



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SPORCULARDA EREKTOR SPİNAE KAS YORGUNLUĞUNUN
İŞLEVSEL YAKIN KIZILALTI SPEKTROSKOPİ VE
YÜZEYSEL ELEKTROMİYOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

BİLAL BİÇER
DOKTORA TEZİ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Birol ÇOTUK

İSTANBUL-2011

TEZ ONAYI

Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Programın seviyesi : Yüksek Lisans () Doktora (x)
Anabilim Dalı : Beden Eğitimi ve Spor
Tez Sahibi : Bilal BİÇER
Tez Başlığı : Sporcularda Erektor Spinae Kas Yorgunluğunun İşlevsel Yakın Kızılaltı Spektroskopisi ve Yüzeysel Elektromiyografi ile Değerlendirilmesi
Sınav Yeri : Marmara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Sınav Tarihi : 21.07.2011

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman (Unvan, Adı, Soyadı)

Kurumu

İmza

Prof. Dr. Birol ÇOTUK

Marmara Üniversitesi



Sınav Jüri Üyeleri (Unvan, Adı, Soyadı)

Prof. Dr. Hızır KURTEL

Marmara Üniversitesi

Doç. Dr. Ata AKIN

Boğaziçi Üniversitesi

Doç. Dr. Bekir YÜKTAŞIR

Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ali KIZILET

Marmara Üniversitesi



Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 8./9./2011 tarih ve -1- sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Gülden Z. OMURTAG

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

21.07.2011

BİLAL BİÇER

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, her konuda destek olan ve değerli zamanını bu çalışma için harcayan, danışmanım sayın Prof. Dr. H.Birol ÇOTUK’a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca her aşamada bilgi ve emeğini esirgemeyen ve her sıkıştığım da yardımına koşan Ömer Şaylı’ye çok teşekkür ederim.

Çalışma boyunca bana birçok konuda destek olan Orkun Pelvan’a ve Fatih Kaya’ya teşekkür ederim.

Tez ölçümlerinin yapıldığı Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri ve Sporcu Sağlığı Araştırma ve Uygulama Merkezi sorumlusu olan Nuri Topsakal’a teşekkür ederim.

Ölçüm sehpasının yapımında teknik ve malzeme desteğini sağlayan Hilmi Akbaş’a ve yardımlarından dolayı Esra Akbaş’a teşekkür ederim.

Bu çalışmaya iştirak eden tüm katılımcılara teşekkür ederim.

Ölçümlerde kullanılan Yakın kızılaltı spektroskopisi ve pulse oksimetre gibi araçları bize tahsis eden Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği bölümüne ve Doç. Dr. Ata Akın’a çok teşekkür ederim.

Sporcularının ölçümlere katılmasına izin vererek bu çalışmaya destek olan Fenerbahçe Kürek Şubesi ile Galatasaray Voleybol Şubesi antrenör ve idarecilerine ve ayrıca Müfide Çotuk’a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÖZET.....	1
SUMMARY	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kas Fizyolojisi	4
2.1.1. Düz Kaslar.....	4
2.1.2. Kalp Kası.....	4
2.1.3. İskelet Kası.....	4
2.1.3.1. İskelet Kasının Yapısı	5
2.1.4. Kayan Filamentler Teorisi.....	7
2.1.5. Motor Ünite.....	9
2.2. Kas Lif Tipleri.....	10
2.2.1. Hızlı kasılan (Fast-twitch) Kas Lifleri	10
2.2.2. Yavaş kasılan (Slow-twitch) Kas Lifleri.....	11
2.3. Kasta Meydana Gelen Kasılma Tipleri	12
2.3.1. İzometrik kasılma.....	12
2.3.2. İzotonik kasılma	12
2.3.3. İzokinetik kasılma	12
2.4. Enerji Sistemleri.....	13
2.4.1. Anaerobik ve Anaerobik metabolizma.....	14
2.4.1.1 ATP-PC (Fosfojen sistemi)	14
2.4.1.2. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)	15
2.4.2. Aerobik metabolizma	16
2.5. Kanda Oksijen Taşınması	19

2.5.1. Oksijenin Kanda Taşınması	19
2.5.1.1. Oksijen-hemoglobin Ayrılma Eğrisi	20
2.5.2. Karbondioksitin Kanda Taşınması	23
2.6. Kaslardaki Gaz Değişimi	25
2.7. Oksijen Taşınması ve Dokular Tarafından Alımına Etki Eden Faktörler.....	26
2.8. Yorgunluk	27
2.9. Yakın Kızılaltı Spektroskopi.....	30
2.10. Yüzeysel Elektromiyografi	32
2.10.1. Kassal Kasılma ve Aksiyon Potansiyeli.....	33
2.10.2. Motor Ünite Katılımı (Recruitment) ve Ateşleme Frekansı	34
2.10.3. EMG sinyalini etkileyen faktörler.....	35
2.10.4. YEMG değerlendirilmesinde kullanılan parametreler	37
2. 11. Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon’a ilişkin antrenmanın etkisi	37
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	41
3.1. Araştırma Modeli	41
3.2. Araştırma Hipotezi	41
3.3. Araştırma Grubu.....	41
3.4. Çalışmanın sınırlılıkları.....	42
3.5. Veri Toplama Yöntem ve Araçları.....	42
3.5.1. İYKAS Ölçümü.....	43
3.5.2. YEMG Ölçümü	46
3.5.3. BSKD Test Prosedürü	48
3.5.4. Deri Kıvrım Kalınlığının Ölçülmesi	49
3.5.5. Kalp atımının ölçülmesi	49
3.6. İstatistiksel İşlemler	50
4. BULGULAR.....	51
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	117
5.1. BSKD test performansı	117
5.2. BSKD test performansındaki EMG değişimi.....	119
5.3. BSKD test performansında İYKAS trendleri.....	124
5.4. Korelasyon	133
6. KAYNAKLAR.....	139

7. EKLER	149
EK 1. DENEK BİLGİLENDİRME FORMU	149
EK 2. DENEK İZİN FORMU.....	150
EK 3. ETİK KURUL RAPORU	151
EK 4. KURUM İZİN FORMU	152
EK 5. ÖZGEÇMİŞ	153

KISALTMALAR

İYKAS	: İşlevsel Yakın Kızılaltı Spektroskopi
Hb	: Deoxy-hemoglobin
HbO ₂	: Oxy- hemoglobin
YEMG	: Yüzeysel Elektromiyografi
KOKK	: Kareleri Ortalamasının Karekökü
OMF	: Ortalama frekans
OCF	: Ortanca frekans
BSKD	: Biering-Sorensen Kas Dayanıklılık
ES	: Erektor Spinae
tdüğüm	: İYKAS sinyalinin başlangıcından düğüm noktasına kadar geçen süre
Eğim1	: İYKAS sinyalinin başlangıçtan düğüme kadar olan eğimi
Eğim2	: İYKAS sinyalinin düğümden egzersiz sonuna kadar olan eğimi
Edüğüm	: Başlangıçtan düğüme kadar olan erim
E _{60sn}	: İlk 60 sn' deki erim
E _{tam}	: Tüm egzersizdeki erim
n	: örneklem sayısı
Ort	: Ortalama
Std Sp	: Standart Sapma
Min	: Minimum
Mak	: Maksimum
Sd	: Serbestlik derecesi
KT	: Karelerin toplamı
OK	: Ortalama kare

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1. Kas lifi sınıflandırılması ve özellikleri	11
Tablo 4.1. Çalışmaya katılan bireylerin betimleyici istatistiği	51
Tablo 4.2. Egzersiz süresine ilişkin betimleyici istatistik	52
Tablo 4.3. Egzersiz süresi için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	52
Tablo 4.4. KOKK yüzdelik değişime ([%]) ilişkin betimleyici istatistik	53
Tablo 4.5. KOKK yüzdelik değişim ([%]) tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	54
Tablo 4.6. KOKK eğimine ([%/sn]) ilişkin betimleyici istatistik	55
Tablo 4.7. KOKK eğimi ([%/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	55
Tablo 4.8. OMF yüzdelik değişime ([%]) ilişkin betimleyici istatistik	56
Tablo 4.9. OMF yüzdelik değişim ([%]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	57
Tablo 4.10. OMF eğime ([%/sn]) ilişkin betimleyici istatistik	59
Tablo 4.11. OMF eğim ([%/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	59
Tablo 4.12. OMF eğime ([Hz/sn]) ilişkin betimleyici istatistik	61
Tablo 4.13. OMF eğim ([Hz/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	61
Tablo 4.14. OCF yüzdelik değişime ([%]) ilişkin betimleyici istatistik	63
Tablo 4.15. OCF yüzdelik değişim ([%]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	63
Tablo 4.16. OCF eğime ([%/sn]) ilişkin betimleyici istatistik	65
Tablo 4.17. OCF eğim ([%/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	65
Tablo 4.18. OCF eğime ([Hz/sn]) ilişkin betimleyici istatistik	67
Tablo 4.19. OCF eğim ([Hz/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	67
Tablo 4.20. Hb düğüm süresine (sn) ilişkin betimleyici istatistik	69
Tablo 4.21. Hb düğüm süresi için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	69
Tablo 4.22. Hb eğim1'e ilişkin betimleyici istatistik	71
Tablo 4.23. Hb eğim1 için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	71
Tablo 4.24. Hb eğim2 ilişkin betimleyici istatistik	73

Tablo 4.25. Hb eğim2 için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	73
Tablo 4.26. Hb E _{düğüm} içi betimleyici istatistik	75
Tablo 4.27. Hb E _{düğüm} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları.....	75
Tablo 4.28. Hb E _{60sn} için betimleyici istatistik	77
Tablo 4. 29. Hb E _{60sn} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları.....	77
Tablo 4.30. Hb E _{tam} için betimleyici istatistik	78
Tablo 4.31. Hb E _{tam} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	79
Tablo 4.32. HbO ₂ eğim2 ilişkin betimleyici istatistik.....	80
Tablo 4.33. HbO ₂ eğim2 için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	80
Tablo 4.34. HbO ₂ E _{60sn} için betimleyici istatistik	82
Tablo 4.35. HbO ₂ E _{60sn} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları.....	82
Tablo 4.36 HbO ₂ E _{tam} ilişkin betimleyici istatistik	84
Tablo 4.37. HbO ₂ E _{tam} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları.....	85
Tablo 4.38. HbO ₂ E _{%90} süresine ilişkin betimleyici istatistik	86
Tablo 4.39. HbO ₂ E _{%90} süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları ..	87
Tablo 4.40. Hb E _{%90} süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	88
Tablo 4.41. Hb E _{%90} süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	89
Tablo 4.42. Hb %60 süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	91
Tablo 4.43. Hb %60 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	91
Tablo 4.44. Hb %65 süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	92
Tablo 4.45. Hb %65 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	93
Tablo 4.46. Hb %70 süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	94
Tablo 4.47. Hb %70 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	94
Tablo 4.48. Hb %75 süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	95
Tablo 4.49. Hb %75 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	96
Tablo 4.50. Hb %80 süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	97
Tablo 4.51. Hb %80 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	97
Tablo 4.52. Hb %85 süresine ilişkin betimleyici istatistik.....	99
Tablo 4.53. Hb %85 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları	99
Tablo 4. 54. Egzersiz süresi ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri...	102
Tablo 4. 55. Egz. Süresi ve İYKAS Hb parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri...	103
Tablo 4. 56. Egz. Süresi ve İYKAS HbO ₂ parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri	106
Tablo 4. 57. Hb t _{düğüm} ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri.....	107
Tablo 4. 58. Hb eğim1 ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri	108
Tablo 4. 59. Hb eğim2 ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri	109
Tablo 4. 60. Hb E _{düğüm} ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri.....	110

Tablo 4. 61. Hb E60sn ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri	111
Tablo 4. 62. Hb Etam ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri.....	112
Tablo 4. 63. HbO ₂ Eğim2 ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri	113
Tablo 4. 64. HbO ₂ E60sn ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri.....	115
Tablo 4. 65. HbO ₂ Etam ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri	116

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Kas Yapısı.....	6
Şekil 2. 2. Dinlenim aşaması.....	7
Şekil 2. 3. Kasılmanın başlama aşaması	8
Şekil 2. 4. Kasılma aşaması.....	8
Şekil 2. 5. Kasılmanın Sürdürülmesi (yeniden sarj) Aşaması.....	8
Şekil 2. 6. Gevşeme Aşaması.....	9
Şekil 2. 7. Motor Ünite.....	9
Şekil 2. 8. Fosfokreatinin basit yapısı ve yüksek enerjili fosfat bağı gösterilmiştir ..	15
Şekil 2. 9. Krebs Döngüsü	17
Şekil 2. 10. Elektron Taşıma Sistemi	18
Şekil 2. 11. Hemoglobinin yapısı	20
Şekil 2. 12. Oksihemoglobin ayrılma eğrisi.....	21
Şekil 2. 13. Eksternal ve internal solunum.....	25
Şekil 2. 14. Aksiyon potansiyeli (Konrad).....	34
Şekil 2. 15. Motor Üniteler ve Ateşleme	35
Şekil 2. 16. EMG sinyali etkileyen faktörlerin şematik gösterimi.....	36
Şekil 2. 17. Kapiller ve sfinkterler	38
Şekil 2. 18. Antrenman sonucu toplam kan volümündeki artış	39
Şekil 2. 19. Kardiyak debinin istirahat ve egzersiz sırasındaki dağılımı	40
Şekil 3. 1. NIROSCOPE 301 yakın kızılaltı spektroskopisi.....	43
Şekil 3. 2. Prob ve üstündeki ışık vericisi (LED) ve ışık alıcıları.....	44
Şekil 3. 3. İYKAS sinyali için hesaplanan parametreler.....	45
Şekil 3. 4. İYKAS sinyali için hesaplanan yüzdeler	46
Şekil 3. 5. ES'nin sağ tarafından yapılan EMG analiz örneği	48
Şekil 3. 6. Biering-Sorensen testinin modifiye edilmiş şekli	49
Şekil 4. 1. Gruplara göre 1. ve 2. ölçümün BSKD test süreleri	53
Şekil 4. 2. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OMF yüzdelik değişimi	58
Şekil 4. 3. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OMF eğimi.....	60
Şekil 4. 4. OMF Eğim (Hz/sn) taraf*grup etkileşimi.....	62
Şekil 4. 5. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OCF yüzdelik değişimi	64

Şekil 4. 6. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OCF eğimi.....	66
Şekil 4. 7. Grupların taraf ve ölçüme göre Edüğüm ortalamaları	76
Şekil 4. 8. Grupların HbO ₂ eğim2 ortalamaları açısından karşılaştırılması.....	81
Şekil 4. 9. Grupların HbO ₂ E _{60sn} ortalamaları açısından karşılaştırılması	83
Şekil 4. 10. Grupların taraf ve ölçüme göre HbO ₂ E _{60sn} ortalamaları	84
Şekil 4. 11. HbO ₂ E _{tam} için ölçüm*grup etkileşimi.....	86
Şekil 4. 12. Hb E%90 süresine ilişkin ölçüm*grup etkileşimi.....	90
Şekil 4. 13. Hb sinyali için Grup*Taraf*Yüzde etkileşimi.....	101
Şekil 4. 14. Hb sinyali için Grup*Ölçüm*Yüzde etkileşimi.....	101
Şekil 4. 15. Hb eğim1 ile E60sn arasındaki ilişki	104
Şekil 4. 16. Hb eğim1 ile Etam arasındaki ilişki.....	105
Şekil 4. 17. Hb Etam ile Hb Edüğüm arasındaki ilişki	105
Şekil 4. 18. HbO ₂ E60sn ile Etam arasındaki ilişki.....	106
Şekil 4. 19. HbO ₂ eğim2 ile OMF-OCF eğim (%/sn) ilişkisi (sağ2)	114
Şekil 5. 1. Hb sinyalinde hızlı artıştan sonra gözlenen patern türleri	124
Şekil 5. 2. HbO ₂ sinyalinde hızlı düşüşten sonra gözlenen patern türleri	125

ÖZET

Kassal yorgunluk, kas kasılması yoluyla belirli bir gücün üretilmesinde ya da sürdürülmesinde ortaya çıkan yetersizlik olarak tanımlanır. Yorgunluk, sporcularda performansı etkileyen önemli etmenlerden birisidir. Bu nedenle de bu araştırmada “Sporcularda erektor spinae kas yorgunluğunun işlevsel yakın kızılaltı spektroskopisi ve yüzeysel elektromiyografi ile değerlendirilmesi amaçlandı.

Araştırmaya 22 sporcu (kürekçi=11, voleybolcu=11) ve 8 sedanter erkek gönüllü katıldı. Bireylerin erektor spinae kas yorgunluğunu değerlendirmek için modifiye Biering-Sorensen kassal dayanıklılık (BSKD) testi 10 dakika arayla iki kez uygulandı. İşlevsel yakın kızılaltı spektroskopisi ve yüzeysel elektromiyografi problemleri erektor spinae kasının L3 spinöz çıkıntısından merkeze 2.5 cm uzaklığa ve erektor spinae'nın her iki tarafına gelecek şekilde yan yana yerleştirildi. Ölçümler eşzamanlı alındı. Verilerin analizinde 3 yönlü karma varyans analizi (gruplar arası ve grup içi desen) kullanıldı.

BSKD test süresi iki gruba göre de anlamlı şekilde en uzun olan grup kürekçilerdi (ort=274 sn). KOKK, OMF ve OCF yüzdelik değişim miktarları açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı. 1. ölçümde KOKK eğiminde (%/sn) düşüş gözlenirken 2.ölçümde artış gözlemlendi. Buna karşın OMF ve OCF eğimleri (%/sn) test boyunca doğrusal şekilde düşüş gösterdi.

İşlevsel yakın kızılaltı spektroskopisi sinyalinden elde edilen düğüm noktasına en geç ulaşan voleybolcular oldu. Aynı zamanda eğim1 açısından voleybolcular sedanterler göre daha düşük eğime sahipti. BSKD test süresince en büyük erim değerlerinin sedanter grupta olduğu tespit edildi.

Sonuç olarak sporcuların yorgunluk değerlendirilmesinde YEMG ve İYKAS güvenilir ve kullanışlı bilgiler sağlamaktadır. Bu yolla elde edilecek verilerin sporcuların antrenmanlarına ve adaptasyonlarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: BSKD, Yorgunluk, İYKAS ve YEMG

SUMMARY

ASSESSMENT OF ERECTOR SPINAE MUSCLE FATIGUE USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY AND ELECTROMYOGRAPHY IN ATHLETES

Muscle fatigue is defined as deficiency in the production of power or holding this level through muscle contraction. Fatigue is the most important factor defining performance in athletes. Because of this, assessment of erector spinae muscle fatigue in athletes using Near Infrared Spectroscopy and Surface Electromyography" has been aimed in this research.

22 athletes (11 rowers and 11 volleyball players) and 8 sedentary male voluntary people participated in the study. Two modified Biering-Sorenson muscle endurance (BSME) tests were applied with 10 minutes interval to evaluate the erector spinae muscle fatigue of people. Probe of Near-Infrared Spectroscopy and electrodes of Surface Electromyography were placed next to each other on each side of erector spinae muscle, above 2.5 cm from the L3 center and measurements were simultaneous. 3-way mixed variance analysis (between the groups and within group pattern) was used in the data analysis.

BSME test times of rowers were the longest statistically compared to the other two groups (mean 274 s.). There was no significant difference for RMS, MNF and MDF percentage changes between the groups. RMS slope decline was observed in the first test whereas increase was observed in the second test. MNF and MDF slopes (%/s.) were in linear decline throughout the test.

Inflection point determined from Near Infrared Spectroscopy signal were the longest for volleyball players. At the same time, volleyball players have lower slope of m1 compared to sedentary people. The highest range values were noticed in the sedentary group during the BSME test.

As a result, SEMG and NIRS provide reliable and useful information for assessment of fatigue in athletes. The data obtained in this way is thought to give insight into training of athletes and their adaptations.

Key words: BSME, Fatigue, NIRS and SEMG

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kaslar enerji üretimi için oksijene (O_2) ihtiyaç duyar. İhtiyaç duyulan bu oksijen kaslara kan yoluyla ulaştırılır. Egzersize başlandığı zaman, kalbin dakika hacmi ihtiyaca cevap verecek şekilde artar ve kanın dokulara dağılımı çalışan dokulara daha fazla, çalışmayan dokulara daha az olmak üzere orantılı olarak değişir. İstirahatta iskelet kaslarına giden kan, kalbin dakika hacminin % 15-20 sini oluşturduğu halde, egzersizde bu oran % 85-90 civarına kadar yükselir. Kan akımında görülen büyük bir artış yanında, her kasılma işlemi bu akımı azaltmaktadır. Kas maksimum geriminin %10'undan daha fazla kasılır ise içinde yer alan damarları baskılar. Böylece kuvvetli kasılmalar kasta yorgunluğun hızla gelişmesine neden olur (Karatosun, 2003).

Kassal yorgunluk, kas kasılması yoluyla belirli bir gücün üretilmesinde ya da sürdürülmesinde ortaya çıkan yetersizlik olarak tanımlanır (Günay & Cicioğlu, 2001). Yorgunluk birbirini sırayla izleyen birçok faktörün birleşmesiyle oluşur ve performansı düşürür (Kirkendall, 1990). Kas liflerine oksijen alımındaki yetersizlik ve yetersiz miktarda kan akışı da kassal yorgunluğa neden olan faktörler arasında yer almaktadır (Fox, Bowers, & Foos, 1993).

Yakın kızılaltı spektreskopi gibi girişimsiz ölçüm tekniklerinin gelişmesi ile birlikte son yıllarda kas enerji metabolizmasına yönelik araştırmalarda artmıştır (Yamada, Kusaka, Arima, Isobe, Yamamoto, & Itoh, 2008). İşlevsel yakın kızılaltı spektroskopide oksi ve deoksi Hb/Mb'nin ışığı farklı soğurma özelliklerinden yararlanılarak kas metabolizması değerlendirilebilmektedir.

Yüzeysel Elektromiyografi ile kas kasılması sırasında oluşan motor ünite aksiyon potansiyellerinin yüzeydeki toplamı ölçülebilmektedir. Yorgunlukla ilişkili yapılan çalışmalarda izometrik kasılmalar sırasında kas hücre metabolizmasındaki değişikliklere bağlı olarak ortalama güç frekansında düşük frekanslara doğru bir kayma olduğu gözlenmiştir. Kasların kasılmasını sağlayan elektriksel aktivitenin izlendiği yüzeysel elektromiyografi (YEMG) ile birlikte işlevsel yakın kızılaltı spektroskopisi lokal kas yorgunluğunun mümkün olan nedenlerinin anlaşılmasında ekonomik ve pratik çözümler sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı sporcularda kas dayanıklılık testi sırasında sırt ekstansör kas yorgunluğunu İYKAS ve YEMG ile değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kas Fizyolojisi

Hareket fonksiyonu üç temel organ grubunun çalışmasıyla gerçekleşir: Kemikler, eklemler ve kaslar. Bunların arasında kemikler, pasif organları; kaslar, aktif organları; eklemler, hareketin gelişmesindeki uyumu oluştururlar. Kaslar, kas dokusundan meydana gelen anatomik ve fonksiyonel birimlerdir. Kaslar yapılarına göre düz kaslar, çizgili kaslar ve kalp kası olmak üzere üçe ayrılır (Vural & ark, 1994).

2.1.1. Düz Kaslar

Düz kaslar iç organlarımızın (kan damarları, mide, bağırsaklar vb.) duvarlarında bulunurlar. Otonom sinir sistemi tarafından uyarılırlar ve bu nedenle istem dışı kasılırlar. Düz kasların kasılmaları yavaş ve ritmiktir. Her lifin yalnız bir çekirdeği bulunur. Damar sisteminde bulunan düz kaslar dış membran boyunca küçük girintiler gösterirler. Troponin dışında iskelet kasında bulunan bütün kas proteinleri düz kaslarda da bulunur (Dere & Yücel, 1994) (Illingworth, 2011).

2.1.2. Kalp Kası

Kalp kası yalnızca kalpte bulunur ve iskelet kası gibi sarkomer içeren çizgili bir yapıya sahiptir. Ancak kalp kası lifleri daha kısadır ve dallanma gösterirler. Mitokondrileri daha büyük ve fazladır. Lifler intercalated diskler denen birbirinin içine girmiş hücreler şeklinde bir yapıyla birbiri ile birleşmişlerdir. Yapısal olarak, kalp kası diğer kas liflerinden temelde sintisyum adı verilen ağ örgüsü şeklinde birbiriyle iletişim halinde olan kas lifleri ile ayrılır. Bu yapı, kalp kasını özellikle kendisi gibi çizgili olan iskelet kasından ayırır. Kalp kası dışardan herhangi bir uyarı olmaksızın otomatik ve ritmik olarak kasılır. Kalp kası uyarıya bütün kasa yayılan, dalgalanmaya benzer bir kasılma ile cevap verir (Sönmez, 2002) (Ganong, 1983) (Illingworth, 2011).

2.1.3. İskelet Kası

Vücutta, iskeleti oluşturan kemiklere yapışık olan kaslara iskelet kasları denir. Bunlar vücudun % 40'ını oluştururlar. Bu kaslar, enine çizgili yapı gösteren kas

hücreleri ve demetleri ile bunların arasını dolduran az miktardaki bağ dokudan yapılmışlardır. İskelet kasları istemli çalışırlar, eklemlere etki ederler, vücudun hareketini ve duruşunu sağlarlar (Hatipoğlu, 1989).

2.1.3.1. İskelet Kasının Yapısı

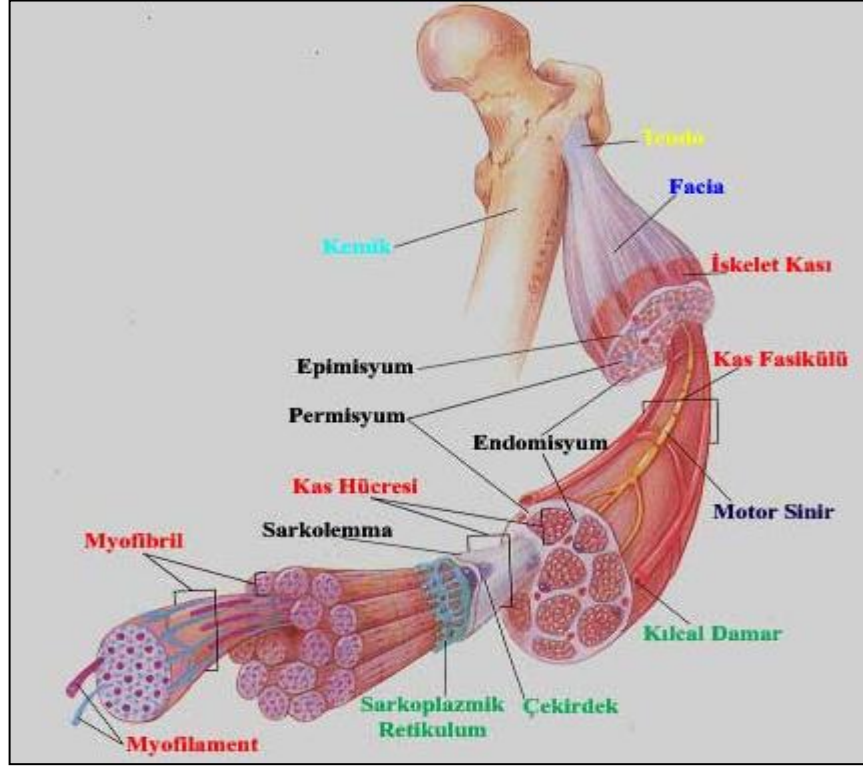
Hareketlerimiz kimyasal enerjinin mekanik enerjiye çevrilmesi ile gerçekleşir. Bu özel enerji transferi sonucu iskelet kaslarının hareketi oluşur. İskelet kaslarının hareketi kasılma-gevşemeler şeklinde gerçekleşir. Dolayısıyla egzersiz anında oluşan değişiklikleri anlayabilmek için iskelet kasının temel yapısı ve fonksiyonunun bilinmesi gerekir.

Vücudumuzda 430'dan fazla kas bulunur ve bunların her biri fibröz bağ dokusundan oluşan çeşitli kılıflarla sarılıdır. Her kas, lif adı verilen ve boyu 1mm-30 cm, eni ise 10-100 mikron arasında olan binlerce silindirik kas hücresinin bir araya gelmesiyle oluşur. İskelet kası lifleri ışık mikroskobu altında açıkly koyulu çizgiler halinde görüldüğünden çizgili kas olarak tanımlanır. Liflerin sayısı fetal gelişimin ikinci üç ayında belirlenir. Bu uzun, ince, çok çekirdekli lifler birbirlerine paralel olarak uzanırlar. Bir kasta ne kadar kas lifinin olacağı kasın büyüklüğü ve yaptığı iş ile bağlantılıdır (McArdle, Katch, & Katch, Essentials of Exercise Physiology, 1994) (Sönmez, 2002) (Ergen, et al., 2002).

Kas dokusu; yaklaşık olarak % 75' su, % 20'si protein, geriye kalan % 5'i mineral ve diğer organik tuzlardan oluşur. Bunun yanında üre ve laktik asit gibi maddelerden, kalsiyum, magnezyum ve fosfor gibi minerallerden, çeşitli enzim ve pigmentler, sodyum, potasyum ve klor iyonları, aminoasit, yağ ve karbonhidratlardan oluşur. Bu tuzların bazıları hücrelerde osmotik basıncın düzenlenmesinde yardımcı rol oynarken bazıları da kas kasılmasında aktif olarak rol oynar (Morrison & ark, 1977).

Her kas lifi endomisyum adı verilen bir bağ dokusu ile çevrelenerek diğer kas liflerinden ayrılır. Fasikül adı verilen kas lifi demetlerini çevreleyen bağ dokusu tabakasına perimisyum adı verilir. Fasia adı verilen doku kasın tüm yüzeyini sarar ve bunun hemen altında kasın tamamını çevreleyen fibröz bağ dokudan oluşan dokuya ise, epimisyum denir. Bu koruyucu kılıf distal uçlarda incelir ve kas içi doku tabakalarıyla birleşerek tendon adı verilen yoğun ve kuvvetli konnektif (bağ) dokuları oluşturur (Şekil 2.1.). Tendonlar kasların sonlandığı ve kemiklere bağlandığı kısımlardır ve kemikleri çevreleyen dış tabakaya (periost) tutunurlar.

Böylece kasın kasılma kuvveti, kasın bağ doku tabakasından doğrudan tendonlara iletilir ve tendonlar kemiğe tutundukları noktada çekme etkisi oluşturlar (Hole, 1990) (Sönmez, 2002) (Karpovich & Sinning, 1971) (Selkurt, 1982).



Şekil 2. 1. Kas Yapısı

Kas lifinin içinde çok sayıda miyofibril bulunur. Bunlar, kasın kasılmasını sağlayan kontraktıl (kasılabilen) yapılardır. Miyofibrillerin arasını sarkoplazma doldurur. Sarkoplazma glikojen, ATP, fosfokreatin, ve glikolitik enzimler taşır. Her kas lifinde sarkolemma'nın hemen altında çekirdek, mitokondri ve bir ağ görünümünde kanallar sistemi olan sarkoplazmik retikulum bulunur (Yakar, 2002).

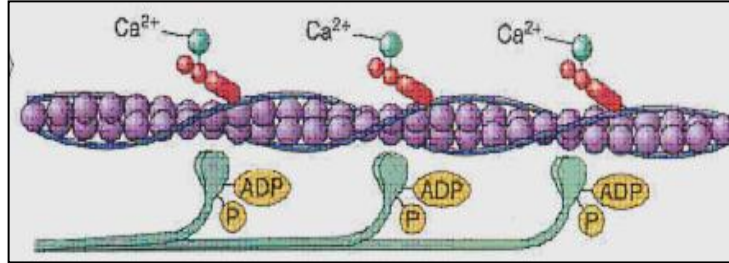
Miyofibriller daha ayrıntılı incelendiğinde daha ince filamentlerden oluştuğu görülür. Bu filamentler ince ve kalın olmak üzere iki tanedir. İnce filamentler aktin olarak adlandırılır ve her bir miyofibrilde elektron mikroskobunda Z bandı olarak ayırt edilen çizgiye bağlı olarak bulunur. Aktin; aktin, tropomiyozin ve troponin olmak üzere üç ayrı proteinden oluşmuştur. Filamentler birbirini takip eden Z bandları bulunur ve iki Z bandı arası **sarkomer** olarak bilinir. Kalın filament olarak bilinen miyozin bu sarkomerde aktin filamentler ortasında serbest halde bulunur. Miyozin filamentleri uç kısımlarında aktin filamentleri ile üst üste gelir. Miyozin

filamenti yaklaşık 200 miyozin molekülünden oluşmuştur. Miyozin moleküllerinin kuyrukları demet halinde toplanarak filamentin gövdesini oluşturur ve baş kısımları bu gövdeden dışarıya doğru sarkmış durumdadır. Miyozin başının kas kasılması sırasında çok önemli bir görevi vardır (Bozdoğan, 2000) (Aktümsek, 2001) (Vonder & ark, 1985).

2.1.4. Kayan Filamentler Teorisi

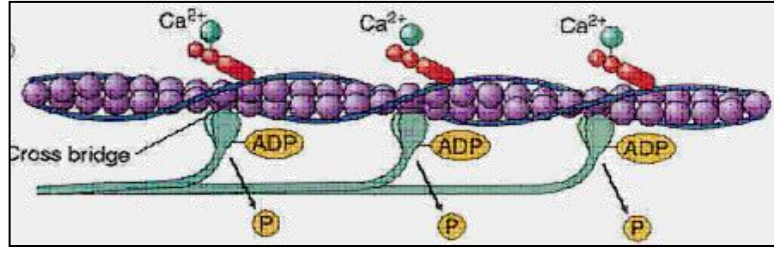
Kas aktivitesi dediğimiz kas hareketidir. Kas hareketi kendini kasılmalarla gösterir. Kas kasılma ve gevşemesini inceleyebilmek 5 temel evreye bağlıdır, bunlar dinlenim, kasılmanın başlaması, kasılma, kasılmanın sürdürülmesi ve gevşemesidir (Günay & Cicioğlu, 2001).

Dinlenim Aşaması: Kasın dinlenim durumunda miyozin filamentlerinin çapraz köprüleri aktin filamentlerine doğru uzanır, fakat onlara temas edemez. Aktin üzerinde bulunan miyozin çapraz köprü başlarının tutunacağı (ilişki kuracağı) aktif bölgeler. Ca^{++} iyonlarının sarkoplazmik retikulumda depolu oluşu nedeniyle troponin-tropomyozin kompleksi tarafından kapatılmıştır. Bu yüzden aktin-miyozin etkileşimi engellenir ve kas kasılması söz konusu değildir (Şekil 2.2).



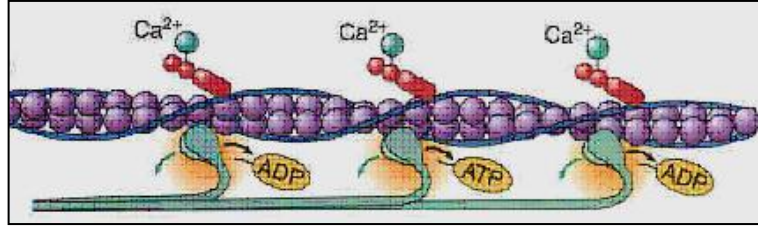
Şekil 2. 2. Dinlenim aşaması

Kasılmanın Başlama Aşaması: Sinir uyarılar motorson plağa ulaştığında asetilkolin salınımı ile uyarı kas hücre zarında yayılarak, T-tübüller yoluyla kas lif içine girerek sarkoplazmik retikulumda depolu bulunan Ca^{++} iyonları aktin'in aktif bölgelerini kapatan troponinle birleşerek aktin-miyozin etkileşimini başlatır. Miyozin çapraz köprü başları aktin'in aktif bölgelerine bağlanarak aktomiyozin kompleksini oluştururlar ve kasılma süreci böylece başlatılmış olur (Şekil 2.3).



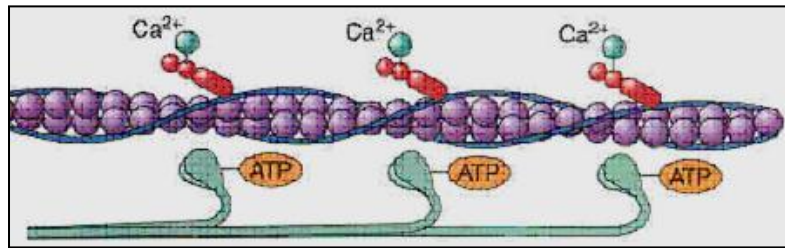
Şekil 2. 3. Kasılmanın başlama aşaması

Kasılma Aşaması: Aktomiyozin kompleksinin oluşumu ile miyozin çapraz köprü başına önceden bağlanmış bulunan ATP' nin parçalanması için miyozin ATP-az enzim aktivitesi harekete geçirilerek enerji açığa çıkarılır. Açığa çıkan bu enerji aktin filamentlerinin miyozin filamentleri üzerinden merkeze doğru kaymasını sağlar. Böylece kas kasılır (Şekil 2.4).



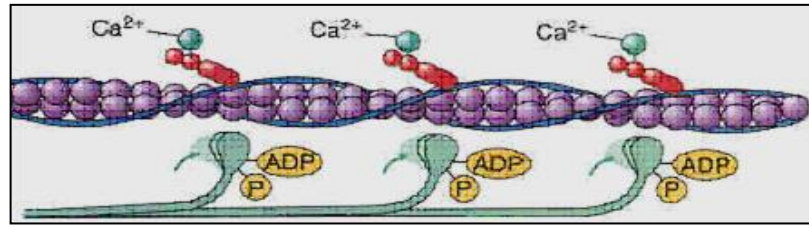
Şekil 2. 4. Kasılma aşaması

Kasılmanın Sürdürülmesi (yeniden sarj) Aşaması: Bir saniyelik kas kasılmasında çapraz köprüler aktinin aktif bölgelerine yüzlerce defa bağlanıp ayrılırlar. Miyozin çapraz köprüleri bağlandığı eski bölgeden ayrılır, çapraz köprüde meydana gelen bükülme hareketi ile parçalanmış ATP yeniden sentezlenir. Böylece miyozin çapraz köprüsü yeniden ATP yüklenir. Bu duruma miyozin çapraz köprü başının aktinden ayrılmasına neden olur. Yine dikey duruma geçen çapraz köprü aktin filamentinin başka bir bölgesine bağlanır. Bu işlemler sonucu kasılma devam ettirilir (Şekil 2.5).



Şekil 2. 5. Kasılmanın Sürdürülmesi (yeniden sarj) Aşaması

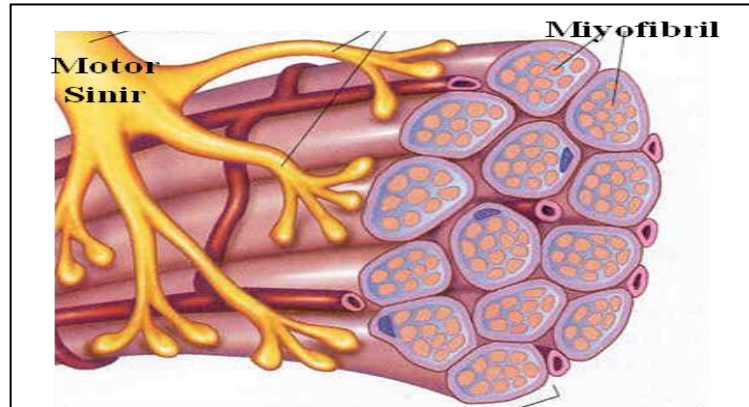
Gevşeme Aşaması: Kasın motor sinirleri yoluyla gelen sinir uyarıları kesilirse Ca^{++} iyonları ile troponin molekülleri arasındaki bağ bozulur. Çünkü Ca^{++} iyonları troponinden ayrılarak sarkoplazmik retikuluma geri pompalanır. Bu durum troponin ve tropomyozin kompleksinin oluşmasına dolayısıyla aktinin tutunma bölgelerinin troponin tarafından örtülmesine neden olur. Böylece troponin aktin-miyozin etkileşimini engeller. Dolayısıyla kas başlangıç durumuna geri döner ve tekrar sinir uyarısı gelinceye kadar gevşemiş durumda kalır (Şekil 2.6.) (Guyton A. , 1981) (Astrand & Rodahl, 1986).



Şekil 2. 6. Gevşeme Aşaması

2.1.5. Motor Ünite

İnsanların iskelet kaslarında yaklaşık çeyrek milyar kas lifi varken, motor sinir sayısı yalnızca 420.000’dir. Buradan da anlaşılacağı, tek bir motor sinir birçok dala ayrılarak birden fazla kas lifini uyarır.



Şekil 2. 7. Motor Ünite

Aynı motor sinir tarafından uyarılan bütün kas lifleri aynı zamanda kasılır ve gevşer ve tek bir ünite olarak çalışır. Bu nedenle, tek bir motor sinir ve bu sinirin uyardığı kas liflerine bir motor ünite adı verilir (Şekil 2.7.) (Sönmez, 2002).

