında sıklıkla sol ventrikül iç çapında (eksantrik hipertrofi) ve sol ventrikül duvar kalınlığında bir artış (konsantrik hipertrofi) gözlenmektedir (7).

Birçok takım sporunda olduğu gibi futbolda da aynı takımda yer alan sporcular arasında aerobik ve anaerobik özellikler bakımından bazı farklılıklar izlenmektedir (2,16). Bu nokta dikkate alındığında farklı antrenman düzeyine sahip olan sporcuların kalplerinde de antrenmana bir yanıt olarak bazı farklılıklar ortaya çıkması beklenebilir. Dinamik aerobik ve anaerobik sporlara katılanlarda ağırlıklı olarak sol ventrikül iç çapının artması (eksantrik hipertrofi), statik aktivitelerin yoğunlukla yapıldığı spor branşlarının sporcularında ise ağırlıklı olarak duvar kalınlıklarının artması (konsantrik hipertrofi) buna işaret etmektedir (7). Kalbin boyutlarındaki bu değişimin sporcuların aerobik ve anaerobik özellikleri ile olan ilişkisi ise halen tartışmalı bir konudur. Futbolcuların da dahil olduğu değişik branşlardan sporcular üzerinde yapılan bir

araştırmada aerobik kapasitenin bir göstergesi olan maksimal oksijen tüketiminin sol ventrikül kitle indeksi ile yakından ilişkili olduğu bulgusuna (5) karşın literatürde maksimal oksijen tüketimi ile sol ventrikül indeksi arasında ilişki tespit edemeyen çalışma sonuçlarına da rastlanmaktadır (4).

Bu çalışma ile aynı takımda oynayan elit futbolcularda sezon öncesi itibari ile ekokardiyografik özelliklerin belirlenmesi ve bu özelliklerin sporcuların aerobik ve anaerobik özellikleri ile olan ilişkilerinin ortaya konması amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Denekler: Çalışmaya Türkiye 1. Futbol liginde yer alan bir profesyonel takımın 18 futbolcusu gönüllü olarak katıldı. Futbolcular sezon öncesi sağlık kontrollerine gelen ve hiçbir sağlık sorunu olmayan sporcular arasından seçildi. Futbolcuların üçü kaleci, yedisi defans, dördü orta saha ve dördü forvet oyuncusu idi. Denekler tüm değerlendirmeler için birbirini takip eden iki günde 8:00-12:00 saatleri arasında laboratuara geldiler. İlk gün deneklerin fizik muayeneleri, boy, vücut ağırlığı ölçümleri yapıldı. Anaerobik kapasitelerinin değerlendirilmesi için Wingate testi uygulandı. Ertesi günde ise deneklerin EKO incelemeleri yapıldı ve aerobik kapasitelerinin değerlendirilmesi için maksimal oksijen tüketim testi uygulandı.

Ekokardiyografi: Tüm EKO ölçümleri aynı kardiyolog tarafından Hewlett-Packard Sonos 2000 ekokardiyografi cihazı ile 2.5 MHz transdüser kullanılarak yapıldı. Denekler sol yanlarına yatar pozisyonda iken üçüncü-dördüncü interkostal aralıktan EKO görüntüleri alındı. Amerikan Ekokardiyografi Cemiyetinin önerileri uyarınca iki boyutlu görüntü kılavuzluğunda M-mode kayıtları ve ölçümleri elde edildi (18). EKG aracılığında diyastol sonu interventriküler septum kalınlığı (İVSK), sol ventrikül posterior duvar kalınlığı (SVPDK), sol ventrikül iç çapı (SVİÇ) ve ejeksiyon fraksiyonu (EF) ölçüldü. Ölçümler en az üç kez tekrarlanarak ortalamaları alındı. Sol ventrikül kitlesi (SVK) Devereux ve ark. (6) tarafından tanımlanan formül ile hesaplandı. Sol ventrikül kitle indeksi (SVKİ) ise bu formülle elde edilen değer vücut yüzey alanına (VYA) oranlanarak elde edildi. VYA değeri EKO cihazı ile otomatik olarak hesaplandı.

