

## Bölüm 17

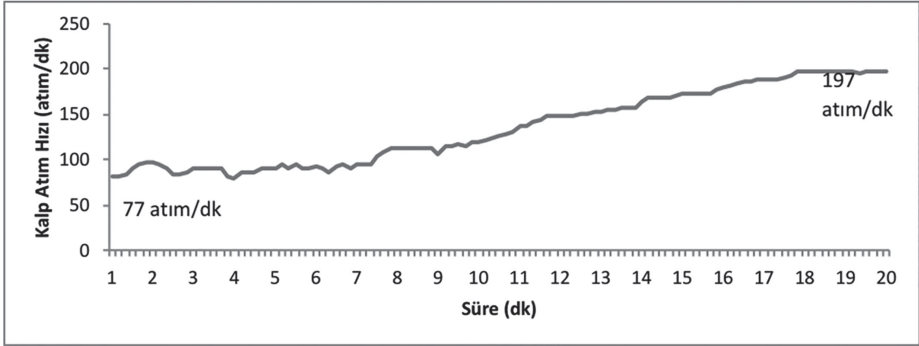
# VO<sub>2</sub>MAKS TEST VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YORUMLANMASI

Elvin ONARICI GÜNGÖR<sup>1</sup>

### KALP ATIM HIZI

Biyolojik sistemlerin önemli özelliklerinden bir tanesi homeostasisi bozan koşullara uyum sağlaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Egzersize akut fizyolojik yanıtlardan kalp atım hızı ölçülmesi en basit parametrelerden biri olarak değerlendirilebilir. Kardiyovasküler stres ve yüklenme seviyesinin en bilgilendirici verilerinden biri olarak değerlendirilen kalp atım hızı grafiği uygulanan egzersiz yüküne göre farklılık göstermektedir (Ünal., 2019; Kenney ve ark., 2021).

### ARTIRMALI MAKSİMAL TEST SONUCU DEĞERLENDİRİLEN KALP ATIM HIZI



**Grafik 1.** Artırmalı Bir Egzersiz Sonucu Elde Edilen Kalp Atım Hızı Grafiği

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Antrenörlük Eğitimi AD, eonarici@eskisehir.edu.tr

Artırmalı maksimal test sonucu genç bir sporcudan elde edilen kalp atım hızı grafiği Grafik 1'de verilmiştir. Grafik 1'de görüldüğü üzere egzersizin başında 77 atım.dk<sup>-1</sup> olan kalp atım hızı koşu hızının ve eğimin artması sonucu çalışan kasların oksijen ihtiyacı da artmıştır ve test sonucunda 197 atım.dk<sup>-1</sup> olarak değerlendirilmiştir.

Dinlenik kalp atım hızının ortalama 60-80 atım.dk<sup>-1</sup> olduğu bilinmektedir. Ancak egzersiz öncesinde ölçülen kalp atım hızı kalp atım hızının beklentisel tepkisinden dolayı normal aralığın üzerinde değerlendirilebilmektedir (Kenney ve ark., 2021).

Genellikle yaşa göre tahmin edilen kalp atım hızında aşağıda verilen formüller kullanılarak test edilen 16 yaşındaki kişinin maksimal kalp atım hızına ulaşım ulaşmadığı değerlendirilebilir.

$$KAH_{maks} = 220 - \text{yaş} = 220 - 16 = 194 \text{ atım.dk}^{-1}$$

$$KAH_{maks} = 208 - (0.7 * \text{yaş}) = 208 - (0.7 * 16) = 197 \text{ atım.dk}^{-1} \text{ (Kenney ve ark., 2021)}$$

Gerçekleştirilen test sonucu elde edilen maksimal kalp atım hızı ile yaşa bağlı formülle değerlendirilen maksimal kalp atım hızı değerleri yakın olduğu için bu kişinin maksimal performans gösterdiğini anlayabiliriz. Ancak ölçüm yapılan kişiler sporcu olmasaydı kişiler maksimal performanslarını gösterebilirler dahi formülden daha düşük kalp atım hızları değerlendirilebilirdi.

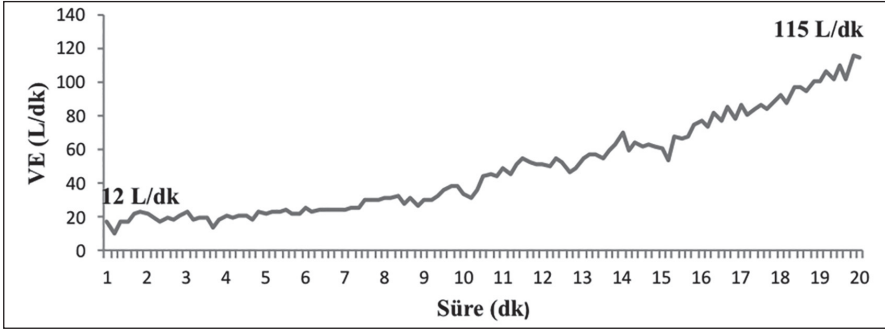
Maksimal egzersiz şiddetine yaklaşıldığında, egzersizin şiddeti artan şekilde devam etse de kalp atım hızında bir plato oluştuğu bilinmektedir (Kenney ve ark., 2021). Grafik 1'de de bu bilgiyi doğrular nitelikte son dakikada kalp atım hızı değerlerinin kısa bir plato oluşturduğu görülmektedir.