Motor ünitelerdeki kas fibrillerinin ya hepsi kasılır ya da hiçbiri kasılmaz. Bu prensibe hep ya da hiç (all-or-none) prensibi denir. Diğer bir deyişle, kas fibrilleri kısmen kasılmazlar. Ancak bu prensibin motor üniteler için uygulandığı gözardı edilmemelidir; çünkü bir motor ünitelerdeki bütün kas lifleri aynı sinir tarafından uyarılırlar. Hep yada hiç prensibi kasın tamamı için geçerli değildir. Çünkü kasın tamamı birden fazla sinir tarafından uyarılır (Tortora & Anagnostakes, 1975) (Sönmez, 2002).

2.2. Kas Lif Tipleri

Kas lifleri genel olarak benzer yapısal özellikleri gösterebilirler, fonksiyonlarında farklılıklar vardır. Örneğin, miyoglobin içeriklerine göre farklı renktedirler. ATP yapılarına göre farklı hızlarda kasılmaları gibi. Dolayısıyla kas lifleri kasılma hızı, aerobik kapasite, anaerobik kapasite, içerdikleri mitokondri sayısı, sahip oldukları kılcal damar yapısı, kasılma kuvveti, ATPaz aktivitesi ve yorulma süreleri açısından fonksiyonel farklılıklar gösterirler (Parent, 1996). Tablo 2-1.'de günümüzde yaygın olarak kabul edilen kas lif sınıflandırılması ve özellikleri verilmiştir (Seiler, 1996).

2.2.1. Hızlı kasılan (Fast-twitch) Kas Lifleri

Hızlı kasılan kas lifleri yüksek düzeyde miyozin ATPaz aktivitesine sahiptirler. Bu nedenle hızlı ve yüksek kasılma gücü gerektiren kasılmalarda çok çabuk şekilde enerji üretebilirler. Miyozin ATPaz, kas kasılması için gerekli olan enerjiyi ATP'yi parçalayarak sağlar. Bu kas lifleri, bu hızlı kasılma özelliklerini belirtmek amacıyla kısaca FG (fast-glikolitik=hızlı glikolitik) olarak sembolize edilirler. Bu liflerin metabolik özellikleri ve kasılma kapasiteleri tamamen anaerobik enerji sistemine bağlı olan çok hızlı hareket etme, ani pozisyon ve yer değişikliği gerektiren sporlarda (basketbol, voleybol, sürat koşuları gibi) daha fazla önem taşır. Hızlı kasılan kas lifleri Tip IIa, tip IIb ve tip IIc olmak üzere alt gruplara ayrılır. Tip IIa lifleri yüksek kasılma hızına ve aynı zamanda orta derecede iyi gelişmiş aerobik ve anaerobik enerji transferi kapasitesine sahiptirler. Tip IIb lifleri ise, tip IIa liflerine oranla daha fazla anaerobik potansiyele sahiptir. Tip IIc lifleri normal olarak nadir görülür ve özellikleri tam olarak belirlenememiştir (Scott, Stevens, & Binder-Macleod, 2001) (Karp, 2001).

2.2.2. Yavaş kasılan (Slow-twitch) Kas Lifleri

Bu tip kas lifleri, ATP sentezi için gerekli olan enerjiyi genel olarak uzun süreli aerobik enerji sistemi yoluyla sağlarlar. Yavaş kasılan kas lifleri, düşük miyozin ATPaz aktivitesi, yavaş kasılma hızları ve hızlı kasılan kas liflerine oranla daha az gelişmiş olan glikolitik kapasiteleri ile tanınırlar. Ancak, yavaş kasılan lifler nispeten daha büyük ve fazla sayıda mitokondriye sahiptirler. Doğal olarak aerobik metabolizmanın çalışması için gerekli olan mitokondrial enzim konsantrasyonları da yüksektir. Bu lifler yavaş kasılma hızları ve büyük oranda oksidatif metabolizmaya dayandıklarını belirtmek için “SO” (slow-oksidatif = yavaş-oksidatif) sembolüyle gösterilirler. Yavaş kasılan kas lifleri uzun süreli aerobik tipteki egzersizler için uygundur (Sönmez, 2002) (Scott, Stevens, & Binder-Macleod, 2001).

Tablo 2.1. Kas lifi sınıflandırılması ve özellikleri

Kas Fibril Tipi			
Karakteristik Özellikler	Tip I ST (Kırmızı Lifler)	Tip II Fta (Beyaz Lifler)	Tip II FTb (Beyaz Lifler)
Yapısal Özellikler			
Kas lif çapı	Küçük	Büyük	Büyük
Sarkoplazmik retikulum gelişimi	Az	Çok	Çok
Mitokondria yoğunluğu	Yüksek	Yüksek	Az
Kapiller yoğunluk	Yüksek	Orta	Az
Miyogloblin deposu	Yüksek	Orta	Az
Enerji Maddeleri			
Fosfokreatin deposu	Az	Çok	Çok
Glikojen deposu	Az	Çok	Çok
Triglyserid deposu	Çok	Orta	Az
Enzimatik Özellikler			
Myoglobin ATPaz aktivitesi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Glikolitik enzim aktivitesi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Oksidatif enzim aktivitesi	Yüksek	Yüksek	Düşük
Fonksiyonel Özellikler			
Kasılma süresi	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Gevşeme süresi	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Kuvvet üretimi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Enerji verimliliği (ekonomi)	Yüksek	Az	Az
Yorgunluğa direnci	Yüksek	Az	Az
Esneklik	Düşük	Yüksek	Yüksek
Sinirsel Özellikleri			
Motor nöron hacmi	Küçük	Büyük	Büyük
Motor nöron uyarı eşiği	Düşük	Yüksek	Yüksek
Motor sinir iletim hızı	Yavaş	Hızlı	Hızlı

2.3. Kasta Meydana Gelen Kasılma Tipleri

Kas kasılabilme yeteneğine sahip bir dokudur. İskelet kasları kemikler ve eklemleri sararlar, dolayısıyla kısalarak ve uzayarak vücudun hareketini sağlarlar. Kas bu özelliğini çeşitli şekillerde kasılarak ortaya koyar.

2.3.1. İzometrik kasılma

İzometrik kelimesinin sözlük anlamı aynı veya sabit (izo) boy (metrik) demektir. Diğer bir deyişle izometrik kasılan kasın gerilim oluşturduğu fakat kasın dıştan görünümünde, boyunda herhangi bir değişiklik meydana gelmemesidir. Diğer bir deyişle statik bir kasılmadır. Yani kasın uzunluğu sabit kalırken gerilimi artmaktadır. Kasın kısalmamasının sebebi dıştan gelen dirençlere karşı oluşturduğu gerilimin (iç kuvvetin) daha büyük olmasıdır (Fox, Bowers, & Foss, 1989).

2.3.2. İzotonik kasılma

En popüler kasılma tiplerindendir. Eklem hareket ettiği ve bu sırada kastaki gerilimin sabit kaldığı kasılma tipidir. İzotonik kasılmanın terminolojideki karşılığı aynı veya sabit (izo) gerilim (tonik) dir. İzotonik kasılma sabit dirençte kas boyu kısılırken aynı miktarda kas gerilimi üreten bir kasılma şeklidir. Bu kasılma türü konsantrik ve eksantrik kasılma olmak üzere iki şekilde ele alınabilir; (Kuran, 2002) (Pollock & ark, 1978)

Konsantrik Kasılma; Kas kasılması sırasında kasın gerilimi (tonüsü) sabit kalırken kasın boyu kısılır. Kasılma ile hareket gerçekleşir ve mekanik bir iş yapılır. Örneğin, Dumbıll Curl hareketinde ağırlığın yukarıya doğru kaldırılması (dirsek ekleminde fleksiyon) konsantrik kasılmadır ve mekanik bir iş vardır (Ross, 1979).

Eksantrik Kasılma; Kas kasılması sırasında kasın gerilimi sabit kalırken, konsantrik kasılmanın aksine kasta uzama meydana gelir. Negatif bir mekanik iş yapılır. Merdiven inme, ağırlığın (kolda) indirilmesi buna örnektir (Tamarkin, 2003).

2.3.3. İzokinetik kasılma

İzokinetik, eş hareket anlamındadır. Hareket, eşit hızda sürdürülürken hareketin her açısında o açıda ve hızda ortaya konabilecek en yüksek kuvveti gerçekleştirebilir. Bunun için özel geliştirilmiş izokinetik cihazlara gereksinim vardır. Bu cihazlarda hareket hızı saniyede 300, 240, 180, 60 v.b. derecelerde dairesel hızlarda

ayarlanabilir. Böylece kişi o hareketi yaparken maksimal kuvvet uygulasa dahi önceden ayarlanan hızı geçemez yani sabit hızda hareket yapar. Öte yandan ortaya konan direnç ya da kuvvet her açıda farklılık gösterecektir (Ergen, et al., 2002) (Arnheim, 1989).

2.4. Enerji Sistemleri

Fiziksel aktivitenin sınırlarını belirleme yönünde metabolik süreçlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Kas kasılması enerji gerektiren bir olaydır. Kas kimyasal enerjiyi mekanik işe çeviren bir mekanizmadır. İnsan organizmasındaki yaşamsal fonksiyonlar, özellikle sinir uyarılarının iletimi, kas kasılması gibi kimasal reaksiyonlarla enerji açığa çıkarılmasına bağlıdır.

İnsan vücudunun çeşitli hareketleri yapabilmesi, sahip olduğu enerji kapasitesine bağlıdır. İnsan hareketleri 2-3 saniyelik ani ve çok hızlı enerji üretimi gerektiren sıçrama hareketinden, iki saat kadar süren maraton koşusuna veya tenis karşılaşması gibi uzun süreli ancak daha yavaş enerji üretimi gerektiren hareketlere kadar değişiklik gösterir. Bu enerjinin kaynağı kastaki enerjiden zengin organik fosfat bileşikleridir ve kaynağı karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmalarından almaktadır. Hücrede enerji oluşumu adenosin trifosfat (ATP) molekölü vasıtasıyla olmaktadır. ATP'nin moleköler yapısında bir adenosin ve 3 fosfat grubu mevcuttur. ATP' nin son iki fosfat grubu arasındaki bağ yüksek enerjili fosfat bağıdır ve parçalandığında 7 ile 12 kcal arasında enerji açığa çıkar (Plowman & Smith, 2003).

İyi antrenmanlı sporcularda bile en yüksek düzeyde kas gücünü ancak birkaç saniye sürdürebilecek kadar ATP bulunmaktadır (2,4 mmol/kas ağırlığı). Ancak bu sınırlı ATP miktarına rağmen, ATP'nin sürekli olarak yeniden yapımı ile kasta metabolizma için gerekli ATP sağlanmaktadır (McArdle, Katch, & Katch, 2007). ATP'nin kimyasal reaksiyonlarla yıkımı sonucu enerji nasıl açığa çıkıyorsa, tekrar kullanılmak üzere yapımı için de enerji gerekmektedir. ATP yıkımı ve yapımı iki yönlü bir kimyasal reaksiyondur. ATP'nin yeniden yapımı için gerekli olan enerji anaerobik metabolizma ve aerobik metabolizma ile sağlanmaktadır (Günay & Cicioğlu, 2001).

Alaktik anaerobik metabolizmada fosfokreatinin (PC), laktik anaerobik metabolizmada glikoz ve glikojenin, aerobik metabolizmada ise karbonhidratların ve yağların parçalanmasıyla ortaya çıkan enerji ATP molekülün yeniden yapımı için kullanılır (Fox, Bowers, & Foss, 1989)

2.4.1. Anaerobik ve Anaerobik metabolizma

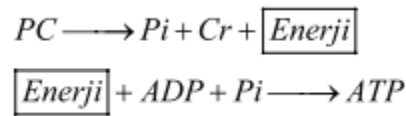
Organizma için gerekli olan enerjinin oksijensiz ortamda bir dizi kimyasal reaksiyonlar ile elde edilmesine "anaerobik"; oksijenli ortamda elde edilmesine "aerobik" metabolizma denir (Fox, Bowers, & Foss, 1989) (Guyton & Hall., 2007)

Anaerobik metabolizmada ATP iki yolla üretilir

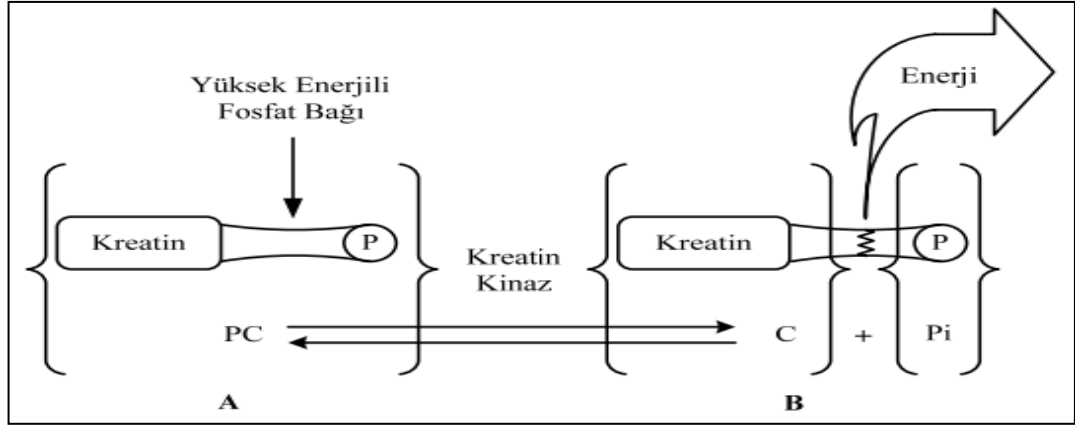
1. ATP-PC (Fosfojen sistemi)
2. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)

2.4.1.1 ATP-PC (Fosfojen sistemi)

Fosfokreatin kasta depolu olan, yüksek enerji bağı içeren başka bir kimyasal bileşiktir. Yüksek enerjili fosfat bağının parçalanması sonucu kreatin (Cr), inorganik fosfata (Pi) ayrışırken aradaki kimyasal bağın parçalanmasının bir sonucu olarak enerji açığa çıkar. Ortaya çıkan bu enerji yardımıyla ATP sürekli olarak ADP ve Pi ile tepkimeye girerek yenilenir. 1 mol ATP'nin parçalanmasıyla 7,3 kcal enerji açığa çıkar (Fox, Bowers, & Foss, 1989) (McArdle, Katch, & Katch, Exercise Physiology, Sixth Edition, 2007). Bu eşleşen tepkimeler şu biçimde özetlenebilir;



PC'de ATP gibi kasın acil enerji kaynağıdır. Kasların çoğunda ATP'nin 2-3 katı kadar PC bulunur. Kaslar içinde depolanabilen toplam ATP ve CP, bayanlarda ortalama 0.3 mol erkeklerde ortalama 0.6 mol kadardır. Bu depolardan elde edilen enerji, yaklaşık 10-15 saniye süren şiddetli aktiviteler için yeterlidir. Bu sistemde oksijene ihtiyaç duyulmaz bu nedenle ATP'nin en hızlı elde edildiği sistemdir (Guyton & Hall., 2007).



Şekil 2. 8. Fosfokreatinin basit yapısı ve yüksek enerjili fosfat bağı gösterilmiştir

2.4.1.2. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)

Bu yolla enerji üretilirken sadece kasta depolanan glikojenin parçalanmasıyla elde edilen glikoz kullanılır. 1 mol glikozun parçalanması ile iki mol pirüvik asit oluşur. Ortamda oksijen olmadığı için sitrik asit (krebs) döngüsüne giremeyen pirüvik asit laklat dehidrogenaz enzimi ile laktik aside dönüşür. Bu yolla ATP oluşturulurken son ürün olarak ortaya laktik asit çıkmasından dolayı bu metabolizmaya laktik anaerobik metabolizma adı verilir (Günay & Cicioğlu, 2001) (Fox, Bowers, & Foss, 1989)

Ortamda H⁺ iyon konsantrasyonunun artması pH'ın düşmesine neden olur. pH'daki bu azalma mitokondrideki bazı enzim aktivitelerini engelleyerek karbonhidratların yıkım hızını azaltır. Bu nedenle laktik asit kas ve kanda yüksek yoğunluğa ulaşır ve yorgunluğa yol açar (Guyton & Hall., 2007).

Bir mol yıkımı sonucunda elde edilen ile 3 mol ATP'nin yenilenmesi sağlanılırken, bir mol glikoz yıkımı ile 2 mol ATP yenilenir. Bunun nedeni 7glikoz yıkımında glikozun glikoz-6-fosfata dönüşümü için 1 mol ATP'nin kullanılmasıdır.

Anaerobik fosfojen sistemi kadar da hızlı bir şekilde ATP yenilenmesi söz konusudur. Yaklaşık olarak 1-3 dakikalık maksimum düzeydedevam eden egzersizlerde (400 m ve 800 m koşularındaki gibi) enerji daha çok bu yolla sağlanır ve ATP yenilenmesi, alaktik anaerobik ve laktik anaerobik metabolizma ile birlikte sağlanmaktadır (Günay & Cicioğlu, 2001) (Fox, Bowers, & Foos, 1993)

Kandaki glikoz sindirilen karbonhidratlardan ve karaciğerdeki glikojenden sağlanır. Glikojen, glikojenesiz yoluyla glikozdan sentezlenerek karaciğer ve kasta

depolanır. Kanda glikoza ihtiyaç duyulduğunda, karaciğer ve kasta depolanmış olan glikojen glikojenoliz yoluyla glikoza (glikoz-1-fosfata) indirgenebilir.

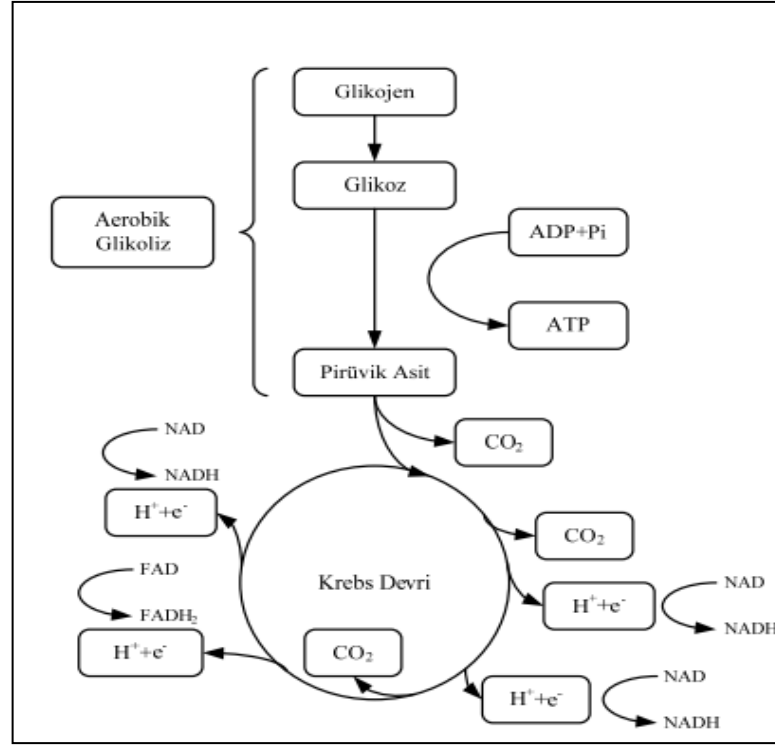
2.4.2. Aerobik metabolizma

Aerobik metabolizma oksijenli ortamda karbonhidrat ve yağların H_2O ve CO_2 'ye kadar parçalanması ile enerji elde edilmesini sağlamaktadır (Günay & Cicioğlu, 2001) (Fox, Bowers, & Foos, 1993) (Guyton & Hall., 2007). Bu yolda 39 mol ATP açığa çıkar. Aerobik enerji yolunda ilk basamaklar anaerobik glikoliz ile aynıdır ve bir mol glikojen iki mol pirüvik aside çevrilir. Bu basamak (anaerobik glikoz) sarkoplazmada gerçekleşir. Anaerobik yol ile bu sistem arasındaki temel fark ise laktik asidin oluşmamasıdır (Plowman & Smith, 2003).

Krebs (Sitrik Asit) Döngüsü: Eğer reaksiyonlar aerobik yolla devam ediyorsa işlemler mitokondride gerçekleşir ve pirüvik asit iki karbonlu yapı olan asetil koenzim A'ya dönüşerek krebs devrine girer. Aerobik yolla enerji oluşumuna yağlar ve kısmen de karbonhidratlar katkıda bulunduğu halde proteinler vücudun koruma mekanizması, büyüme ve hormon sisteminde yer aldığından enerji veren bir madde olarak tercih edilmemektedir (Günay & Cicioğlu, 2001).

Krebs devrinde iki önemli kimyasal süreç vardır:

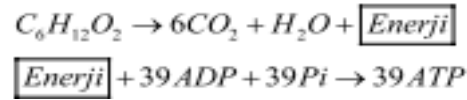
- Karbondioksit (CO_2) üretimi
- Elektronların taşınması (oksidasyon)

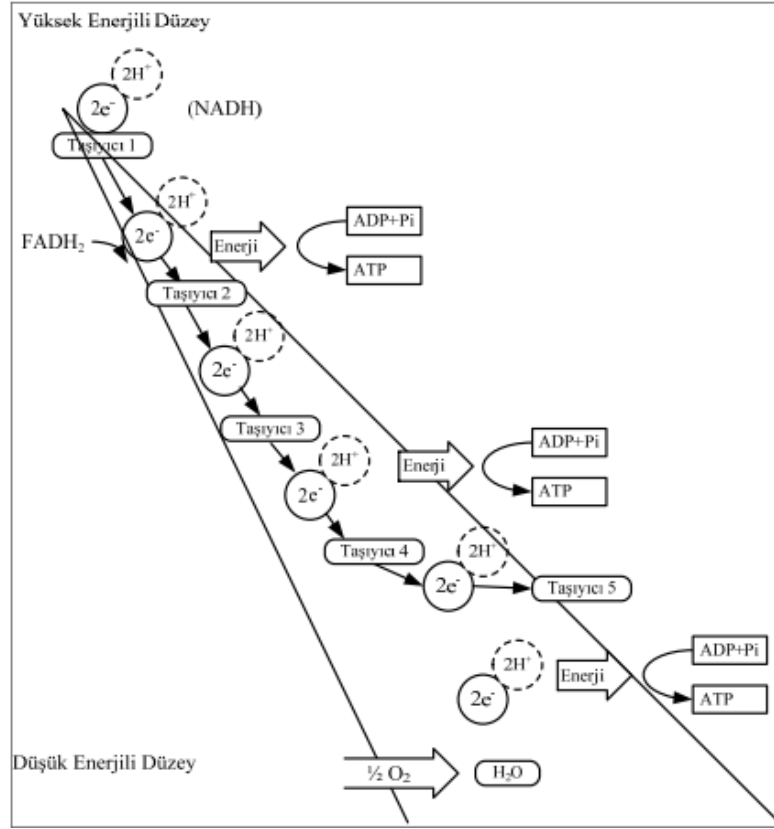


Şekil 2. 9. Krebs Döngüsü

Elektron Taşıma Sistemi: Solunan oksijen ile krebs devrinden ayrılan-taşınan hidrojen iyonlarının birleşmesi sonucu su oluşmaktadır. Suyun meydana gelmesine sebep olan reaksiyonlar mitokondride gerçekleşir. Elektron taşıma sisteminde 4 hidrojen iyonu, 4 elektron ve oksijen, 2 molekül su meydana getirirler. Bu elektron ve hidrojen iyonları yüksek enerji düzeyine sahiptir. Yüksek enerji düzeyinden düşük enerji düzeyine geçişte;

$4H^+ + 4e^- + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ meydana gelirken enerji açığa çıkar ve bu enerji ATP'nin yeniden sentezi için gerekli reaksiyonu sağlar. Aerobik metabolizma sonucu bir mol glikojen ile 39 mol ATP üretilmektedir (Ergen, et al., 2002)





Şekil 2. 10. Elektron Taşıma Sistemi

Krebs devrinde ayrılan H^+ ve e^- sisteme giriş anında yüksek enerjiye sahiptir. Buradaki hidrojen iyonları ve elektronlar tepkime sonunda elektron taşıyıcıları aracılığıyla soluduğumuz oksijene taşınarak su (H_2O) ve karbondioksit (CO_2) oluşturur. Aynı anda da eşleşen tepkime sonucu çıkan enerjiyle ATP yeniler.

Krebs devrinde H atomları okside edilmek için salınırlar ve buradan salınan H^+ atomları NAD^+ (nikotinamide adenine dinükleotid) ve FAD^+ (flavin adenine dinükleotid) adı verilen koenzimlerle birleşerek taşınırlar. Bu reaksiyonu hızlandıran enzimler dehidrogenaz veya oksidazdır. Hidrojenler NAD ve FAD^+ ile birleşerek $NADH$ ve $FADH_2$ halini alırlar. Daha sonra solunum zincirinde H^+ 'nin elektron ve protonlarından ayrışması ile enerji elde edilir ve H^+ , O_2 ile birleşerek suya dönüşür (Ergen, et al., 2002).

2.5. Kanda Oksijen Taşınması

Bu bölümde kana geçen gazların (O_2 ve CO_2) kanda nasıl taşındığından bahsedilecektir. Alveollerden geçen kana diffüze olan O_2 , dokulara (yani kullanıldığı yere); dokulardan geçen kana diffüze olan CO_2 ise alveollere (yani vücuttan atılacakları yere) taşınır. Bu gazların kanda taşınması dolaşım sisteminin temel görevlerinden biridir.

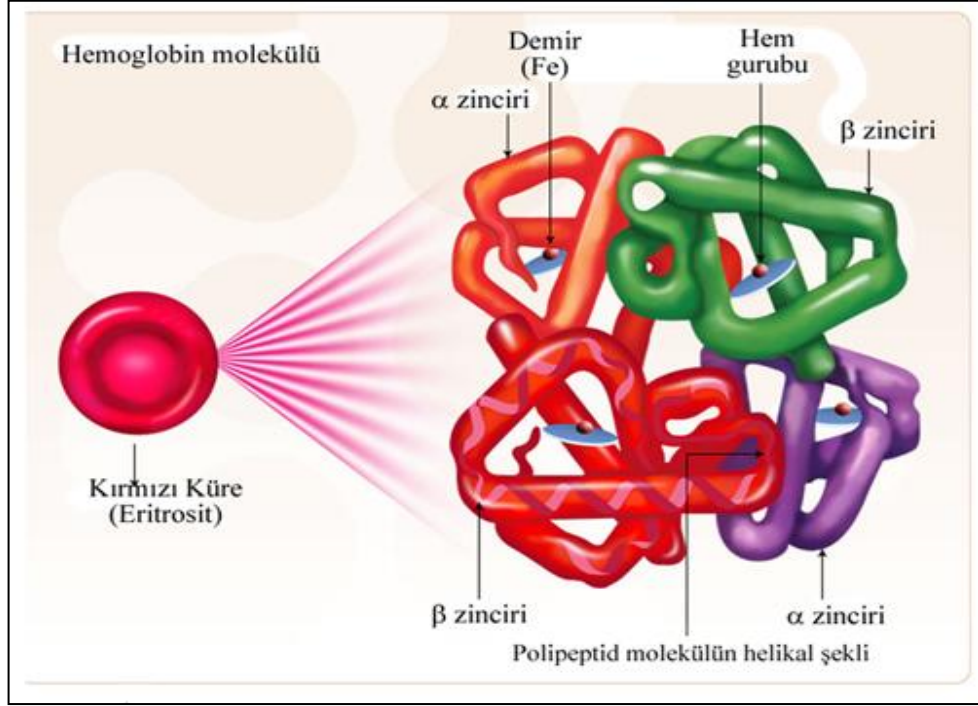
2.5.1. Oksijenin Kanda Taşınması

Oksijen kanda kırmızı kan hücrelerinde (= alyuvar = eritrosit) bulunan hemoglobine (Hb) bağlı olarak (% 98) ve kanın sıvı kısmında çözülmüş (% 2) olarak iki şekilde bulunur (Hole, 1990).

Plazmada bulunan O_2 , herhangi bir kimyasal reaksiyona uğramadan plazmada çözünerek, fiziksel solusyon şeklinde taşınır. Oksijenin plazmadaki çözünürlüğü oldukça düşük olduğundan, bu biçimde dokulara oldukça az miktarda O_2 taşınabilir. Örneğin, istirahatte dakikada ihtiyaç duyulan toplam 250-300 ml oksijenin sadece % 3-4'ü çözülmüş oksijenden sağlanır. Maksimal egzersizler sırasında ise, bu oran % 2'lere kadar düşer. Başka bir deyişle, çözülmüş O_2 dokuların oksijen ihtiyacının küçük bir bölümünü karşılayabilir (Astrand & Rodahl, 1986) (Fox, Bowers, & Foos, 1993)

Vücuttaki yaklaşık 4-6 milyar kırmızı kan hücresi içinde bulunan hemoglobinin O_2 taşıma kapasitesi, plazmada çözünebilir O_2 'den 70 kat daha fazladır. Kanda bulunan O_2 'nin yaklaşık % 98'i kimyasal olarak hemoglobine bağlanarak taşınır. Bu nedenle kanın O_2 taşıma kapasitesi, temel olarak hemoglobin miktarına bağlıdır. Her 100 ml kanda erkeklerde 14-18 gr, bayanlarda ise 12-16 gr hemoglobin bulunur (bu bölümdeki hesaplamalarda hemoglobin miktarı her iki cinsiyet için, her 100 ml kanda ortalama 15 gr olarak varsayılacaktır). Hemoglobin alyuvarlarda bulunan, demir atomu (heme) ve proteinden (globin) oluşan kompleks bir moleküldür. Hemoglobinin oksijene olan duyarlılığı heme (yani demir) kısmına bağlıdır. Her hemoglobin molekülünde 4 heme grubu bulunur ve her bir heme grubu kimyasal olarak bir O_2 molekülü ile bağlanır. Dolayısı ile bir hemoglobin molekülü maksimal olarak 4 oksijen molekülü ile birleşebilir (Şekil 2.11). Miktar olarak bir gram hemoglobin 1.34 ml oksijen ile birleşir ve bu durumda hemoglobin doymuş olur. Bir

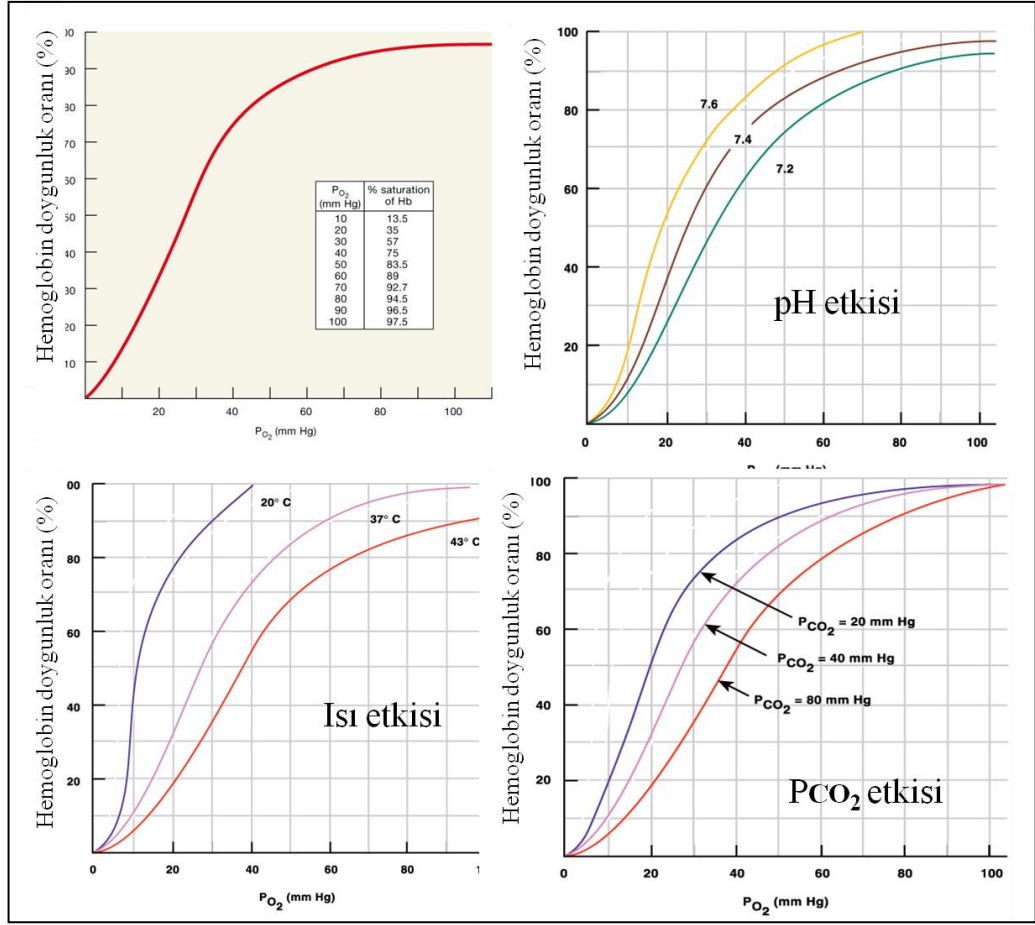
başka şekilde her 100 ml kanda ortalama 15 gr hemoglobin bulunur ve bu da her 100 ml kanda 20 ml oksijen olduğu anlamına gelir ($15 \times 1.34 = 20$ ml). Hemoglobinin oksijen ile birleşmesine oksihemoglobin (HbO_2), oksijenden ayrılmasına ise deoksihemoglobin adı verilir (McArdle, Katch, & Katch, 1994) (Wilmore & Costil, 2004).



Şekil 2. 11. Hemoglobinin yapısı

2.5.1.1. Oksijen-hemoglobin Ayrılma Eğrisi

Hemoglobinin O_2 ile birleşmesini etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bunlar, O_2 ve CO_2 'in kandaki kısmi basınçları, kandaki 2,3-difosfoglisarat (2,3-DPG) düzeyi, kanın ısısı, ve pH değeridir. Bu faktörlerin oksijen-hemoglobin birleşim oranı ile ilişkisi oksihemoglobin (HbO_2) ayrılma eğrisinde görülmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2. 12. Oksihemoglobin ayrılma eğrisi

İstirahat sırasında bu eğri normal durumdadır. İstirahat sırasında kanın pH'sı 7.4, vücut ısı 37°C, arteriyal kanda PO₂ 100 mmHg ve venöz kanda PO₂ 40 mmHg'dır. PO₂ arttıkça, oksijenin hemoglobin ile birleşme oranı, PO₂ azaldıkça da ayrılma oranı artar (Şekil 2.12). Örneğin, PO₂ 100 mmHg olduğunda, arteriyal kandaki hemoglobin % 98 oranında O₂ ile doymuş durumdadır. Miktar olarak ise, $20 \times 0.98 = 19.6$ ml O₂ hemoglobine bağlıdır. Daha öncede belirtildiği gibi, her 100 ml kanda yaklaşık 15 gr hemoglobin bulunur. Her bir gram hemoglobin molekülü % 100 O₂ doymunluğunda 1.34 ml oksijen bağlayabildiği için, O₂'nin kanda maksimal taşınma kapasitesi $15 \times 1.34 = 20$ ml O₂'dir. Hemoglobin % 98 oranında oksijen ile doymuş olduğunda ise, yukarıda hesaplandığı gibi her 100 ml kanda 19.6 ml oksijen taşınmaktadır. Venöz kanda PO₂ 40 mmHg olduğunda, hemoglobin sadece % 75 oranında oksijen ile birleşmiştir ve bu da miktar olarak $20 \times 0.75 = 15$ ml O₂'e karşılık gelir. Bu iki miktar arasındaki fark arterio-venöz oksijen farkı (a-v O₂) olarak bilinir ve dokularda

ne kadar oksijen kullanıldığını ifade eder. Yukarıdaki örneğe göre a-v O₂ farkı, her 100 ml kanda $19.6 - 15.0 = 4.6$ ml O₂'dir (Fox, Bowers, & Foos, 1993) (McArdle, Katch, & Katch, 1994).

Egzersiz sırasında artan CO₂ ve laktik asit üretimi, kasın ve kanın pH değerinde azalmaya (asiditenin artmasına); egzersiz sırasında artan ısı üretimi ise vücut ısısının artmasına neden olur. Kan asiditesi (düşük pH), vücut ısısı ve CO₂ miktarındaki artış, hemoglobinin O₂ ile doygunluğunu azaltır ve oksihemoglobin eğrisini sağa doğru kaydırır (Şekil 9-9). Bir başka deyişle, bu değişiklikler O₂'nin hemoglobinden ayrılarak serbest kalmasına ve O₂'ne ihtiyacı olan hücrelere girmesine neden olur. Kanın asit düzeyinin artmış olmasından dolayı hemoglobinin O₂'den ayrılmasına “**Bohr etkisi**” adı verilir. Akciğerlerde pH düzeyi genellikle yüksek olduğundan, akciğerlerden geçen hemoglobinin O₂'ne bağlanma isteği de yüksektir. Bu da hemoglobinin O₂ ile olan doygunluğunu artırır. Buna karşılık, doku düzeyinde pH genellikle düşük olduğundan O₂ hemoglobinden ayrılır ve dokulara gider. Egzersiz ile birlikte kasların pH düzeyleri düştüğünden, kaslara giden O₂ miktarı ve O₂ bırakma kapasitesinde artış meydana gelir (McArdle, Katch, & Katch, 1994) (Powers & Howley, 1990).

Kanın ısısı da HbO₂ ayrılma eğrisinde asiditeye benzer bir etki yaratır. Egzersiz sırasında kasın ısısının, metabolizmadaki (enerji oluşumu) artış nedeni ile yükselmesi, O₂'nin hemoglobinden ayrılmasına ve dokulara gitmesine neden olur. Akciğerlerde ise, kan biraz serinler ve hemoglobinin oksijene bağlanabilirliği artar. Bu da oksijenin tekrar hemoglobine bağlanmasını sağlar (Fox, Bowers, & Foos, 1993) (Powers & Howley, 1990) (McArdle, Katch, & Katch, Essentials of Exercise Physiology, 1994).

2,3-DPG, alyuvarlarda doku hipoksisi (oksijen azlığı) oluştuğunda üretilen bir enzimdir. Yüksek şiddetteki dayanıklılık egzersizleri, dokularda hipoksi oluşturur ve 2,3-DPG enzim düzeyini artırır. Bu enzimin görevi, O₂'nin doku düzeyinde hemoglobinden ayrılmasına yardımcı olmaktır. Bu nedenle 2,3-DPG'nin konsantrasyonunda oluşan herhangi bir artış, O₂'nin hemoglobinden ayrılmasına ve dokulara gitmesine neden olur (Fox, Bowers, & Foos, 1993) (Powers & Howley, 1990) (McArdle, Katch, & Katch, 1994).

Özetle, egzersiz sırasında oksihemoglobin eğrisinin yukarıda açıklanan

faktörlerin etkisi ile sağa doğru kayması son derece önemlidir. Böylelikle belirli bir doku PO_2 'nda daha çok O_2 hazır bulunmakta ve akciğerlerde kanın O_2 ile yüklenmesi etkilenmemektedir. Örneğin, egzersiz sırasında arterial kanda PO_2 100 mmHg; venöz kanda ise 30 mmHg olabilir. Normal şartlarda PO_2 30 mmHg olduğunda, HbO_2 doygunluğu % 58 oranındadır. Buna göre, venöz kanda bulunan O_2 miktarı $20 \times 0.58 = 11.6$ ml O_2 'dir. Bu durumda dokuların kullandığı O_2 miktarı (yani a-v O_2 farkı) her 100 ml kanda $19.6 - 11.6 = 8.0$ ml O_2 olur. Oysa eğrinin sağa doğru kayması ile PO_2 30 mmHg olduğunda, HbO_2 doygunluğu % 44'e düşer ve bu durumda venöz kanda bulunan O_2 miktarı $20 \times 0.44 = 8.8$ ml O_2 'dir. Bu durumda, eğrinin sağa doğru kaymasıyla birlikte a-v O_2 farkı $19.6 - 8.8 = 10.8$ ml O_2 olur. Eğrinin sağa doğru kaymasıyla birlikte dokulara giden O_2 miktarının 8.0 ml O_2 'den 10.8 ml O_2 'ne yükselmiş olması, dokulara sağlanan O_2 miktarında yaklaşık % 30'luk bir artışa karşılık gelir (Fox, Bowers, & Foos, 1993).

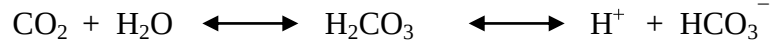
2.5.2. Karbondioksitin Kanda Taşınması

Karbondioksit de O_2 gibi kanda taşınır ve kanda 3 değişik şekilde bulunur (Fox, Bowers, & Foos, 1993) (Powers & Howley, 1990) (McArdle, Katch, & Katch, 1994).

- a) Plazmada çözülmüş CO_2 olarak,
- b) Karbonik asitten ayrılan bikarbonat iyonu (HCO_3^-) olarak,
- c) Hemoglobine bağlı olarak.

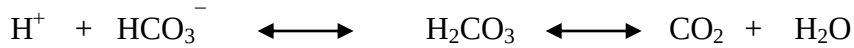
Plazmada çözülmüş CO_2 : Dokulardan bırakılan CO_2 'in bir kısmı plazmada çözülmüş olarak bulunur. Fakat bu taşınan toplam CO_2 'in ancak % 7-10 gibi çok küçük bir kısmını oluşturur. Karbondioksitin kısmi basıncının düşük olduğu akciğerlerde, çözülmüş durumdaki CO_2 kandan alveollere diffüze olur ve oradan da dışarıya solunur.