Maksimal oksijen tüketim testi: Ölçüm için bisiklet ergometresi (Monark Weight Ergometer 814 E, İsveç) kullanıldı. Testler sırasında O₂

tüketimi ve CO₂ üretimi "breath by breath" yöntemi ile ölçüldü. Ölçümlerde CO₂'i infrared ışık absorpsiyonu, O₂'i ise zirconyum yöntemi ile ölçen metabolik analizör (Sensormedics 2900 C, Sensormedics Corp, ABD) kullanıldı. Sistem ölçümler için hazırlandıktan sonra deneklere üzerinde çift yollu valfi olan maske (New Rudolph Mouth Face Mask, Hans Rudolph Inc, ABD) takıldı. Maske bir hortum aracılığı ile metabolik ölçüm sistemine bağlandı. Yirmi dakikalık dinlenmeyi takiben, pedal çevirme hızı 60 devir/dk olacak şekilde, yükün üç dakikada bir arttığı ve denegin 7-10 dakikada tükenmesini amaçlayan modifiye edilmiş maksimal test uygulandı (22). Her denek için uygun sele yüksekliği ayarlandıktan sonra 0.5 kg'lık bir yükte 5 dakikalık ısınma ve önerilen şekilde yapılan üç dakikalık germe egzersizlerini takiben maksimal teste geçildi. Denekler testi daha fazla sürdürebilmeleri için sözlü olarak cesaretlendirildi. Testi daha fazla sürdüremeyeceklerini ifade ettiklerinde veya pedal çevirme hızı bütün gayretlere rağmen 55 devir/dk'nın altına düştüğünde teste son verildi. Testin maksimal olup olmadığına maksimal kalp atım sayısı (220-yaş), solunum bölümü değeri (RQ > 1.2), ekspire edilen hava hacmi (>1.20 l/dk) ve son iki basamaktaki oksijen tüketimi (VO₂) değerine (fark >5.0 ml. kg⁻¹. dk⁻¹) bakılarak karar verildi. Bütün deneklerin test sonuçları bu kriterlere uyduğu için testler tekrarlanmadı.

Wingate testi: Kefeli bisiklet ergometresinde (Monark 834 E, İsveç) her denek için uygun sele yüksekliği ayarlandıktan sonra 60 devir/dk pedal çevirme hızında 0.5 kg'lık bir yükte beş dakikalık ısınma ve üç dakikalık germe egzersizleri yaptırıldı. Deneklere vücut ağırlıkları temel alınarak kg başına 75 g'lık yükün kullanıldığı, maksimal hızla pedal çevrilen 30 saniyelik Wingate testi uygulandı. Denekler test sırasında maksimal düzeylerini koruyabilmeleri için sözlü olarak cesaretlendirildi.

İstatistik: İstatistiksel değerlendirmelerde kişisel bilgisayarda SPSS 9.0 programı kullanıldı. Deneklerin bazı fiziksel, aerobik ve anaerobik özellikleri ile EKO bulguları aritmetik ortalama ± standart sapma şeklinde verildi. Deneklerin EKO parametrelerinin aerobik ve anaerobik özelliklerle olan ilişkileri kronolojik yaş ve antrenman yaşı kontrol edilerek parsiyel korrelasyon analizi ile değerlendirildi.

BULGULAR

Tablo 1'de deneklerin bazı fiziksel özellikleri, maksimal oksijen tüketim ve Wingate testi sonuçları, Tablo 2'de deneklerin kalp boyut ve

duvar kalınlıklarına ait yapısal özellikler, Tablo 3'de ise aerobik ve anaerobik özellikler ile ekokardiyografik özellikler arasındaki ilişkiler verildi.

Futbolcuların 18'inde diastolde SVİÇ değerleri 4.50 cm ila 5.71 cm arasında değişirken sekizinde normalin üst sınırı olarak kabul edilen 5.40 cm'nin üzerindeydi. SVPDK dağılımı ise 0.83 cm ila 1.27 cm arasında olup sadece bir sporcunun değeri normalin üst sınırı olan 1.20 cm'yi

Tablo 1. Deneklerin (n=18) fiziksel, aerobik ve anaerobik özellikleri.

	Ortalama \pm SS	(Min - Maks)
Yaş, yıl	25.4 \pm 4.5	20 - 33
Antrenman yaşı, yıl	14.3 \pm 4.5	7 - 23
Boy, cm	179.4 \pm 4.8	169 - 186
Vücut ağırlığı, kg	74.3 \pm 4.7	65 - 85
VYA, m ²	1.92 \pm 0.10	1.77 - 2.10
VO ₂ maks, l/dk	3773 \pm 402	3087 - 4680
VO ₂ maks, ml/dk/kg	50.8 \pm 4.4	44.1 - 62.4
Zirve güç, W	933 \pm 103	740 - 1145
Zirve güç/vücut ağırlığı, W/kg	12.6 \pm 1.4	9.8 - 14.8
Ortalama güç, W	661 \pm 59	575 - 813
Ortalama güç/vücut ağırlığı, W/kg	8.9 \pm 0.7	7.7 - 10.4

VYA: Vücut yüzey alanı.