## **PULMONER VENTİLASYON**

Egzersiz sırasında ventilasyon, aktif kasların metabolik ihtiyaçları ile artar. Pulmoner ventilasyonun üst limitleri vücut genişliğine bağlı değişim göstermektedir (Kenney ve ark., 2021).

## **ARTIRMALI MAKSİMAL TEST SONUCU PULMONER VENTİLASYON**

Ekspire yada ventile edilen hava miktarı olan pulmoner ventilasyonun artırmalı maksimal bir test sonucunda kademeli olarak arttığı ve maksimal seviyesine ulaştığı Grafik 2'de görülmektedir.



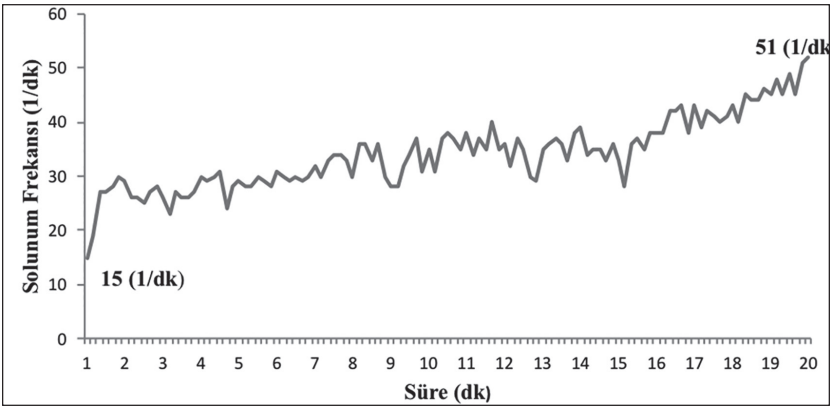
**Grafik 2.** Artırmalı Bir Egzersiz Sonucu Elde Edilen Pulmoner Ventilasyon Grafiği

Artırmalı maksimal test sonucu genç bir sporcudan elde edilen pulmoner ventilasyon grafiği Grafik 2’de verilmiştir. Grafik 2’de görüldüğü üzere egzersizin başında 12 L.dk<sup>-1</sup> olan pulmoner ventilasyon test sonucunda 115 L.dk<sup>-1</sup> olarak değerlendirilmiştir. Vücut genişliğine bağlı olarak değişim gösteren pulmoner ventilasyonun küçük vücut genişliğine sahip kişilerde yaklaşık olarak 100 L/dk olduğu belirtilmiştir (Kenney ve ark., 2021). Bu bilgi doğrultusunda 16 yaşındaki bir sporcunun küçük bir vücut genişliğine sahip olduğu bilineceği üzere maksimal pulmoner ventilasyon değeri olarak ölçülen 115 L/dk beklenen bir değer olarak düşünülebilir.

## SOLUNUM FREKANSI

Solunum örüntüsünde değerlendirilen bir parametre olarak solunum frekansı, egzersiz sırasında egzersiz yüküyle paralel olarak aktif kasların metabolik ihtiyaçları ile artmaktadır. (Kurdak., 2012).

## ARTIRMALI MAKSİMAL TEST SONUCU SOLUNUM FREKANSI



**Grafik 3.** Artırmalı Bir Egzersiz Sonucu Elde Edilen Solunum Frekansı Grafiği

Artırmalı maksimal test sonucu 16 yaşındaki bir futbolcudan elde edilen solunum frekansı grafiği Grafik 3'de verilmiştir. Solunum frekansının artırmalı maksimal bir test sonucunda kademeli olarak arttığı ve maksimal seviyesine ulaştığı görülmektedir. Grafik 3'de görüldüğü üzere egzersizin başında 15 l.dk<sup>-1</sup> olan solunum frekansı test sonucunda 51 l.dk<sup>-1</sup> olarak değerlendirilmiştir.