Bikarbonat İyonu: CO_2 'in yaklaşık % 60-70 gibi büyük bir kısmı kanda bikarbonat iyonu (HCO_3^-) olarak taşınır. Kanda bulunan CO_2 ve su molekülleri birleşerek karbonik asit (H_2CO_3) molekülünü oluşturur. Karbonik asit molekülü çok değişkendir. Kanda hızlı bir şekilde ayrılarak hidrojen iyonu (H^+) ve bikarbonat iyonu (HCO_3^-) açığa çıkarır.



Serbest kalan H^+ derhal hemoglobine bağlanır ve bu da daha önce bahsedilen Bohr etkisi olayını başlatır. Bu etki daha önce açıklandığı gibi oksijen-hemoglobin eğrisinin sağa doğru kaymasına neden olur. Bu nedenle bikarbonat iyonunun oluşumu, oksijenin hemoglobinden ayrılmasını ve serbest kalmasını sağlar. Bu mekanizmada hemoglobin tampon görevi yapar. Hemoglobinin tampon görevi yaparak H^+ iyonunu bağlaması ve nötralize etmesi (yüksüz hale getirmesi), kandaki asit-baz dengesinde olabilecek önemli değişiklikleri önler ^(9,14,15,19). (Asit baz dengesi ile ilgili açıklamalar ileride daha detaylı olarak ele alınacaktır).

Kan akciğerlere girdiğinde, akciğerlerde PCO_2 düşüktür. Bu nedenle H^+ ve HCO_3^- iyonları tekrar birleşerek H_2CO_3 oluştururlar ve sonra da H_2O ve CO_2 'e ayrışırlar.



Bu şekilde CO_2 tekrar oluşur ve buradan alveollere geçerek solunum yolu ile dışarı atılır. Yukarıda gösterilen reaksiyonlardaki iki yönlü oktan da anlaşılacağı gibi, bu reaksiyonlar geri dönüşümlü (iki yönlü) reaksiyonlardır. Reaksiyon CO_2 dokulardan kapiller kana geçtiğinde sola doğru, CO_2 kandan alveollere geçtiğinde ise sağa doğru kayar.

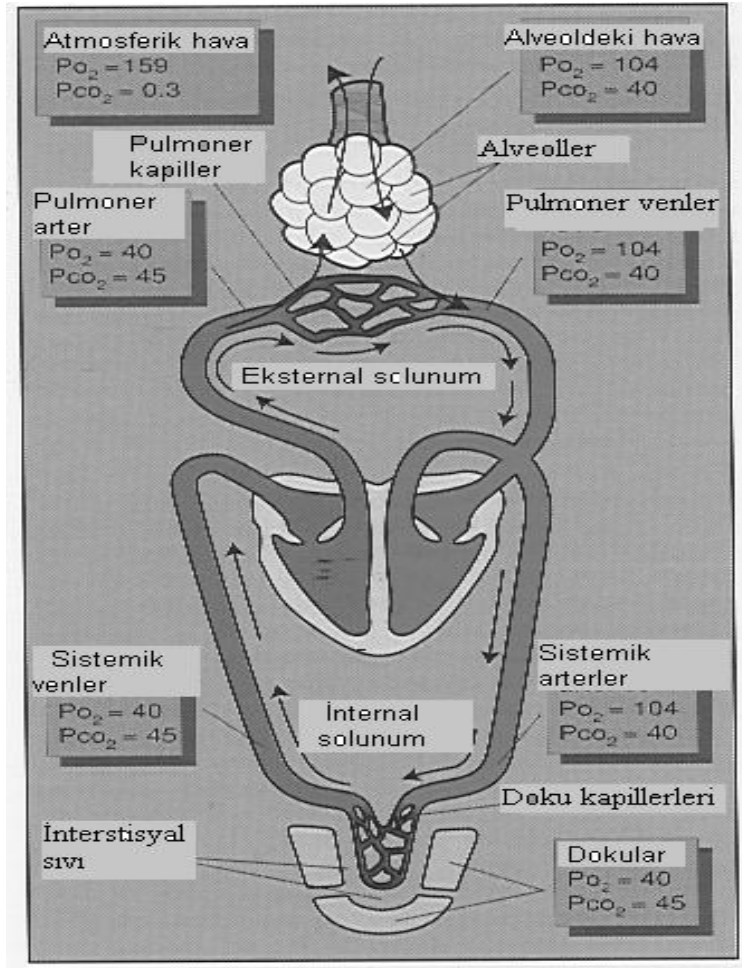
Karbominohemoglobin: CO_2 'in kanda taşınması hemoglobin aracılığı ile de gerçekleşir. CO_2 hemoglobine bağlanınca karbominohemoglobin adını alır. CO_2 hemoglobinin globin kısmına ve O_2 ise daha önce bahsedildiği gibi heme grubuna bağlanır (Şekil 9-8). CO_2 ve O_2 hemoglobinin iki farklı kısmına bağlandıklarından, hemoglobine bağlanmak için birbirleri ile yarışmazlar. Karbondioksit kanda bu şekilde küçük miktarlarda taşınır (Fox, Bowers, & Foos, 1993) (Powers & Howley, 1990) (McArdle, Katch, & Katch, Essentials of Exercise Physiology, 1994).

Yukarıdaki reaksiyonlarda görüldüğü gibi H_2CO_3 'in ayrışması ile H^+ iyonları ortaya çıkar ve bu iyonlar da venöz kanın asiditesini artırır. Bu nedenle bu H^+ iyonlarının tamponlanması gerekir. Kanda plazmadaki plazma proteinleri, alyuvarlarda ise hemoglobin tampon görevini üstlenir. Plazma proteinleri CO_2 ile kimyasal reaksiyona girerek karbomino bileşiklerini oluştururlar ve CO_2 'in

taşımasına yardımcı olurlar. Alyuvarlarda ise hemoglobin ile CO_2 reaksiyona girerek karbominohemoglobini oluşturur ve böylece CO_2 kanda taşınır.

2.6. Kaslardaki Gaz Değişimi

Buraya kadar solunum ve kardiovasküler sistemlerin, havanın akciğerlere taşınması, alveollerde oksijen ve karbondioksit değişimi, CO_2 ve O_2 'nin kanda taşınmasındaki fonksiyonları açıklandı. Bu bölümde daha çok oksijenin kapiller kandan kas dokusuna geçişi ve metabolik olarak üretilen CO_2 'in kaslardan uzaklaştırılması konuları ele alınacaktır. Bunlar kapiller kan ile dokular arasındaki gaz değişimi ve taşınması olayının son kısmını oluşturur ve “**internal solunum**” olarak adlandırılır (Şekil 2.13.) (Wilmore & Costil, 2004).



Şekil 2. 13. Eksternal ve internal solunum

2.7. Oksijen Taşınması ve Dokular Tarafından Alımına Etki Eden Faktörler

Oksijenin dokulara taşınması ve dokular tarafından alınımı üç önemli değişkene bağlıdır (Wilmore & Costil, 2004):

1. Kandaki O₂ miktarı
2. Kan akımının miktarı
3. Bölgesel koşullar

Egzersiz başladıktan sonra, aktif olan kas dokusunun artmış olan O₂ ihtiyacının karşılanmasını sağlamak için bu değişkenlerin her birinin egzersizin ihtiyacına göre düzenlenmesi gerekir. Normal koşullarda kanda O₂ taşıyan hemoglobin, % 98 oranında O₂ ile doymuş durumdadır. Kanın bu normal O₂ taşıma kapasitesinde olabilecek herhangi bir azalma, hücrelere sağlanan O₂ ve hücreler tarafından alınan O₂ miktarını olumsuz etkiler.

Egzersiz sırasında kaslara giden kan akımında bir artış olur. Kan akımında olan bu artış ile kaslara daha fazla O₂ ulaştırılır. Egzersiz sırasında oluşan bir çok bölgesel değişiklikler kaslara giden ve kaslar tarafından alınan O₂ miktarını etkiler. Örneğin, egzersiz laktik asit üretimini artırır. Ayrıca egzersizden dolayı artmış olan metabolizma, CO₂ konsantrasyonunu ve kas ısını da yükseltir. Daha önceki konuda bahsedildiği gibi, kas asiditesi, kas ısı ve CO₂ konsantrasyonundaki artışlar daha fazla O₂'nin hemoglobin molekülünden ayrılmasını sağlar. Bu da kaslara ulaşan O₂ miktarının ve kullanımının artmasına neden olur (Astrand & Rodahl, 1986) (Wilmore & Costil, 2004).

2.8. Yorgunluk

Aşağıdaki alıntılar kas yorgunluğunun tanımlanmasını etkileyebilen özellikleri ortaya koymaktadır.

Allen ve Westerblad (2001) belirttiğine göre kasların yoğun aktivitesi performansta düşmeye neden olur bu durum da yorgunluk olarak tanımlanır.

Lorist ve ark. (2002). göre ise bireylerin ortaya koyduğu güç yeteneğindeki azalma olarak tanımlanan motor yorgunluğa işaret eden uzun süreli motor görev performansıdır.

Kallenberg ve ark (2007) ise yorgunluğu EMG sinyali ile ortaya konan genlik artışı ve spektrum frekans özelliklerindeki azalma olarak tanımlar (Enoka & Duchateau, 2008).

Görüldüğü üzere yorgunluğa ilişkin farklı tanımlamalar yapılmaktadır. Genel olarak söylemek gerekirse kassal yorgunluk; kas kasılması yoluyla belirli bir gücün üretilmesinde ya da sürdürülmesinde ortaya çıkan yetersizliktir (Edwards, 1975) (Fox, Bowers, & Foos, 1993).

Sportif verim tüm sistemlerin koordineli çalışması ile mümkündür. Bu otonom sinir sistemi ve hormonlardan başlayarak tüm sistemler için geçerlidir. Egzersiz sırasında metabolizmadaki her bir sisteme düşen yük artmaktadır. En belirgin yüklenme solunum, dolaşım, sinir ve kas-iskelet sistemlerinde görülür.

Kas yorgunluğuna ilişkin literatür yorgunlukla ilişkili diğer süreçler gibi yorgunluğun en önemli mekanizmaları ile ilgili konularda bile farklı görüşler ortaya koymaktadır. Araştırmalar, yorgunluğun metabolit düzeyi ve ATP hidrolizi ile ilgili olduğunu göstermiştir (Astrand & Rodahl, 1988). Bundan farklı olarak Merton (1981), izometrik kasılmalarda yorgunluğun tamamen elektriksel olaylarla ilgili olduğunu ifade etmiştir. Yorgunluğun nerede ve hangi nedenlerle meydana geldiği konusu bugün bile tam anlamıyla açıklığa kavuşturulmuş bir konu olmamakla birlikte Fox ve ark. (1989), yorgunluğa lokal bölgelerdeki yetersizliklerin yol açtığını vurgulamıştır (Zambak, 2010).

Bölgesel kas yorgunluğu kasılmayı gerçekleştiren bölgesel kasların ya da sinerjik kas grubunun yorgunluğu olarak tanımlanır (Chaffin, 1973). Bölgesel kas yorgunluğuna kasın kasılmaya devam etmesi neden olabilir ve bölgesel ağrı, kas titremesi ve istemli olarak güç üretmeye devam edememe gibi dışsal emarelerle

ilişkilidir (Basmijan & De-Luca, 1985).

Yorgunluğu etkileyen temel faktörler şu şekilde sıralanabilir;

1. Maddelerin birikmesi (örneğin laktik asitin kas ve kanda birikmesi)
2. Maddelerin tükenmesi (ATP-PC ve glikojen depolarının tükenmesi)
3. Uyarının transferinde sınırlama
4. Sinirsel uyarıların motor sinirden, kas lifine iletildiği nöromusküler birleşmede aksaklıklar
5. Gücü meydana getiren kasılma mekanizması.

Bir başka deyişle; yorgunluğun nedenleri arasında enerji depolarının azalması, metabolik artık ürünlerin birikmesi önemli bir yer işgal eder. Bu nöral iletinin ve kontraktilitenin zayıflamasına neden olur. Enerji depolarının boşalması egzersiz şiddeti, egzersize katılan kas lif tipleri, egzersizin tipi ve kas grupları arasında farklılıklar gösterir. Düşük şiddetli egzersizde yavaş kasılan yüksek şiddetli egzersizde öncelikli olarak hızlı kasılan liflerdeki depolar boşalır. Kas grubunun içerdiği kas lif dağılımına göre de farklılık ortaya çıkar. Ayrıca tepe çıkma ve inme tipindeki egzersizde depolar, sıfır düzlemde yapılan egzersizden daha çabuk ve fazla tüketilir.

Atık ürün birikmesi pH'ı düşürür. Bu da fosfofruktokinaz enzim aktivasyonunu zayıflatarak glikolizis yolu ile ATP elde edinim oranının düşmesine neden olur. Ayrıca biriken H^+ iyonları kalsiyumun yerini alır ki bu da aktomyozin köprü oluşumunu zayıflatarak kasın kasılma kuvvetini düşürür

Merkezi yorgunlukta nöromusküler olarak asetil kolin (Ach) sentez ve salınımı zayıflar, kolinesteraz aktivasyonu artar veya azalır. Bu da aksiyon potansiyel oluşumunu zorlaştırır. Kas lif mebran uyarılma eşiği yükselir. Potasyum hücre dışına çıkar, mebran potansiyeli istirahat değerinin yarısına düşer. Bütün bunlar nöromusküler iletinin zayıflaması dolayısıyla kasılma ve sonucunda güç oluşumunun düşmesine neden olur (Gür, 2011).

Lokal kas yorgunluğunun ölçümünde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bunlar objektif ve subjektif metotlar olarak ayrılabilir. Objektif olarak, yorgunluğun en açık göstergesi zamanla güçteki azalma (güç yorgunluğu) veya yükün sürdürülebildiği süredir. Gücün büyüklüğü veya korunan süre (dayanıklılık) ilk olarak Rohmert (1960) tarafından açıklanmıştır. Bununla birlikte, bir yükü sürdürebilme yeteneği

veya kuvvet seviyesi artışı kişisel olarak değişebilir. Aynı zamanda, rahatsız olmasına rağmen, insanlar eğer motive olursa dayanıklılık zamanından daha uzun süre kasılmasını devam ettirebilir. Böylece, kuvvet ve dayanıklılık eğrisi belirsizdir, nicel olarak yorgunluğun gücünü ölçmek güçleşir (Kumar S. , Fagarasanu, Narayan, & Prasad, 2006).

Yorgunluk gelişimi genlik ve elektromiyografik (EMG) kayıtların spektral analizi ile ortaya konabilir. Miyoelektrik sinyal (ME) motor ünite katılımı ve kasılan kasın sinir-kas aktivitesinin elektrik temsili olarak kabul edilir. ME'nin The root mean square (RMS) değeri EMG genlik parametresi olarak sıkça kullanılmaktadır. RMS kasılma gücünün yansıması olarak görünen yorucu kasılmalar sırasında değişken bir yanıtı sahiptir (Jurell, 1998).

Son yıllarda, kas yorgunluk indeksi olarak EMG'nin power spektrum analizini çalışan birçok araştırmacı bulunmaktadır. Lokal kas yorgunluğunda görülmüştür ki; miyoelektrik frekans hem statik hem de dinamik kasılmalarda düşük frekans bantlarına doğru kaymaktadır (De-Luca, 1984). EMG spektrumlarını ölçmek için Ortalama güç frekansı (MNF) ya da ortanca frekans (MDF) hesaplanır ve kas yorgunluk indeksi olarak kullanılır (Tanaka, Leisman, Mori, & Nishijo, 2002). İzometrik kasılma sırasında elektromiyografik sinyallerin spektral analizi kullanılarak belirli zaman aralıklarında ortanca frekans belirlenebilir. Sorensen testinde rapor edildiği gibi ortanca frekansta linear bir düşüş varsa, yorgunluk ortanca frekansın over time Hz/sn' deki düşüş eğimi olarak tanımlanabilir (Moffroid, Reid, Henry, Haugh, & Ricamato, 1994).

2.9. Yakın Kızılaltı Spektroskopi

YKAS dokudaki kan dolaşımı ve oksijenlenmesinin belirlenmesinde kullanılan direkt, gerçek zamanlı ve girişimsiz bir tekniktir. Kas'a ulaştırılan ve tüketilen oksijen ile ilgili lokal farklılıkların belirlenmesine olanak sağlar. Dokuya oksijen taşınmasının fizyolojisi araştırmada güvenli, kullanışlı ve geçerli bilgiler sağlar (van Beekvelt, Colier, Wevers, & van Engelen, 2001) (Boushel, Langberg, Olesen, Gonzales-Alonzo, Bulow, & Kjaer, 2001) (Quaresima & Ferrari, 2002). YKAS hem küçük kan damarları ve kapiller hem de hücre içinde oksijen kullanan yerlerde doku oksijenlenmesindeki değişikliklere duyarlıdır (Hampson & Piantadosi, 1988). Buna ilaveten YKAS normal ve patolojik durumu ayırt etmek içinde hassas bir araçtır (van Beekvelt, Colier, Wevers, & van Engelen, 2001)

İlk olarak Jobsis (1977) tarafından açıklanan YKAS teknolojisi, kan kromoforları özellikle hemoglobin (Hb), miyoglobin (Mb) ve sitokrom gibi biyolojik dokuların ışığı soğurma temeline dayanıyordu. Bununla birlikte insan dokusundaki YKAS sinyali ağırlıklı olarak arteriol, kapiller ve venüller tarafından soğurulmaktadır. YKAS'nin arkasındaki bu teori birçok yazar tarafından iyi bir şekilde açıklanmıştır (Villringer & Chance, 1997) (Boushel, Langberg, Olesen, Gonzales-Alonzo, Bulow, & Kjaer, 2001); (Quaresima & Ferrari, 2002).

Elektromanyetik dalga olarak, görünür ışık radiation 380-800 nm dalga boyu aralığındadır. Görünür ışık spektrumun altı ultra-viole (300-380) ve yukarısı kızılaltıdır (700-1000 nm). İnsan çalışmalarında YKAS tekniği YKAS dalga boylarını soğurmada birincil bileşikler olan oksi ve deoksi Hb ve Mb üzerinde odaklanır. Bununla birlikte YKAS ışığı hedef dokuya ulaşmak için deri ve yağ dokusu gibi farklı dokulardan geçmelidir. YKAS ışığı derinlere yayıldığında kas ile daha da önemlisi kas içindeki Hb ve Mb ile etkileşime girer (MacDonald, Tarnopolsky, Green, & Hughson, 1999) (Hamaoka, et al., 2000).

iYKAS, 700-1000 nm arasındaki kızılaltı ışığın hemoglobin/miyoglobin tarafından (Hb/Mb) farklı şekilde soğurma özelliklerine dayanır. 760 nm'de bu kromoforlar (ışık-soğurma bileşenleri) deoksijenasyon formdadır, oysa 850 nm'de oksijenlenme durumundadır (Emir, et al., 2004). Bu yüzden, bu iki dalgaboyu arasındaki doku soğurganlığındaki değişikliğin gösterilmesi ile kas oksijenlenmesindeki relatif fark saptanabilmektedir. Bu iki dalga boyunda soğurma

sinyallerinin toplamı kan hacmindeki relatif değişiklikleri gösterir (sabit hemotokrit varsayımından) (Chance, Dait, Zhang, Hamaoka, & Hagerman, 1992) (Mancini, Bolinger, & Li, 1994). Bu yüzden, kas oksijenlenmesi ve kan hacmindeki gözlemlenen eğrilerde test sırasında referans noktasındaki küçük kan damarları (arterioller, kapiller ve venüller) seviyesinde meydana gelen relatif değişiklikler dikkate alınır (Mancini, Bolinger, & Li, 1994).

Yakın kızılaltı spektroskopisi hem dinamik (Chance, Dait, Zhang, Hamaoka, & Hagerman, 1992) (Kell & Bhambhani, Cardiorespiratory & hemodynamic responses during repetitive incremental lifting & lowering in healthy males & female, 2003) hem de statik (Maikala & Bhambhani, 2000) (McGill, Hughson, & Parks, 2000) kas kasılmaları sırasında mikrodolaşımdaki (arterioller, kapiller ve venüller gibi) (Chance, Dait, Zhang, Hamaoka, & Hagerman, 1992) oksijenlenme (Mox) ve kas kan hacmindeki (Mbv) bölgesel değişiklikleri ölçmek için kullanılan geçerli (Sako, Hamaoka, Higuchi, Kurosawa, & Katsumura, 2001) (Mancini, Bolinger, & Li, 1994), güvenilir (Kell, Mamdouh, & Yagesh, 2004) ve non-invasive optik tekniktir.

2.10. Yüzeysel Elektromiyografi

İnsan organizmasında hücreler arası iletişim elektrik akımları ile sağlanmaktadır. Bu akımlar mikro ya da milivoltlar düzeyindedir. Bu voltajların gerek Merkezi Sinir Sistemi (MSS) ve gerekse periferel bölgelerde yorumlanıp anlamlandırılması insan hayatının açıklanması, kolaylaştırılması ve geliştirilmesi konusunda önemli ipuçları sağlamaktadır. Özellikle egzersiz yapan bireylerde gerek egzersizin sergilenişi sırasında gerekse egzersizin kronik etkilerinin ortaya çıkarılması konusunda elektro-fizyolojik yaklaşımlar önem kazanmaktadır. Sportif uygulamalar sırasında ise kaslarda oluşan elektriksel aktiviteleri ölçerek uygun yöntemlerle analiz edip, yorumlanması yeni yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Cerrah, Ertan, & Soylu, 2010).

YEMG, uzun yıllar boyunca laboratuvar araştırmalarında kullanılan bir araç olarak karşımıza çıkmasına rağmen, elektrik, elektronik, bilgisayar ve biyomedikal alanlarda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte kinesiyojoloji, rehabilitasyon, spor tıbbı, spor bilimleri ve birçok spor branşında farklı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamaların büyük çoğunluğunun temel amacı, kasların aktivasyon zamanlarını ölçmek, kasların kasılma profillerini tanımlamak ve kas kasılmasının fiziksel yükünü ve yorgunluk oluşumunu tanımlamak için kullanılmaktadır. sEMG spor bilimlerinde tek başına ölçüm aracı olarak kullanıldığı gibi, görüntü analizi, kuvvet platformu, izokinetik dinamometre vb. cihazlardan alınan bilgileri destekleyici unsur olarak da kullanılmaktadır (Stegeman, Blok, Hermens, & Roeleved, 2000).

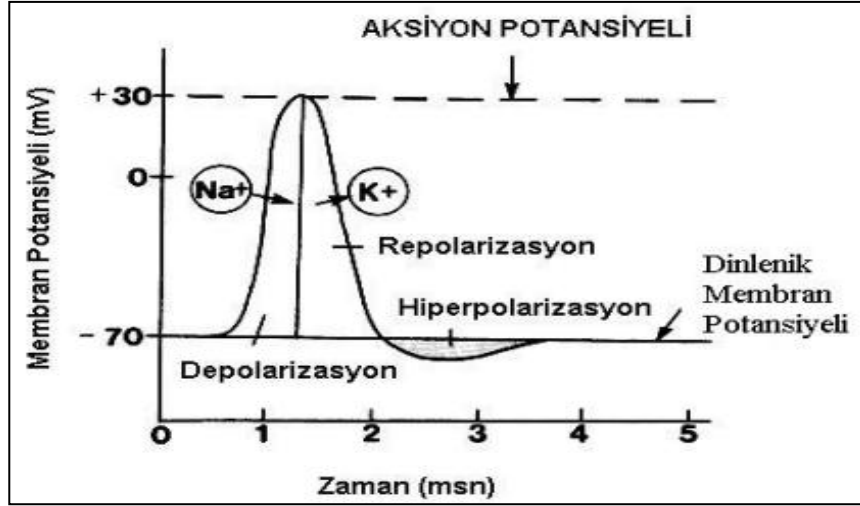
Elektromiyogram, kasların dinlenme ve kasılma durumlarında üzerlerinde oluşan elektriksel aktivite olarak tanımlanır. Bu aktiviteyi kaydetme işlemine de elektromiyografi (EMG) denir. Her bir kasın miyo-elektrik aktivitelerini bulmak ve analiz etmek için yüzeysel ve iğne olmak üzere iki tip elektrot kullanılır. İğne elektrotlar aşırı hassas, tek bir kas aktivitesini kaydetme, cross-talk ve derin kaslara erişme anlamında avantajlı iken, uzman personel gerektirmesi, yakın bir yere yeniden yerleştirmenin zor olması, belirlenen alanın kasın bütününe temsil etmemesi anlamında dezavantajlara sahiptir. Yüzeysel elektrotlar ise sadece yüzeysel kaslarda kullanılması, cross-talk olması, standart bir elektrot yerleşiminin olmaması ve dinamik kas aktivitelerinde sınırlılıklarının olması gibi dezavantajları olsa da hızlı ve kolay uygulanır olması, uzman personel gerektirmemesi, enfeksiyon riski taşıması

ve az düzeyde rahatsız edici olması bakımından ölçümlerde ve özellikle de spor bilimlerinde en çok tercih edilen elektot tipidir (Rudroff, 2010).

Kasların kasılması Motor Ünite Aksiyon Potansiyelleri (MUAP, the Motor Unit Action Potential) olarak bilinen elektriksel potansiyeller sayesinde olur. Bu MUAP'lar sinirler aracılığıyla beyinden iletilmiş olan uyarıcı potansiyeller tarafından oluşturulur. MUAP'ların sayısı ve sıklığı arttıkça kasılma miktarı da artar. Yüzeysel Elektromiyografi (YEMG), kas üzerindeki deri yüzeyine yerleştirilen elektrotlarla tespit edilen aktif motor ünitler (MÜ) tarafından oluşturulan elektriksel katkıların ya da değişikliklerin toplamından oluşur. Geleneksel olarak kullanılan 2 elektrot, tek bir MÜ düzeyinde aktiviteyi tespit ettiğinden dolayı, YEMG'den çıkarılan bilgi sıklıkla global bir motor ünit aktivitesini gösterir. YEMG'nin global özellikleri; örneğin YEMG'nin genliği ve güç spektrumu kas fibrillerinin membran özellikleri kadar MÜ aksiyon potansiyellerinin zamanlamasına da bağlıdır. Böylece, YEMG nöromüsküler sistemin hem periferel hem de merkezi özelliklerini yansıtır (Farina, Merletti, & Enoka, Neural Control of Movement: The Extraction of Neural Strategies From The Surface EMG, 2004).

2.10.1. Kassal Kasılma ve Aksiyon Potansiyeli

Bir motor sinir birçok kas fibriline bağlanır ve bağlandığı kas fibrilini sinirle donatır. Bir motor sinir hücresi ve tüm kas fibrilleri birlikte motor üniteyi oluşturur. Motor nöron ile kas fibrili arasında bulunan sinaps (boşluk) sinir kas kavşağı olarak adlandırılır. Burası sinir ve kas sistemi arasındaki iletişimin meydana geldiği yerdir. Sinir iletilerinin sinir uçlarına vardığı yerler sarkolemmaya yakın olarak yerleşen akson terminalleri olarak adlandırılır. Sinir iletileri bu bölgeye vardığında, bu sinir uçları tarafından bir nörotransmitter olan asetilkolin (ACh) salgılanır. Salgılanan bu ACh'ler sarkolemma üzerinde bulunan reseptörlere tutunur. Eğer yeterli sayıda ACh reseptörlere tutunursa kas hücresi zarlarında bulunan iyon kapıları açılır. Sodyumların içeri girmesi sonucu da elektriksel ileti başlamış olur. Bu süreç depolarizasyon olarak adlandırılır ve aksiyon potansiyelinin başlamasıyla sonuçlanır. Depolarizasyon süresince kalsiyum iyonları (Ca^{2+}), SR'den salgılanır ve miyofilamentlere doğru kas kasılmasını başlatmak üzere hareket eder (Wilmore & Costil, 2004).



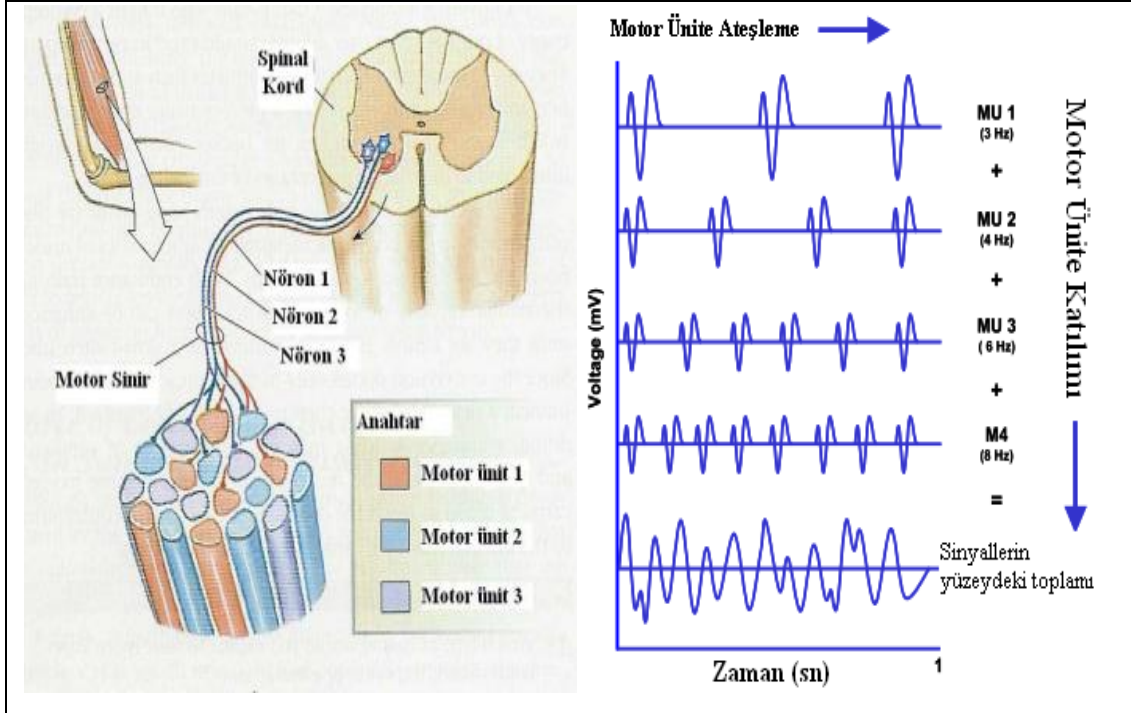
Şekil 2. 14. Aksiyon potansiyeli (Konrad)

Depolarizasyon sırasında iyonların hareketleri elektrot aracılığıyla tespit edilebilen elektromanyetik bir alan oluşturur. Şekil 2.14.'te görüldüğü gibi, zar potansiyelindeki değişiklikler, -70 mV'luk dinlenik zar potansiyeli değerinden +30mV değerine kadar gider ve hızla dinlenim değerine geri döner. Oluşan bu elektriksel akımın bir bölümü de deriye yayılır. MUAP sonucu deriye ayılan bu elektriksel potansiyeller iki elektrotu (bipolar) kasın orta noktasına ve kas fibrillerine paralel olacak şekilde deri üzerine yapıştırılarak ölçülebilir. Birden çok kas lifi eş zamanlı kasılırsa deride elektrik potansiyellerinin summası çok büyük değerlere yükselebilir. Kasılmanın miktarı MUAP'ların sayısının ve sıklığının artması ile artar. Kasların kasılı olduğu veya olmadığı durumlarda MUAP'ların incelenmesi, şeklinin ya da sıklığının normal sınırlar içinde olup olmaması veya normalde karşılaşılmayan elektriksel aktivitelere rastlanması kaslardaki sorunları belirlemek için incelenen değişkenlerdir (Soderberg, 1992) (Cerrah, Ertan, & Soylu, 2010).

2.10.2. Motor Ünite Katılımı (Recruitment) ve Ateşleme Frekansı

Merkezi sinir sisteminde kas gücü, MÜ katılımı ve MÜ ateşleme oranı modülasyonu ile kontrol edilir. Bu iki mekanizma kasa bağlı olarak farklı oranlarda bulunur. Bir kas farklı tiplerde pek çok motor ünite sahip olabilir (Şekil 2.15). İskelet kasındaki kontraksiyon kuvveti ilave katılan yeni motor ünitelerle artırılabilir. Sürdürülen kontraksiyonlarda, sinir sisteminin yorgunluğu ertelemesinin bir yolu da

MÜ'lerin senkronize olmayan katılımıdır. Sinir sistemi motor nöronların ateşleme oranlarını değiştirir, öyle ki farklı MÜ'ler yorulanların yerini alarak kontraksiyonu devam ettirirler (Farina, Fosci, & Merletti, 2002). Bu yüzden YEMG sinyalinde gözlenen yoğunluk ve büyüklüğü etkileyen en önemli iki mekanizma, MÜAP'nin katılımı ve onların ateşleme frekansısıdır (Konrad).



Şekil 2. 15. Motor Üniteler ve Ateşleme

2.10.3. EMG sinyalini etkileyen faktörler

EMG sinyali kaydedilirken sinyalin doğruluğunu etkileyen en önemli unsurlardan biri, sinyal/gürültü oranıdır. Yani EMG sinyalindeki enerjinin gürültü enerjisine oranıdır. Gürültü, genellikle sEMG sinyallerindeki istenmeyen elektriksel sinyal olarak tanımlanır. Bu gürültünün frekansı sıfırdan birkaç bin Hertz (Hz)'e kadar değişebilir. Gürültü farklı kaynaklardan oluşabilir:

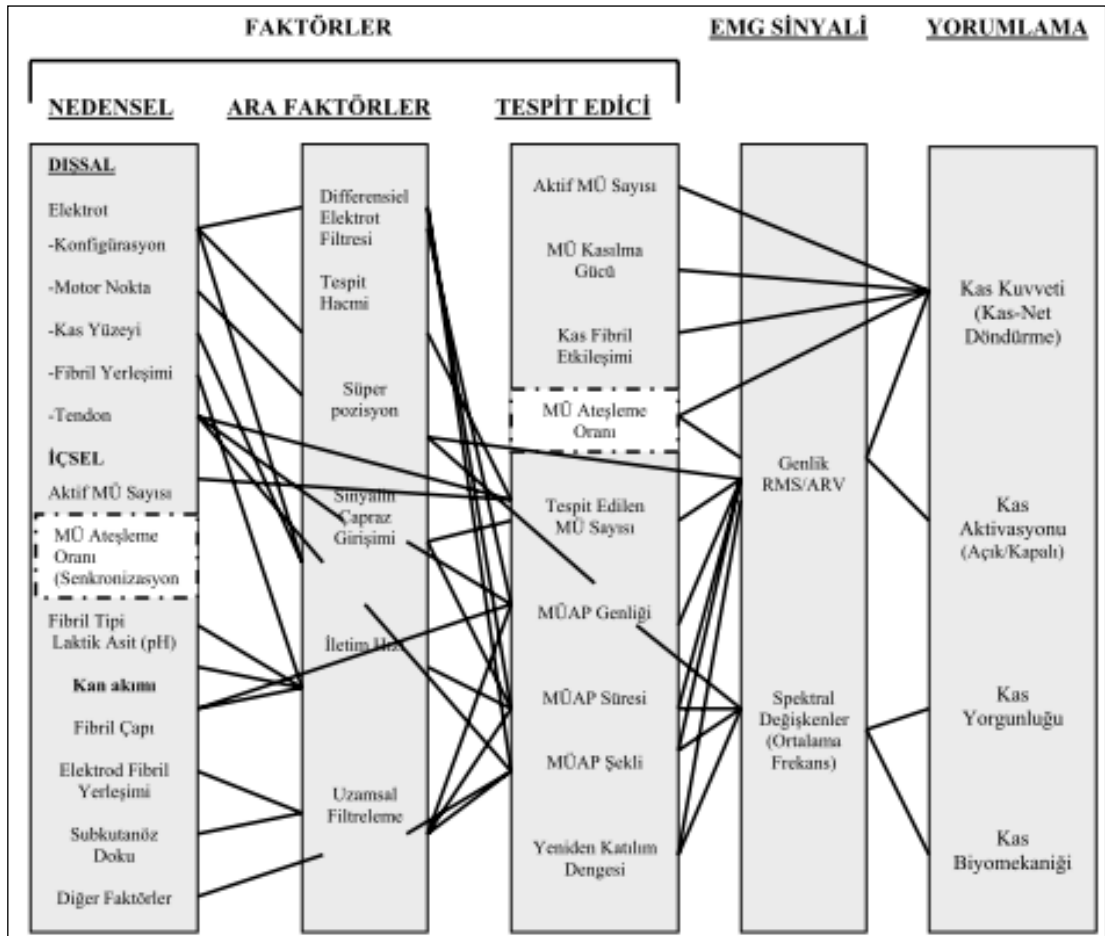
1. Elektrostatik alan; deri ile elektrot arası,
2. Elektronik cihazlar; televizyon, havalandırma, güç hatları, lambalar vb.,
3. Hareket artifaktı; hareket sırasında kablo, amplifikatör veya elektrotun yerinden oynamasına bağlı olarak oluşan istenmeyen sinyal

4. Yanses; ölçüm yapılmak istenen kasa komşu olan diğer kas gruplarından gelen aksiyon potansiyelleri,

5. Elektrot özelliği ve yerleşimi; kasın yüzey alanına bağlı olarak kullanılan elektrotların büyüklüğü ve ölçüm yapılacak kasa ait yüzey alanına uygun yerleşimi.

Bu bağlamda; ölçüm uygulamalarına geçilmeden önce YEMG sinyalinin güvenilirliğini arttırmak için bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır; (a) derinin hazırlanması, (b) elektrot çeşidi ve yerleşimi, (c) gürültüsüz bir ölçüm ortamının hazırlanması (d) amplifikatörün giriş empedansı, (e) maksimal istemli kasılma (MİK) ölçümünün uygun eklem açısında yapılması.

EMG sinyaline bu faktörlerin etkisinin yanı sıra bu faktörlerin birbirleri arasındaki ilişkisi ve sinyal özelliklerinin yorumlanması Şekil 2.16.'da gösterilmektedir (De Luca, 1997).



Şekil 2. 16. EMG sinyalinin etkileyen faktörlerin şematik gösterimi

2.10.4. YEMG değ erlendirilmesinde kullanılan parametreler

Literatürde Sinir-kas aktivitesi değ erlendirmede kullanılan ve YEMG  l  mleri için en uygun parametrelerin ortanca frekans (OCF), ortalama güç frekans (OMF) ve karelerin ortalamasının karek   (KOKK) olduğu belirtilmiştir. Solomonov et al. OMF'in g r  t lere daha az hassas ve istemli kasılma sırasında kas yorgunluğuyla ilişkili değişikliklere daha duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Gerdle and Fugl-Meyer OMF'nin hızlı kasılan (Tip 2) motor unite yorgunluğuna daha duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Karelerin ortalamasının karek   ise sinyallerin genliğinin tanımlanması için en sık kullanılan değişkendir (Kankaanpaa, Simo, Webber, Airaksinen, & Hanninen, 1997).

2. 11. Kan akımı, kan volümü ve kapillarizasyon'a ilişkin antrenmanın etkisi

 alışan kasların daha fazla oksijen ve besin maddelerine ihtiyaçları vardır. Bu nedenle egzersiz sırasında bu kaslara daha fazla kan gönderilmesi gerekir.

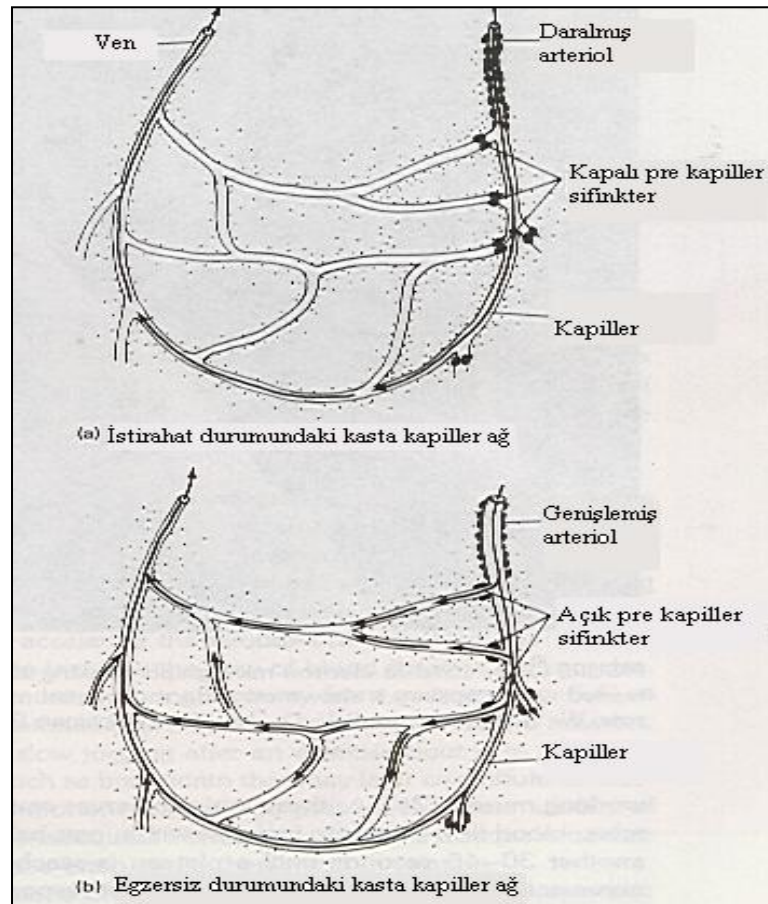
Kan akımının daha fazla olabilmesi için, antrenmanlı kaslar yeni kapiller damar geliştirirler. Ağırlık antrenmanları sonucu oluşan iskelet kası hipertrofisi, genellikle kapiller yoğunluktaki artışla birliktedir. Kapiller yoğunluk, bir iskelet kası lifini saran kılcal damarların (kapiller) sayısını gösterir. Koşma, yüzme veya bisiklet gibi yarışlara hazırlık için yapılan uzun süreli dayanıklılık antrenmanları bir miktar kas hipertrofisine ve çoğunlukla da kapiller yoğunlukta artışa neden olurlar. Bu gelişimler kalp kasında da görür ve kalp kasına gelen kan miktarı artar. Daha fazla kan ve daha fazla oksijen ortamında çalışan kalp, yüklenme sırasında fonksiyonlarını zorlanmadan yerine getirir (Anderson, 1975) (Hermansen & Wachtlova, 1971).