Tablo 2. Futbolcuların ekokardiyografi bulguları (Ort. \pm SS).

	Diastolik	Sistolik
İVSK, cm	0.99 \pm 0.17	1.57 \pm 0.21
İVS/VYA, cm/m ²	0.52 \pm 0.10	0.82 \pm 0.11
SVİÇ, cm	5.03 \pm 0.39	3.24 \pm 0.27
SVİÇ/VYA, cm/m ²	2.62 \pm 0.22	1.69 \pm 0.16
SVPDK, cm	1.03 \pm 0.13	1.31 \pm 0.18
SVPDK/VYA, cm/m ²	0.54 \pm 0.10	0.68 \pm 0.10
SVK, g	189.4 \pm 28.9	
SVKİ, g/m ²	98.6 \pm 14.5	
EF, %	64.0 \pm 5.5	

İVSK: İnter ventriküler septum kalınlığı, SVİÇ: Sol ventrikül iç çap,

SVPDK: Sol ventrikül posterior duvar kalınlığı, SVK: Sol ventrikül kitlesi,

SVKİ: Sol ventrikül kitle indeksi, EF: Ejeksiyon fraksiyonu.

Tablo 3. Ekokardiyografik bulgularla aerobik ve anaerobik özelliklerin ilişkisini yansıtan parsiyel korelasyon katsayıları (r).

	VO ₂ maks, l/dk	VO ₂ maks, ml/dk/kg	Zirve güç, W	Zirve güç, W/kg	Ortalama güç, W	Ortalama güç, W/kg
Diastolik						
İVSK, cm	0.14	0.11	-0.20	-0.24	-0.15	-0.26
İVS/VYA, cm/m ²	-0.01	0.12	-0.27	-0.17	-0.28	-0.21
SVİÇ, cm	-0.16	-0.18	0.05	0.07	0.05	0.16
SVİÇ/VYA, cm/m ²	-0.40	-0.15	-0.05	0.23	-0.16	0.28
SVPDK, cm	-0.12	-0.14	0.10	0.13	0.12	0.17
SVPDK/VYA, cm/m ²	-0.28	-0.10	0.02	0.22	-0.06	0.20
Sistolik						
İVSK, cm	0.03	-0.15	0.33	0.19	0.38	0.28
İVS/VYA, cm/m ²	-0.14	-0.16	0.33	0.29	0.38	0.30
SVİÇ, cm	-0.09	0.07	-0.17	-0.02	-0.27	-0.05
SVİÇ/VYA, cm/m ²	-0.30	0.06	-0.22	0.12	-0.38	0.09
SVPDK, cm	0.17	-0.02	-0.10	-0.29	-0.03	-0.34
SVPDK/VYA, cm/m ²	0.02	0.02	-0.18	-0.19	-0.20	-0.28
SVK, g	-0.08	-0.14	0.02	0.01	0.04	0.03
SVKİ, g/m ²	0.15	0.17	-0.26	-0.25	-0.08	-0.13
EF, %	-0.05	-0.20	0.42	0.31	0.51*	0.51*

* p<0.05 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

geçmekteydi. İVSK değerleri 0.77 cm ile 1.40 cm arasında bulunup normalin üst sınırı olarak kabul edilen 1.60 cm'yi geçen değer gözlenmedi.

Parsiyel korelasyon katsayıları incelendiğinde, aerobik ve anaerobik özelliklerle SVİÇ, İVSK, SVPDK, kalp kitlesi ve kalp kitle indeksi arasında anlamlı ilişki saptanamadı. Sadece EF ile ortalama güç arasında istatistiksel olarak anlamlı (r=0.51, p<0.05) zayıf bir ilişki gözlemlendi.

TARTIŞMA

Bir futbol maçında katedilen yaklaşık 10-12 km'lik mesafe, maç ortalaması olarak maksimalin % 80-90'ları civarında seyreden kalp atım hızı (3.20) ve maçta maksimal oksijen tüketiminin % 70'i kadar olan rölatif çalışma oranı (3) bir futbolcunun sahip olması gereken aerobik ve anaerobik özellikler hakkında fikir vermektedir. Çalışmadaki futbolcularda elde ettiğimiz ve aerobik kapasiteyi yansıtan maksimal oksijen tüketim

değerleri değişik araştırmalarda elit Türk (1,2) ve İngiliz (24) futbolcuları için sezon öncesi ölçümlerde elde edilen değerlerle benzeşmektedir. Anaerobik kapasiteyi incelediğimiz Wingate testin zirve güç sonuçları ise İsveçli futbolcularda sezon içi dönemde tespit edilen 13.5 W/kg değerine yakındır (17).