Literatürde değerlendirilmiş normatif bulgular doğrultusunda istirahat esnasında 12 l.dk<sup>-1</sup> olan solunum frekansı hafif egzersizde 18 l.dk<sup>-1</sup>, orta şiddetteki egzersizde 23 l.dk<sup>-1</sup>, ağır şiddetteki egzersizde 33 l.dk<sup>-1</sup>, maksimal şiddetteki egzersizde 42 l.dk<sup>-1</sup>, antrenmanlı iyi sporcularda (SaO<sub>2</sub>=%95) 59 l.dk<sup>-1</sup> ve (SaO<sub>2</sub>=%88) 58 l.dk<sup>-1</sup>olarak verilmiştir (Kurdak., 2012). Normatif değerler doğrultusunda 51 l.dk<sup>-1</sup> olarak değerlendirilen solunum frekansı ile antrenmanlı iyi sporculara yakın değer elde edildiği görülmektedir. Test edilen bireyin 16 yaşında olması solunum frekansının maksimum değerinin biraz altında çıkmasına neden olmuş olabilir.

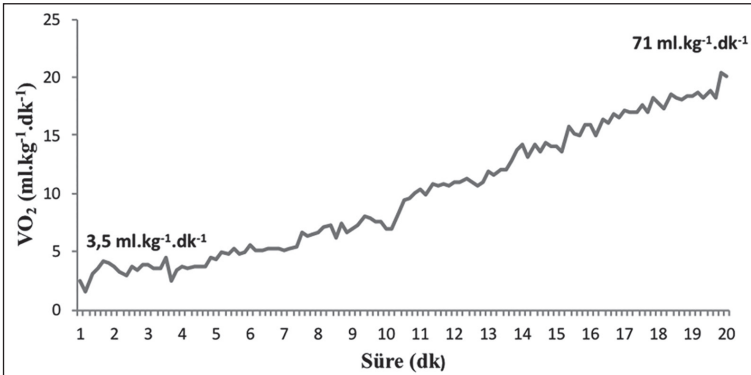
## VO<sub>2</sub> YANITLARI

1870'lerde Adolf Fick isimli bir kardiyovasküler fizyolog, bir dokunun oksijen tüketiminin, o dokuya olan kan akışına ve dokunun kandan aldığı oksijen miktarına bağlı olduğunu belirtmiştir. Oksijen tüketimi kan akışının bir ürünüdür. Oksijen tüketimi formülü tüm vücudun oksijen tüketimi ile dokuyu besleyen arteryel kan ile dokudan çıkan venöz kan arasındaki oksijen konsantrasyonun farkından hesaplanmaktadır (Kenney ve ark., 2021).

Fick Denklemi:

$$VO_2 = Q * (a-v) O_2 \text{ farkı (Kenney ve ark., 2021)}$$

## ARTIRMALI MAKSİMAL TEST SONUCU VO<sub>2</sub> YANITI



Grafik 4. Artırmalı Bir Egzersiz Sonucu Elde Edilen VO<sub>2</sub> Grafiği

Artırmalı maksimal test sonucu 16 yaşındaki bir futbolcudan elde edilen  $VO_2$  yanıtı Grafik 4'de verilmiştir. Artırmalı maksimal bir test sonucunda  $VO_2$  yanıtının kademeli olarak arttığı ve maksimal seviyesine ulaştığı görülmektedir. Grafik 4'de görüldüğü üzere egzersizin başında  $3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  olan  $VO_2$  test sonucunda  $71 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  olarak değerlendirilmiştir.

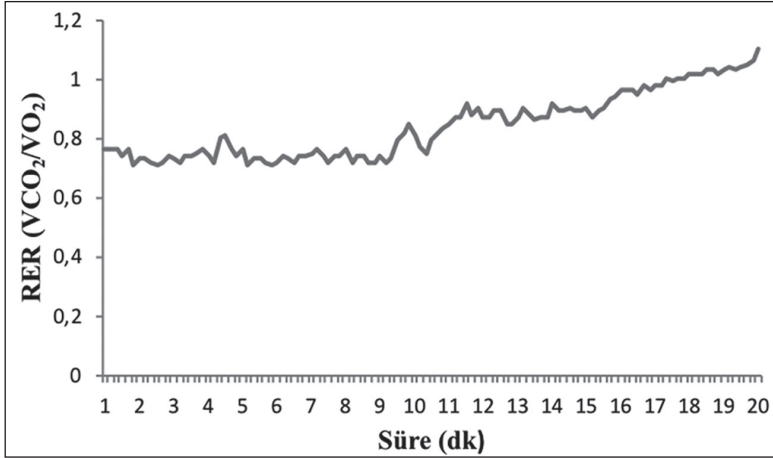
Dinlenik durumda tüketilen oksijen miktarı bireyler arasında değişse de yaklaşık  $3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  bir başka tanımla 1 metabolik eşdeğer (MET) olduğu bilinmektedir (Kenney ve ark., 2021). Dinlenim koşullarında ortalama olarak verilen değerle grafikteki değer tutarlılık göstermektedir.

Kardiyorespiratuvar dayanıklılığın ölçüsü olan maksimal oksijen tüketimi için grafikte değerlendirilen  $71 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  test yapılan kişinin 16 yaşında bir sporcu için yüksek olarak değerlendirilebilir. Elit düzeyde uzun mesafe koşucuları ve kros kayakçıları için  $VO_{2\text{maks}}$   $80-84 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  ve ölçülen en yüksek değer olarak da Norveçli bir kros kayakçısında  $94 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  değeri ölçülmüştür.