Dayanıklılık antrenmanı yapan bireylerin, antrenmansız bireylere göre bacak kaslarındaki kılcal damar oranının % 5-10 oranında daha fazla olduğu belirtilmektedir. Uzun süre dayanıklılık antrenmanı yapan bireylerin vücutlarındaki kılcal damar sayısının % 15 kadar artabileceği gösterilmiştir. Sporcularda her bir lifi çevreleyen kılcal damar sayısı 5.9 iken, spor yapmayanlarda bu sayı 4.4't r. Antrenmanlı kişilerin daha fazla kılcal damara sahip olması, çalışan kas lifleri ile kan arasında gazların, ısının, atık maddelerin ve besinlerin değişiminin daha rahat ve mükemmel şekilde yapılmasına olanak sağlar. Her bir kas lifini çevreleyen kılcal

damar sayısı, kas lifinin çapı veya büyüklüğü ve kas lifi tipi veya kas lifi başına düşen mitokondri sayısı olmak üzere iki faktöre bağlıdır (Rowell, 1986).

Kas lifinin çapı ne kadar büyükse, onu çevreleyen kılcal damar sayısı da o kadar fazladır. Ayrıca tip I liflerinde (oksidatif, yavaş kasılan lifler) tip II liflerine oranla daha fazla kılcal damar bulunur; çünkü bu kas lifleri daha fazla mitokondriye sahiptirler (McArdle, Katch, & Katch, 2007).

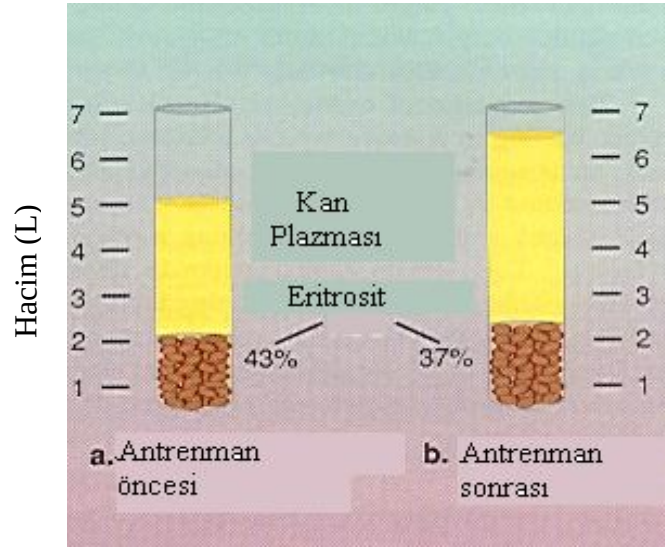
Dayanıklılık antrenmanları kaslarda var olan kapiller damarların daha fazla açılmasına neden olur (Şekil 2.17). Dayanıklılık antrenmanları aynı zamanda kan volümünü de artırdığından kaslara giden kan akımı da artar. Bu şekilde çalışan kaslara daha fazla kan gönderilir.



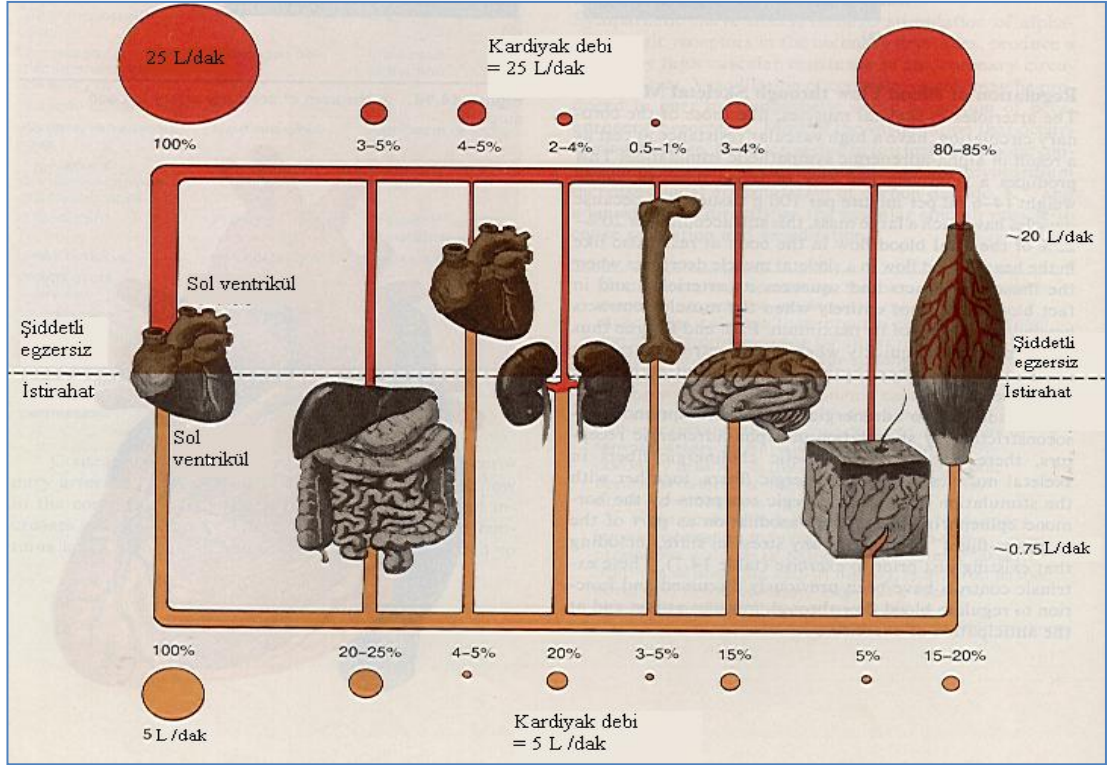
Şekil 2. 17. Kapiller ve sfinkterler

Bazı hormonların ve plazma proteinlerinin antrenman sonucunda artması, kanda daha fazla sıvı tutulmasına neden olur ve dolayısı ile kanın plazma volümü artar.

Ayrıca kanda bulunan kırmızı kan hücreleri (eritrositler) ve hemoglobin miktarı da antrenmanla artış gösterir. Kandaki kırmızı kan hücrelerinin miktarı artarken, plazma volümü de artar. Bu nedenle kanda hücre miktarı artarken hematokrit azalır (Şekil 2.18). Hematokrit; kanın plazma kısmının hücre kısmına olan oranıdır. Kanın viskozitesini (akışkanlığını) belirler. Hematokritin azalması kanın küçük kapiller damarlarda bile daha rahat akmasını sağlar. Dolayısı ile bu şekilde aktif kaslara daha fazla O₂ götürülebilir. Antrenman ile, egzersiz sırasında aktif olmayan bölgelere giden kan miktarı azaltılır. Bu şekilde kanın büyük kısmı aktif kaslara yönlendirilmiş olur (Şekil 2.19).



Şekil 2. 18. Antrenman sonucu toplam kan volümündeki artış



Şekil 2. 19. Kardiyak debinin istirahat ve egzersiz sırasındaki dağılımı

Özetle, plazma volümündeki artış dayanıklılık antrenmanının oluşturduğu önemli bir adaptasyondur. Maksimal kardiyak debinin artması ile çalışan kaslara daha fazla O_2 sağlanır. Kaslara sağlanan daha fazla O_2 ise maksimum oksijen tüketimini artırır (McArdle, Katch, & Katch, 1994).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Sporcularda erector spinae kas yorgunluğunun işlevsel yakın kızılaltı spektroskopi ve yüzeysel elektromiyografi ile değerlendirilmesinin yapıldığı bu araştırmada deneysel araştırma modellerinden tekrarlı ölçümleri içeren grup içi ve gruplar arası desen kullanıldı (Mixed-model $A \times (B \times C \times S)$ Desen).

Bu desen, bir ya da daha fazla grup içi faktör ve bir ya da daha fazla gruplar arası faktörü kapsamaktadır (Brace, Kemp, & Snelgar, 2006). Gruplar arası desen (iki ya da daha fazla farklı grubun karşılaştırılması) ve grup içi/tekrarlı ölçümler desenlerini (bir denek grubunun iki ya da daha fazla koşula maruz kalması) kombine eden bu desende, her bir kategorik değişkenin ana etkilerinin olup olmadığı ve iki değişken arasındaki etkileşimin anlamlı olup olmadığı test edilir (Pallant, 2007).

Bu araştırmada gruplar arası faktör olarak kürek, voleybol ve sedanter grup, grup içi faktör/faktörler olarak erector spinae kasının sağ-sol tarafı ve tekrarlı ölçümleri içeren zaman periyodu (1. ve 2. ölçüm) kullanılmıştır.

3.2. Araştırma Hipotezi

Bu çalışmanın hipotezi aşağıdaki gibidir;

Gruplar arasında BSKD test süreleri bakımından fark vardır.

Gruplar arasında EMG parametreleri bakımından fark yoktur.

Gruplar arasında İYKAS parametreleri arasında fark yoktur.

3.3. Araştırma Grubu

Araştırmaya 12 Kürek ve 12 voleybol sporcusu ile 8 sedanter birey katılmıştır (Kürek ve Voleybol grubundan birer kişi verileri kötü olduğundan değerlendirmeden çıkarılmıştır).

Kürek sporcuları Fenerbahçe Spor kulübünün kürek takımından seçilmiştir.

Voleybol sporcuları ise Galatasaray spor kulübünün voleybol takımından seçilmiştir.

Sporcuların kulüplerinden ve antrenörlerinden gerekli izinler alınmıştır.

Sedanter grup için ise Marmara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor

Yüksekokulu yerleşkesinden ve/veya çevresinden ve aktif olmayan bireyler arasından seçilmiştir.

Katılımcı seçiminde gönüllülük esas alınmıştır. Katılımcılara araştırma ile ilgili bilgi verildikten sonra, çalışmaya gönüllü katıldıklarını gösteren imzalı izin belgeleri imzalatılmıştır.

Katılımcıların çalışmaya alınmasında şu kriterlere dikkat edilmiştir:

Seçim kriterleri:

- ✓ 16-30 yaş arasında olmaları,
- ✓ Daha önce bel rahatsızlığı yaşamamış olmaları,
- ✓ Halen mevcut bel ağrısı yaşamıyor olmaları,
- ✓ Herhangi bir (metabolik, kardiovasküler, solunumsal ve ortopedik) rahatsızlığının olmaması

3.4. Çalışmanın sınırlılıkları

1. Katılımcıların üst gövde ağırlığındaki çeşitliliğin kontrol edilememesi bu çalışmanın bulgularını etkilemiş olabilir.
2. Deri altı yağ kalınlıkları her ne kadar doğrulama formülleri uygulanmış olsada NIRS parametrelerini etkilemiş olabilir (özellikle erim parametrelerini).
3. BSKD test özelliğinden dolayı bireylerin MİK seviyeleri belirlenememesi sonuçların yorumlanmasını sınırlandırmıştır.
4. Çalışmaya katılan deneklerin sayısal olarak azlığı istatistiksel sınırlamayı getirmiş olabilir.

3.5. Veri Toplama Yöntem ve Araçları

Araştırma protokolünün uygunluğu hususunda Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik kurul onayı alınmıştır (Protokol No: MAR-YÇ-2008-0156).

Katılımcıların fiziksel ölçümleri (yaş, boy, kilo vb.) standart prosedürlere göre yapılmış ve vücut ağırlığının (kg) boyun (m) karesine bölünmesi ile vücut kitle indeksi hesaplanmıştır.

Erektor spinae kasının hemodinamik özellikleri belirlemek için İYKAS, sinir-kas aktivitesi ve kas yorgunluğu değerlendirmek için YEMG, dayanıklılık zamanının

ölçülmesi için ise Biering-Sorensen kas dayanıklılık (BSME) testi kullanılmıştır.

İYKAS ve YEMG veriler eşzamanlı olarak kaydedilmiştir.

Yapılan ölçümlere ilişkin ayrıntılar aşağıda sunulmuştur:

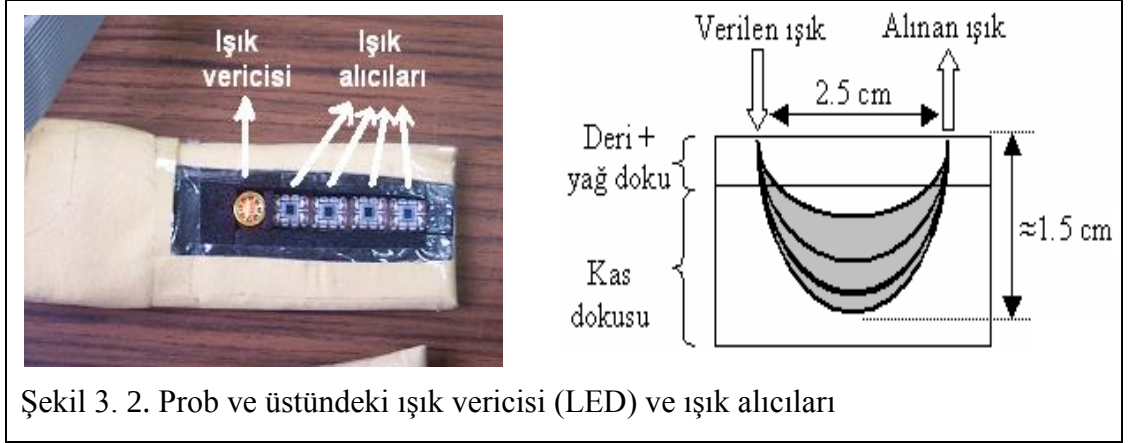
3.5.1. İYKAS Ölçümü

İYKAS ölçümleri, Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü Biofotonik Laboratuvarında geliştirilen sistemle (NIROXCOPE 301 ve BRAININFO programı) yapılmıştır.

Cihazın görüntüsü, yapılan prob ve kontrol yazılımı şekil 1.4.1 ve 1.4.2.'de gösterilmektedir. Cihazdaki prob LED'ler (yakın-kızıl-altı ışık vericisi) ve foto-alıcılardan oluşmaktadır. LED'lerden verilen ışığın dalga boyları 730 nm, 805 nm ve 850 nm'dir. Kullanılan ışık şiddeti alıcıları LED'den 1 cm, 2 cm, 3 cm ve 4 cm uzaklıkta bulunmaktadır. Yapılan veri analizlerinde 3 cm'deki alıcıdan elde edilen sinyal kullanılmıştır. Bu uzaklık için gönderilen ışık yanlamasına ve derinlemesine dokuda yaklaşık ortalama 1.5 cm (1-2cm) muz şeklinde bir hacmi tarar. Yağ dokusu çok kalın olmayan kişiler için bu derinlik kas incelemesi için yeterlidir. Kalın yağ dokusu olanlar için daha uzun ışık alıcısı-vericisi uzaklığı kullanılabilir (Şayli, Uzun, Akın, & Çotuk, 2007). Sonuçlarda Hb ve HbO₂ değişimleri birimsiz (birim yok, [b.y.]) olarak verilmiştir.

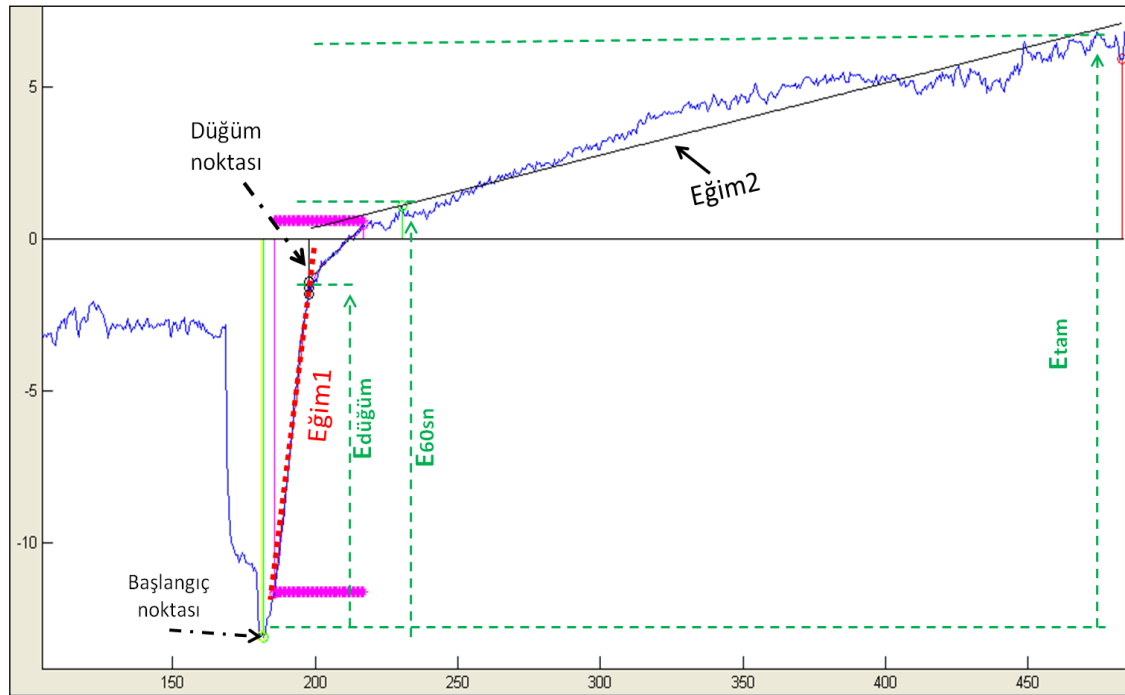


Şekil 3. 1. NIROXCOPE 301 yakın kızılaltı spektroskopi cihazı

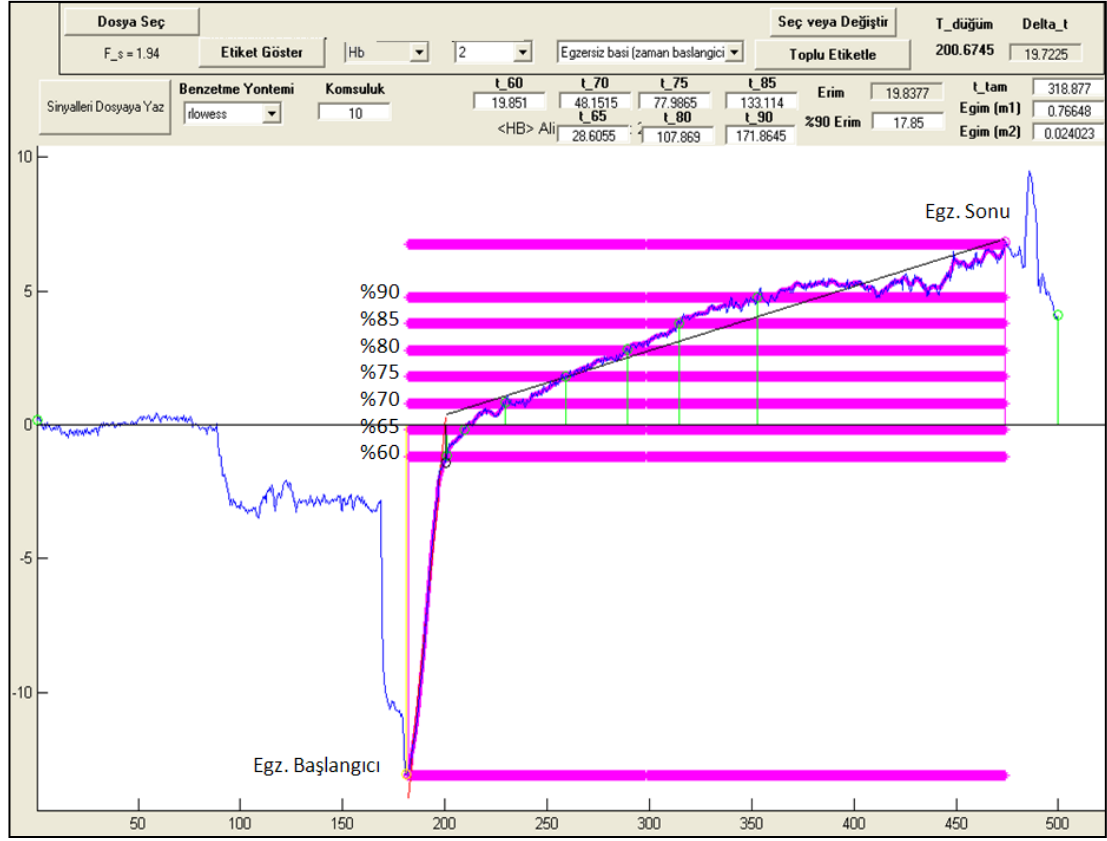


İYKAS sinyalleri için düğüm noktası hesaplanmıştır. Hb ve HbO₂ değişim sinyalleri egzersizin başında oldukça hızlı değişmektedirler. Daha sonra bu değişim hızları yavaşlamaktadır. Değişimin hızlı olduğu bu ilk fazın bittiği nokta **düğüm noktası**, egzersizin başından bu noktaya kadar geçen süre ise **düğüm süresi** olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.3) ve Yamaji ile arkadaşlarının (2004) tanımladığı yöntemle benzer olarak şu şekilde bulunmaktadır i) Egzersizin başından itibaren ilk 30-60 saniyelik kısım seçilmekte ve 7. dereceden polinom oturtulmaktadır ii) bulunan bu polinom egzersizin başından seçilen bir noktaya ve bu noktadan seçili bölgenin sonuna kadar olmak üzere iki parçaya ayrılmakta ii) her iki parçaya en küçük kareler yöntemi ile doğrular oturtulmaktadır. Bu doğrular için eğimler ve belirtme katsayıları (determination coefficients) hesaplanmaktadır iii) Bölüm noktası egzersizin başından en fazla 60 saniye sonrasına kadar ilerletilmekte ve tüm bu bölüm noktaları için oturtulan doğrular hesaplanmakta, ilk eğimin sonraki eğimden yüksek olduğu ve iki doğrunun belirtme katsayılarının toplamının en fazla olduğu nokta düğüm noktası olarak belirlenmektedir.

Egzersiz başından düğüm anına kadar olan sinyale en küçük kareler yöntemi ile doğru oturtularak eğimi (eğim1) hesaplanmıştır. Aynı şekilde düğüm anından egzersiz sonuna kadar olan sinyale en küçük kareler yöntemi ile doğru oturtularak eğimi hesaplanmıştır (eğim2) (Şekil 3.3).



Bu araştırmada **Erım** iki nokta arasındaki büyüklük (genlik) [birimsiz] olarak tanımlanmıştır. İYKAS sinyalleri için değişim genlik (büyüklük) parametreleri olarak $E_{dügüm}$, E_{60sn} ve E_{tam} hesaplanmmıştır. $E_{dügüm}$, egzersizin başından düğüm noktasına kadar olan değişim miktarı, E_{60sn} egzersizin ilk 60 saniyesindeki değişim miktarı ve E_{tam} ise egzersiz başındaki değerden itibaren maksimum (veya minimum) noktaya kadar olan değişim miktarıdır (Şekil 3.3). Egzersizin başından itibaren E_{tam} büyüklüğünün % 60' ı (veya 65, 70...'lık) kadar değişimin olduğu ana sinyalin gelme süresi t_{60} (t_{65} , t_{70} ,...) olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.4). Bu sürelerin hesaplanmasında, sinyaldeki ani salınımlardan etkilenmemek için Matlab (Mathworks firması) programında bulunan “rlowess” metodu (10 nokta komşuluk) ile veri yumuşatılmıştır (Yamaji, Demura, Nagasawa, & Nakada, 2004).



Şekil 3. 4. İYKAS sinyali için hesaplanan yüzdeler

3.5.2. YEMG Ölçümü

YEMG sinyalleri Powerlab 16/30 ML880/P ve ML132 ve ML135 sinyal güçlendiricilerinden oluşan veri toplama sistemi ile alınmıştır.

YEMG kayıtları için Ag-AgCl (gümüş/gümüş klorür) yüzeysel disk elektrotları kullanılmıştır. Disk elektrotların çapı 10 mm olup, bipolar elektrotlar arasındaki mesafe 20 mm olarak ayarlanmıştır. Elektrotlar yerleştirilmeden önce elektrot ile deri arasındaki empedansı azaltmak ve elektrot-deri ile temasını artırmak için deri yüzeyi alkolle çok iyi bir şekilde temizlenmiş ve zımparalanmıştır.

Sinyaller 2000 Hz örnekleme frekansı ile alınmıştır. Sinyaller EMGALY programı ile işlenmiştir. Alınan sinyallere 10 Hz üstünü geçiren 4. Dereceden Butterworth yüksek geçiren filtresi ve 500 Hz altını geçiren 4. Dereceden Butterworth alçak geçiren filtresi uygulanmıştır. Ayrıca şebeke gürültüsü için Notch filtresi uygulanmıştır ([49.5-50.5] Hz durdurma bandı 4. Butterworth filtresi). (Şayli, Uzun, Akın, & Çotuk, 2007)

İzometrik kasılmalar sırasında YEMG sinyalinde düşük frekanslara kayma şeklinde bir spektral değişim gözlenir. Bu frekans değişimini belirlemek için kullanılan en yaygın parametreler ortalama (OMF) ve ortanca frekanslardır (OCF). OMF ve OCF’de egzersiz kasılması boyunca gözlenen frekans düşüşü birçok çalışmada kas yorgunluğu ile ilişkilendirilmiştir. Bu parametreler, egzersiz boyunca kaydedilen YEMG verisinin bölütlenen pencereleri (örn. 0.5 saniye) için hesaplanmaktadır.

YEMG sinyalinin genliğiyle (büyüklüğüyle) alakalı olarak hesaplanan parametre KOKK (karelerin ortalamasının karekökü) parametresidir. KOKK değişkeni şu şekilde hesaplanır;

$$KOKK = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i^2} \quad (2.1)$$

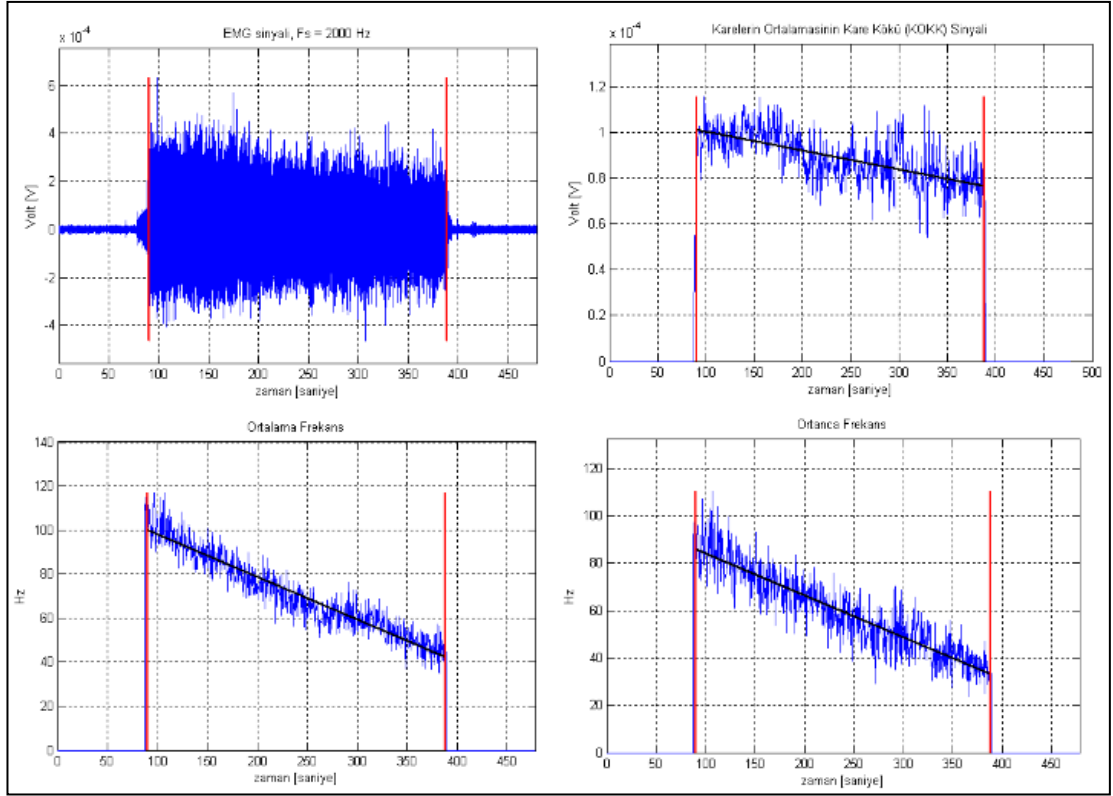
Burada N değeri KOKK değeri hesaplanan penceredeki örnek sayısı, s_i ise penceredeki i ’ninci işarettir. Ortalama ve ortanca frekansların hesaplanmasında her pencerenin güç spektrumu kullanılır. Güç spektrumu hesaplanırken analiz penceresindeki veri, aynı uzunluktaki *hamming* fonksiyonu ile çarpılır ve hızlı *Fourier* dönüşümüyle güç spektrumu $P(f)$ hesaplanır. OMF ve OCF şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$OMF = \frac{\int_0^{\infty} f P(f) df}{\int_0^{\infty} P(f) df}$$

$$OCF = \frac{\int_0^{OCF} f P(f) df}{\int_{OCF}^{\infty} f P(f) df}$$

OMF hesaplanan güç frekansının ortalama frekans değeri, OCF ise güç frekansının alanını iki eşit parçaya ayıran frekans değeridir. Bu parametreler YEMG sinyalinin genliğine değil, sinyalin güç frekans dağılım şekline duyarlıdır. Örneğin güç spektrumunun düşük frekans bandındaki ağırlığı artmasıyla OMF ve OCF değerleri azalır.

Egzersiz süresince hesaplanan bu parametreler için en küçük kareler yöntemi ile oturtulan doğrular (% değişimler ve eğimler) bulunmuştur (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. ES'nın sağ tarafından yapılan EMG analiz örneği

İYKAS ve YEMG problemleri lumbosacral bölgede L3 vertebraının spinöz çıkıntısından 2-3 cm uzaklığa M. Erector Spinae kasının üstüne yerleştirilmiştir. Literatürde L3 sıklıkla hem YEMG elektrodlarının (Biedermann, Shanks, & Inglis, 1990) (Kankaanpää, Laaksonen, & Taimela, 1998) (Koumantakis, Arnall, & Cooper, 2001) (Moffroid, Haugh, & Haig, 1993) hem de İYKAS problemlerinin (Yoshitake, Ue, Miyazaki, & Moritani, 2001) yerleşimi için kullanılmaktadır. Kayıtların gürültüsüz alınabilmesi için elektrotlar sabitlenmiş ve ortam ışığından etkilenmemesi için (NIRS problemleri) bandajla sarılmıştır.

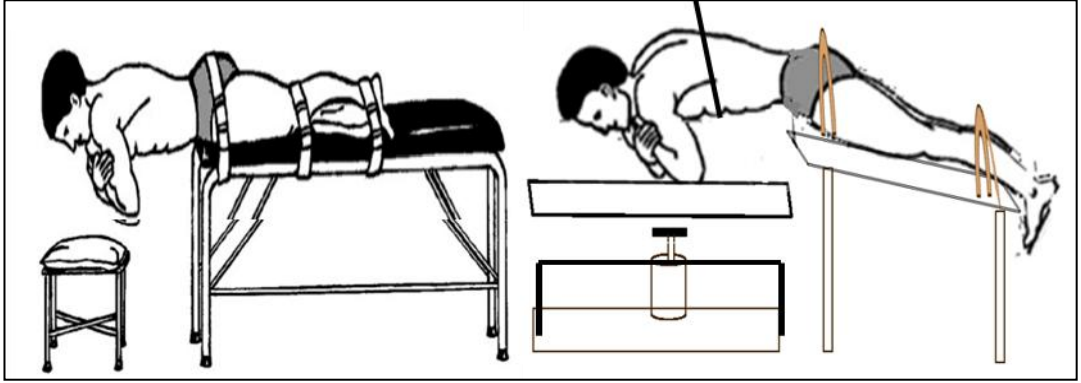
3.5.3. BSKD Test Prosedürü

Bu test sırt ekstansör kas dayanıklılığını belirlemek için kullanılmaktadır. Normalde vücut düz şekilde uzanırken yapılan uygulama, hareket sırasında yükün bel bölgesine binmesi için, bu çalışmada üst gövde ile alt gövde arasında açı yapacak şekilde modifiye edildi.

Bu testte; kişi üst vücudu (referans noktası: iliac crest) masanın kenarına gelecek şekilde yüzüstü pozisyonda masaya uzandı. Test sırasında vücudun alt kısmı

sabitlendi. Sabitleme ayak bileği ve kalça bölgesinden kemerle yapıldı. Calcaneus (Aşil) tendonunun distal tarafındaki gerginliği azaltmak için ayak bileğinin altına yuvarlak bir minder veya köpük yerleştirildi. Kalça bölgesini sabitlerken de kan dolaşımını engellemeyecek şekilde olmasına dikkat edildi. Kişiden kollarını test sonuna kadar göğüste çapraz şekilde tutması istendi (Biering-Sørensen, 1984). Test sırasında vücudun tam olarak yere paralel durduğunu belirlemek için kişinin sırttan omuz bölgesinin hemen altına temas edecek şekilde (yüksekliği ayarlanabilir) tahta bir bar konuldu (Kell, Mamdouh, & Yagesh, 2004).

Test istemli yorgunluk oluştuğunda, katılımcıların tahta bar ile teması kaybolduğunda veya sözel bilgiyi takiben 2-3 sn'de barla temasın yeniden sağlanamadığı durumlarda sonlandırılmıştır.



Şekil 3. 6. Biering-Sorensen testinin modifiye edilmiş şekli

3.5.4. Deri Kıvrım Kalınlığının Ölçülmesi

Erektor spinae kasının hem sağ hem de sol tarafında İYKAS probunun yerleştirileceği yerin deri kıvrım kalınlığı Holtain marka skinfold kaliper ile mm cinsinden alınmıştır. Alınan 2 ölçümün ortalaması deri kıvrım kalınlığı olarak kaydedilmiştir.

3.5.5. Kalp atımının ölçülmesi

Test prosedürü boyunca katılımcıların kalp atım sayılarını belirlemek için Polar (RS800 modeli) marka telemetrik nabız ölçer kullanılması hedeflenmişti. Fakat yapılan deneme ölçümleri sırasında hem YMEG kayıtlarını bozduğu hem de katılımcıya rahatsızlık verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle kalp atımlarının kaydı test prosedüründen çıkarılmıştır.

Test prosedürü şu şekilde uygulanmıştır:

Katılımcı yüz üstü pozisyonda iken (dinlenme durumunda) 2 dakikalık dinlenme ölçüm evresi, BSME testi (istemli yorgunluğa kadar) ve 4 dakika toparlanma evresi.

Ölçümler tek oturumda gerçekleştirilmiştir. Katılımcının boy ve kilo ölçümleri yapıldıktan sonra İYKAS ve YEMG problemleri yukarıda açıklandığı gibi uygun şekilde yerleştirilmiş ve katılımcı hazır olduğunda deney başlatılmıştır.

3.6. İstatistiksel İşlemler

İstatistiksel işlemlere geçmeden önce her gruba ait verilerin normal dağılım analizleri yapıldı ve bunun için Kolmogorov-Smirnov Testi (K-S Test) kullanıldı.

Her bir parametreyi gruplara göre zaman periyodunda (1.- 2. ölçüm) ve erector spinae'nın sağ-soluna göre değerlendirmek için üç yönlü [grup / (taraf / ölçüm)] karma varyans analizi kullanıldı (3x(2x2) mixed ANOVA).

Ana etkileri yorumlamada önemli olabileceğinden, öncelikle etkileşim etkisi incelendi. Çoklu karşılaştırmalar için Tukey yapıldı.

Üç yönlü 3x(2x2) mixed ANOVA'da anlamlı etkileşim bulunduğunda analizlere devam edildi ve her bir grup için tek yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi kullanıldı.

Parametreler arasındaki ilişkinin yönü ve gücünü test etmek için Pearson çarpım momentleri korelasyon testi kullanıldı.

Parametrelere ilişkin betimleyici istatistik (ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum) kullanıldı. Ana etkiler ve etkileşim etkisiyle ilgili hipotezleri test etmek için *F* istatistikleri ve *p*-değerleri kullanıldı ve tüm prosedür için anlamlılık seviyesi başlangıçta $p < 0.05$ olarak belirlendi.

Tüm istatistiksel analizler SPSS 14.0 bilgisayar paket programı kullanılarak yapıldı.

4. BULGULAR

Bu bölümde yapılan istatistiksel işlemler sonucu elde edilen bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.1. Çalışmaya katılan bireylerin betimleyici istatistiği

						Sağ	Sol	Spor	
Grup		Yas	Boy	Kilo	BKİ	YK	YK	ÜGU	Yılı
Kürek (n=11)	Ort.	20.18	185.00	79.00	23.08	4.59	4.55	80.75	6.45
	Std. Sp.	3.09	3.92	6.76	1.82	1.48	1.44	2.17	2.02
	Min.	16.00	180.00	72.00	19.94	3.00	3.00	77.40	5.00
	Mak.	25.00	190.00	87.00	26.54	8.00	8.00	83.50	10.00
Voleybol (n=11)	Ort.	19.18	191.18	81.45	22.33	5.05	4.86	78.36	7.18
	Std. Sp.	2.93	6.78	5.91	1.85	1.29	1.14	4.04	3.66
	Min.	16.00	180.00	73.00	18.90	2.50	2.50	70.00	1.00
	Mak.	27.00	200.00	90.00	25.40	7.00	6.50	84.00	12.00
Sedanter (n=8)	Ort.	20.13	178.00	71.50	22.56	6.56	6.44	76.38	
	Std. Sp.	2.70	5.68	6.39	1.56	1.66	1.37	3.11	
	Min.	16.00	168.00	62.00	20.00	3.50	4.00	70.00	
	Mak.	24.00	187.00	79.00	24.70	9.00	8.50	80.00	
Toplam	Ort.	19.80	185.40	77.90	22.67	5.28	5.17	78.71	6.82
	Std. Sp.	2.87	7.54	7.36	1.74	1.63	1.50	3.57	2.91
	Min.	16.00	168.00	62.00	18.90	2.50	2.50	70.00	1.00
	Mak.	27.00	200.00	90.00	26.54	9.00	8.50	84.00	12.00

Bu araştırmaya yaşları ortalama 19.80 ± 2.87 yıl, boyları 185.40 ± 7.54 cm, vücut ağırlığı 77.90 ± 7.36 kg olan 30 gönüllü katılmıştır. Tablo 4.1.'de görüldüğü üzere araştırmaya katılan kürek ve voleybol grubunun bel bölgesi deri kıvrım kalınlığı sedanter gruba nazaran daha düşüktür (sırasıyla sağ: 4.59 ± 1.48 , 5.05 ± 1.29 , 6.56 ± 1.66 , sol: 4.55 ± 1.44 , 4.86 ± 1.14 , 6.44 ± 1.37).

Grupların üst gövde uzunlukları ortalama 78.71 ± 3.57 cm olarak kaydedilmiştir. Bundan başka branşların spor yıllarının birbirine yakın olduğu söylenebilir.

EMG parametreleri;

Tablo 4.2. Egzersiz süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	1	274.41	59.98	202.50	380.25
(n=11)	2	236.36	54.81	172.00	333.00
Voleybol	1	202.48	62.78	110.75	358.00
(n=10)	2	172.55	48.15	104.75	279.00
Sedanter	1	172.13	29.81	120.75	222.50
(n=8)	2	147.25	18.80	115.75	168.00

Her iki ölçümde de egzersiz süresi en uzun olan grup kürek sporcuları (1.ölç: 274.41±59.98, 2.ölç: 236.36±54.81 sn) en kısa olan grup ise sedanterler olmuştur (1.ölç: 172.13±29.81, 2. Ölç: 147.25±18.80 sn).