Futbolcularda ekokardiyografik incelemede elde ettiğimiz SVİÇ, İVSK, SVK ve SVKİ değerleri, gerek maksimal oksijen tüketim değerleri daha yüksek olan elit Alman (23) futbolculardan, gerekse benzer maksimal oksijen tüketim değerine sahip olan İskoç (9) ve İtalyan (4) elit futbolcuların EKO sonuçlarına oranla daha düşüktür. Çalışma sonuçları arasındaki farklılıkların ölçümlerin yapıldığı dönemlerle (sezon öncesi, sezon içi) ilişkili olması muhtemeldir. Hickson ve ark.'nın (8) bisiklet ve koşu ile yapılan aerobik nitelikte egzersizlerle elde edilen aerobik güç artışı ve kardiyak büyümenin korunmasında antrenmanın devamlılık ve şiddetinin önemli bir yer tuttuğu ifadesi bu düşüncemizi desteklemektedir.

Futbolun dinamik aerobik ve aralıklı yüksek şiddette anaerobik aktiviteleri birlikte içeren karışık antrenman yapısından dolayı, futbolcuların kalplerinde kavite genişliği ve duvar kalınlığı açısından orta dereceli, rölatif olarak eşit oranda etkili bir değişim olması beklenir (9,12). Elde ettiğimiz bulgulardan SVİÇ sonuçları bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmaya dahil olan sporcuların % 44'ünün (sekiz kişi) yaptıkları antrenmanların bir sonucu olarak kalplerinde eksantrik hipertrofi geliştiği anlaşılmaktadır. Buna karşın deneklerin duvar kalınlığı değerleri normal sınırlar içinde kalmıştır. Dinamik aerobik sporlara katılanlarda daha çok eksantrik hipertrofinin gözlemlendiği, yani ventrikül iç çapının etkilendiği (7,15) görüşünden hareketle çalışmamıza katılan sporcuların ağırlıklı olarak aerobik tarzda antrenman yaptıkları düşünülebilir.

Cubero ve ark. (5) genç bisikletçi, kanocu ve futbolcularda maksimal oksijen tüketimi ile SVK arasında belirgin ilişki saptamışlardır. Urhausen ve ark. (23) ise elit Alman futbolcularda anaerobik eşik ile SVK arasında anlamlı ilişkiler olduğunu ifade etmektedirler. Benzer bulgular dayanıklılık sporcuları için de gözlemlenmiştir (10). Literatürde maksimal oksijen tüketimi ile SVK arasında ilişki tespit edemeyen çalışma sonuçlarına da rastlanmaktadır (4). Çalışmamızda ise ejeksiyon fraksiyonu ile ortalama güç arasındaki anlamlı zayıf ilişki dışında EKO bulguları ile maksimal oksijen tüketimi ve anaerobik güç değerleri arasında anlamlı ilişkiler saptayamadık. Bu sonuçlar arasındaki çelişkinin olası nedenleri, çalışmalara dahil edilen futbolcuların yaş ve antrenman geçmişleri ile ilgili

farklılıklar olabilir. Pavlik ve ark.'nın (11) antrenman yaşı ve geçmişinin kardiyak değişikliklerde önemli olduğunu belirten çalışmaları bu düşüncemizi desteklemektedir. Çalışma sonuçları arasındaki farklılığın diğer bir nedeni ise ölçüm yapılan dönemler ile ilgili olabilir. Her ne kadar Snoeckx ve ark. (19) uzun mesafe koşucularında ve bisikletçilerde yıl içinde dört farklı dönemde yaptıkları incelemelerinin sonucunda, antrenman şiddeti değişikliklerine rağmen kardiyak boyutlarda yavaş ve düşük oranda değişiklik olduğunu tespit etmiş olsalar da, literatüre yansıyan genel kanı, sezon içerisinde maksimal oksijen tüketimi değişiklikleri ile birlikte kardiyak boyutlarda anlamlı değişikliklerin olabileceği şeklindedir.

Literatürde anaerobik kapasiteyi değerlendiren Wingate testi ile kardiyak boyutların ilişkisini inceleyen çalışmaya rastlayamasak da, anaerobik nitelikteki branşların kalp üzerine olan etkilerini araştıran çalışmaların sonuçlarına rastlanmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları ışığında sprint tipi dinamik anaerobik sporlara katılan sporcularda da kalbin iç çapının geliştiğini (7), halter gibi statik anaerobik sporlara katılan sporcularda ise ventrikül duvar kalınlığının geliştiğini söylemek mümkündür (7,15). Çalışmamızdaki futbolcularda elde edilen zirve ve ortalama güç değerleri ile kardiyak yapı ve boyutlar arasında bir ilişki gözlemleyemedik.