## SOLUNUM DEĞİŞİM ORANI

Solunum değişim oranı (RER) metabolizma sırasında solunum ile salınan karbondioksitin alınan oksijene oranı olarak tanımlanmaktadır (Kenney ve ark., 2021).

## ARTIRMALI MAKSİMAL TEST SONUCU SOLUNUM DEĞİŞİM ORANI (RER) YANITI



Grafik 5. Artırmalı Bir Egzersiz Sonucu Elde Edilen RER Grafiği

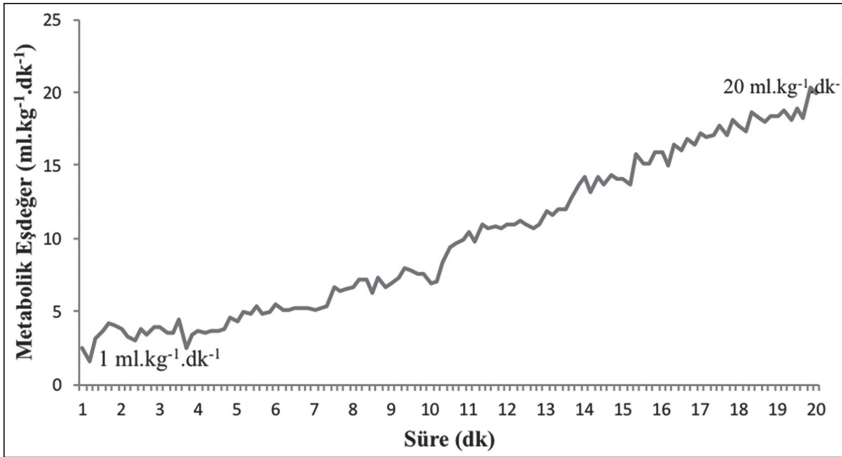
Artırmalı maksimal test sonucu 16 yaşındaki bir sporcudan elde edilen RER yanıtı Grafik 5'de verilmiştir. Artırmalı maksimal bir test sonucunda RER ya-

nının arttığı ve maksimal seviyesine ulaştığı görülmektedir. Grafik 5'de görüldüğü üzere egzersizin başında 0,77 olan RER test sonucunda 1,1 olarak değerlendirilmiştir. Testin başlarında koşu hızı ve eğim düşük olduğu için enerji kaynağı olarak daha çok yağlar kullanılmakta ve bunun göstergesi olarak da RER değeri 1'in altında olmaktadır. Koşu hızı ve eğimin artmasıyla kişi daha çok anaerobik metabolizmayı kullanmakta ve metabolik yakıt olarak karbonhidratların kullanılmaya başlandığı noktada RER değeri 1 ve üzerinde olarak değerlendirilmektedir.

Çeşitli yakıt karışımlardan kaynaklanan enerji fonksiyonu olarak RER değeri 0,71 iken karbonhidratlar %0 ve yağlar %100 enerji kaynağı iken RER 1 olduğunda karbonhidratlar %100 ve yağlar %0 enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Carey, 2009, Kenney ve ark., 2021).

## METABOLİK EŞDEĞER (MET)

Metabolik eşdeğer; kalp atım hızı ve algılanan zorluk derecesi gibi egzersiz şiddetinin ölçülmesinde kullanılan verilerdendir. Tüketilen oksijen miktarı, egzersiz sırasında harcanan enerji ile doğru orantılıdır. Dinlenim durumunda vücut ağırlığının kilogramı başında dakikada tüketilen oksijen miktarı olan  $3,5 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{dk}^{-1}$  olduğu için kişinin test sırasındaki  $\text{VO}_2$  verileri için excel programında bir sütuna '=F15/3,5' formülü girilerek tüm veriler için çalıştırılarak egzersizin metabolik eşdeğer yanıtları hesaplanmıştır. Burada bahsedilen 'F15' hücrelerinde  $\text{VO}_2$  ( $\text{ml.kg}^{-1} \cdot \text{dk}^{-1}$ ) verileri bulunmaktadır. Yapılacak analizde  $\text{VO}_2$  ( $\text{ml.kg}^{-1} \cdot \text{dk}^{-1}$ ) verileri hangi hücreden başlıyorsa o hücre tanımlanarak formül çalıştırılmalıdır.