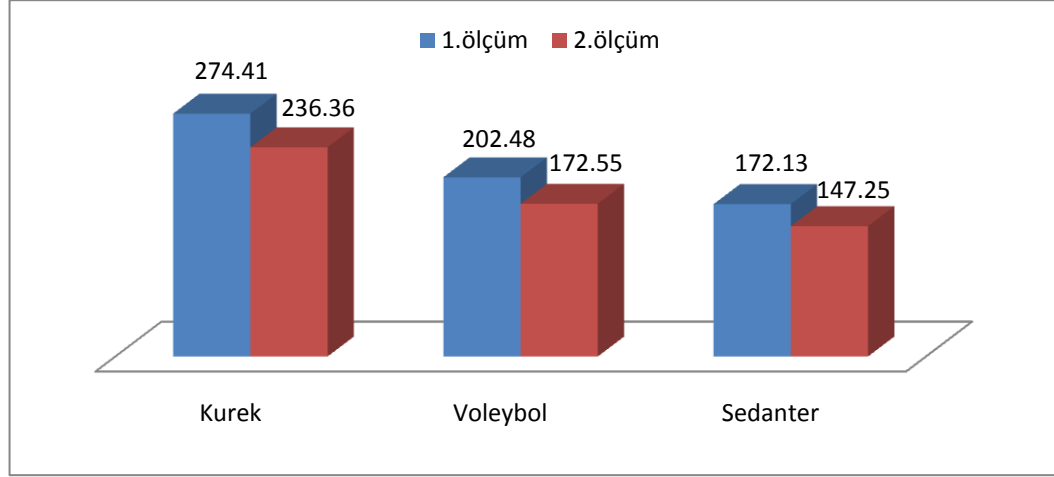
Tablo 4.3. Egzersiz süresi için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Ölçüm (Ö)	13643.606	1	13643.606	15.133	.001*
Ölçüm * Grup	423.420	2	211.710	.235	.792
Hata (Ö)	23441.117	26	901.581		
Gruplar arası					
Grup	94801.461	2	47400.730	11.102	.000*
Hata	111012.119	26	4269.697		

* p < .05

Egzersiz süresi bakımından tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları incelendiğinde grup ana etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir (F(2,26)=11.102, p=.000). Yapılan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre iki ölçüm birlikte düşünüldüğünde kürek grubu (255.39 sn) hem voleybol (187.51 sn) hem de sedanter (159.69 sn) gruba göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha uzun süre dayanabilmişlerdir (kürek-voleybol p=.007, kürek-sedanter p=.000). Buna karşın voleybol sporcularının egzersiz süresi bakımından sedanter grupla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (p=.425).

Tablo 4.3. incelendiğinde grup içi faktör olarak ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($F(1,26)=15.133$, $p=.001$). Şekil 4.1.'de tüm grupların BSKD test süresinin 2. ölçümde düştüğü görülmektedir. Ölçüm*grup etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,26)=.235$, $p=.792$). Bu durum 1.ve 2. ölçüm arasındaki düşüşler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 1. Gruplara göre 1. ve 2. ölçümün BSKD test süreleri

Tablo 4.4. KOKK yüzdelik değişime ([%]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-0.169	41.096	-48.808	79.453
		2	9.911	32.986	-27.860	88.377
	Sol	1	-0.849	54.136	-64.809	100.084
		2	10.984	43.859	-42.322	89.402
Voleybol (n=10)	Sağ	1	.649	13.951	-21.075	19.137
		2	19.115	27.426	-37.099	51.695
	Sol	1	-2.794	16.768	-23.054	33.194
		2	13.080	39.059	-39.518	84.493
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-9.892	14.627	-31.953	13.829
		2	10.421	18.312	-11.760	43.104
	Sol	1	-2.945	21.559	-25.873	26.664
		2	15.365	19.112	-9.838	41.220

Tablo 4.5. KOKK yüzdelik değişim ([%]) tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf (T)	3.164	1	3.164	.004	.948
Taraf * Grup	547.643	2	273.821	.378	.689
Hata (T)	18838.310	26	724.550		
Ölçüm (Ö)	6989.285	1	6989.285	19.851	.000*
Ölçüm * Grup	356.373	2	178.187	.506	.609
Hata (Ö)	9154.404	26	352.092		
T * Ö	3.275	1	3.275	.029	.865
T * Ö * Grup	22.604	2	11.302	.101	.904
Hata (T * Ö)	2904.037	26	111.694		
Gruplar arası					
Grup	376.034	2	188.017	.061	.941
Hata	80250.673	26	3086.564		

* p < .05

KOKK yüzdelik değişime ilişkin tablo 4.5. incelendiğinde görülmektedir ki grup ana etkisi anlamlı değildir ($F_{(2,26)}=.061$, $p=.941$). Taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde gruplar arasında KOKK yüzdelik değişimin skorları açısından anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Taraf ana etkisi anlamlı değildir ($F_{(1,26)}=.004$, $p=.948$). Grup ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafı arasında KOKK yüzdelik değişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Taraf*Grup etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F_{(2,26)}=.378$, $p=.689$). Bu da grupların KOKK yüzdelik değişimi açısından benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F_{(1,26)}=19.851$, $p=.000$). Grup ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde 1. ölçümde azalış gösteren KOKK yüzdelik değişimleri 2. ölçümde artış göstermiştir. Buna karşın Ölçüm*Grup etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F_{(2,26)}=.506$, $p=.609$). Bu durum 1.ölçümden 2.ölçüme KOKK yüzdelik değişiminde meydana gelen artışların gruplar açısından benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.6. KOKK eğimine ([%/sn]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-.007	.156	-.208	.290
		2	.043	.130	-.088	.333
	Sol	1	-.027	.188	-.279	.278
		2	.039	.188	-.198	.395
Voleybol (n=10)	Sağ	1	.007	.073	-.107	.099
		2	.143	.159	-.133	.315
	Sol	1	-.006	.090	-.116	.212
		2	.101	.235	-.198	.565
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-.062	.090	-.183	.075
		2	.069	.125	-.078	.287
	Sol	1	-.016	.129	-.159	.176
		2	.105	.140	-.065	.334

Tablo 4.7. KOKK eğimi ([%/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	8.97E-007	1	8.97E-007	.000	.994
Taraf * Grup	.023	2	.012	.814	.454
Hata (T)	.375	26	.014		
Ölçüm	.290	1	.290	26.156	.000*
Ölçüm * Grup	.028	2	.014	1.253	.302
Hata (Ö)	.289	26	.011		
T * Ö	.000	1	.000	.094	.762
T * Ö * Grup	.002	2	.001	.452	.641
Hata (T * Ö)	.067	26	.003		
Gruplar arası					
Grup	.056	2	.028	.440	.649
Hata	1.668	26	.064		

* p < .05

Grup ana etkisi anlamlı değildir (F(2,26)=440, p=.649). Taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde KOKK eğim ortalamaları açısından gruplar arasında anlamlı bir

farklılık oluşmamıştır.

Grup ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafı arasında KOKK eğimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($F(1,26)=.000$, $p=.994$). Taraf*Grup etkileşimi anlamlı değildir ($F(2,26)=.814$, $p=.454$). Ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafındaki KOKK eğimleri açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde 1. ölçüm ile 2. ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($F(1,26)=26.156$, $p=.000$). KOKK eğimleri incelendiğinde kürek, voleybol ve sedanter grupların hem sağ hem de sol tarafında 2. ölçümlerin 1. ölçüme göre daha büyük olduğu görülmektedir (Tablo 4.6.). Ölçüm*grup etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı değildir dolayısıyla ölçümler arasında oluşan bu farklılığın gruplarda benzer olduğu söylenebilir ($F(2,26)=1.253$, $p=.302$).

Tablo 4.8. OMF yüzdelik değişime ([%]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-44.797	10.768	-57.746	-28.546
		2	-38.372	4.972	-46.996	-29.948
	Sol	1	-49.835	12.891	-69.363	-27.911
		2	-41.548	6.503	-50.945	-33.379
Voleybol (n=10)	Sağ	1	-43.238	11.673	-62.941	-31.306
		2	-39.240	10.504	-55.832	-28.771
	Sol	1	-38.820	14.004	-62.114	-20.184
		2	-35.429	11.153	-50.979	-17.994
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-41.309	6.821	-51.106	-31.288
		2	-37.632	6.367	-44.467	-26.418
	Sol	1	-44.255	10.933	-57.168	-29.855
		2	-38.059	10.685	-54.251	-26.797

Tablo 4.9. OMF yüzdelik değişim ([%]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	5.186	1	5.186	.106	.748
Taraf * Grup	405.664	2	202.832	4.133	.028*
Hata (T)	1276.001	26	49.077		
Ölçüm	711.260	1	711.260	14.927	.001*
Ölçüm * Grup	113.954	2	56.977	1.196	.319
Hata (Ö)	1238.876	26	47.649		
T * Ö	7.020	1	7.020	.550	.465
T * Ö * Grup	21.053	2	10.526	.825	.449
Hata (T * Ö)	331.766	26	12.760		
Gruplar arası					
Grup	536.041	2	268.021	.863	.434
Hata	8072.263	26	310.472		

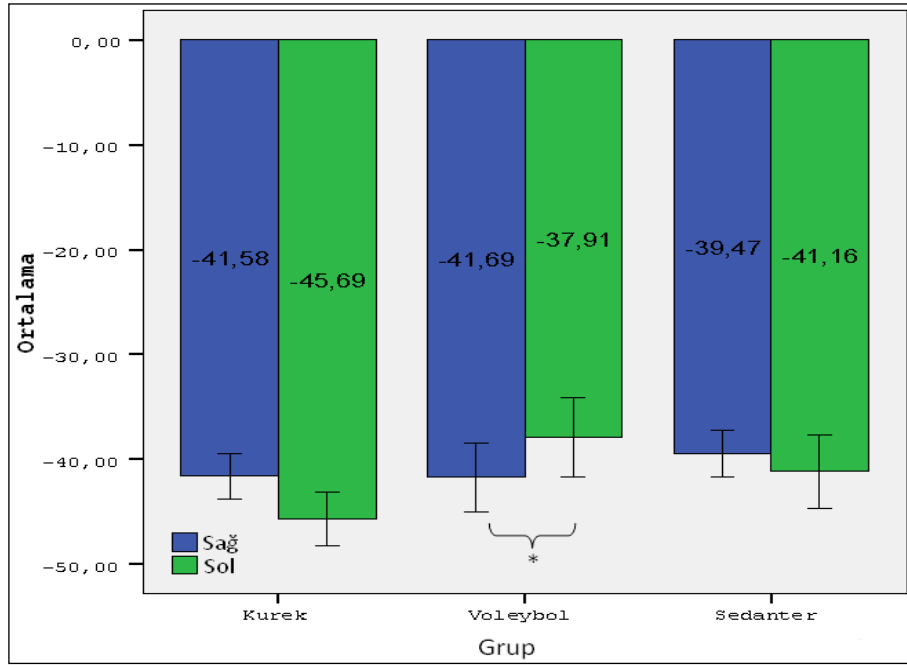
* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,26)=863$, $p=.434$). Bu etki taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde kürek, voleybol ve sedanter grubun OMF yüzdelik değişim miktarları arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir (sırasıyla: -43.638, -38.683, -40.314).

Taraf ana etkisi anlamlı değildir ($F(1,26)=.106$, $p=.748$). Ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafında OMF yüzdelik değişimlerinin birbirine yakın olduğu söylenebilir.

Taraf*Grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,26)=4.133$, $p=.028$). Bu etkileşim, ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde gruplarda ES'nın sağ ve sol tarafındaki OMF yüzdelik değişimlerinin benzer olmadığını göstermektedir. Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kürek ve sedanter grubun sol tarafındaki OMF yüzdelik değişim miktarı sağ tarafa göre daha fazladır. Oysa voleybol grubunda sol tarafın OMF yüzdelik değişim miktarı sağ tarafa göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha azdır ($p<.05$) (Şekil 4.2.).

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(1,26)=14.927$, $p=.001$). Bu etki grup ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde ölçümler arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Tablo 4.8. incelendiğinde görülmektedir ki 1. ölçümdeki OMF yüzdelik değişim miktarları 2. ölçüme nazaran daha fazladır. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuç değerlendirildiğinde 1. ölçümden 2. ölçüme OMF yüzdelik değişim miktarları açısından grupların birbirlerine benzer olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 2. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OMF yüzdelik değişimi

Tablo 4.10. OMF eğime ([%/sn]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-.169	.045	-.229	-.078
		2	-.169	.037	-.230	-.128
	Sol	1	-.188	.051	-.261	-.073
		2	-.183	.043	-.248	-.122
Voleybol (n=10)	Sağ	1	-.231	.081	-.358	-.135
		2	-.239	.077	-.389	-.129
	Sol	1	-.203	.073	-.310	-.097
		2	-.215	.073	-.328	-.093
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-.247	.053	-.302	-.161
		2	-.260	.051	-.332	-.176
	Sol	1	-.258	.048	-.311	-.181
		2	-.260	.064	-.324	-.178

Tablo 4.11. OMF eğitim ([%/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

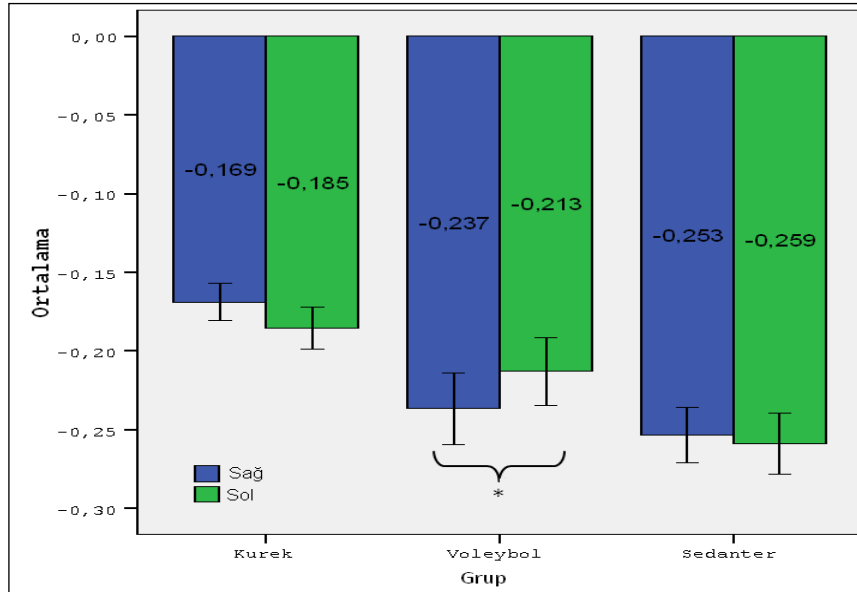
Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	.000	1	.000	.094	.762
Taraf * Grup	.011	2	.006	4.461	.022*
Hata (T)	.032	26	.001		
Ölçüm	.002	1	.002	2.652	.115
Ölçüm * Grup	.002	2	.001	1.655	.211
Hata (Ö)	.016	26	.001		
T * Ö	3.62E-005	1	3.62E-005	.105	.748
T * Ö * Grup	.000	2	.000	.637	.537
Hata (T * Ö)	.009	26	.000		
Gruplar arası					
Grup	.117	2	.059	4.879	.016*
Hata	.313	26	.012		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,26)=4.879$, $p=.016$). Bu etki taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde gruplar arasında OMF eğimlerinin farklı olduğunu göstermektedir. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farkın kürek grubu ile sedanter grup arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.012$). Kürek grubunun sedanter gruba göre daha düşük OMF eğimine sahip oldukları görülmektedir (Tablo 4.10.).

Taraf ana etkisi anlamlı değildir ($F(1,26)=.094$, $p=.762$). Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,26)=4.461$, $p=.022$). Bu da göstermektedir ki ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nin sağ ve sol OMF eğimleri kürek, voleybol ve sedanterlerde birbirlerinden farklıdır. Yapılan analiz sonucunda bu farklılığın voleybolculardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Voleybolcuların OMF eğimi açısından sağ tarafı sol tarafına göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde negatif yönde daha fazla düşüş göstermiştir (negatif yönde daha yüksektir) ($p=.039$). Kürekçi ve sedanterlerde ES'nin sol tarafı sağa göre daha yüksek eğime sahipken bu durum voleybolcularda farklıdır.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=2.652$, $p=.115$). Grup ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde OMF eğim açısından iki ölçüm arasında bir farklılık yoktur. Aynı zamanda ölçüm*grup etkileşim etkisi de anlamlı değildir ($F(2,26)=1.655$, $p=.211$). Bu sonuç değerlendirildiğinde gruplar iki ölçümde de benzer şekildedir.



Şekil 4. 3. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OMF eğimi

Tablo 4.12. OMF eğime ([Hz/sn]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-.180	.065	-.314	-.081
		2	-.182	.059	-.291	-.105
	Sol	1	-.198	.060	-.287	-.076
		2	-.197	.062	-.297	-.111
Voleybol (n=10)	Sağ	1	-.252	.091	-.381	-.136
		2	-.253	.077	-.353	-.130
	Sol	1	-.220	.083	-.365	-.100
		2	-.224	.074	-.328	-.093
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-.273	.081	-.392	-.132
		2	-.275	.065	-.360	-.197
	Sol	1	-.292	.071	-.430	-.205
		2	-.284	.089	-.442	-.176

Tablo 4.13. OMF eğitim ([Hz/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

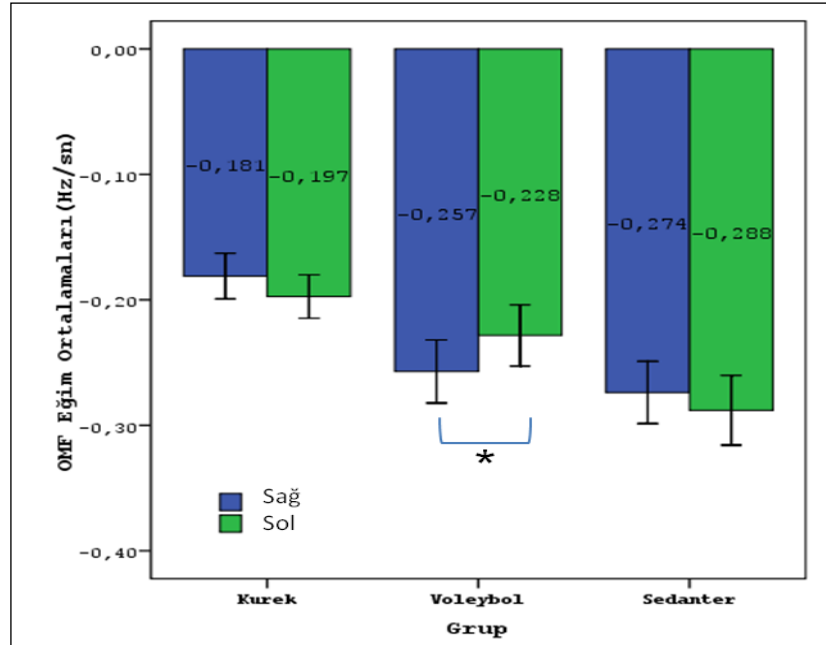
Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	1.96E-005	1	1.96E-005	.009	.925
Taraf * Grup	.015	2	.008	3.556	.043*
Hata (T)	.056	26	.002		
Ölçüm	.001	1	.001	.724	.402
Ölçüm * Grup	.002	2	.001	1.067	.359
Hata (Ö)	.021	26	.001		
T * Ö	1.17E-005	1	1.17E-005	.023	.881
T * Ö * Grup	.000	2	.000	.346	.711
Hata (T * Ö)	.013	26	.001		
Gruplar arası					
Grup	.156	2	.078	4.539	.020*
Hata	.447	26	.017		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,26)=4.539$, $p=.020$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde OMF eğim (Hz/sn) açısından kürek, voleybol ve sedanter grup arasında farklılık olduğunu göstermektedir (sırasıyla, ort: -.189, -.231 ve -.281). Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek ile sedanter grup arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.015$).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.009$, $p=.925$). Ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafı arasında OMF eğim (Hz/sn) açısından farklılık bulunmamaktadır. Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,26)=3.556$, $p=.043$). Bu etkileşim, ES'nın sağ ve sol tarafı açısından grupların benzemediğini göstermektedir (Şekil 4.4). Kürek ve sedanter grupta sağ tarafın eğimi sol tarafa göre daha düşükken, voleybol grubunda sağ taraf sol tarafa göre anlamlı şekilde daha yüksektir ($p<.05$).

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.724$, $p=.402$). Bu etki, OMF eğimler (Hz/sn) açısından iki ölçüm arasında farklılık olmadığı göstermektedir. Benzer şekilde ölçüm*grup etkileşim etkisi de anlamlı değildir ($F(2,26)=1.067$, $p=.359$). Bu etkileşim, iki ölçüm açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 4. OMF Eğim (Hz/sn) taraf*grup etkileşimi

Tablo 4.14. OCF yüzdelik değişime ([%]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-48.231	10.563	-61.469	-29.555
		2	-39.695	6.195	-49.671	-30.046
	Sol	1	-51.407	11.942	-71.097	-26.827
		2	-42.671	7.596	-53.434	-30.852
Voleybol (n=10)	Sağ	1	-45.169	12.519	-64.534	-32.163
		2	-39.804	11.138	-57.488	-27.427
	Sol	1	-41.112	15.078	-69.761	-24.257
		2	-35.266	11.594	-56.940	-19.780
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-42.858	9.033	-55.216	-29.428
		2	-38.216	8.144	-48.541	-26.290
	Sol	1	-45.271	11.308	-57.868	-29.728
		2	-38.708	11.126	-55.569	-28.446

Tablo 4.15. OCF yüzdelik değişim ([%]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

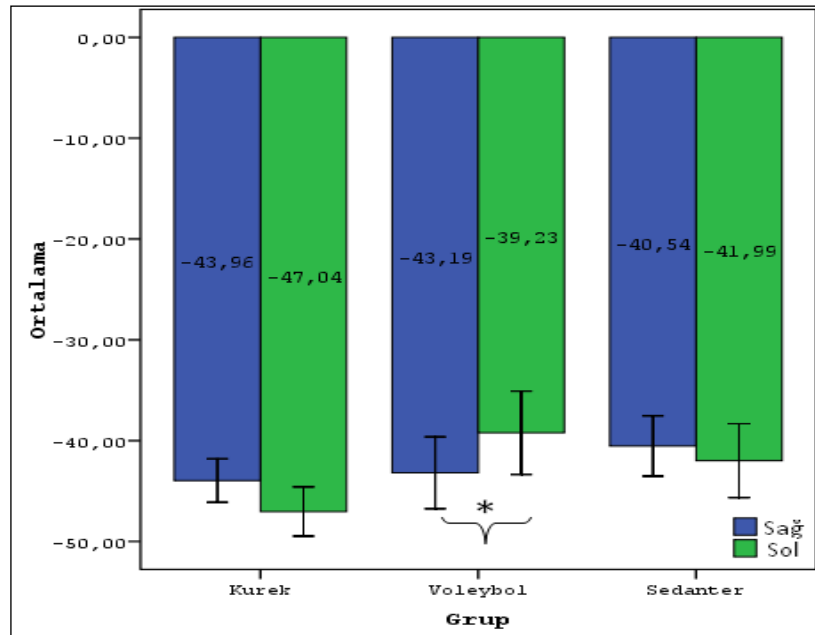
Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	.041	1	.041	.001	.975
Taraf * Grup	336.344	2	168.172	4.068	.029*
Hata (T)	1074.751	26	41.337		
Ölçüm	1082.394	1	1082.394	19.237	.000*
Ölçüm * Grup	105.832	2	52.916	.940	.403
Hata (Ö)	1462.942	26	56.267		
T * Ö	2.892	1	2.892	.261	.614
T * Ö * Grup	5.538	2	2.769	.249	.781
Hata (T * Ö)	288.570	26	11.099		
Gruplar arası					
Grup	763.659	2	381.829	1.078	.355
Hata	9211.812	26	354.300		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F(2,26)=1.078$, $p=.355$). Bu etki taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde kürek, voleybol ve sedanter grubun OCF yüzdelik değişim miktarları arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir (sırasıyla: -45.501, -39.661, -41.263).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.001$, $p=.975$). Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,26)=4.068$, $p=.029$). Bu sonuç göstermektedir ki ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nin sağ ve sol OCF yüzde değişim miktarları kürek, voleybol ve sedanterlerde birbirlerinden farklıdır. Yapılan analiz sonucunda bu farklılığın voleybolculardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Kürek ve sedanter grupta ES'nin sol tarafındaki OCF yüzdelik değişim miktarı sağ tarafa göre daha yüksek iken (sırasıyla: $p=.182$, $p=.533$) voleybol grubunda sağ taraf sol tarafa göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksektir ($p=.049$).

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(1,26)=19.237$, $p=.000$). Grup ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde 1. ölçümdeki OCF yüzdelik değişim miktarının 2. ölçüme göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.12.). Buna karşın ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F(2,26)=.940$, $p=.403$). Gruplar her iki ölçümde de benzer şekilde değişmiştir.



Şekil 4. 5. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OCF yüzdelik değişimi

Tablo 4.16. OCF eğime ([%/sn]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-.183	.048	-.248	-.078
		2	-.174	.038	-.251	-.131
	Sol	1	-.195	.052	-.263	-.071
		2	-.187	.041	-.240	-.108
Voleybol (n=10)	Sağ	1	-.242	.088	-.367	-.135
		2	-.242	.079	-.401	-.123
	Sol	1	-.213	.072	-.327	-.120
		2	-.212	.064	-.309	-.102
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-.258	.071	-.351	-.152
		2	-.265	.066	-.336	-.175
	Sol	1	-.264	.050	-.314	-.191
		2	-.264	.063	-.336	-.180

Tablo 4.17. OCF eğitim ([%/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	.001	1	.001	.666	.422
Taraf * Grup	.011	2	.006	4.137	.028*
Hata (T)	.035	26	.001		
Ölçüm	3.46E-005	1	3.46E-005	.050	.825
Ölçüm * Grup	.002	2	.001	1.103	.347
Hata (Ö)	.018	26	.001		
T * Ö	1.02E-005	1	1.02E-005	.030	.863
T * Ö * Grup	9.93E-005	2	4.97E-005	.148	.863
Hata (T * Ö)	.009	26	.000		
Gruplar arası					
Grup	.112	2	.056	4.375	.023*
Hata	.334	26	.013		

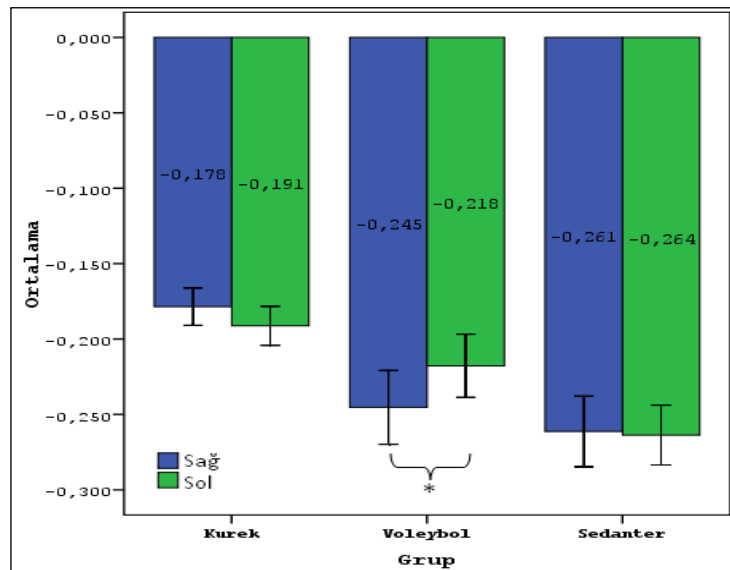
* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır (F(2,26)=4.375, p=.023). Bu etki

taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde gruplar arasında OCF eğimleri arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın Kürek grubu ile sedanter grup arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.018$). Buna karşın kürek ile voleybol grubu ($p=.294$) ve voleybol ile sedanter grup ($p=.317$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Tablo 4.14. incelendiğinde görülmektedir ki kürek grubunun OCF eğimleri sedanter gruba göre daha düşüktür.

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.666$, $p=.422$). Bu etki ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde OCF eğimi açısından ES'nin sağ ve sol tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Buna karşın taraf*grup etkileşim etkisi anlamlıdır ($F(2,26)=4.137$, $p=.028$). Bu etkileşim ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nin sağ ve sol tarafındaki OCF eğiminin gruplarda benzer olmadığını göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda farklılığın voleybolculardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Voleybolcuların OCF eğimi açısından sağ tarafı sol tarafına göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde negatif yönde daha fazla düşüş göstermiştir (Şekil 4.5.).

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.050$, $p=.825$). taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde iki ölçüm arasında OCF eğimlerinde bir farklılık yoktur. Benzer şekilde ölçüm*grup etkileşim etkisi anlamlı değildir ($F(2,26)=1.103$, $p=.347$). Grupların OCF eğimi 1. ve 2. ölçümde benzer şekilde değişmiştir.



Şekil 4. 6. Gruplarda ES'nin sağ-sol tarafına göre OCF eğimi

Tablo 4. 18. OCF eğime ([Hz/sn]) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek (n=11)	Sağ	1	-.160	.061	-.296	-.068
		2	-.155	.053	-.270	-.086
	Sol	1	-.169	.057	-.265	-.057
		2	-.168	.061	-.310	-.082
Voleybol (n=10)	Sağ	1	-.220	.084	-.351	-.115
		2	-.211	.063	-.306	-.106
	Sol	1	-.194	.076	-.351	-.098
		2	-.185	.058	-.280	-.079
Sedanter (n=8)	Sağ	1	-.236	.096	-.386	-.098
		2	-.230	.072	-.315	-.143
	Sol	1	-.244	.068	-.382	-.175
		2	-.238	.081	-.393	-.140

Tablo 4.19. OCF eğim ([Hz/sn]) için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	Sd	OK	F	p
Taraf	.000	1	.000	.171	.683
Taraf * Grup	.009	2	.005	3.295	.053
Hata (T)	.037	26	.001		
Ölçüm	3.32E-005	1	3.32E-005	.049	.827
Ölçüm * Grup	.001	2	.000	.440	.649
Hata (Ö)	.018	26	.001		
T * Ö	3.08E-005	1	3.08E-005	.087	.770
T * Ö * Grup	1.76E-005	2	8.81E-006	.025	.975
Hata (T * Ö)	.009	26	.000		
Gruplar arası					
Grup	.101	2	.051	3.300	.053
Hata	.399	26	.015		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,26)=3.300$, $p=.053$). Bu etki taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde kürek, voleybol ve sedanter gruplar arasında bir farklılık olmadığını gösterse de yapılan inceleme sonucunda OCF eğimi açısından en düşük olan grubun kürekçiler olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla, ort: -.163, -.195 ve -.237).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.171$, $p=.683$). Ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafı arasında OCF eğim [Hz/sn] açısından farklılık bulunmamaktadır. Benzer şekilde, taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,26)=3.925$, $p=.053$). Bu etkileşim, ES'nın sağ ve sol tarafı açısından grupların benzediğini gösterse de kürek ve sedanter grupta sağ tarafın eğimi sol tarafa göre daha düşük, voleybol grubunda sağ taraf sol tarafa göre daha yüksektir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,26)=.049$, $p=.827$). Bu etki, OCF eğimler [Hz/sn] açısından iki ölçüm arasında farklılık olmadığı göstermektedir. Benzer şekilde ölçüm*grup etkileşim etkisi de anlamlı değildir ($F(2,26)=.440$, $p=.649$). Bu etkileşim, iki ölçüm açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

NIRS parametreleri

Tablo 4.20. Hb dğüm süresine (sn) ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	19.12	3.86	10.88	24.85
		2	11	18.01	2.98	12.76	22.16
	Sol	1	10	17.02	3.31	8.48	19.62
		2	11	16.60	3.23	9.10	20.56
Voleybol	Sağ	1	11	20.00	1.78	16.68	23.28
		2	10	19.50	2.20	16.83	22.65
	Sol	1	11	18.76	2.30	14.04	22.17
		2	10	17.77	1.67	14.97	19.81
Sedanter	Sağ	1	8	18.40	2.16	15.38	20.86
		2	8	15.65	1.18	13.98	17.77
	Sol	1	7	17.24	2.44	13.09	20.86
		2	7	16.59	2.52	12.48	19.08

Tablo 4.21. Hb dğüm süresi için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	39.282	1	39.282	10.890	.003*
Taraf * Grup	10.038	2	5.019	1.391	.268
Hata (T)	86.571	24	3.607		
Ölçüm	46.355	1	46.355	3.677	.067
Ölçüm * Grup	3.745	2	1.873	.149	.863
Hata (Ö)	302.566	24	12.607		
T * Ö	4.813	1	4.813	3.195	.086
T * Ö * Grup	9.931	2	4.965	3.296	.054
Hata (T * Ö)	36.153	24	1.506		
Gruplar arası					
Grup	84.946	2	42.473	4.424	.023*
Hata	230.388	24	9.600		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,24)=4.424$, $p=.023$). Taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb düzey süreleri açısından gruplar arasında farklılık vardır. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın voleybol ile sedanter grup arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.028$). Sonuçlar incelendiğinde görülmektedir ki voleybolcuların (ort: 19.208) Hb düzey noktasına ulaşma süreleri sedanterlere (ort: 17.092) göre daha uzundur.

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,24)=10.890$, $p=.003$). Ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nin sağ tarafının (ort: 18.601) Hb düzey noktasına ulaşma süresi sol tarafına göre (ort: 17.378) daha uzun olduğu görülmüştür. Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.391$, $p=.268$). Bu sonuç ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nin sağ ve sol tarafındaki Hb düzey süreleri açısından grupların birbirine benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,24)=3.677$, $p=.067$). Aynı şekilde ölçüm*grup etkileşim etkisi anlamlı değildir ($F(2,24)=.149$, $p=.863$). Bu sonuçlar, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb düzey noktasına ulaşma sürelerinin iki ölçüm arasında (1.ölç: 18.654, 2.ölç: 17.325) farklı olmadığını, aynı zamanda Hb düzey noktasına ulaşma süreleri açısından grupların benzer şekilde olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.22.Hb eğitim1'e ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	.463	.192	.270	.960
		2	11	.515	.168	.298	.845
	Sol	1	10	.700	.302	.205	1.305
		2	11	.650	.282	.342	1.151
Voleybol	Sağ	1	11	.418	.129	.249	.618
		2	10	.451	.110	.241	.584
	Sol	1	11	.595	.180	.386	.946
		2	10	.725	.301	.309	1.119
Sedanter	Sağ	1	8	.622	.189	.258	.859
		2	8	.781	.361	.446	1.564
	Sol	1	7	.856	.286	.558	1.385
		2	7	.939	.327	.588	1.561

Tablo 4.23. Hb eğitim1 için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	1.120	1	1.120	29.480	.000*
Taraf * Grup	.010	2	.005	.128	.881
Hata (T)	.911	24	.038		
Ölçüm	.128	1	.128	5.569	.027*
Ölçüm * Grup	.056	2	.028	1.228	.311
Hata (Ö)	.549	24	.023		
T * Ö	.001	1	.001	.097	.758
T * Ö * Grup	.034	2	.017	1.368	.274
Hata (T * Ö)	.297	24	.012		
Gruplar arası					
Grup	1.165	2	.583	3.404	.050*
Hata	4.109	24	.171		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,24)=3.404$, $p=.050$). Taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb eğim açısından gruplar arasında farklılık vardır. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın voleybol (ort: .543) ile sedanter (ort: .800) grup arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.048$).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(1,24)=29.480$, $p=.000$). Ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb eğim1 için ES'nin sağ (ort: .542) ve sol (ort: .748) tarafında farklılık vardır. Tablo 4.18 incelendiğinde görülmektedir ki tüm gruplarda ve her iki ölçümde ES' nın sağ tarafının eğimleri sol tarafına göre daha düşüktür. Diğer yandan taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F(2,24)=.128$, $p=.881$). Bu etki ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafındaki Hb eğim1 için grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(1,24)=5.569$, $p=.027$). Bu etki taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb eğim1 açısından 1. (ort: .610) ve 2. ölçüm (ort: .680) arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Tablo 4.18. incelendiğinde görülmektedir ki tüm gruplarda 1. ölçümlerin Hb eğim1'i 2. ölçümlere göre daha düşüktür. Buna karşın ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.228$, $p=.311$). 1.ölçümden 2.ölçüme Hb eğim1 için oluşan değişiklik gruplarda benzerdir.

Tablo 4.24. Hb eğitim2 ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	.018	.008	.006	.030
		2	11	.015	.008	.003	.026
	Sol	1	10	.024	.012	.012	.043
		2	11	.018	.008	.007	.033
Voleybol	Sağ	1	11	.018	.010	.001	.034
		2	10	.017	.012	.000	.037
	Sol	1	11	.021	.016	.004	.049
		2	10	.039	.045	.006	.139
Sedanter	Sağ	1	8	.027	.024	-.006	.069
		2	8	.033	.023	.009	.085
	Sol	1	7	.030	.029	.008	.080
		2	7	.041	.023	.018	.088

Tablo 4.25. Hb eğitim2 için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	.001	1	.001	2.987	.097
Taraf * Grup	.000	2	.000	.454	.640
Hata (T)	.011	24	.000		
Ölçüm	.000	1	.000	2.710	.113
Ölçüm * Grup	.001	2	.001	3.282	.055
Hata (Ö)	.004	24	.000		
T * Ö	.000	1	.000	2.117	.159
T * Ö * Grup	.000	2	.000	1.643	.214
Hata (T * Ö)	.004	24	.000		
Gruplar arası					
Grup	.004	2	.002	1.907	.170
Hata	.023	24	.001		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.907$, $p=.170$). Taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb eğitim2 ortalamaları açısından kürek, voleybol ve sedanter grupları arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (sırasıyla: .019, .024 ve .034).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,24)=2.987$, $p=.097$). Bu etki ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafındaki Hb eğitim2 için bir farklılık olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=.454$, $p=.640$). Etkileşimin anlamlı çıkmaması, ES'nın sağ ve sol tarafındaki Hb eğitim2'lerin gruplarda benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,24)=2.710$, $p=.113$). Taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde 1. ölçümden (ort: .023) 2. ölçüme (ort: .028) Hb eğitim2 ortalamaları arasında bir farklılık yoktur. Bununla birlikte ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=3.282$, $p=.055$). Bu sonuç Hb eğitim2 için iki ölçüm açısından grupların benzer şekilde olduğunu göstermektedir. Fakat istatistiksel olarak anlamlı çıkmasa da voleybol ve sedanterlerde 1. ölçümden 2. ölçüme Hb eğitim2'ler artarken (.019-.028, .029-.038) kürek grubunda eğitim2 ortalaması azalmıştır (.021-.016).

Tablo 4.26. Hb E_{düğüm} içi betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	7.189	2.866	4.073	13.865
		2	11	7.718	2.273	4.381	12.388
	Sol	1	10	9.475	3.429	2.086	13.940
		2	11	9.924	3.468	5.677	15.336
Voleybol	Sağ	1	11	7.037	1.725	4.001	9.285
		2	10	8.259	2.198	4.640	12.913
	Sol	1	11	9.129	2.760	6.161	13.501
		2	10	10.218	2.967	5.907	15.092
Sedanter	Sağ	1	8	9.129	2.400	5.288	13.786
		2	8	10.132	3.303	5.813	16.674
	Sol	1	7	11.620	3.818	7.671	17.695
		2	7	13.306	4.522	9.090	21.761

Tablo 4.27. Hb E_{düğüm} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

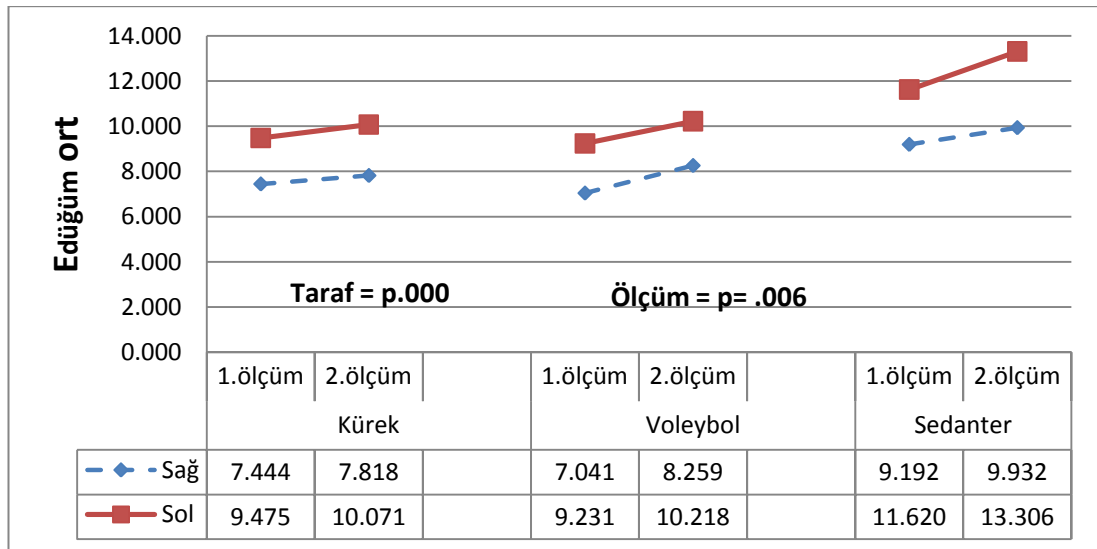
Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	147.801	1	147.801	27.498	.000*
Taraf * Grup	3.280	2	1.640	.305	.740
Hata (T)	129.000	24	5.375		
Ölçüm	22.865	1	22.865	9.077	.006*
Ölçüm * Grup	2.818	2	1.409	.559	.579
Hata (Ö)	60.453	24	2.519		
T * Ö	.640	1	.640	.544	.468
T * Ö * Grup	1.426	2	.713	.606	.554
Hata (T * Ö)	28.265	24	1.178		
Gruplar arası					
Grup	111.428	2	55.714	1.956	.163
Hata	683.480	24	28.478		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.956$, $p=.163$). Taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde kürek, voleybol ve sedanter grup arasında Hb Edüğümleri skorları açısından farklılık bulunmamaktadır (sırasıyla: 8.702, 8.687 ve 11.012).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,24)=27.498$, $p=.000$). Bu etki ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ (ort: 8.281) ve sol (ort: 10.654) tarafı arasında bir farklılık olduğunu göstermektedir. Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F(2,24)=.305$, $p=.740$). Bu sonuç ES'nın sağ ve sol tarafı için Hb Edüğümleri skorlarının gruplarda benzer şekilde olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,24)=9.077$, $p=.006$). Bu etki taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde 1.ölçüm (ort:9.001) ile 2.ölçüm (ort:9.934) arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F(2,24)=.559$, $p=.579$). Sonuçlar incelendiğinde görülmektedir ki 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından gruplar birbirine benzerdir.