Sonuç olarak, sezon başı itibarı ile elit profesyonel futbolcuların büyük bir bölümünde kalbin eksantrik hipertrofi yönünde değişimlere uğradığı, kardiyak boyutların ise sporcuların aerobik ve anaerobik özellikleri ile ilişki göstermediği söylenebilir. Böyle bir ilişkinin varlığını gözlemlemek açısından farklı branşlarda, değişik yaş gruplarında ve sezonun değişik dönemlerinde yapılan ölçümleri içeren araştırmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Akova B, Gür H, Akkurt S, et al.: Elit profesyonel futbolcuların bazı fiziksel özelliklerinin sezon öncesi ve sonrası görünümü. *Futbol Bilim ve Teknoloji Dergisi* **2**: 4-9, 1998.
2. Akkurt S, Gür H, Akova B, Küçükoğlu S: Profesyonel futbolcuların oynadıkları pozisyonlara göre sezon öncesi fizyolojik özellikleri. *Spor Bilimleri Dergisi* **5**: 3-23, 1994.
3. Bangsbo J: The physiology of soccer: with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* **619**: 1-155, 1994.
4. Child JS, Barnard RJ, Taw RL: Cardiac hypertrophy and cardiac function in master endurance runners and sprinters. *J Appl Physiol* **57**: 176-81, 1984.

5. Cubero GI, Batalla A, Reguero RJJ, et al.: Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *Int J Cardiol* **75**: 261-5, 2000.
6. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM et al.: Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* **57**: 450-8, 1986.
7. Fagard RH: Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin* **15**: 397-412, 1997.
8. Hickson RC, Foster C, Pollock ML, et al.: Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. *J Appl Physiol* **58**: 492-9, 1985.
9. Muir DF, MacGregor GD, McCann GP, Hillis WS: The prevalence of left ventricular hypertrophy in elite professional footballers. *Int J Cardiol* **71**: 129-34, 1999.
10. Osborne G, Wolfe LA, Burggraf GW, Norman R: Relationships between cardiac dimensions, anthropometric characteristics and maximal aerobic power (VO₂max) in young men. *Int J Sports Med* **13**: 219-24, 1992.
11. Pavlik G, Olexo Z, Osvath P, et al.: Echocardiographic characteristics of male athletes of different age. *Br J Sports Med* **35**: 95-9, 2001.
12. Pelliccia A, Maron BJ: Outer limits of the athlete's heart, the effect of gender, and relevance to the differential diagnosis with primary cardiac diseases. *Cardiol Clin* **15**: 381-96, 1997.
13. Pelliccia A, Spataro A, Caselli G, Maron BJ: Absence of left ventricular wall thickening in athletes engaged in intense power training. *Am J Cardiol* **72**: 1048-54, 1993.
14. Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, et al.: The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med* **324**: 295-301, 1991.
15. Pluim BM, Zwinderman AH, Van der Laarse A, et al.: The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* **100**: 336-44, 1999.
16. Reilly T, Thomas T: A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum Mov Stud* **2**: 87-97, 1976.
17. Reilly T: Physiological profile of the player. In: *Football (Soccer)*. Ekblom B, Ed, Cambridge, USA, IOC Medical Commission Publication, Blackwell Scientific Publications, 1994, pp. 78-94.
18. Sahn DJ, De Maria A, Kisslo J, Weyman A: Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* **58**: 1072-83, 1978.
19. Snoeckx LH, Abeling HF, Lambregts JA, et al.: Cardiac dimensions in athletes in relation to their training program. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **52**: 20-8, 1983.
20. Smodlaka VW: Cardiovascular aspects of soccer. *Phys Sportmed* **18**: 66-70, 1978.

21. Spirito P, Pellicia A, Proschan MA, et al.: Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *Am J Cardiol* **74**: 802-6, 1994.
22. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A: Maximum oxygen intake, as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol* **8**: 73-80, 1955.
23. Urhausen A, Monz T, Kindermann W: Sports-specific adaptation of left ventricular muscle mass in athlete's heart. *Int J Sports Med* **17**: 152-6, 1996.
24. White JE, Emery TM, Kane JL, Groves R, Risman AB: Pre-season fitness profiles of professional soccer players. In: *Science and Football*. Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ, Eds, E&FN Spon, London/New York, 1988, pp. 164-71.