Grafik 6. Artırmalı Bir Egzersiz Sonucu Elde Edilen Metabolik Eşdeğer Grafiği

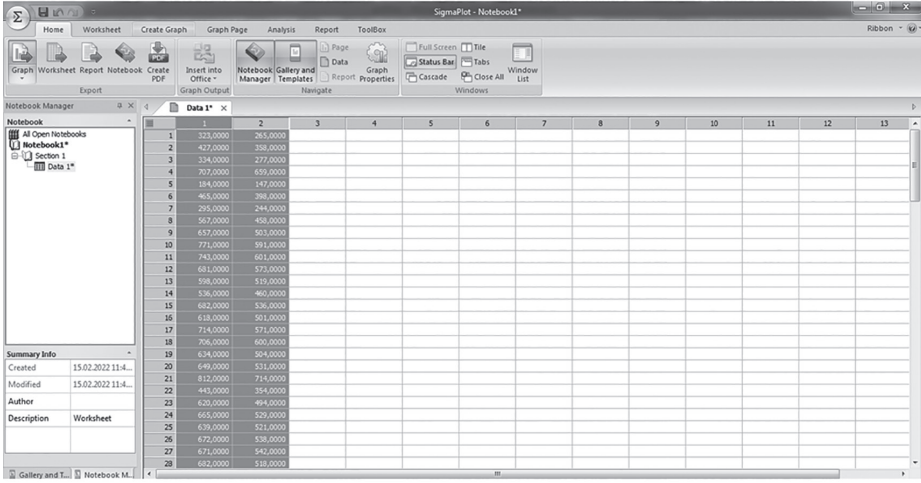
Artırmalı maksimal test sonucu elde edilen metabolik eşdeğer yanıtı Grafik 6'de verilmiştir. Grafğin yatay ekseninde dakika olarak süre ve dikey ekseninde  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  olarak metabolik eşdeğer yanıtları verilmiştir. Artırmalı maksimal bir test sonucunda metabolik eşdeğer yanıtının test başında dinlenim değeri olan 1 MET ile başlayıp ve 20 MET seviyesine ulaştığı görülmektedir. Tüm aktivitelerin ve egzersizlerin oksijen gereksinimlerine ve şiddete göre sınıflandırıldığı bilinmektedir. Literatürde 14  $\text{mil.sa}^{-1}$  (20  $\text{km.sa}^{-1}$ ) koşu hızında 23 MET'lere ulaştığı bilgisine ulaşılmıştır (Kenney ve ark., 2021). Grafikte maksimalde kişinin 10  $\text{km.sa}^{-1}$  koşu hızı ve %24 eğimde 20 MET değerine ulaştığı görülmektedir. Koşu hızları açısından farklı görünse de eğimle beraber değerlendirildiğinde benzer iş yükleri oluşturdukları düşünülebilir.

## SOLUNUM EŞİĞİ ANALİZİ

G12		VO2		VO2		VO2		
C	D	E	F	G	H	I	J	
1	EDEN EĞİTVE	SPOR YUK SEKOKULU						
2								
3				Identifi	cati	on:	BAS7	
4								
5								
6	#####	3		Age:		16	Years	
7	male			Height:		160	cm	
8				Weight:		52	kg	
9								
10								
11	TM_BRUCE		Ergo	meten:	Tread	mill		
12	HR	VE	BF	VO2/kg	VO2	VCO2	RER	
13	1/min	L /min	l/min	ml/min/kg	ml/min	ml/min	VDe/VT %	
14								
15	77	12	14	3,5	323	265	0,82	
16	78	15	16	4,5	427	358	0,84	
17	78	12	15	6,4	384	277	0,83	
18	77	15	15	6,4	707	659	0,93	
19	83	15	19	3,5	184	147	0,8	
20	82	17	15	8,9	465	398	0,86	
21	81	10	19	5,7	295	244	0,83	
22	84	18	27	10,9	567	458	0,81	
23	90	18	27	12,6	657	509	0,77	
24	95	22	28	14,8	771	591	0,77	
25	97	23	30	14,3	743	601	0,81	
26	97	22	29	13,1	681	573	0,84	

Şekil 1. Artırmalı Maksimal Test Sonucu VO<sub>2</sub> Verileri

Artırmalı maksimal test sonucunda elde edilen solunum verileri excel formatında Şekil 1'de verilmiştir. Elde edilen bu verilerden VO<sub>2</sub> ve VCO<sub>2</sub> verileri analiz yapmak için Sigmaplot programına aktarılmaktadır.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	323.0000	265.0000											
2	427.0000	339.0000											
3	334.0000	277.0000											
4	707.0000	659.0000											
5	184.0000	147.0000											
6	465.0000	398.0000											
7	292.0000	284.0000											
8	567.0000	490.0000											
9	657.0000	503.0000											
10	771.0000	591.0000											
11	743.0000	601.0000											
12	681.0000	573.0000											
13	598.0000	519.0000											
14	538.0000	460.0000											
15	602.0000	536.0000											
16	618.0000	501.0000											
17	714.0000	571.0000											
18	706.0000	600.0000											
19	626.0000	524.0000											
20	649.0000	531.0000											
21	812.0000	715.0000											
22	443.0000	354.0000											
23	620.0000	494.0000											
24	660.0000	539.0000											
25	639.0000	521.0000											
26	672.0000	538.0000											
27	671.0000	542.0000											
28	602.0000	519.0000											