Şekil 4. 7. Grupların taraf ve ölçüme göre Edüğümleri ortalamaları

Tablo 4.28. Hb E_{60sn} için betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	10.196	3.669	6.290	19.414
		2	11	10.814	3.221	6.523	17.471
	Sol	1	10	13.375	5.251	4.791	23.298
		2	11	13.879	4.938	7.316	22.478
Voleybol	Sağ	1	11	9.791	2.137	6.285	13.429
		2	10	11.050	2.693	6.630	16.193
	Sol	1	11	12.179	2.971	8.197	16.273
		2	10	13.934	3.735	7.834	20.112
Sedanter	Sağ	1	8	12.915	3.847	7.859	20.161
		2	8	14.013	4.449	9.174	23.020
	Sol	1	7	16.098	5.893	9.026	26.430
		2	7	18.126	5.980	11.529	29.404

Tablo 4. 29. Hb E_{60sn} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	261.155	1	261.155	31.730	.000*
Taraf * Grup	3.091	2	1.546	.188	.830
Hata (T)	197.535	24	8.231		
Ölçüm	36.394	1	36.394	14.556	.001*
Ölçüm * Grup	4.774	2	2.387	.955	.399
Hata (Ö)	60.006	24	2.500		
T * Ö	2.384	1	2.384	2.710	.113
T * Ö * Grup	1.009	2	.505	.574	.571
Hata (T * Ö)	21.110	24	.880		
Gruplar arası					
Grup	234.921	2	117.460	1.981	.160
Hata	1423.038	24	59.293		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.981$, $p=.160$). Ölçüm ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde kürek, voleybol ve sedanter grup arasında E_{60sn} ortalamaları açısından bir farklılık bulunmamaktadır (sırasıyla: 12.203, 11.743 ve 15.308).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(1,24)=31.730$, $p=.000$). E_{60sn} için ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ tarafının (ort:11.508) sol tarafa (ort:14.662) göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan taraf*grup etkileşim etkisi ($F(2,24)=.188$, $p=.830$) göstermektedir ki ES'nın sağ ve sol tarafındaki değerler açısından gruplar birbirine benzemektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,24)=14.556$, $p=.001$). E_{60sn} için taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde 1.ölçüm (ort: 12.496) 2.ölçüme göre daha düşük (ort: 13.673) bulunmuştur. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F(2,24)=.955$, $p=.399$). Bu anlamlı olmayan etkileşim göstermektedir ki 1.ölçümden 2.ölçüme gruplar benzer şekilde değişmiştir.

Tablo 4.30. Hb E_{tam} için betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	13.323	3.958	8.390	22.242
		2	11	15.214	8.927	7.188	39.725
	Sol	1	11	16.595	6.293	7.984	29.662
		2	11	17.403	6.537	9.245	30.071
Voleybol	Sağ	1	11	11.754	2.892	6.919	15.276
		2	10	12.104	3.220	7.110	17.668
	Sol	1	11	14.570	4.390	7.945	23.020
		2	10	15.956	5.723	8.152	27.208
Sedanter	Sağ	1	8	15.034	4.515	10.030	23.571
		2	8	16.283	5.530	9.803	28.057
	Sol	1	7	18.277	7.031	11.131	30.632
		2	7	20.606	6.502	12.592	32.256

Tablo 4.31. Hb E_{tam} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	288.122	1	288.122	15.928	.001*
Taraf * Grup	4.327	2	2.164	.120	.888
Hata (T)	452.224	25	18.089		
Ölçüm	46.231	1	46.231	1.727	.201
Ölçüm * Grup	1.972	2	.986	.037	.964
Hata (Ö)	669.141	25	26.766		
T * Ö	.977	1	.977	.470	.499
T * Ö * Grup	8.022	2	4.011	1.929	.166
Hata (T * Ö)	51.990	25	2.080		
Gruplar arası					
Grup	277.258	2	138.629	1.601	.222
Hata	2165.398	25	86.616		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.601$, $p=.222$). Ölçüm ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde kürek, voleybol ve sedanter grup arasında E_{tam} ortalamaları açısından bir farklılık bulunmamaktadır (sırasıyla: 15.634, 13.554 ve 17.624).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(1,24)=15.928$, $p=.001$). E_{tam} için ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ tarafının (ort:13.970) sol tarafa (ort:17.238) göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan taraf*grup etkileşim etkisi ($F(2,24)=.120$, $p=.888$) göstermektedir ki ES'nın sağ ve sol tarafındaki değerler açısından gruplar birbirine benzemektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,24)=1.727$, $p=.201$). Taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde E_{tam} açısından 1.ölçüm (ort: 14.949) ile 2.ölçüm (ort: 16.259) arasında bir fark yoktur. Bununla birlikte ölçüm*grup etkileşim etkisi de istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=.037$, $p=.964$). Bu anlamlı olmayan etkileşim göstermektedir ki 1.ölçümden 2.ölçüme gruplar benzer şekilde değişmiştir.

Tablo 4.32. HbO₂ eğim2 ilişkin betimleyici istatistik

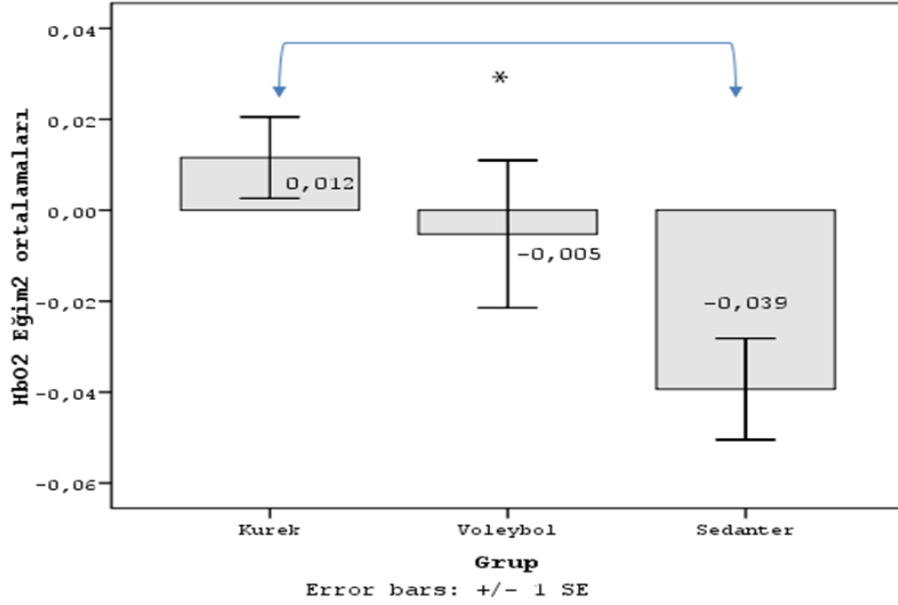
Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	.003	.025	-.024	.056
		2	11	.014	.038	-.017	.090
	Sol	1	10	.015	.031	-.014	.073
		2	11	.006	.034	-.034	.068
Voleybol	Sağ	1	11	-.022	.035	-.107	.009
		2	10	-.018	.039	-.072	.054
	Sol	1	11	-.004	.044	-.082	.053
		2	10	.025	.126	-.092	.363
Sedanter	Sağ	1	8	-.045	.045	-.122	-.001
		2	8	-.063	.043	-.111	.003
	Sol	1	8	-.025	.048	-.095	.029
		2	8	-.025	.057	-.134	.050

Tablo 4.33. HbO₂ eğim2 için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	.010	1	.010	3.375	.078
Taraf * Grup	.004	2	.002	.731	.491
Hata (T)	.074	25	.003		
Ölçüm	.000	1	.000	.210	.651
Ölçüm * Grup	.003	2	.002	.888	.424
Hata (Ö)	.046	25	.002		
T * Ö	.001	1	.001	1.319	.262
T * Ö * Grup	.003	2	.002	2.313	.120
Hata (T * Ö)	.018	25	.001		
Gruplar arası					
Grup	.047	2	.023	3.877	.034*
Hata	.151	25	.006		

* p < .05

İstatistiksel olarak anlamlı grup ana etkisi vardır ($F_{2,25}=3.877$, $p=.034$). Bu etki HbO_2 için düğüm noktasından egzersizin sonuna kadar olan eğim açısından gruplar arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek grubu (ort:0.012) ile sedanter grup (ort: -.039) arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.028$).



Şekil 4. 8. Grupların HbO_2 eğim2 ortalamaları açısından karşılaştırılması

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F_{1,25}=3.375$, $p=.078$). Bu etki, ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde HbO_2 eğim2 için ES'nin sağ (ort: -.020) ve sol tarafı (ort: -.002) arasında farklılık olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F_{2,25}=.731$, $p=.491$). Etkileşimin anlamlı olmaması gruplar açısından ES'nin sağ ve sol tarafında HbO_2 eğim2'lerinin benzer şekilde olduğu anlamına gelmektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F_{1,25}=.210$, $p=.651$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde HbO_2 eğim2 için 1. (ort: -.013) ve 2. ölçüm (ort: -.009) arasında farklılık olmadığı anlamına gelmektedir. Benzer şekilde ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F_{2,25}=.888$, $p=.424$). Etkileşimin anlamlı olmaması HbO_2 eğim için grupların 1.ölçümden 2.ölçüme benzer şekilde değiştiğini göstermektedir.

Tablo 4.34. HbO₂ E_{60sn} için betimleyici istatistik

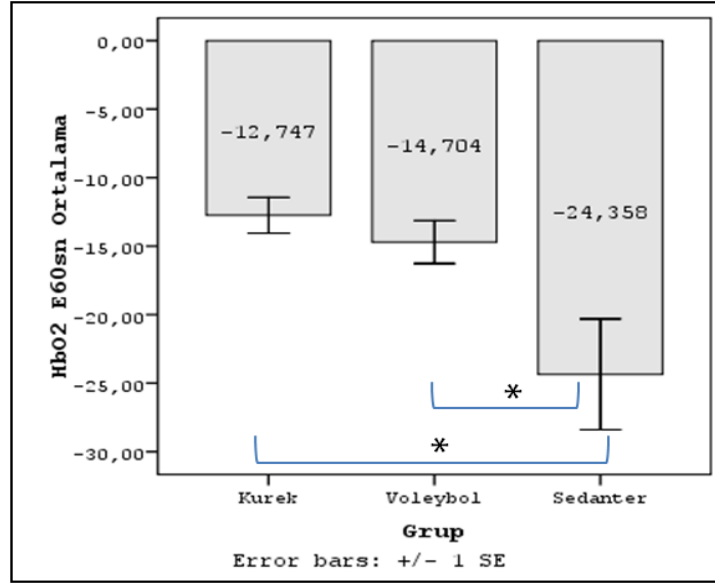
Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	-9.728	4.814	-18.906	-4.344
		2	11	-11.942	5.573	-23.017	-3.526
	Sol	1	10	-14.074	4.881	-21.915	-7.837
		2	11	-13.586	5.150	-20.137	-6.193
Voleybol	Sağ	1	11	-8.889	2.603	-13.107	-5.642
		2	10	-9.870	3.049	-15.895	-5.868
	Sol	1	11	-18.935	8.571	-34.595	-8.223
		2	9	-20.934	9.950	-34.385	-9.159
Sedanter	Sağ	1	8	-18.150	7.515	-30.390	-10.105
		2	8	-21.996	11.533	-41.104	-8.793
	Sol	1	8	-25.053	11.012	-44.606	-11.190
		2	8	-32.234	18.164	-59.249	-11.024

Tablo 4.35. HbO₂ E_{60sn} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	1385.808	1	1385.808	30.190	.000*
Taraf * Grup	274.350	2	137.175	2.988	.069
Hata (T)	1101.671	24	45.903		
Ölçüm	218.763	1	218.763	8.818	.007*
Ölçüm * Grup	91.844	2	45.922	1.851	.179
Hata (Ö)	595.422	24	24.809		
T * Ö	4.345	1	4.345	.655	.426
T * Ö * Grup	31.513	2	15.757	2.376	.114
Hata (T * Ö)	159.140	24	6.631		
Gruplar arası					
Grup	2642.973	2	1321.486	6.366	.006*
Hata	4981.657	24	207.569		

* p < .05

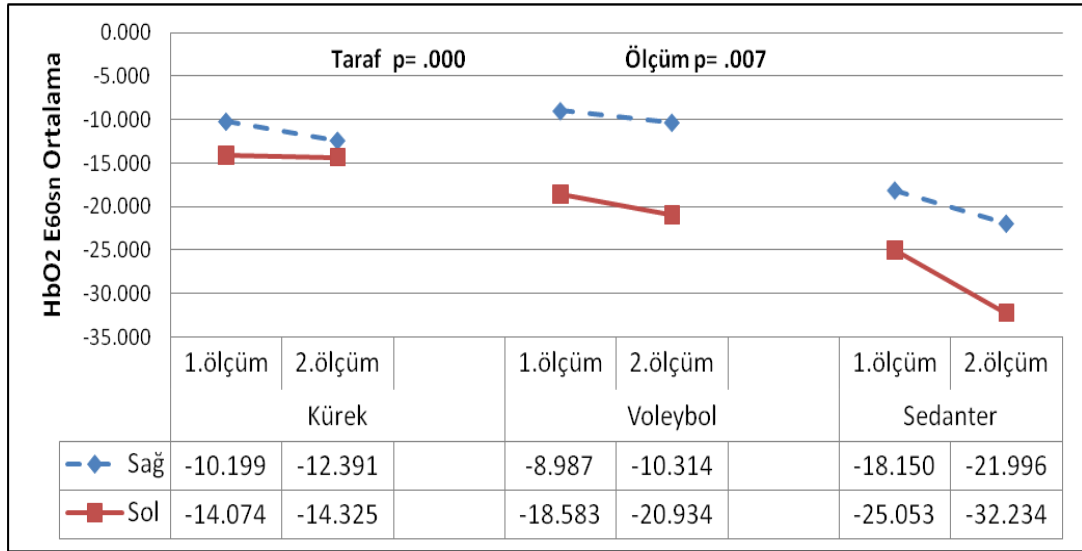
Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,24)=6.366$, $p=.006$). Bu etki, ölçüm ve taraf faktörü göz ardı edildiğinde HbO_2 E_{60sn} açısından gruplar arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda farklılığın kürek (ort: -12.747) ile sedanter (ort: -24.358) grup arasında ($p=.006$) ve voleybol (ort: -14.704) ile sedanter (ort: -24.358) grup arasında ($p=.028$) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 9. Grupların HbO_2 E_{60sn} ortalamaları açısından karşılaştırılması

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,24)=30.190$, $p=.000$). Bu etki, ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafında bir farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda HbO_2 'nin ilk 60 sn'de ES'nın sağ tarafının (ort: -13.673) sol tarafına göre (ort: -20.867) daha düşük erime sahip olduğu saptanmıştır. Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=2.988$, $p=.069$). Bu sonuca göre ES'nın sağ ve sol tarafındaki değerler açısından gruplar benzer şekildedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,24)=8.818$, $p=.007$). Bu etki taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde HbO_2 E_{60sn} açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda HbO_2 2.ölçümde (ort: -18.699) 1.ölçüme (ort: -15.841) göre daha büyük erime ulaşmıştır. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,24)=1.851$, $p=.179$). Bu sonuca göre 1.ölçümden 2.ölçüme gruplar benzer şekilde değişmiştir.



Şekil 4. 10. Grupların taraf ve ölçüme göre HbO₂ E_{60sn} ortalamaları

Tablo 4.36 HbO₂ E_{tam} ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	11.228	4.635	4.883	19.296
		2	11	12.340	3.669	6.843	19.000
	Sol	1	11	14.947	5.111	5.952	21.397
		2	11	15.421	4.449	6.244	21.565
Voleybol	Sağ	1	11	11.625	4.069	6.182	18.944
		2	10	13.810	3.879	8.191	19.591
	Sol	1	11	16.966	6.298	8.808	27.309
		2	10	21.849	8.088	9.381	34.244
Sedanter	Sağ	1	7	24.533	10.348	6.431	37.799
		2	8	27.603	13.774	10.629	51.609
	Sol	1	8	26.614	11.720	14.084	42.771
		2	8	37.479	13.489	22.118	59.885

Tablo 4.37. HbO₂ E_{tam} için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	884.303	1	884.303	34.507	.000*
Taraf * Grup	90.422	2	45.211	1.764	.192
Hata (T)	640.668	25	25.627		
Ölçüm	514.933	1	514.933	19.233	.000*
Ölçüm * Grup	273.728	2	136.864	5.112	.014*
Hata (Ö)	669.329	25	26.773		
T * Ö	38.530	1	38.530	3.625	.068
T * Ö * Grup	56.985	2	28.492	2.681	.088
Hata (T * Ö)	265.734	25	10.629		
Gruplar arası					
Grup	5347.719	2	2673.859	16.907	.000*
Hata	3953.734	25	158.149		

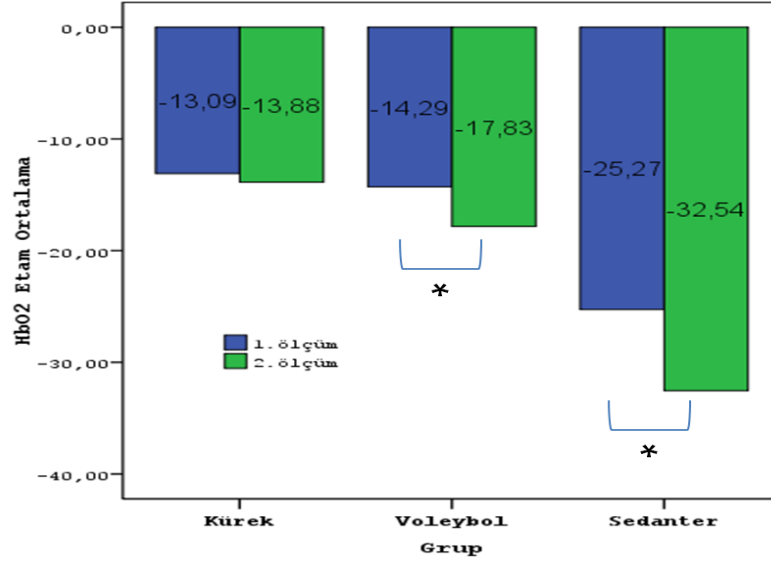
* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,25)=16.907$, $p=.000$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde egzersizin tamamındaki erim için gruplar arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek (ort: -13.484) ile sedanter (ort: -30.460) grup arasında ($p=.000$) ve voleybol (ort: -16.062) ile sedanter (ort: -30.460) grup arasında olduğu tespit edilmiştir ($p=.000$).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=34.507$, $p=.000$). Bu etki, ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafında bir farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda egzersizdeki en büyük HbO₂ erim açısından sağ tarafın (ort: -17.139) sol tarafa göre (ort: -22.865) daha düşük olduğu saptanmıştır. Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=1.764$, $p=.192$). Bu sonuca göre ES'nın sağ ve sol tarafındaki değerler açısından gruplar benzer şekildedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=19.233$, $p=.000$). Bu etki taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde 1.ölçümden 2.ölçüme egzersizdeki en büyük HbO₂ erimlerin farklılaştığını göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1.ölçümdeki (ort: -17.817) HbO₂ erimlerin 2.ölçüme (ort: -22.187) göre daha düşük

olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda ölçüm*grup etkileşim etkisi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F(2,25)=5.112$, $p=.014$). Yapılan analiz sonucunda voleybol ($p=.011$) ve sedanter ($p=.042$) grubun 2.ölçümleri 1.ölçümlerine göre anlamlı şekilde daha büyük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 11. HbO₂ E_{tam} için ölçüm*grup etkileşimi

Tablo 4.38. HbO₂ E_{%90} süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	121.23	108.69	19.26	337.74
		2	11	101.12	83.25	10.58	249.46
	Sol	1	11	83.21	82.85	13.59	223.30
		2	11	78.74	67.46	11.61	210.08
Voleybol	Sağ	1	11	141.17	67.17	15.18	233.81
		2	10	122.76	72.91	22.76	249.28
	Sol	1	11	79.52	77.09	-.26	220.49
		2	10	66.34	73.09	15.58	207.42
Sedanter	Sağ	1	7	135.79	44.38	48.97	183.45
		2	8	119.66	32.62	73.71	159.18
	Sol	1	8	100.72	51.29	25.77	153.83
		2	8	63.56	55.23	11.05	163.33

Tablo 4.39. HbO₂ E_{%90} süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	54837.800	1	54837.800	7.111	.013*
Taraf * Grup	3911.211	2	1955.605	.254	.778
Hata (T)	192801.274	25	7712.051		
Ölçüm	9715.955	1	9715.955	4.331	.048*
Ölçüm * Grup	837.307	2	418.654	.187	.831
Hata (Ö)	56084.497	25	2243.380		
T * Ö	171.195	1	171.195	.085	.773
T * Ö * Grup	2456.858	2	1228.429	.610	.551
Hata (T * Ö)	50375.486	25	2015.019		
Gruplar arası					
Grup	2240.910	2	1120.455	.109	.897
Hata	256768.091	25	10270.724		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.109$, $p=.897$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde HbO₂ E_{%90}'ına gelme süresi bakımından kürek, voleybol ve sedanter gruplar arasında farklılık olmadığını göstermektedir (sırasıyla, ort: 96.074, 103.753 ve 106.650).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=7.111$, $p=.013$). Bu etki ölçüm ve grup faktörü göz ardı edildiğinde ES'nın sağ ve sol tarafında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda ES'nın sağ tarafının E_{%90}'ına gelme süresinin (ort: 124.707) sol tarafa (ort: 79.611) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.254$, $p=.778$). Bu etkileşim anlamlı çıkmaması ES'nın sağ ve sol tarafındaki E_{%90}'ına gelme süresi bakımından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=4.331$, $p=.048$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde HbO₂ E_{%90}'ına gelme süresi bakımından 1. ve 2. ölçüm arasında fark olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1.ölçümdeki (ort: 111.650) HbO₂ E_{%90}'ına gelme süresinin 2.ölçüme (ort: 92.668)

göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.187$, $p=.831$). Etkileşimin anlamlı çıkmaması 1.ölçümden 2.ölçüme grupların benzer şekilde olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.40. Hb E_{%90} süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	176.31	56.98	102.02	281.24
		2	11	116.45	57.82	44.56	204.91
	Sol	1	11	170.07	43.51	101.98	234.59
		2	11	122.13	62.82	53.06	228.46
Voleybol	Sağ	1	11	109.63	64.84	24.29	266.33
		2	10	77.41	47.14	28.34	201.67
	Sol	1	11	101.88	52.07	19.19	166.30
		2	10	93.38	56.25	18.59	215.49
Sedanter	Sağ	1	8	91.22	28.50	44.35	124.93
		2	8	81.53	27.03	34.97	105.57
	Sol	1	7	101.22	59.08	23.79	203.37
		2	7	76.16	27.23	55.89	133.98

Tablo 4.41. Hb E_{%90} süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	153.101	1	153.101	.069	.795
Taraf * Grup	104.943	2	52.471	.024	.977
Hata (T)	55277.317	25	2211.093		
Ölçüm	23468.116	1	23468.116	18.390	.000*
Ölçüm * Grup	8979.560	2	4489.780	3.518	.045*
Hata (Ö)	31902.514	25	1276.101		
T * Ö	373.852	1	373.852	.190	.666
T * Ö * Grup	1664.687	2	832.344	.423	.659
Hata (T * Ö)	49135.332	25	1965.413		
Gruplar arası					
Grup	82676.572	2	41338.286	7.448	.003*
Hata	138757.771	25	5550.311		

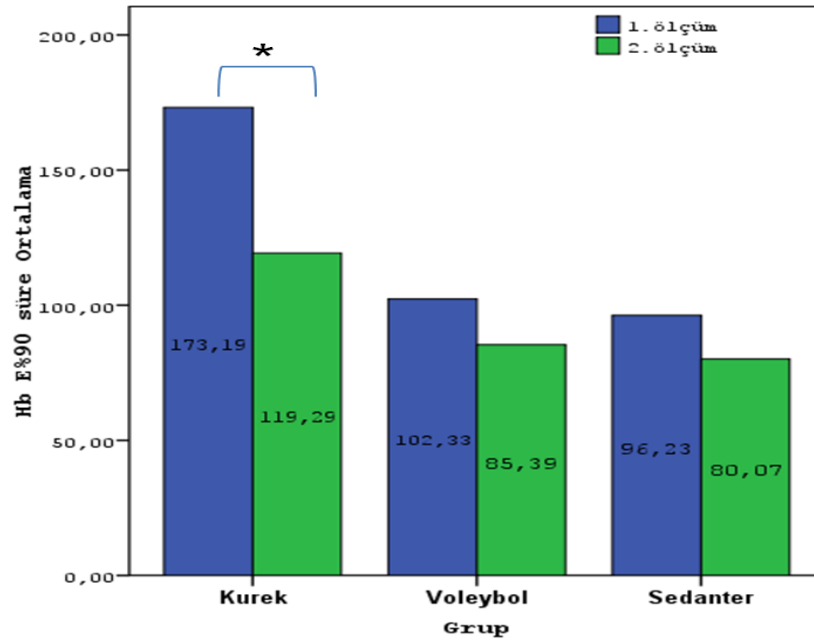
* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,25)=7.448$, $p=.003$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb E_{%90} gelme süresi bakımından gruplar arasında bir farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek (ort: 146.238) ile voleybol (ort: 93.860) ($p=.010$) ve kürek (ort: 146.238) ile sedanter (ort: 86.659) grup arasında ($p=.008$) olduğu saptanmıştır.

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=.069$, $p=.795$). Hb E_{%90} gelme süresi bakımından ES'nin sağ ve sol tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde taraf*grup etkileşim etkisi de anlamlı değildir ($F(2,25)=.024$, $p=.977$). Bu etki, Hb E_{%90}'ına gelme süresi bakımından ES'nin sağ ve sol tarafındaki skorların gruplarda benzer şekilde olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=18.390$, $p=.000$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb E_{%90}'ına gelme süresi bakımından 1. ve 2. ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1.ölçümlerin (ort: 123.669) 2.ölçümlere göre (ort: 94.168) daha

uzun olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda ölçüm*grup etkileşim etkisi de istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,25)=$, $p=.045$). Bu etkileşim HbE%90'ına gelme süresi bakımından 1.ölçümden 2.ölçüme gruplar arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bu farklılığın kürek grubundan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tüm gruplarda Hb E%90'ına gelme süresi 2. ölçümlerde düşerken sadece kürek grubunda bu düşüş istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=.002$, şekil 4.11) .



Şekil 4. 12. Hb E%90 süresine ilişkin ölçüm*grup etkileşimi

Tablo 4.42. Hb %60 süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	33.42	21.37	18.23	92.86
		2	11	21.15	9.10	10.11	39.13
	Sol	1	11	23.93	11.43	16.70	57.58
		2	11	18.75	5.54	13.10	30.71
Voleybol	Sağ	1	11	22.80	9.90	10.00	47.95
		2	10	17.05	3.42	12.00	22.24
	Sol	1	11	22.65	13.32	12.01	58.70
		2	10	18.11	7.41	11.27	35.48
Sedanter	Sağ	1	8	21.85	12.41	12.70	50.49
		2	8	14.80	2.39	10.98	18.26
	Sol	1	7	17.59	7.23	12.71	33.54
		2	7	15.32	1.25	13.06	16.90

Tablo 4.43. Hb %60 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	188.205	1	188.205	2.008	.169
Taraf * Grup	234.004	2	117.002	1.248	.304
Hata (T)	2343.133	25	93.725		
Ölçüm	1130.822	1	1130.822	12.459	.002*
Ölçüm * Grup	75.185	2	37.592	.414	.665
Hata (Ö)	2269.031	25	90.761		
T * Ö	135.682	1	135.682	1.945	.175
T * Ö * Grup	58.129	2	29.064	.417	.664
Hata (T * Ö)	1743.847	25	69.754		
Gruplar arası					
Grup	775.277	2	387.638	1.832	.181
Hata	5289.953	25	211.598		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=1.832$, $p=.181$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb %60 süre bakımından kürek, voleybol ve sedanter gruplar arasında farklılık olmadığını göstermektedir (sırasıyla, ort: 24.312, 20.368 ve 17.808).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=2.008$, $p=.169$). Bu etki, Hb %60 süre açısından ES'nin sağ (ort: 22.150) ve sol (ort: 19.509) tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=1.248$, $p=.304$). Bu etkileşim taraflar açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=12.459$, $p=.002$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb %60 süre açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1. ölçümün (ort: 24.067) 2. ölçüme (ort: 17.592) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.414$, $p=.665$). Bu etkileşim, 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.44. Hb %65 süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	43.94	34.87	19.85	144.48
		2	11	26.70	14.36	11.14	54.80
	Sol	1	11	30.12	11.28	19.73	61.18
		2	11	22.42	8.19	15.13	38.41
Voleybol	Sağ	1	11	27.60	13.00	12.04	56.67
		2	10	19.57	4.32	12.51	24.80
	Sol	1	11	27.88	19.60	13.04	81.26
		2	10	21.64	11.59	11.79	50.27
Sedanter	Sağ	1	8	25.56	15.49	15.06	61.72
		2	8	16.78	3.29	12.00	21.84
	Sol	1	7	20.60	9.37	14.27	40.25
		2	7	17.53	1.87	15.10	20.54

Tablo 4.45. Hb %65 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	343.011	1	343.011	1.525	.228
Taraf * Grup	581.401	2	290.701	1.292	.292
Hata (T)	5623.269	25	224.931		
Ölçüm	2113.646	1	2113.646	9.931	.004*
Ölçüm * Grup	194.967	2	97.484	.458	.638
Hata (Ö)	5320.643	25	212.826		
T * Ö	227.865	1	227.865	1.344	.257
T * Ö * Grup	91.354	2	45.677	.269	.766
Hata (T * Ö)	4238.578	25	169.543		
Gruplar arası					
Grup	1921.223	2	960.611	2.407	.111
Hata	9976.036	25	399.041		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=2.407$, $p=.111$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb %65 süre bakımından kürek, voleybol ve sedanter gruplar arasında farklılık olmadığını göstermektedir (sırasıyla, ort: 30.796, 24.445 ve 20.613).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=1.525$, $p=.228$). Bu etki, Hb %65 süre açısından ES'nın sağ (ort: 27.068) ve sol (ort: 23.501) tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=1.292$, $p=.292$). Bu etkileşim taraflar açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=9.931$, $p=.004$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb %65 süre açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1. ölçümün (ort: 29.711) 2. ölçüme (ort: 20.858) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.458$, $p=.638$). Bu etkileşim, 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.46. Hb %70 süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	61.44	40.88	21.93	164.91
		2	11	34.66	23.46	12.18	91.31
	Sol	1	11	53.91	49.25	22.28	192.06
		2	11	28.05	11.56	17.68	49.88
Voleybol	Sağ	1	11	33.74	17.05	13.56	62.83
		2	10	24.58	7.75	13.53	38.60
	Sol	1	11	35.89	26.27	13.55	103.81
		2	10	25.52	15.18	12.84	63.55
Sedanter	Sağ	1	8	29.99	18.06	16.59	70.95
		2	8	26.31	14.25	13.53	56.00
	Sol	1	7	25.36	13.91	16.13	53.63
		2	7	20.53	2.82	17.65	25.18

Tablo 4.47. Hb %70 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	462.376	1	462.376	.969	.334
Taraf * Grup	462.686	2	231.343	.485	.622
Hata (T)	11934.985	25	477.399		
Ölçüm	4930.402	1	4930.402	9.112	.006*
Ölçüm * Grup	2468.398	2	1234.199	2.281	.123
Hata (Ö)	13527.371	25	541.095		
T * Ö	1.331	1	1.331	.003	.955
T * Ö * Grup	6.969	2	3.484	.009	.991
Hata (T * Ö)	10130.992	25	405.240		
Gruplar arası					
Grup	7046.930	2	3523.465	3.014	.067
Hata	29226.647	25	1169.066		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=3.014$, $p=.067$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb %70 süre bakımından kürek, voleybol ve sedanter gruplar arasında farklılık olmadığını göstermektedir (sırasıyla, ort: 44.518, 30.047 ve 26.373).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=.969$, $p=.334$). Bu etki, Hb %70 süre açısından ES'nın sağ (ort: 35.717) ve sol (ort: 31.576) tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.485$, $p=.622$). Bu etkileşim taraflar açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=9.112$, $p=.006$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb %70 süre açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1. ölçümün (ort: 40.407) 2. ölçüme (ort: 26.885) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=2.281$, $p=.123$). Bu etkileşim, 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.48. Hb %75 süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	84.61	54.04	26.02	177.15
		2	11	43.94	30.37	13.75	111.75
	Sol	1	11	70.59	48.21	29.50	194.10
		2	11	47.20	36.00	20.75	129.65
Voleybol	Sağ	1	11	44.25	27.18	15.61	101.72
		2	10	30.53	13.15	14.56	59.60
	Sol	1	11	45.28	30.43	14.58	119.67
		2	10	32.43	18.85	13.89	77.84
Sedanter	Sağ	1	8	36.22	18.19	17.61	75.07
		2	8	30.23	14.04	15.57	56.52
	Sol	1	7	31.86	16.52	17.15	61.80
		2	7	26.81	7.80	19.70	41.79

Tablo 4.49. Hb %75 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	297.053	1	297.053	.354	.557
Taraf * Grup	275.127	2	137.563	.164	.850
Hata (T)	20955.811	25	838.232		
Ölçüm	7705.268	1	7705.268	13.489	.001*
Ölçüm * Grup	3478.049	2	1739.025	3.044	.066
Hata (Ö)	14280.690	25	571.228		
T * Ö	295.259	1	295.259	.928	.345
T * Ö * Grup	423.233	2	211.616	.665	.523
Hata (T * Ö)	7956.704	25	318.268		
Gruplar arası					
Grup	18568.677	2	9284.339	3.992	.031*
Hata	58148.387	25	2325.935		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,25)=3.992$, $p=.031$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb %75 süre için kürek, voleybol ve sedanter grup arasında bir farklılık olduğunu göstermektedir (sırasıyla, ort: 61.584, 38.069 ve 32.152). Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek ile sedanter grup arasında olduğu saptanmıştır ($p=.047$).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=.354$, $p=.557$). Bu etki, Hb %75 süre açısından ES'nın sağ (ort: 45.594) ve sol (ort: 42.275) tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.164$, $p=.850$). Bu etkileşim taraflar açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=13.489$, $p=.001$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb %75 süre açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1. ölçümün (ort: 52.387) 2. ölçüme (ort: 35.483) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=3.044$, $p=.066$). Bu etkileşim, 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.50. Hb %80 süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	104.04	59.66	39.44	204.35
		2	11	64.48	48.55	15.80	159.66
	Sol	1	11	95.07	51.14	32.56	200.76
		2	11	62.77	46.78	25.35	167.03
Voleybol	Sağ	1	11	64.20	47.90	17.14	179.92
		2	10	39.81	22.27	16.09	94.90
	Sol	1	11	64.34	41.52	16.13	129.40
		2	10	44.29	27.82	14.93	94.17
Sedanter	Sağ	1	8	45.40	22.77	19.65	87.87
		2	8	41.20	20.16	18.63	75.86
	Sol	1	7	42.27	22.56	18.18	79.26
		2	7	36.94	13.92	22.24	61.95

Tablo 4.51. Hb %80 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	276.091	1	276.091	.154	.698
Taraf * Grup	254.671	2	127.335	.071	.932
Hata (T)	44871.694	25	1794.868		
Ölçüm	11181.741	1	11181.741	12.241	.002*
Ölçüm * Grup	4182.614	2	2091.307	2.289	.122
Hata (Ö)	22837.090	25	913.484		
T * Ö	137.725	1	137.725	.254	.618
T * Ö * Grup	80.244	2	40.122	.074	.929
Hata (T * Ö)	13534.032	25	541.361		
Gruplar arası					
Grup	31657.630	2	15828.815	4.565	.020*
Hata	86682.502	25	3467.300		

* p < .05

Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,25)=4.565$, $p=.020$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb %80 süre için kürek, voleybol ve sedanter grup arasında bir farklılık olduğunu göstermektedir (sırasıyla, ort: 81.590, 52.137 ve 42.228). Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek ile sedanter grup arasında olduğu saptanmıştır ($p=.027$).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=.154$, $p=.698$). Bu etki, Hb %80 süre açısından ES'nın sağ (ort: 60.252) ve sol (ort: 57.052) tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.071$, $p=.932$). Bu etkileşim taraflar açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=12.241$, $p=.002$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb %80 süre açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1. ölçümün (ort: 68.834) 2. ölçüme (ort: 48.470) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=2.289$, $p=.122$). Bu etkileşim, 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.52. Hb %85 süresine ilişkin betimleyici istatistik

Grup	Taraf	Ölçüm	n	Ort.	Std. Sp.	Min.	Mak.
Kürek	Sağ	1	11	131.92	57.38	66.10	233.56
		2	11	88.05	58.11	19.88	174.72
	Sol	1	11	127.47	49.03	33.59	217.70
		2	11	92.95	60.47	33.07	217.72
Voleybol	Sağ	1	11	88.11	64.12	19.18	237.21
		2	10	51.48	31.04	20.17	128.12
	Sol	1	11	81.43	48.77	17.15	147.85
		2	10	69.65	45.94	16.50	163.86
Sedanter	Sağ	1	8	61.29	22.27	31.35	103.21
		2	8	58.72	20.34	28.83	81.05
	Sol	1	7	72.23	58.26	21.24	188.71
		2	7	55.11	17.03	42.42	88.90

Tablo 4.53. Hb %85 süre için tekrarlayan ölçümlerin varyans analizi sonuçları

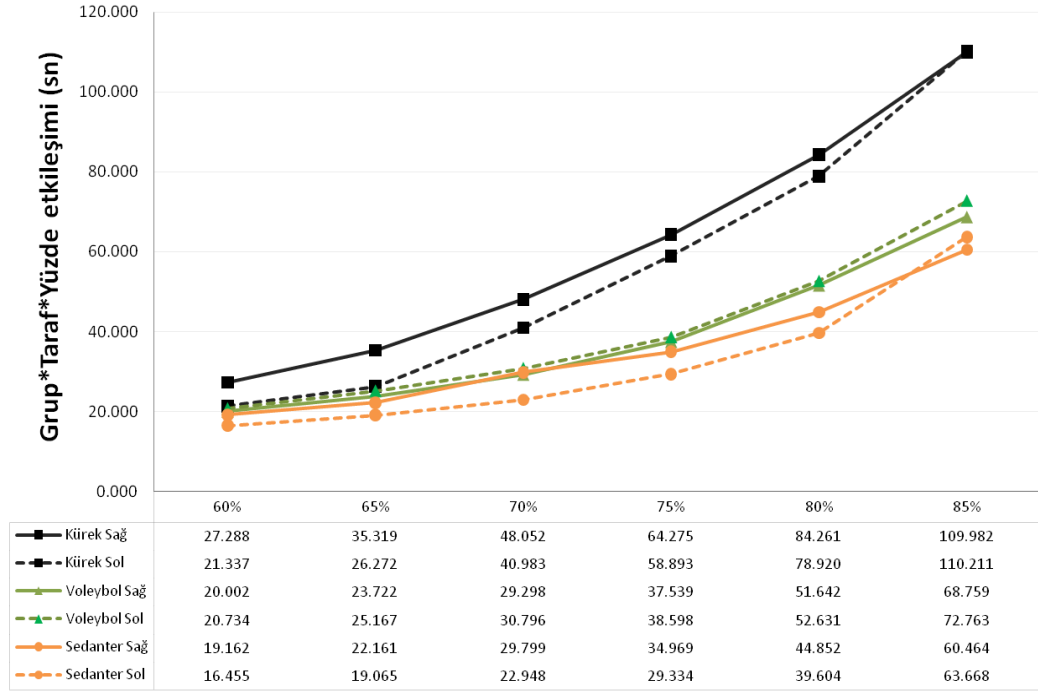
Grup içi	KT	df	OK	F	p
Taraf	165.770	1	165.770	.084	.774
Taraf * Grup	81.947	2	40.974	.021	.979
Hata (T)	49335.931	25	1973.437		
Ölçüm	14300.353	1	14300.353	12.893	.001*
Ölçüm * Grup	4109.203	2	2054.601	1.852	.178
Hata (Ö)	27729.390	25	1109.176		
T * Ö	378.266	1	378.266	.332	.570
T * Ö * Grup	1954.392	2	977.196	.858	.436
Hata (T * Ö)	28476.167	25	1139.047		
Gruplar arası					
Grup	50447.149	2	25223.575	4.540	.021*
Hata	138906.670	25	5556.267		

* p < .05

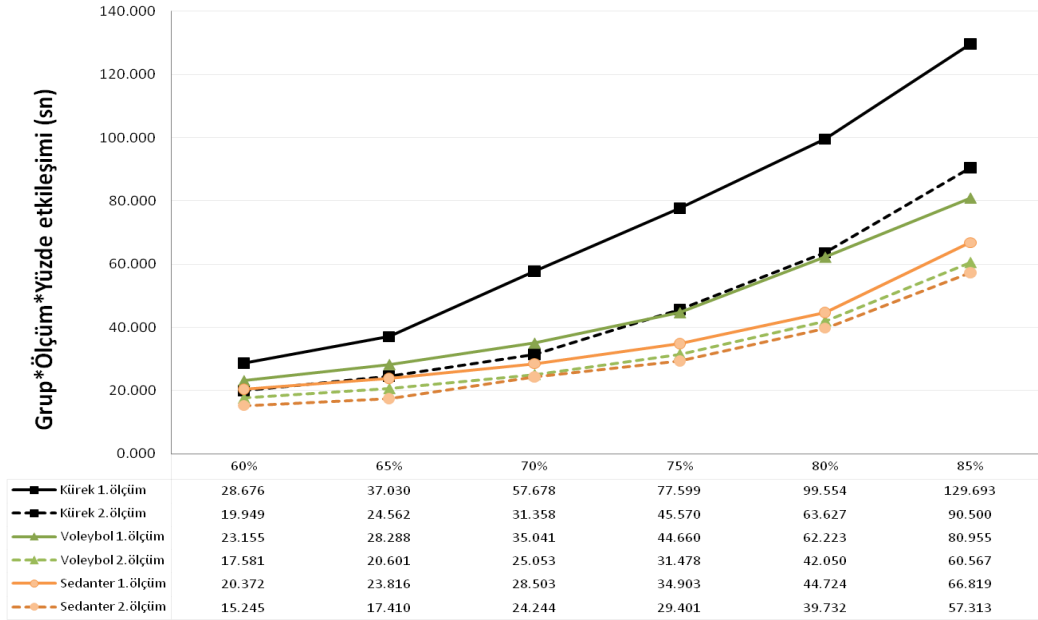
Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,25)=4.540$, $p=.021$). Bu etki, taraf ve ölçüm faktörü göz ardı edildiğinde Hb %85 süre için kürek, voleybol ve sedanter grup arasında bir farklılık olduğunu göstermektedir (sırasıyla, ort: 110.097, 70.761 ve 62.066). Yapılan çoklu karşılaştırma sonucunda bu farklılığın kürek ile sedanter grup arasında olduğu saptanmıştır ($p=.034$).