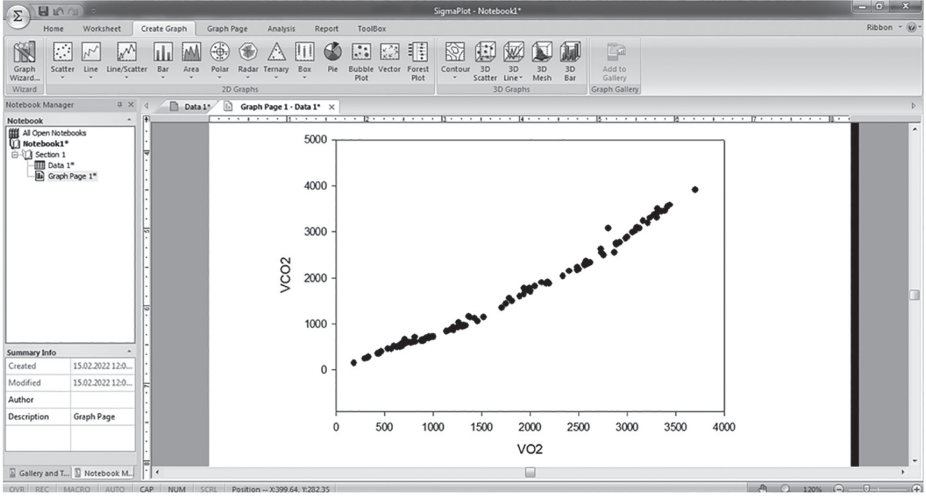
Şekil 2. Solunum Verilerinin Sigmaplot Programına Aktarılması

Artırmalı maksimal test sonucu  $VO_2$  ve  $VCO_2$  verileri Şekil 2’de verildiği gibi Sigma Plot programına aktarılmaktadır. Bu analizleri yapmak için kullanılabilir başka analiz programları da bulunmaktadır. Analiz program içeriklerine göre başka programlarla da aynı analizler yürütülebilir.

## SERPME (SERPİLME) DİYAGRAMI

İki değişken arasındaki ilişkinin yapısı konusunda bilgi edinmenin en iyi yolu olarak serpme diyagramlar (saçılım nokta grafiği) önerilmektedir. Regresyon analizlerinde değişkenler arasındaki matematiksel bağlantının biçimine model adı verilmektedir. Değişkenler arasında model oluşturulmasına ise ‘veriye model uydurma’ veya ‘veri için uygun model seçimi’ denilmektedir. Bağımsız değişken sayısının 1 olduğu durumda veriye model uydurmak için kullanılan araç serpme diyagram olarak belirtilmektedir (Gamgam ve Altunkaynak., 2021; Alpar., 2001).



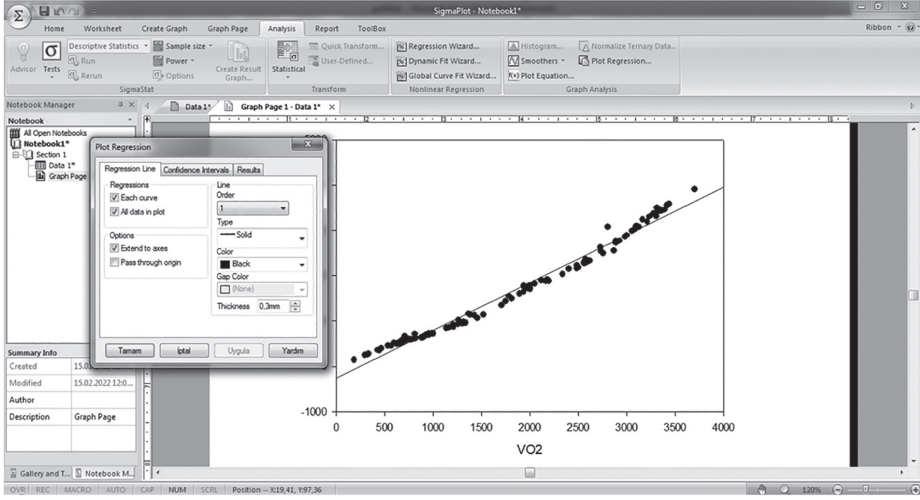


**Grafik 7.**  $VO_2$  ve  $VCO_2$  Verilerinin Serpme Diyagramı

Grafik 7'de görüldüğü gibi  $VO_2$  ve  $VCO_2$  verilerinin serpme diyagramı çizilmiştir.

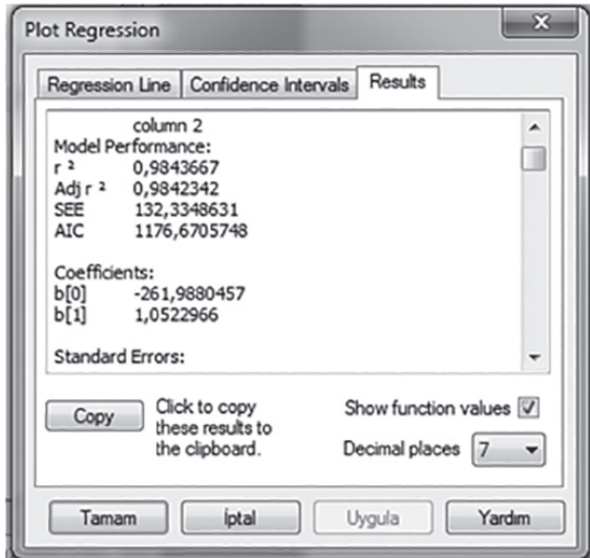
Serpme diyagramı her örnek biriminin düzlemde bir nokta ile temsil edilme temeline dayanmaktadır (Gamgam ve Altunkaynak., 2021). Dolayısıyla Grafik 7'de verilen serpme diyagramda  $VO_2$  ve  $VCO_2$  değerleri noktalarla temsil edilmektedir.

Serpme diyagramı ile veriye model uydurma görsel bir yoruma dayanmaktadır. Grafik 7'de verilen serpme diyagramda noktaların kabaca bir doğru etrafında olduğu görülmektedir. Bu solunum verileri açısından bakılacak olursa birbiri ile ilişkili  $VO_2$  ve  $VCO_2$  değişkenleri için uygun modelin basit doğrusal model olduğu kararı verilmektedir.



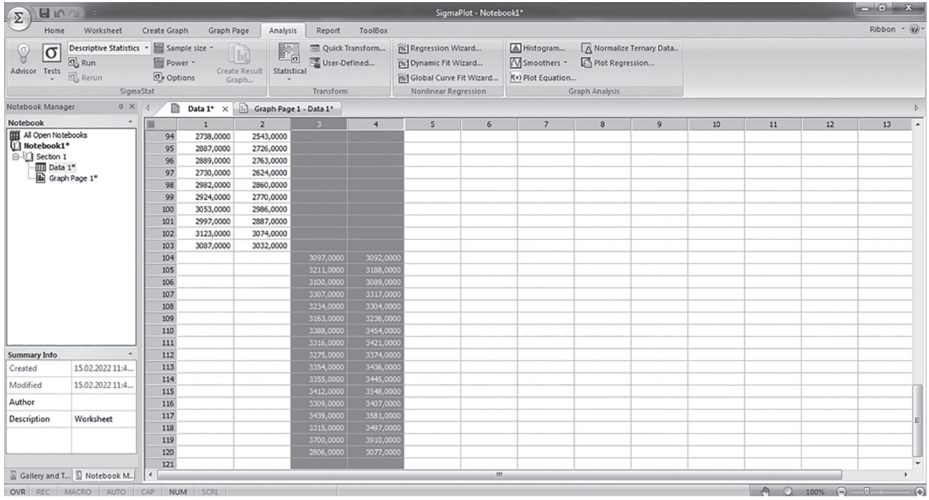
Grafik 8. Doğrusal Regresyon Analizinin Sigma Plot Menüünden Seçimi

Grafik 8'da verildiği gibi Sigmaplot programının menüsünden 'Analiz' sekmesinin altında 'regresyon çiz' sekmesi tıklanarak basit doğrusal regresyonun tüm noktalar için çizilmesini 'tüm verileri çiz' seçenekleri işaretlenmiştir. Grafik 8'da görüldüğü gibi noktaların üzerinden geçecek bir doğru çizdirilmiştir.



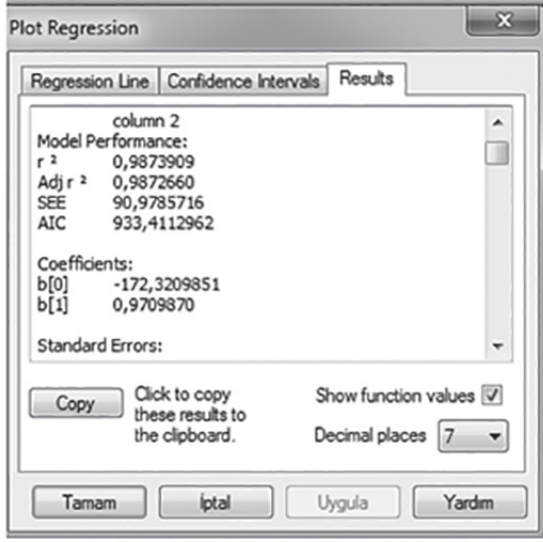
Şekil 3. Doğrusal Regresyon Analizinin Sonuçları

Regresyon analizi sonucu Şekil 3’de verilmiştir. Regresyon analizi sonucu verilen belirtme katsayısı  $R^2$  olarak tanımlanmakta ve  $VO_2$  ve  $VCO_2$  verilerinin uydurulan regresyon eğrisi ile %98 açıklandığını göstermektedir. Sonuç tablosundan değerlendirilmesi gereken bir diğer parametre de ‘b1’ değeridir. Test sırasında  $VCO_2$  ve  $VO_2$  oranının doğrusallığını veren ‘b1’ değerinin 1,05 olduğu görülmektedir. Verilen ‘b1’ değerinin 0,9 olduğu yeri tespit edip çoklu regresyon analizi ile kesişim noktasının verilmesi gerekmektedir.