Taraf ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(1,25)=.084$, $p=.774$). Bu etki, Hb %85 süre açısından ES'nın sağ (ort: 79.735) ve sol (ort: 82.214) tarafı arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde taraf*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=.021$, $p=.979$). Bu etkileşim taraflar açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.

Ölçüm ana etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(1,25)=12.893$, $p=.001$). Bu etki, taraf ve grup faktörü göz ardı edildiğinde Hb %85 süre açısından iki ölçüm arasında farklılık olduğunu göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda 1. ölçümün (ort: 92.489) 2. ölçüme (ort: 69.460) göre daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Fakat ölçüm*grup etkileşim etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($F(2,25)=1.852$, $p=.178$). Bu etkileşim, 1.ölçümden 2.ölçüme olan değişiklikler açısından grupların benzer olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 13. Hb sinyali için Grup*Yan*Yüzde etkileşimi



Şekil 4. 14. Hb sinyali için Grup*Ölçüm*Yüzde etkileşimi

KORELASYONLAR

Tablo 4. 54. Egzersiz süresi ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

		KOKK		OMF			OCF		
		%	Eğim	%	Eğim	Eğim	%	Eğim	Eğim
Grup		Değişim	[%/sn]	Değişim	[%/sn]	[Hz/sn]	Değişim	[%/sn]	[Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	0.135	0.189	0.125	-0.587	-0.551	-0.012	-.716*	-0.549
	Voleybol	-0.245	-0.165	0.233	-.629*	-.637*	0.236	-.634*	-0.585
	Sedanter	0.133	0.321	0.060	-.746*	-.747*	-0.136	-.742*	-0.674
	Toplam	0.096	0.153	0.214	-.719**	-.704**	0.197	-.715**	-.637**
Sol 1	Kürek	.680*	.648*	0.073	-0.565	-0.550	-0.088	-.716*	-0.577
	Voleybol	-0.482	-0.297	0.407	-0.416	-0.349	0.498	-0.361	-0.231
	Sedanter	-0.197	-0.054	0.638	-0.058	-0.120	0.631	-0.044	-0.143
	Toplam	0.249	0.167	.382*	-.524**	-.507**	.381*	-.542**	-.468**
Sağ 2	Kürek	-0.058	-0.050	0.400	-.808**	-.760**	0.443	-.723*	-0.598
	Voleybol	-.756*	-.783**	0.238	-0.578	-0.609	0.287	-0.557	-0.552
	Sedanter	0.199	0.151	0.199	-0.554	-0.325	0.041	-0.562	-0.279
	Toplam	-0.257	-0.351	0.202	-.743**	-.734**	0.249	-.697**	-.634**
Sol 2	Kürek	0.133	0.180	0.332	-.763**	-.668*	0.386	-.741**	-0.522
	Voleybol	-0.472	-0.420	0.297	-0.515	-0.462	0.481	-0.411	-0.273
	Sedanter	0.056	-0.033	0.413	-0.108	0.020	0.495	0.027	0.180
	Toplam	-0.112	-0.187	0.351	-.622**	-.551**	.442*	-.571**	-.431*

* p < .05 , ** p < .01

Grup faktörü göz ardı edildiğinde genel olarak egzersiz süresi ile OMF ve OCF eğimler ([%/sn], [Hz/sn]) arasında her iki ölçümde ve ES'nın her iki tarafında orta düzeyde, negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (Tablo 4.54, p< .05). Egzersiz süresi uzadıkça eğim miktarı azalmıştır.

Grup bazında düşünüldüğünde kürek, voleybol ve sedanter grupta 1. ölçümde ES'nın sağ tarafının egzersiz süresi ile OMF ve OCF eğimler ([%/sn], [Hz/sn]) arasında orta düzeyde, negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<.05). ES'nın sol tarafında ise kürek grubunda egzersiz süresi ile OCF eğim

([%/sn]) arasında negatif yönde, KOKK %değişim ve eğim ([%/sn]) pozitif yönde orta düzeyde ilişki saptanmıştır (p<.05). Fakat istatistiksel olarak anlamlı olmasa da egzersiz süresi ile OMF eğim ([%/sn], [Hz/sn]) ve OCF eğim ([Hz/sn]) arasında orta düzeyde bir ilişki göze çarpmaktadır.

2.egzersizde ise kürek grubunda ES'nın sağ tarafında egzersiz süresi ile OMF ([%/sn], [Hz/sn]) ve OCF eğim ([%/sn]) arasında negatif yönde orta düzeyde bir ilişki saptanmıştır (p<.05). Anlamlı olmasa da egzersiz süresi ile OCF eğim ([Hz/sn]) arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Voleybol grubunda ise egzersiz süresi ile KOKK %değişim ve eğim ([%/sn]) arasında negatif yönde yüksek düzeyde bir ilişki saptanmıştır (p<.05).

2.egzersizde ES'nın sol tarafında ise kürek grubunda egzersiz süresi ile OMF ([%/sn], [Hz/sn]) ve OCF eğim ([%/sn]) arasında negatif yönde orta düzeyde bir ilişki saptanmıştır (p<.05).

Tablo 4. 55. Egz. Süresi ve İYKAS Hb parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

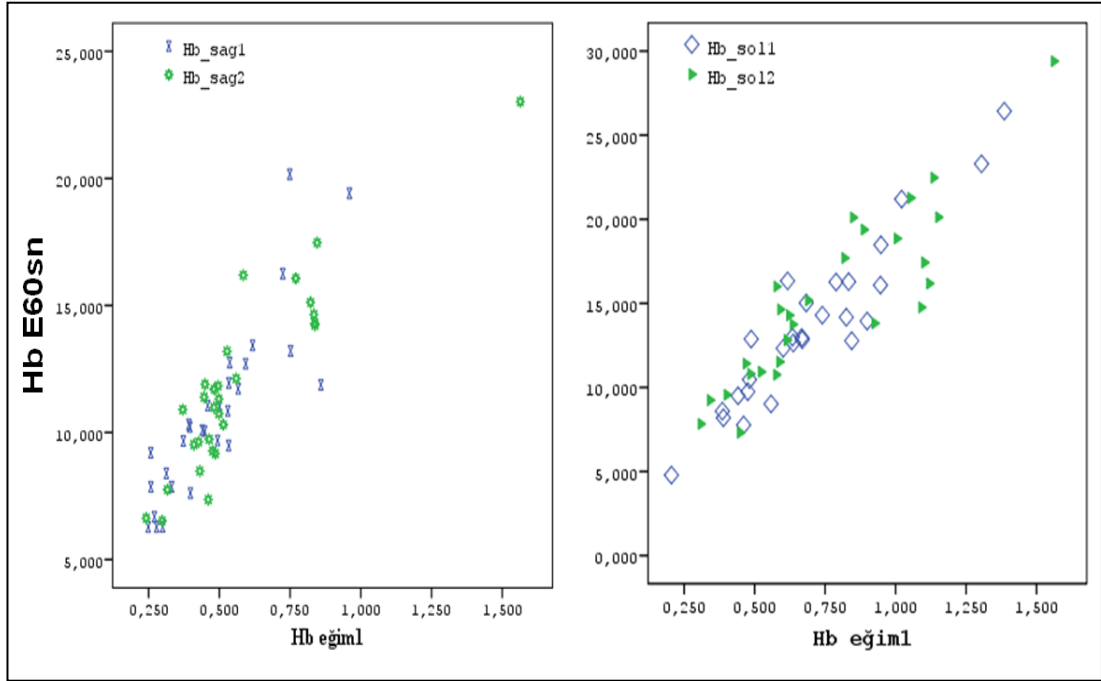
		Sag							
Sol			Egz süre	tdüğüm	Eğim1	Eğim2	Edüğüm	E60sn	Etam
Egz süre	r1			0.214	-0.033	-0.331	0.018	-0.075	0.118
	r2			0.080	-0.150	-.441*	-0.114	-0.091	0.253
tdüğüm	r1	0.245			-0.040	-0.020	0.216	0.107	0.147
	r2	0.158			-0.337	-0.143	-0.051	-0.092	-0.036
Eğim1	r1	-0.120	-0.082			0.211	.856**	.868**	.795**
	r2	-0.323	-0.337			.673**	.864**	.907**	.573**
Eğim2	r1	-0.163	-0.047	.472*			0.247	.435*	.548**
	r2	-0.362	-0.038	0.295			.549**	.626**	.457*
Edüğüm	r1	-0.151	0.203	.888**	.389*			.952**	.871**
	r2	-0.158	0.036	.866**	0.316			.956**	.515**
E60sn	r1	-0.136	0.081	.939**	.593**	.937**			.940**
	r2	-0.153	-0.095	.892**	.403*	.948**			.585**
Etam	r1	-0.020	0.047	.865**	.748**	.831**	.941**		
	r2	0.039	-0.056	.681**	0.361	.762**	.821**		

r1: 1.ölçümdeki, r2: 2.ölçümdeki korelasyon katsayıları

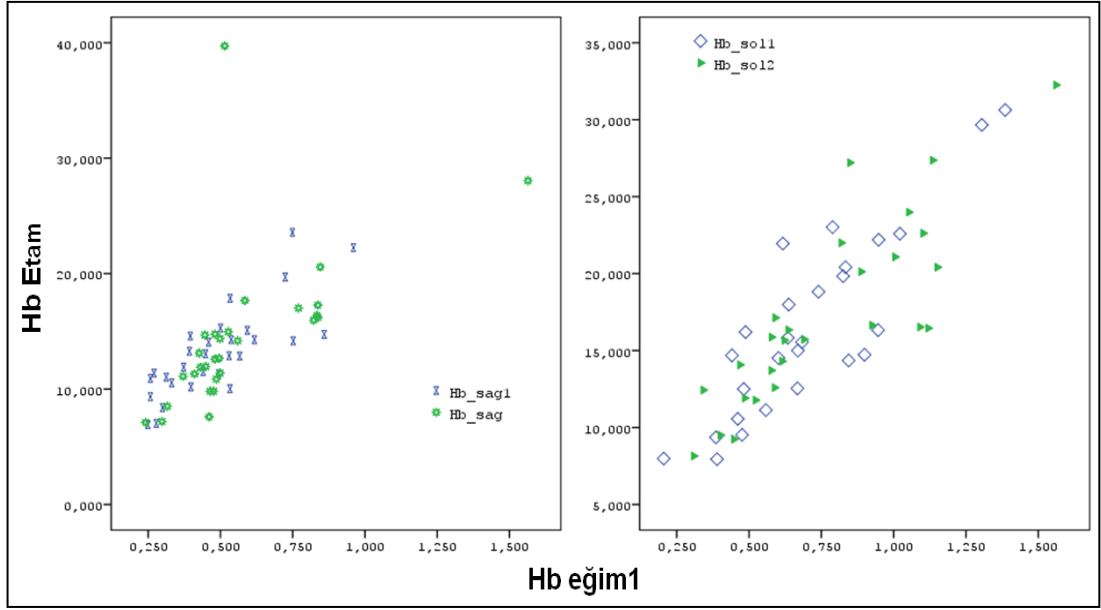
* p < .05 , ** p < .01

Grup faktörü göz ardı edildiğinde BSKD süresi İYKAS Hb parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p>.05$). Sadece 2.ölçümde ES'nin sağ tarafında süre ile eğim2 arasında negatif yönde düşük düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<.05$).

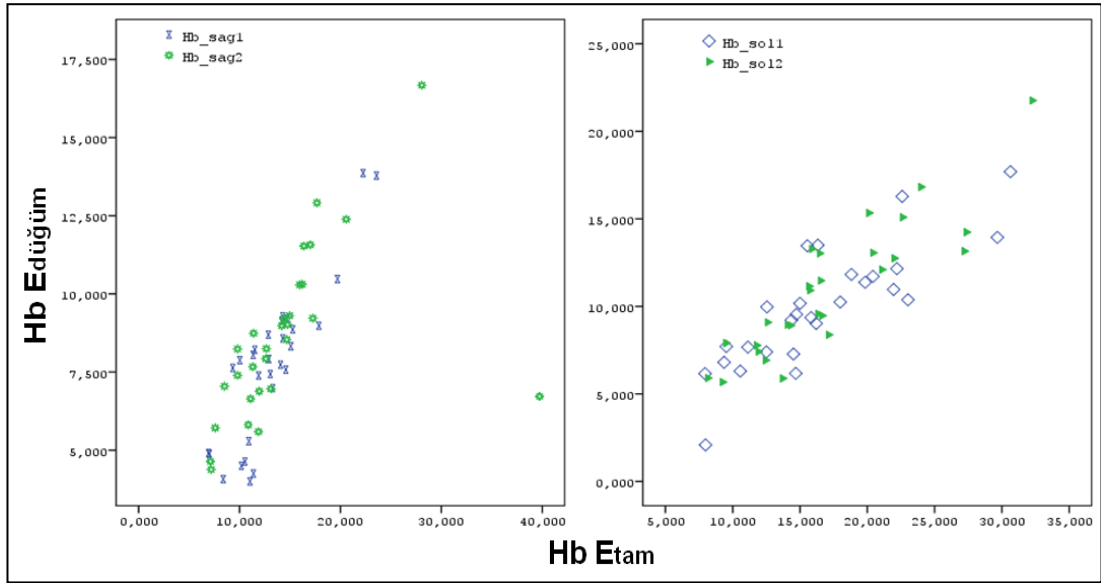
Bunun yanı sıra İYKAS Hb düğüm noktasına kadar olan eğim ile ilk 1 dk ve egzersizin tamamındaki erimler arasında hem ES'nin her iki tarafında hem de her iki ölçümde yüksek düzeyde pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (Tablo 4.55, $p<.01$). Başlangıçtan düğüm noktasına kadar olan değişim ne kadar hızlı ise erimler de o kadar büyük olmaktadır. Benzer şekilde düğüm noktasına kadar olan erim ile tüm egzersizdeki erim arasında ve ilk 60 sn'deki erim ile egzersizin tümündeki erim arasında yüksek düzeyde pozitif düzeyde bir ilişki saptanmıştır (Tablo 4.55, $p<.01$). Düğüm noktasına kadar olan erim ve İlk 60 sn'deki erim büyükse tüm egzersizdeki erimde büyüktür.



Şekil 4. 15. Hb eğim1 ile E60sn arasındaki ilişki



Şekil 4. 16. Hb eğim1 ile Etam arasındaki ilişki



Şekil 4. 17. Hb Etam ile Hb Edüğüm arasındaki ilişki

Tablo 4. 56. Egz. Süresi ve İYKAS HbO₂ parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

		Sag			
Sol		Egz süre	Eğim2	E60sn	Etam
Egz süre	r1		.416(*)	-0.239	-0.237
	r2		.461(*)	-0.228	-0.276
Eğim2	r1	0.343		-0.250	-.553(**)
	r2	0.043		-0.319	-.520(**)
E60sn	r1	-0.320	-0.007		.880(**)
	r2	-.410(*)	0.095		.925(**)
Etam	r1	-0.281	-0.310	.761(**)	
	r2	-.438(*)	-0.182	.909(**)	

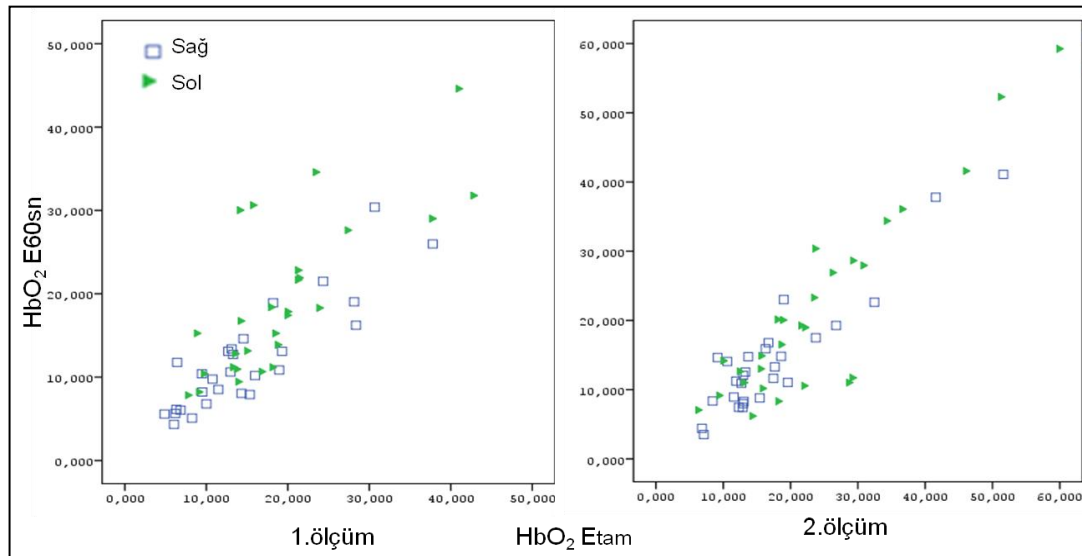
r1: 1.ölçümdeki, r2: 2.ölçümdeki korelasyon katsayıları

* p < .05 , ** p < .01

ES'nın sağ tarafında her iki ölçümde de BSKD süresi ile İYKAS HbO₂ Eğim2 arasında pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki saptanmıştır (p<.05).

2.ölçümde ES'nın sol tarafında BSKD süresi ile ilk 60 sn'deki erim arasında negatif yönde orta düzeyde pozitif bir ilişki saptanmıştır (p<.05).

ES'nın her iki tarafında ve her iki ölçümde ilk 60 sn'deki erim ile tüm egzersizdeki erim arasında pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki saptanmıştır (p<.01).



Şekil 4. 18. HbO₂ E60sn ile Etam arasındaki ilişki

Tablo 4. 57. Hb t_{düğüm} ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

t _{düğüm} (sn)	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	0.179	0.230	-0.040	-0.433	-0.527	-0.035	-0.419	-0.485
	Voleybol	-0.211	-0.185	-0.065	0.014	-0.137	-0.020	0.060	-0.154
	Sedanter	-0.387	-0.438	-0.212	0.116	-0.186	-0.176	0.105	-0.215
	Toplam	0.101	0.113	-0.051	-0.118	-0.257	-0.036	-0.098	-0.252
Sol 1	Kürek	0.359	0.380	0.329	0.010	0.002	0.104	-0.251	-0.236
	Voleybol	-0.204	-0.033	-0.004	-0.375	-0.438	0.052	-0.368	-0.408
	Sedanter	-0.313	-0.301	-0.465	-.828*	-.957**	-0.467	-.832*	-.956**
	Toplam	0.156	0.172	-0.047	-0.254	-0.312	-0.113	-0.329	-0.375*
Sağ 2	Kürek	0.255	0.318	-0.088	-0.124	-0.176	-0.018	-0.094	-0.225
	Voleybol	0.341	0.414	-0.394	-0.006	0.059	-0.406	-0.005	0.044
	Sedanter	0.695	0.664	.755*	0.282	0.420	0.521	0.139	0.312
	Toplam	0.330	.405*	-0.049	-0.095	-0.083	-0.047	-0.097	-0.103
Sol 2	Kürek	0.346	0.369	-0.050	-0.461	-0.376	-0.085	-0.517	-0.347
	Voleybol	-0.087	-0.103	-0.420	-0.510	-0.391	-0.353	-0.505	-0.322
	Sedanter	0.483	0.491	0.240	0.091	-0.175	0.331	0.256	-0.074
	Toplam	0.237	0.246	-0.124	-0.246	-0.271	-0.106	-0.237	-0.242

* p < .05 , ** p < .01

Sedanter grupta 1.ölçüm ES'nın sol tarafında Hb t_{düğüm} ile OMF ve OCF eğimleri ([%/sn], [Hz/sn]) arasında negatif yönde yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p< .05, p< .01). Ayrıca 2.ölçüm ES'nın sağ tarafında t_{düğüm} ile OMF %değişim arasında pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunmuştur (p< .05).

Grup faktörü göz ardı edildiğinde 2.ölçüm sağ tarafta t_{düğüm} ile KOKK eğim ([%/sn]) arasında orta düzeyde pozitif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p< .05).

Tablo 4. 58. Hb eğim1 ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

Hb Eğim1	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	-0.441	-0.430	0.005	-0.095	-0.232	-0.004	-0.103	-0.267
	Voleybol	-0.289	-0.248	0.222	0.330	0.164	0.342	0.435	0.288
	Sedanter	0.249	0.420	-0.126	-0.560	-0.440	-0.341	-0.648	-0.493
	Toplam	-0.320	-0.281	-0.004	0.058	-0.030	-0.034	0.031	-0.063
Sol 1	Kürek	-0.364	-0.339	0.271	0.177	0.017	0.299	0.155	-0.078
	Voleybol	-0.001	-0.119	0.143	0.404	0.130	0.031	0.316	0.011
	Sedanter	.914**	.920**	0.225	0.610	0.339	0.245	0.646	0.278
	Toplam	-0.094	-0.017	0.261	.408*	0.259	0.226	.377*	0.161
Sağ 2	Kürek	-0.390	-0.377	0.126	-0.082	-0.245	0.217	0.029	-0.254
	Voleybol	-0.153	-0.033	0.085	0.238	-0.042	0.097	0.245	-0.057
	Sedanter	0.103	0.185	0.127	0.253	0.085	0.081	0.166	-0.044
	Toplam	-0.158	-0.098	0.032	0.246	0.115	0.039	0.243	0.062
Sol 2	Kürek	-0.504	-0.455	0.019	-0.053	-0.205	0.142	0.048	-0.195
	Voleybol	-0.136	-0.181	0.136	0.527	0.188	-0.010	0.455	0.020
	Sedanter	0.215	0.323	-0.051	0.181	-0.026	-0.099	0.125	-0.134
	Toplam	-0.215	-0.126	0.024	.405*	0.188	-0.011	.395*	0.096

* p < .05 , ** p < .01

Grup faktörü göz ardı edildiğinde 1. ve 2.ölçüm ES'nın sol tarafında Hb eğim1 ile OMF ve OCF eğimleri ([%/sn]) arasında pozitif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p< .05).

Ayrıca sedanter grupta 1.ölçüm ES'nın sol tarafında Hb eğim1 ile KOKK %değişim ve eğim ([%/sn]) arasında pozitif yönde yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (p< .01).

Tablo 4. 59. Hb eğim2 ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

Hb Eğim2	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	-0.334	-0.419	-0.452	0.072	0.144	-0.340	0.215	0.113
	Voleybol	-0.206	-0.164	-0.250	-0.096	-0.225	-0.144	-0.004	-0.118
	Sedanter	0.140	0.012	-0.379	0.269	0.060	-0.371	0.170	-0.069
	Toplam	-0.144	-0.205	-0.301	0.153	0.074	-0.273	0.168	0.029
Sol 1	Kürek	-0.577	-0.627	-0.146	0.139	0.007	-0.006	0.279	0.031
	Voleybol	0.019	-0.043	-0.353	-0.311	-0.464	-0.353	-0.307	-0.435
	Sedanter	0.419	0.460	-0.365	-0.304	-0.432	-0.320	-0.235	-0.427
	Toplam	-0.107	-0.056	-0.221	-0.079	-0.191	-0.196	-0.042	-0.202
Sağ 2	Kürek	0.109	0.145	-0.283	0.122	0.098	-0.192	0.167	0.014
	Voleybol	-0.118	-0.006	-0.031	0.361	0.065	0.047	0.423	0.111
	Sedanter	0.322	0.401	0.004	0.466	0.140	-0.054	0.320	-0.038
	Toplam	0.051	0.136	-0.073	.451*	0.271	-0.068	.440*	0.198
Sol 2	Kürek	-.698*	-.739**	-0.348	0.369	0.131	-0.342	0.362	0.008
	Voleybol	0.318	0.222	-0.063	0.008	-0.066	-0.107	-0.015	-0.118
	Sedanter	0.400	0.501	0.029	0.212	0.080	0.034	0.240	0.044
	Toplam	0.135	0.182	-0.134	0.211	0.129	-0.167	0.201	0.079

* p < .05 , ** p < .01

Grup faktörü göz ardı edildiğinde 2.ölçüm ES'nın sağ tarafında Hb eğim2 ile OMF ve OCF eğimleri ([%/sn]) arasında pozitif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p< .05).

Ayrıca kürek grubunda 2.ölçüm ES'nın sol tarafında Hb eğim2 ile KOKK %değişim ve eğim ([%/sn]) arasında negatif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (p< .05, p< .01).

Tablo 4. 60. Hb Edüğüüm ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

Hb Edüğüüm	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	-0.339	-0.325	-0.110	-0.327	-0.430	-0.084	-0.290	-0.417
	Voleybol	-0.089	-0.023	0.124	0.099	-0.067	0.161	0.142	-0.021
	Sedanter	0.349	0.463	0.078	-0.100	-0.203	-0.174	-0.294	-0.395
	Toplam	-0.237	-0.188	-0.043	0.026	-0.091	-0.078	-0.009	-0.150
Sol 1	Kürek	-0.207	-0.194	0.322	0.145	-0.002	0.272	0.044	-0.155
	Voleybol	-0.132	-0.238	0.037	0.386	0.079	-0.053	0.304	-0.041
	Sedanter	.897**	.870*	0.044	0.320	-0.007	0.050	0.335	-0.070
	Toplam	-0.003	0.053	0.164	0.367	0.173	0.102	0.311	0.055
Sağ 2	Kürek	-0.327	-0.295	-0.026	-0.313	-0.435	0.124	-0.186	-0.443
	Voleybol	-0.096	0.086	0.052	0.276	0.038	0.063	0.282	0.004
	Sedanter	0.395	0.459	0.270	0.209	0.090	0.101	0.047	-0.090
	Toplam	-0.075	0.070	0.064	0.257	0.094	0.050	0.236	0.018
Sol 2	Kürek	-0.378	-0.351	0.084	-0.281	-0.405	0.169	-0.218	-0.398
	Voleybol	-0.349	-0.393	0.105	0.430	0.027	-0.019	0.359	-0.119
	Sedanter	0.409	0.500	0.289	0.398	0.130	0.277	0.427	0.082
	Toplam	-0.188	-0.114	0.144	0.348	0.128	0.125	0.362	0.065

* p < .05 , ** p < .01

Sedanterlerde ES'nın sol tarafında 1.ölçümde Hb Edüğüüm ile KOKK %değişim ve eğim arasında pozitif yönde yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = .897$ ve $.870$). KOKK %değişim ve eğim arttıkça Hb sinyalinde düğüüm noktasına kadar olan erimde büyüümüştür. Bunun dışında Hb Edüğüüm ile YEMG parametreleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Tablo 4.60).

Tablo 4. 61. Hb E60sn ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

Hb E60sn	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	-0.379	-0.371	-0.118	-0.224	-0.354	-0.101	-0.197	-0.365
	Voleybol	-0.149	-0.091	-0.095	0.040	-0.171	-0.005	0.132	-0.074
	Sedanter	0.390	0.461	-0.028	-0.057	-0.139	-0.227	-0.234	-0.323
	Toplam	-0.241	-0.200	-0.120	0.042	-0.077	-0.146	0.014	-0.137
Sol 1	Kürek	-0.368	-0.361	0.245	0.173	-0.013	0.237	0.123	-0.153
	Voleybol	-0.092	-0.212	-0.124	0.133	-0.165	-0.217	0.039	-0.287
	Sedanter	.876**	.857*	-0.049	0.260	-0.011	-0.031	0.292	-0.057
	Toplam	-0.086	-0.015	0.103	0.267	0.098	0.060	0.230	-0.011
Sağ 2	Kürek	-0.333	-0.304	0.113	-0.300	-0.412	0.270	-0.143	-0.390
	Voleybol	-0.113	0.043	-0.225	0.109	-0.179	-0.187	0.135	-0.195
	Sedanter	0.302	0.369	0.184	0.185	0.095	0.061	0.054	-0.071
	Toplam	-0.115	0.004	-0.030	0.181	0.027	-0.010	0.181	-0.026
Sol 2	Kürek	-0.529	-0.490	0.061	-0.226	-0.407	0.158	-0.155	-0.413
	Voleybol	-0.228	-0.290	-0.209	0.133	-0.194	-0.308	0.050	-0.342
	Sedanter	0.324	0.423	0.179	0.301	0.092	0.171	0.323	0.046
	Toplam	-0.241	-0.153	0.019	0.233	0.050	0.020	0.254	-0.010

* p < .05 , ** p < .01

Sedanterlerde ES'nın sol tarafında 1.ölçümde Hb E60sn ile KOKK %değişim ve eğim arasında pozitif yönde yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = .876$ ve $.857$). KOKK %değişim ve eğim arttıkça Hb sinyalinde egzersizin ilk 60 sn'deki erimde büyümüştür. Bunun dışında Hb E60sn ile YEMG parametreleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Tablo 4.61).

Tablo 4. 62. Hb Etam ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

Hb Etam	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	-0.330	-0.338	-0.286	-0.409	-0.493	-0.266	-0.360	-0.494
	Voleybol	-0.307	-0.223	-0.003	-0.160	-0.341	0.099	-0.066	-0.212
	Sedanter	0.320	0.359	-0.196	-0.101	-0.219	-0.363	-0.261	-0.389
	Toplam	-0.222	-0.201	-0.171	-0.144	-0.258	-0.173	-0.151	-0.290
Sol 1	Kürek	-0.324	-0.337	0.139	0.022	-0.146	0.145	-0.000	-0.223
	Voleybol	-0.190	-0.317	-0.258	-0.081	-0.387	-0.318	-0.140	-0.448
	Sedanter	.755*	.768*	-0.111	0.056	-0.181	-0.082	0.104	-0.211
	Toplam	-0.098	-0.059	0.018	0.071	-0.107	-0.010	0.051	-0.181
Sağ 2	Kürek	-0.145	-0.149	0.243	-0.377	-0.457	0.342	-0.272	-0.351
	Voleybol	-0.303	-0.128	-0.050	0.118	-0.197	0.013	0.160	-0.182
	Sedanter	0.335	0.410	0.103	0.187	0.014	-0.024	0.041	-0.163
	Toplam	-0.129	-0.088	0.064	-0.075	-0.223	0.105	-0.054	-0.212
Sol 2	Kürek	-0.447	-0.413	0.429	-0.298	-0.373	0.469	-0.243	-0.373
	Voleybol	-0.222	-0.305	-0.126	0.176	-0.143	-0.236	0.096	-0.273
	Sedanter	0.308	0.395	0.251	0.359	0.199	0.231	0.368	0.147
	Toplam	-0.240	-0.197	0.172	0.167	0.016	0.155	0.175	-0.036

* p < .05 , ** p < .01

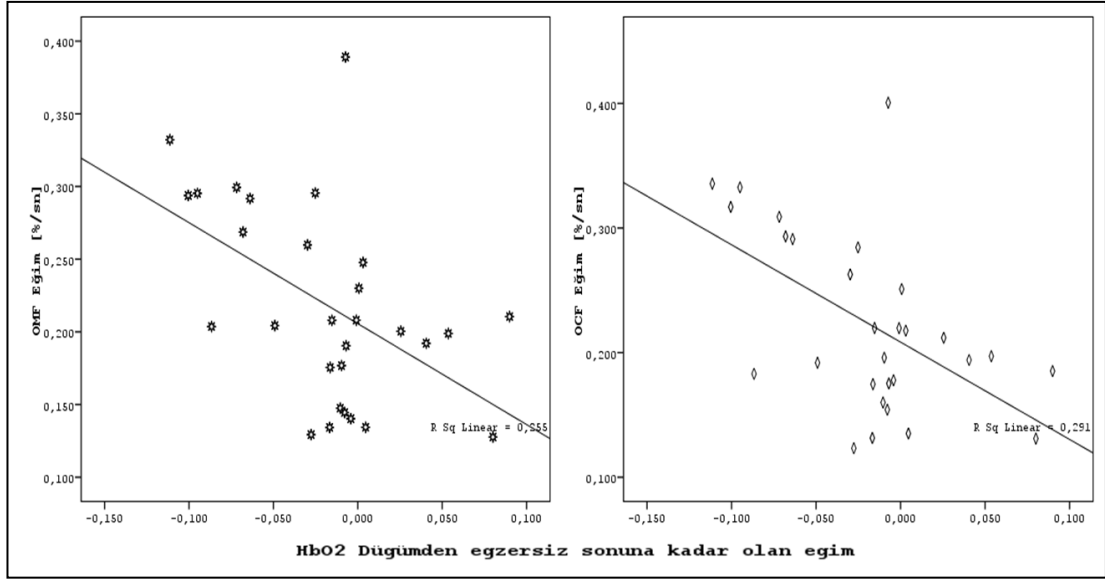
Sedanterlerde ES'nın sol tarafında 1.ölçümde Hb Etam ile KOKK %değişim ve eğim arasında pozitif yönde yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r = .755$ ve $.768$, $p < .05$). KOKK %değişim ve eğim arttıkça Hb sinyalinde tüm egzersizdeki erimde büyümüştür. Bunun dışında Hb Etam ile YEMG parametreleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Tablo 4.62).

Tablo 4. 63. HbO₂ Eğim2 ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

HbO ₂ Eğim2	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	-0.201	-0.181	0.252	0.365	0.179	0.064	0.170	-0.016
	Voleybol	0.011	0.027	0.187	-0.366	-0.362	0.085	-0.466	-0.453
	Sedanter	-0.134	-0.179	-0.474	-0.400	-0.111	-0.254	-0.195	0.115
	Toplam	-0.022	-0.004	0.108	-.400*	-0.341	0.086	-.401*	-0.296
Sol 1	Kürek	-0.288	-0.288	-0.087	0.105	-0.049	-0.084	0.116	-0.173
	Voleybol	-0.054	-0.111	0.457	0.203	0.137	0.399	0.176	0.130
	Sedanter	-0.033	-0.002	0.475	-0.001	-0.054	0.469	0.002	-0.026
	Toplam	-0.108	-0.132	0.328	-0.064	-0.149	0.325	-0.069	-0.147
Sağ 2	Kürek	-0.060	0.067	0.071	0.111	-0.119	-0.198	-0.102	-0.338
	Voleybol	-0.315	-0.419	-0.136	-0.294	-0.298	-0.078	-0.255	-0.245
	Sedanter	0.353	0.307	-0.254	-0.609	-0.407	-0.407	-0.663	-0.435
	Toplam	-0.052	-0.087	-0.056	-.505**	-.485**	-0.107	-.540**	-.513**
Sol 2	Kürek	-0.018	0.087	0.042	-0.027	-0.142	0.033	-0.084	-0.202
	Voleybol	-0.171	-0.228	-0.030	0.018	-0.042	-0.115	-0.067	-0.110
	Sedanter	-0.012	0.012	0.260	0.019	-0.166	0.375	0.197	-0.025
	Toplam	-0.104	-0.130	0.016	-0.061	-0.145	-0.017	-0.094	-0.155

* p < .05 , ** p < .01

Grup faktörü göz ardı edildiğinde 1.ölçüm ES'nın sağ tarafında HbO₂ eğim2 ile OMF ve OCF eğimleri ([%/sn]) ve 2.ölçüm HbO₂ eğim2 ile OMF ve OCF eğimleri ([%/sn], [Hz/sn]) arasında negatif yönde orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p< .05, p< .01).



Şekil 4. 19. HbO₂ eğim2 ile OMF-OCF eğim (%/sn) ilişkisi (sağ2)

Tablo 4. 64. HbO₂ E60sn ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

HbO ₂ E60sn	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	0.163	0.169	0.075	0.109	-0.087	-0.222	-0.162	-0.359
	Voleybol	0.440	0.497	-0.062	-0.135	-0.065	0.006	-0.088	0.045
	Sedanter	.778*	.752*	0.327	0.290	0.197	0.276	0.207	0.128
	Toplam	0.112	0.119	0.002	0.230	0.192	-0.083	0.165	0.116
Sol 1	Kürek	-0.117	-0.099	0.094	0.187	0.074	-0.004	0.075	-0.166
	Voleybol	0.492	0.541	-0.055	0.043	-0.101	-0.118	-0.014	-0.159
	Sedanter	0.617	0.608	0.146	0.036	-0.271	0.149	0.047	-0.301
	Toplam	0.143	0.274	-0.037	0.267	0.136	-0.084	0.229	0.041
Sağ 2	Kürek	0.042	0.096	0.024	0.449	0.139	-0.219	0.280	-0.084
	Voleybol	0.027	0.047	-0.130	-0.345	-0.359	-0.061	-0.296	-0.269
	Sedanter	0.052	0.116	0.403	0.216	-0.111	0.370	0.183	-0.117
	Toplam	-0.027	-0.012	0.052	0.243	0.115	0.025	0.225	0.068
Sol 2	Kürek	-0.190	-0.114	-0.273	-0.265	-0.383	-0.167	-0.209	-0.318
	Voleybol	0.078	0.037	0.145	0.484	0.274	0.065	0.496	0.234
	Sedanter	0.100	0.182	0.041	-0.021	-0.335	0.063	0.025	-0.332
	Toplam	0.033	0.118	-0.053	0.359	0.142	-0.064	.388*	0.107

* p < .05 , ** p < .01

Sedanter grubun ES sağ tarafında 1.ölçümde HbO₂ E60sn ile KOKK %değişim ve eğim arasında pozitif yönde yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (r= .778 ve .752, p< .05). Bunun dışında HbO₂ E60sn ile YEMG parametreleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Tablo4.64).