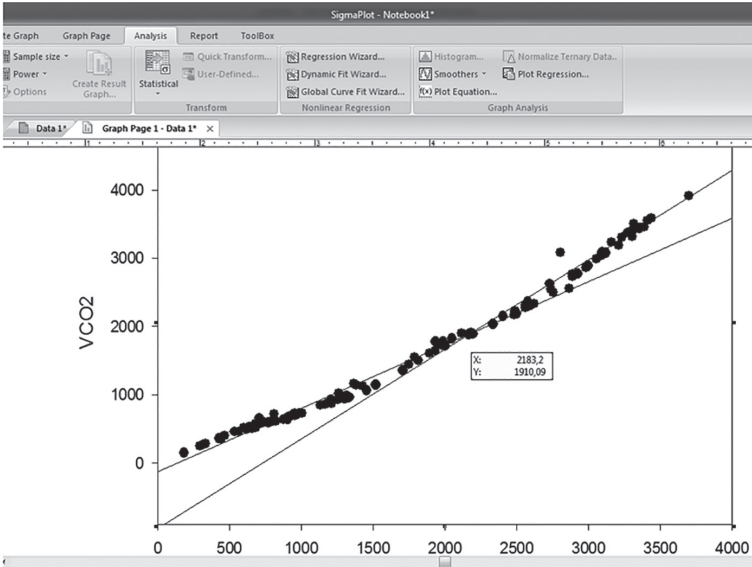
Şekil 4.  $VO_2$  ve  $VCO_2$  Verilerinin Kesişim Noktasının Belirlenmesi

Şekil 4’de görüldüğü gibi  $VO_2$   $VCO_2$  verileri ‘b1’ değeri 0,9 değerini bulmak amaçlı yan sütunlara kopyalanmıştır.



Şekil 5. VO<sub>2</sub> ve VCO<sub>2</sub> Verilerinin Kesişim Noktasının Analiz Sonucu

Şekil 5'de görüldüğü gibi 'b1' değeri 0,9 olduğu yer belirlenmiştir.



Grafik 9. VO<sub>2</sub> ve VCO<sub>2</sub> Verilerinin Kesişim Noktası

Grafik 9'da belirlenen 'x' ve 'y' noktaları 'VO<sub>2</sub>' ve 'VCO<sub>2</sub>' verilerini ifade etmektedir. Dolayısıyla analizler sonucu belirlenen 'VO<sub>2</sub>' ve 'VCO<sub>2</sub>' değerleri ex-

cel dosyasından tespit edilerek bu noktaya denk gelen kalp atım hızı,  $VO_2$  koşu hızı, metabolik eşdeğer, yüzde  $VO_{2maks}$ , yüzde kalp atım hızı maksimal, ventilasyon, solunum frekansı gibi parametreler bireysel olarak kaydedilir ve bireyin yaş grubuna, cinsiyetine, antrene olma durumuna, spor branşına göre normatif verilerle, grup ortalamasıyla ya da bireysel önceki değerleriyle karşılaştırılarak değerlendirilebilmektedir.

Sonuç olarak yapılan analizlerle elde edilen kardiyovasküler parametreler maksimal sonuçlar ve anaerobik eşikteki sonuçlar olmak üzere iki ana başlık altında toplanarak raporlanabilir.

## **KAYNAKLAR**

- Alpar R. (2001) Spor Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara
- Carey. D.G., Quantifying differences in the 'fat burning' zone and the aerobic zone: implications for training, *J. Strength Cond Res*, 23(7) 2090-2095 (2009)
- Gangam H. Altunkaynak B. (2021) Regresyon Analizi Lojistik Regresyon- Eğri Uydurma – Tahmin, Seçkin Yayıncılık, Ankara
- Kenney W.L. Wilmore J.H. Costil D.L. (2021) Spor ve Egzersiz Fizyolojisi, Spor Yayınevi ve Kitabevi, Ankara
- Kurdak, S. S. (2012). Solunum sistemi maksimal egzersiz kapasitesini sınırlar mı. *Solunum*, 14, 12-20.
- Ünal M. (2019) Egzersiz Fizyolojisi, İstanbul Tıp Kitabevleri