Tablo 4. 65. HbO₂ Etam ile YEMG parametreleri arasındaki ilişki düzeyleri

HbO ₂ Etam	Grup	KOKK		OMF			OCF		
		% Değişim	Eğim [%/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]	% Değişim	Eğim [%/sn]	Eğim [Hz/sn]
Sağ 1	Kürek	0.251	0.247	-0.124	-0.231	-0.349	-0.384	-0.448	-0.545
	Voleybol	0.251	0.258	-0.099	0.043	0.075	-0.002	0.130	0.210
	Sedanter	0.674	.784*	0.146	-0.279	-0.433	-0.136	-0.480	-0.555
	Toplam	0.089	0.101	-0.077	0.194	0.154	-0.179	0.112	0.050
Sol 1	Kürek	0.090	0.087	-0.104	-0.162	-0.227	-0.207	-0.260	-0.347
	Voleybol	-0.036	0.012	-0.158	-0.032	-0.312	-0.127	-0.013	-0.298
	Sedanter	0.424	0.446	0.089	0.150	-0.095	0.120	0.195	-0.122
	Toplam	0.096	0.165	-0.074	0.247	0.123	-0.090	0.240	0.056
Sağ 2	Kürek	0.053	0.094	0.045	0.291	-0.058	-0.196	0.112	-0.247
	Voleybol	-0.123	-0.070	0.155	-0.149	-0.126	0.170	-0.143	-0.074
	Sedanter	-0.160	-0.110	0.303	0.100	-0.127	0.340	0.137	-0.075
	Toplam	-0.078	-0.058	0.077	0.304	0.196	0.068	0.298	0.175
Sol 2	Kürek	-0.480	-0.451	0.187	0.065	-0.122	0.045	-0.025	-0.197
	Voleybol	-0.003	-0.028	0.218	0.444	0.213	0.157	0.467	0.175
	Sedanter	0.068	0.129	0.158	0.095	-0.166	0.127	0.077	-0.209
	Toplam	-0.030	0.053	0.036	.473**	0.304	-0.005	.482**	0.245

* p < .05 , ** p < .01

Grup faktörü göz ardı edildiğinde 2. ölçümde ES'nın sol tarafında HbO₂ Etam ile OMF ve OCF eğim ([%/sn]) arasında pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki saptanmıştır (r= .473 ve .482, p< .01). OMF ve OCF eğimi hızlı azalınca HbO₂ sinyalinin tüm egzersizdeki erimi büyümektedir.

Bunun dışında HbO₂ Etam ile YEMG parametreleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Sırt kaslarının dayanıklılığı belirlemede kullanılan BSKD testi ile lokal kas yorgunluğunun İYKAS ve YEMG ile değerlendirilmeye çalışıldığı bu çalışmada elde edilen bulgular ışığında sonuçlar tartışılmaya çalışılmıştır.

Tartışmada öncelikle BSKD süresi daha sonra EMG bulguları, İYKAS bulguları ve bu parametreler arasındaki ilişki düzeyleri ele alınmıştır.

5.1. BSKD test performansı

Çalışmanın ilk bulgularından biri BSKD test süresidir. BSKD testinde egzersiz süresi bakımından voleybol ve sedanter gruba nazaran istatistiksel olarak anlamlı şekilde en uzun dayanabilen grup kürek sporcuları olmuştur. Kürek sporcularının ortalama test süresi 1.ölçümde 274.41 sn, 2.ölçümde ise 236.36 sn bulunmuştur.

Multifidus ve longissimus/iliocostalis kasları, sırtın göğüs ve bel bölgesi kasları arasında kas fibril tipi farklılıkları konusunda fikir birliği bulunmamasına rağmen (Hides, Richardson, & Jull, 1995) (Sirca & Kostevc, 1985) genel kanı paraspinal kaslarda kasılma hızı yavaş ve dayanıklılık kapasitesi yüksek olan Tip I fibrillerinin daha geniş olduğu yönündedir (Crossman, Mahon, Watson, Oldham, & Cooper, 2004) (Demoulin, Crielaard, & Vanderthommen, 2007). Nitekim sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar postürü korumada önemli görevi olan paraspinal kaslardaki yavaş kasılan kas fibril tipinin (tip I) daha geniş oranda (54-73%) olduğunu göstermektedir (Jorgensen, 1997) (Ng J. K., Richardson, Kippers, & Parnianpour, 1998) (Thorstensson & Carlson, 1987).

Sporcularda BSKD test süresinin uzun olmasını yaptıkları antrenmanın bir sonucu olarak değerlendirebiliriz. Kürek sporu gerek antrenmanda, gerekse yarışta yüksek düzeyde performans ve yüksek kondüsyon gerektiren bir dayanıklılık sporudur. Antrenmanda ve yarışta tekneyi suyun üstünde hareket ettiren motorun yerini vücut üstlenir. Genel olarak incelendiğinde kürek sporunda gerekli enerjinin %75-80'ini aerobik metabolizma, %20-25 anaerobik metabolizmadan sağlanır. Ayrıca kürek sporunda kullanılan kasların %70'inin yavaş kasılan (Tip1) kas tiplerinden oluştuğu bildirilmiştir. Dolayısıyla yapılan antrenmanlar sonucunda oluşan fizyolojik adaptasyonlar ile maxVO₂, mitokondri sayı ve hacmi, hemoglobin ve miyoglobin sayı ve hacmi, laktat toleransındaki artış, aerobik ve anaerobik

kapasitenin artışı söz konusudur (Roth, Schwanitz, & Bauer, 1993) (Steinacker & Secher, 1993) (Nilsen, 2005)

Bizim çalışmamızda sporcu gruplarda (kürek ve voleybol) elde edilen test süreleri literatürdeki sporcu ve sağlıklı bireylerden elde edilen test sürelerinden oldukça yüksektir. Bununla birlikte sedanter gruba ilişkin süreler literatürde belirtilen oranlar içerisinde.

Bayar ve arkadaşları (2009) milli sporcuların bel ağrısı değerlendirmesini yapma amacıyla farklı spor branşlarından sporcular (güreş ve cimnastik) ve sedanterleri Biering-Sørensen testine tabi tuttukları çalışmada; egzersiz süresini sporcularda ortalama 103.70 sn sedanterlerde ise ortalama 97.60 sn bulmuşlardır. Sporcular arasında en yüksek değerleri cimnastikçilerde (ort=115.70) olduğunu belirtmişlerdir. Sporcu grupları arasında test süreleri bakımından anlamlı farklılık tespit ettiklerini ama sporcularla sedanterler arasında bir farklılık saptanmadığını ifade etmişlerdir (Bayar, Kıran, Gümüş, Akalın, Ortancıl, & Turhan, 2009).

Biering-Sørensen testini kullanarak bel bölgesinin dayanıklılığını ölçen çalışmalarda genellikle normal bireylerle kronik bel ağrısına sahip kişiler değerlendirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sağlıklı erkek bireylere ait test süreleri ortalama 73 sn ile 180 sn arasında değişmektedir (Biering-Sørensen, 1984); (Jørgensen & Nicolaisen, 1987) (Hultman, Nordin, Saraste, & Ohlsen, 1993); (Kankaanpää, Laaksonen, & Taimela, 1998) (Mannion & Dolan, 1994) (Sparto, Parnianpour, Reinsel, & Simon, 1997) (Pitcher, Behm, & MacKinng, 2007) (Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004).

5.2. BSKD test performansındaki EMG değişimi

Her iki ölçümde ES'nın hem sağ hem de sol tarafında KOKK %değişim ve eğim ($[\%/sn]$) skorlarında bireyler arasında çok fazla değişkenlik gözlenmiştir. Bu değişkenlik özellikle kürek ve voleybol grubunda göze çarpmaktadır (Tablo 4.4. ve 4.6.). Örneğin 1. ölçümde ES'nın sağ tarafında KOKK değişkenleri açısından kürek ve voleybol grubunda sporcuların yarısı ($n=6$) negatif yönde değişim gösterirken diğer yarısı ($n=5$) pozitif yönde değişim göstermiştir.

Bunun yanı sıra ortalamalar dikkate alındığında her iki ölçümde ES'nın hem sağ hem de sol tarafında KOKK %değişimi ve eğimi 1. ölçümde düşüş şeklinde iken 2. ölçümde yükselme eğilimi göstermiştir. 1. ölçümdeki bulgumuz literatür ile farklılık göstermektedir. KOKK değişkenlerine ilişkin istatistiki sonuçlar şu şekildedir; gruplar ve taraflar arasında anlamlı farklılık bulunmazken ölçümler arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

OMF ve OCF %değişimleri kürek, voleybol ve sedanter gruplarında her iki ölçümde ES'nın sağ ve sol tarafında düşüş şeklinde olmuştur. Hem OMF hem de OCF %değişim miktar ortalamaları açısından gruplar birbirlerine benzerdir. ES'nın sağ ve sol tarafında OMF ve OCF %değişim miktarları açısından bir farklılık bulunmamıştır fakat voleybol grubunda diğer gruplardan farklı olarak sağ taraf sol tarafa göre daha fazla değişim miktarı göstermiştir ($p < .05$). Ayrıca OMF ve OCF %değişim miktarları 1. ölçümde daha büyüktür.

OMF ve OCF eğimleri ($[\%/sn]$, $[Hz/sn]$) tüm gruplarda her iki ölçümde ve ES'nın hem sağ hem de sol tarafında BSKD testinin sonuna kadar doğrusal bir şekilde düşüş göstermiştir. Bu bulgumuz literatürle uyumludur. Fakat düşüş hızları gruplar açısından birbirinden farklıdır. OMF ve OCF %değişim miktarları açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken bu değişimin hızı açısından gruplar arasında farklılık bulunmaktadır. OMF ve OCF eğimleri ($[\%/sn]$, $[Hz/sn]$) kürek grubunda sedanter gruba göre daha düşüktür (değişim hızı daha yavaştır).

ES'nın sağ ve sol tarafında OMF ve OCF eğimleri ($[\%/sn]$, $[Hz/sn]$) açısından bir farklılık bulunmamıştır fakat voleybol grubunda diğer gruplardan farklı olarak sağ taraf sol tarafa göre daha hızlı değişim göstermiştir ($p < .05$).

İki ölçümde OMF ve OCF eğimleri ($[\%/sn]$, $[Hz/sn]$) açısından bir farklılık bulunmamıştır. Her iki ölçümde OMF ve OCF eğimleri arasında farklılık olmaması

yorgunlukta benzer durumların ortaya çıkması ve ölçümlerin tekrarlanabilirliği açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Elektromyografinin lokal kas yorgunluğu ortaya koyan güvenilir bir yöntem olduğu konusunda fikir birliği bulunmaktadır (Chaffin, 1973) (De-Luca, 1984). Son yıllarda araştırmacılar EMG siyalinden elde edilen ortalama frekansının (OCF) yorgunluğun fizyolojik göstergelerine duyarlı olduğunu belirtmektedirler (Mannion & Dolan, 1994) (Roy & De Luca, 1996) (Kumar & Narayan, 1998). Sürekli kasılmalar sırasında OCF düşüş oranı kas yorgunluk indeksi olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte EMG genliğindeki artış (Van Dieen, Toussaint, Thissen, & Van Devan, 1993) ve ortalama güç frekansı yorgunluğu değerlendirmede kullanılan diğer parametrelerdir (Kumar S. , 2001).

Kumar ve arkadaşları (2006) 6 sağlıklı erkek ve 6 kadın üniversite öğrencisi ile MİK ve MİK'nın %40'ı ile erector spinae kaslarının hem göğüs hemde bel bölgesinden (L3, sol-sağ taraf) (üst gövde 45° açıyla duracak şekilde) yorgunluğu belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında OCF düşüşü gözlemlemişlerdir. Fakat %40 MİK OCF açısından cinsiyetler arasında anlamlı farklılık bulamamışlardır (Kumar S. , Fagarasanu, Narayan, & Prasad, 2006).

Keiji ve arkadaşları (2006) sağ elini kullanan 11 sağlıklı erkek üzerinde 40 sn süren BSKD testi sırasında 3 farklı koşulda (elde dinamometre yok iken, el dinamometresi ile %20 ve 50'lik el sıkma) sırt kaslarının dayanıklılığını ölçmek için yaptıkları bir çalışmada OMF ve OCF parametrelerinde test sonuna kadar anlamlı düşüş gözlemişlerdir (Fukuda, Umezua, Shiba, Tajima, & Nagata, 2006).

Yoshitake ve arkadaşları (2001) yatay düzleme 15° bir açıyla 60 sn boyunca bel kaslarının yorgunluğu YKAS, EMG ve Mekanomyografi (MMG) kullanarak belirlemek amacıyla 8 sağlıklı erkekte bir çalışma yapmışlardır. Bel kaslarında 36. sn'ye kadar KOKK'de bir artış daha sonrada hafif bir düşüş bunun yanı sıra OMF'ın test boyunca sürekli bir düşüş gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmanın YKAS sonuçları aşağıda İYKAS bulguları kısmında ele alınmıştır (Yoshitake, Ue, Miyazaki, & Moritani, 2001)

Dederinga, Németh ve Harms-Ringdahl (1999) modifiye BSKD testini kullanarak katılımcıların algıladıkları zorluk derecesi ile bel kaslarının yorgunluğunu değerlendirmeye çalıştıkları araştırmada; algılanan zorluk derecesi arttıkça

dayanıklılık zamanı ve OMF ve OCF düşüşünün daha fazla olduğunu, ayrıca bayanların erkeklere oranla OMF ve OCF eğiminin daha az olduğunu belirtmişlerdir ([Dederinga, Németh, & Harms-Ringdahl, 1999](#)).

Joseph K-F Ng, Carolyn ve Gwendolen (1997) BSKD testi sırasında iliocostalis lumborum ve multifidus kaslarının yorgunluk paterni ve EMG aktivitesini değerlendirmek amacı ile 16 erkek katılımcı ile bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada BSKD testi 60 sn boyunca uygulanmış ve bu sırada EMG kayıtları alınmıştır. Çalışma sonucunda KOKK'de sürekli bir artış ve OMF de sürekli bir düşüş tespit etmişlerdir ([Ng, Richardson, & Jull, 1997](#)).

Wayne ve arkadaşları BSKD testi sırasında erektor spinae kasının aktivitesinin belirlenmesinde YKAS ve EMG kullanımını değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmaya 6 erkek ve 4 kadın katılmıştır. YKAS ve EMG ölçümleri L3 seviyesinden yapılmıştır. Egzersizin %90'ı tamamlandığında anlamlı şekilde hem sağ hem sol tarafta OCF düşüşü tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra KOKK düşüş gözlenmiş fakat katılımcılardan dayanıklılık süresi uzun olan 4'ünde egzersizin sonuna doğru bir artış gözlenmiştir. Bu çalışmanın YKAS sonuçları aşağıda İYKAS sonuçları altında sunulmuştur ([Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004](#)).

McKeon et al. kronik bel ağrısı olan ve olmayan bireylerin 3 farklı kas grubunda (erektor spinae, Gluteus maksimus ve Biceps Femoris) sinir-kas aktivasyonu ve hemodinamik aktivitesini belirlemek için yaptıkları araştırmaya 17 sağlıklı birey (8 erkek-9 kadın) ve 46 kronik bel ağrısı olan birey (17 erkek-29 kadın) katılmıştır. Araştırma sonunda kronik bel ağrısı olan ve olmayan gruplarda üç kas grubunda da OCF düşüşü kaydettiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmadaki total oksijenlenme indeksine ait bulgular YKAS bulguları içerisinde sunulmuştur ([McKeon, Albert, & Nea, 2006](#)).

Elcadi ve arkadaşları (2011) erkek ve kadınların ön kol ve omuz kaslarında oksijenlenme (%SO₂ ve kan hacmini yansıtan total Hb) ve miyoelektrik aktivitesi (%KOKK ve OMF-Hz) arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmada 3 maksimum tekrar ölçümünden 5 dakika sonra ektansor carpi radialis (ECR) ve trapezius kaslarında 2 dk arayla MİK'nın %30, 50, 70'i ile 20 sn sonunda da MİK'nın %10'u ile 5 dk'lık izometrik kasılma yaptırdıkları bir deney protokolü uygulamışlar. ECR kasında KOKK güçle ve zamanla birlikte artış olduğunu OMF ise

düşüş olduğunu fakat her iki parametrenin cinsiyete göre farklılaşmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın YKAS sonuçları İYKAS kısmında sunulmuştur (Elcadi, Forsman, & Crenshaw, 2011).

EMG parametrelerinden KOKK değişkeni açısından literatür incelendiğinde bizim çalışmamıza hem benzer hem de farklı sonuçların olduğu görülmüştür. Bununla birlikte çalışmamızdaki OMF ve OCF sonuçları literatür ile uyumludur.

Motor birimlerin senkronizasyonunun artması ve/veya yükün kaslar arasında dağılması KOKK' yi etkiler. Bu nedenle egzersiz sırasındaki hareketin devam ettirilmesinde ki bireysel farklılıklardan dolayı (taktiksel) KOKK skorları bireyler arasında farklıdır. Çünkü sporculardan bazıları işi devam ettirebilmek için kalça kaslarına yükü dağıtmış olabilir. Yorgunlukla ilişkili olarak nöro-muscular taktiklerden biri sinerjist kasların katılımının gelişimine yardım etmek ve yükün desteklenmesi için gereken gücün paylaşımıdır. Clark ve diğerlerinin sonuçları (2003) erektor spinae'deki KOKK ile ilişkili bu hipotezi desteklemektedir. Clark ve diğerleri birikmiş yorgunluk sırasında gluteus maksimus ve hamstringlerin aktivasyonun arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca Hunter ve diğerleri (2003) biceps brachii kasında maksimal istemli kasılmanın %20'sinde yapılan statik kasılma sırasında dirsek fleksör sinerjist kaslarda yük dağılımı olduğunu göstermişlerdir.

Bu çalışmada erektor spinae sinerjistlerinin miyoelektriksel yanıtını ölçülmedi fakat kaslar arasındaki gücün paylaşılmasındaki farklılıklar KOKK açısından bireysel farklılıkları açıklamaya yardımcı olabilir (Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004) (Blangsted, Vedsted, Sjøgaard, & Sjøgaard, 2005).

Ortanca frekans düşüşünün yorgunluk sırasında kaslardaki fizyolojik değişiklikler ile metabolik asidoz ve metabolitlerin birikiminden kaynaklandığı düşünülmektedir (Brody, Pollock, Roy, De Luca, & Celli, 1991) (Merletti, Rainoldi, & Farina, 2001). Bu faktörlerin kas hücre zarının (sarcolemma) iletim hızını ve hücre zarı boyunca yayılan motor ünite aksiyon potansiyelinin ilerlemesini azalttığı ve bu durumun miyoelektrik güç spektrumundan hesaplanan ortanca frekansında düşüşe neden olduğu sanılmaktadır (De Luca, 1997). Motor ünite katılımındaki değişiklikler aynı zamanda ortanca frekansı etkilemiş olabilir, daha büyük motor üniteler katıldığında, onların daha hızlı iletim hızı olduğundan dolayı, ortanca frekansta

düşük frekanslara doğru kaymaya neden olabilir (Moritani, Munro, & Takaishi, 1989) (Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004).

Yorgunluğa kadar olan submaksimal kasılmalar sırasında tip 1 fibriller (tip IIA fibrillerinin birazı) egzersizin başından itibaren kasılmaya katılırlar. Egzersizin devamında yeni tip II fibrillerin sayısı artarak katılacaklardır ve yorgunlukta bütün motor üniteler kasılmaya katılacaktır (Vøllestad, 1997).

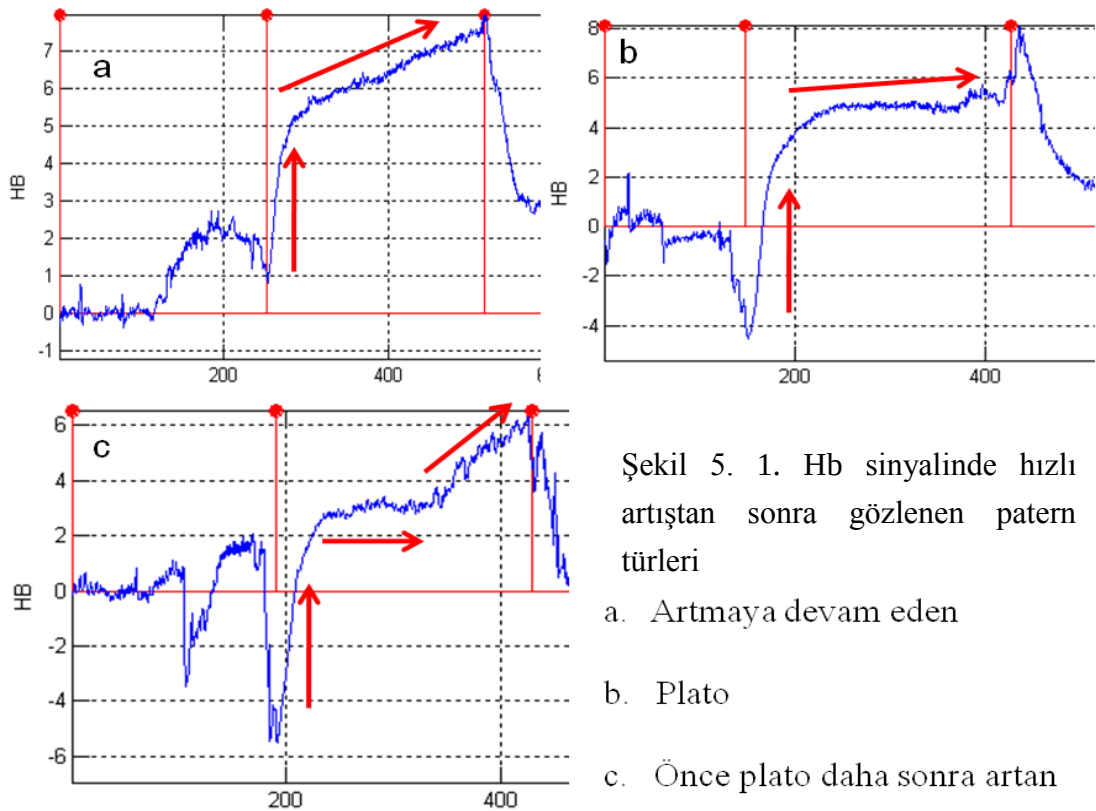
Mannion ve diğerleri tip 1 fibrillerin baskınlığının, daha fazla oksidatif potansiyel ve daha az metabolik atık sağladığını bunun sonucunda OCF daha yavaş bir düşüş sergileyeceğini öne sürmüşlerdir (Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004). Bu durum kürekçilerde sedanterlere göre OCF ve OMF eğimlerinin daha yavaş eğim göstermesini açıklamaktadır.

Aksiyon potansiyeli iletim hızı azalması (Kranz et al 1983; Lindstrom et al. 1977), hücre içi pH düşüşü (Linssen et al. 1991; Moritani et al.1984) hücre dışı potasyum birikmesi (Sjogard, 1991) ya da MÜ aksiyon potansiyellerinin senkronizasyonu ortalama frekanstaki düşük frekanslara doğru kaymaya katkısı olmuştur. Yorgunluk sırasındaki OMF düşme oranı bireyler arasındaki kas fibril metabolik özelliklerindeki farklılıkları yansıtır (Moritani, Muro, & Oda, 1992). Mortimer ve ark aksiyon potansiyelindeki iletim hızı azalmasına neden olan metabolik atıkların (ör: laktat) birikmesinden dolayı OMF frekans güç spektrumunun düşük frekanslara doğru kaydığını belirtmişlerdir. Moritani et al., Horita ve Ishiko gibi daha birçok araştırmacı kas yorgunluğu sırasında laktat üretimi ve OMF arasındaki ilişkiyi vurgulamışlardır (Yoshitake, Ue, Miyazaki, & Moritani, 2001).

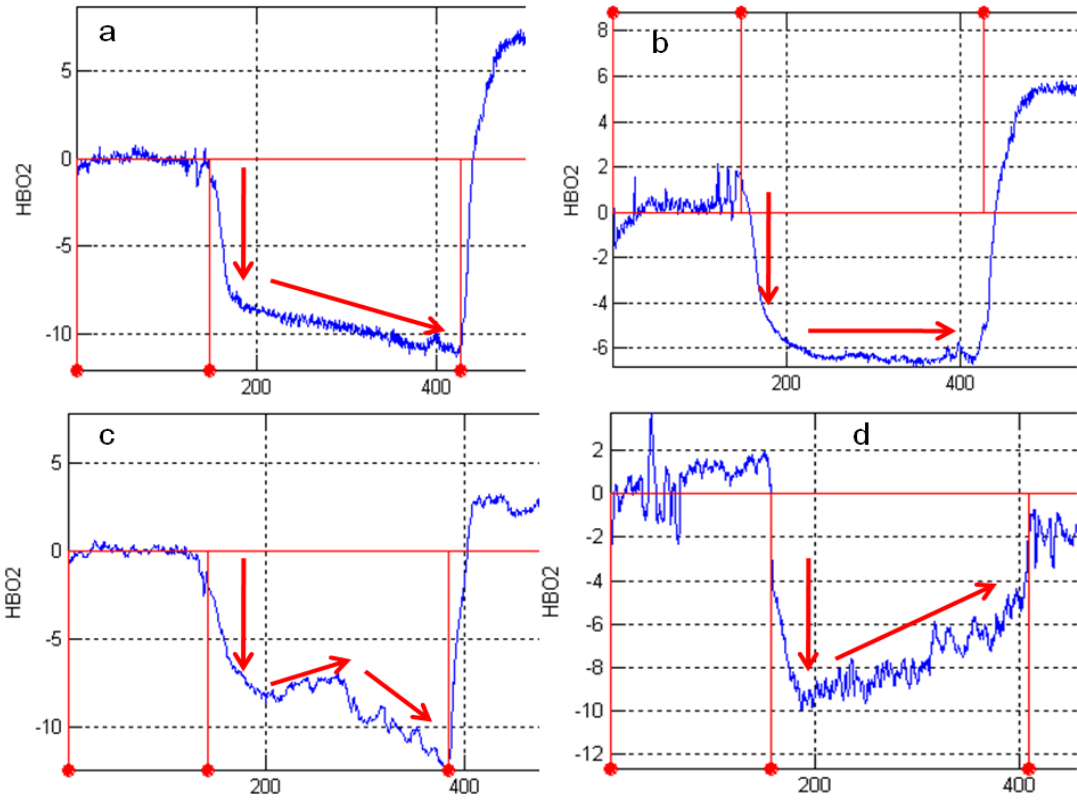
5.3. BSKD test performansında İYKAS trendleri

İYKAS elde edilen parametreler şu şekildedir; egzersizin başından düğüm noktasına kadar geçen süre *düğüm süresi*, egzersizin başından düğüm noktasına kadar olan değişimin hızı eğim1, düğüm noktasından egzersizin sonuna kadar olan değişimin hızı eğim2, egzersizin başından düğüm noktasına kadar olan değişim miktarı $E_{düğüm}$, egzersizin ilk 60 saniyesindeki değişim miktarı E_{60sn} ve egzersiz başındaki değerden itibaren maksimum (veya minimum) noktaya kadar olan değişim miktarı E_{tam} . Ayrıca Egzersizin başından itibaren E_{tam} büyüklüğünün % 60' ı (veya 65, 70...'lık) kadar değişimin olduğu ana sinyalin gelme süresi t_{60} (t_{65} , t_{70} ,...) olarak hesaplanmıştır.

İYKAS elde edilen Hb ve HbO₂ sinyali egzersizin hemen başlangıcında çok hızlı bir değişim göstermiştir (Hb çok hızlı bir artış, HbO₂ çok hızlı bir düşüş). Egzersizin başlangıcından yaklaşık 16-20 sn sonra bu değişimin hızı her iki sinyal içinde yavaşlamıştır. Hb sinyalinin değişiminde düğüm noktasından sonra egzersizin sonuna kadar plato, düğüm noktasından egzersiz sonuna kadar linear bir artış, düğümünden sonra egzersizin bir kısmına kadar plato daha sonra artış gibi **paternler** gözlenmiştir (Şekil 5.1.).



HbO₂ sinyalinde ise her katılımcıda düğüm noktası çok belirgin değildi. Yukarıda ifade edildiği gibi egzersiz başlar başlamaz HbO₂ sinyalinde çok hızlı bir düşüş gözlenmiştir. HbO₂ sinyalinde yaklaşık 15-20 sn'den sonra bu düşüşün hızı yavaşlamıştır. Bu noktadan sonra egzersizin sonuna kadar doğrusal düşüş veya plato, önce bir süre artış daha sonra egzersizin sonuna doğru düşüş ve doğrusal artan şeklinde farklı **paternler** gözlenmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5. 2. HbO₂ sinyalinde hızlı düşüşten sonra gözlenen patern türleri

a. Doğrusal düşmeye devam eden, b. Plato, c. Önce biraz artan sonra düşmeye devam eden, d. Doğrusal artan

İYKAS ele alınan ilk bulgular Hb düğüm süresi ve düğüm noktasına kadar olan sinyalin değişim hızıdır (eğim1). Gruplar arasında en yavaş değişim hızı voleybolcularda gözlenmiştir (.543). Bununla birlikte düğüm noktasına en geç ulaşan grup yine voleybolcular olmuştur (19.21 sn).

Hb sinyali için düğüm noktasından egzersiz sonuna kadar olan eğitimde sedanterlerin sürekli artan ($S=.034$, $K=.019$, $V=.024$, $p>.05$) bununla birlikte HbO_2 eğitim2 açısından ise düşüş eğilimi (ort:-.039) gösterdikleri görülmüştür ([Şekil 4.8](#)).

Hb sinyalinde erim parametrelerinde ($E_{\text{düğüm}}$, $E_{60\text{sn}}$ ve E_{tam}) en büyük değerler sedanterlerde görülmüştür fakat gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (sırasıyla 11.012, 15.308 ve 17.624). Benzer şekilde HbO_2 sinyalinde en büyük değerler istatistiksel olarak ta anlamlı şekilde yine sedanterlerde gözlenmiştir ([Şekil 4.9 - 4.11](#)).

İYKAS Hb sinyalinden elde edilen diğer bir bulguda egzersizin başından itibaren E_{tam} büyüklüğünün %60'lık (%65, 70, 75, 80, 85, 90) değişime gelme süresi. Tüm %'lik değişimler birlikte ele alındığında sağ sol farkı bulunmamış bununla birlikte 1.ölçümlere göre 2.ölçümlerde daha düşük süreler görülmüştür. Göze çarpan başka bir sonuç %75 değişim süresine gelene kadar gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken %75'lik değişimden başlayarak (%80, %85 ve %90) kürek grubu sedanter gruba göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde süreleri uzamaktadır. HbO_2 E_{90} süre bakımından gruplar arasında bir farklılık yoktur. ES'nın sağ tarafının %90'lık değişime gelme süresi sol tarafına göre daha geç olmuştur. Ayrıca 1.ölçümde %90'a gelme süresi 2.ölçüme göre daha geç olmuştur.

ES'nın sağ tarafı sol tarafına göre düğüm süresine daha geç ulaşmıştır. ES'nın sağ tarafının (.542) eğimi sol tarafına (.748) göre daha düşüktür 2 ölçüm arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. 2.ölçümlerde (.680) 1. ölçümlere (.610) göre eğitim daha yüksek bulunmuştur.

Hb ve HbO_2 sinyalinde düğüm noktasından egzersiz sonuna kadar olan eğitim açısından sağ-sol farkı saptanmadı. Aynı şekilde ölçümler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadı. Yalnızca voleybol ve sedanterlerde 1. ölçümden 2. ölçüme Hb eğitim2'ler artarken (.019-.028, .029-.038) kürek grubunda eğitim2 ortalaması azalmıştır (.021-.016).

Hb ve HbO₂ sinyalinde ES'nın sol tarafında sağ tarafına göre ve 2.ölçümde 1.ölçüme göre daha büyük erim değerleri gözlenmiştir.

Literatür incelendiğinde görülmüştür ki YKAS parametreleri olarak genelde 760-850 nm farkından elde edilen kas oksijenlenmesi (OXY) ve 760+850 nm toplamından elde edilen kan hacmi (KH) kullanılmaktadır. Bu araştırmada Hb ve HbO₂ sinyallerinin kendisinden türetilen parametreler kullanılmıştır.

Robert T. Kell ve Yagesh Bhambhani (2006) sağlıklı ve bel ağrısı olan kişilerde erektor spinae statik dayanıklılık ve kas oksijenlenmesi-kan hacmi arasındaki ilişkiyi test etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yaşları 18-50 (yıl) arasında değişen 30 sağlıklı ve 30 (15 kadın, 15 erkek) bel ağrısı olan kişilere yoruluncaya kadar BSKD testi uygulamışlardır. BSKD testinin başlangıcında kan hacminde katılımcıların %84'ünde ilk artış, daha sonra %94'ünde bu artışın devam ettiğini ve %69'unda BSKD testinin sonlanmasından önce yaklaşık 45 sn'lik bir plato meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Kas oksijenlenmesinde ise iki ayrı trend gözlediklerini belirtmişlerdir. Bunlardan birincisi başlangıçtaki artış (bireylerin %47) sonrası BSKD testi sonlarına kadar sistematik düşüş olduğunu (bireylerin %93) ve ikinci ise başlangıçta azalma (%63) sonrası test sonuna kadar sistematik düşüş (%93) görülmüştür. Bireylerin %68'inde BSKD testinin sonlanmasından hemen önce yaklaşık 30 sn süren plato görülmüştür. Erektor spinae kasının hem sağında hem solunda benzer trendler olduğunu ve istatistiksel olarak sağ-sol arasında anlamlı bir farklılık tespit etmediklerini belirtmişlerdir. Bununla birlikte haftada 3 gün 30 dk veya daha fazla egzersiz yapan grupta BSKD test süresi ile kas oksijenlenme oranı ($r=0.64$) ve deltası arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır. Kan hacmi ile anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir (Kell & Bhambhani, 2006).

Robert T. Kell ve Yagesh Bhambhani (2008) 19 sağlıklı erkek ile yaptıkları bir çalışmada katılımcıların %93'ünde BSME'nin yaklaşık ilk 30 sn'de kas kan hacminde hızlı bir artış (%7'inde başlangıçta artış olmadı), sonrasında katılımcıların kalanında plato meydana gelmezken (~%17), (~%83) asimptot olduğunu bulmuşlardır. BSME sonunda dinlenme baseline seviyesine yakın (%100) Mbv'de hızlı bir azalma olduğunu, kas oksijenlenmesinde hızlı fakat kısa bir artış (%77), BSME başlangıcında aşamalı azalma (%23), sonrasında testin kalanında baseline seviyesinin altına doğru kademeli azalma (%100) görüldüğünü belirtmişlerdir. Kas

oksijenlenmesi (Mox) BSME sonlanmasından önceki saniyelerinde hızlıca azalmış (%68) ve azalmaya devam etmiştir (%32). Ayrıca erektor spinae'nın sağ ve sol tarafı arasında Mbv- ve Mox-range, delta ve ½ toparlanma zamanı için anlamlı farklılık olmadığını bulmuşlardır (Kell & Bhambhani, 2008).

Y. Yoshitake ve diğerlerinin (2001) yaptıkları yukarıda bahsedilen çalışmada, yatay düzleme paralel ve 15° açıyla yaptıkları sırt ekstansiyonu sırasında test boyunca (60sn) Oxy-Hb ve kan hacminin çarpıcı bir şekilde düştüğünü ve 15° açıda olan düşüşün paralel duruştaki düşüşe göre anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak yüksek kas içi mekanik basınçtan dolayı kan akımının sınırlandığı ve bununda kassal yorgunluğuna neden olan en önemli faktörlerinden biri olduğunu ifade etmişlerdir (Yoshitake, Ue, Miyazaki, & Moritani, 2001).

Albert ve arkadaşlarının (2004) EMG ve YKAS ile erektor spinae kas yorgunluğunu değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmaya 6 erkek ve 4 kadın katılmıştır. Erektor spinae yorgunluğu için katılımcılara BSKD testini uygulamışlardır. İki birey dışında kan hacminde egzersizin başında dramatik bir artış daha sonra BSKD test süresinin yaklaşık %30-40'larına geldiğinde bu artış durduğu ve egzersizin sonuna kadar o seviyede devam ettiğini belirtmişlerdir. Kas oksijenlenmesinde ise BSKD testinin başlangıcında hızlı bir düşüş, testin orta ve son kısımlarına doğru kademeli düşüşün devam ettiğini, bazı bireylerde testin son kısmında artış olduğunu gözlemişlerdir. Zaman ve taraf etkileşiminin olmadığı yani ES'nın sağ ve sol tarafında benzer trendleri gözlediklerini belirtmişlerdir (Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004).

McKeon et al. YEMG bulguları içerisinde sunulan araştırmalarında BSKD testi sırasında erektor spinae kasında oksijen kullanımını yansıtan total oksijenlenme indeksinin %70'lerden % 60'lara düştüğünü göstermişlerdir. Bunun nedeninin de aktif motor ünitelerin artan metabolizmasından dolayı mitokondria'dan oksijeni çekmesine ve artan kas içi basınçtan dolayı kan akımının sınırlandırılmasına dolayısıyla oksijen desteğinin azalmasına bağlamışlardır. Ayrıca biceps femoris kasının erektor spinae kasına göre daha fazla düştüğünü göstermişlerdir. Kan hacminde egzersiz süresinin yaklaşık %20'lerine kadar hızlıca arttığını ve bu noktadan sonra egzersiz sonuna kadar çok küçük artışla plato çizdiğini belirtmişlerdir (McKeon, Albert, & Nea, 2006).

Elcadi ve ark. YEMG bulguları içerisinde yukarıda sunulan çalışmalarında ECR ve trapezius kasında MİK'nın yüzdesi arttıkça StO₂%'sinde azalma meydana geldiğini fakat cinsiyetler arasında bir farklılık olmadığını vurgulamışlardır. Bununla birlikte ECR kasında total Hb erkeklerde MİK'nın yüzdesi arttıkça düşme eğilim gösterirken kadınlarda plato çizdiğini buna karşın trapezius kasında anlamlı bir değişikliğin olmadığı belirtmişlerdir. MİK'nın %10'u ile 5 dk'lık izometrik kasılma sırasında ECR kasında StO₂'de ilk 30 sn bir düşüş olduğunu daha sonra kasılma boyunca kademeli bir artış olduğunu, trapezius kasında ise ilk 30 sn'de yine düşüş olduğunu daha sonra erkeklerde test süresince kademeli artışın, kadınlarda ise kademeli düşüşün olduğunu belirtmişlerdir (Elcadi, Forsman, & Crenshaw, 2011).

Demura ve arkadaşları yetişkin 16 erkek ile devam eden statik el sıkma protokolü sırasında flexor carpiradialis kası için oxy-Hb/Mb, deoxy-Hb/Mb and StO₂ değişikliklerini izlemek üzere yaptıkları çalışmada; egzersizin ilk 20 saniyesinde oxy-Hb/Mb konsantrasyonunda linear bir düşüş daha sonra 120 saniye civarına kadar artış olduğunu buna ilaveten egzersizin ilk 40 saniyesine kadar deoxy-Hb/Mb sinyalinin hızla arttığını daha sonra 60 sn'den 120 saniyeye kadar düştüğünü ifade etmişlerdir (Demura, Yamaji, & Yamada, 2007).

Bu araştırmada elde edilen İYKAS parametrelerine ilişkin bulgular literatür ile benzerlikler göstermektedir.

BSKD testi başlangıcında ani değişikliğin (Hb artışı ve HbO₂ düşüşü) başlıca iki nedeni olabilir. Bunlardan ilki; kasılmanın neden olduğu kas içi basıncın artmasından dolayı kapiller kan akımının sınırlanması, böylelikle çalışan kaslara gelen oksijenin azalmasıdır (McGill, Hughson, & Parks, 2000). İkincisi ise oksijen kullanımının artmasıdır.

BSKD testi bireyler arası antropometrik özelliklere bağlı olarak maksimal istemli kasılmanın yaklaşık %45'ine denk gelen bir kasılma meydana getirmektedir (Mannion & Dolan, 1994).

Smidt ve diğerleri gövde, kollar ve başın taşındığı yüzüstü pozisyondaki gövdenin ağırlığının maksimal istemli kasılmanın yaklaşık %50'sine denk geldiğini belirtmişlerdir (Moffroid, Reid, Henry, Haugh, & Ricamato, 1994).

Jensen ve diğerleri (1999) paravertebral kaslarda maksimal istemli kasılmanın

%20'si ile yapılan kasılmanın 30–40 mmHg bir kas içi basınç oluşturduğunu ve bu civardaki kas içi basıncında paravertebral kasların oksijenlenmesini anlamlı şekilde azalttığını belirtmişlerdir (Jensen, Jorgensen, Hargens, Nielsen, & Nicolaisen, 1999).

Bu araştırma kapsamında uygulanan BSKD testinin özelliğinden ve çalışılan kasların bel bölgesi kasları olmasından dolayı bireylerin MİK düzeyleri belirlenememiştir. Üst gövdenin yere paralel olarak tutulduğu BSKD testi sırasında bireysel farklılıklardan dolayı her grup için egzersiz MİK'nın farklı yüzdelerinde algılandığı düşünülmektedir. Test devam ederken sinerjist kasların devreye girerek bel kaslarına binen yükü paylaştıkları bu nedenle de Hb ve HbO₂'de farklı paternler ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Yeterli kas kan akımı gerekli enerji desteği, kastaki dengenin devam etmesi ve kan akımı için önemlidir. Bu yüzden kas yorgunluğunun önlenmesinde merkezi bir rol oynar. Artan kas içi basınç (KİB) kas kan akımının azalması, dolayısıyla kas yorgunluğuna katkıda bulunan kasılma sırasında kastaki oksijen yetersizliğine neden olan önemli bir faktördür (Sejersted, Hargens, Kardel, Blom, Jensen, & Hermansen, 1984). Uzun kasılmalar sırasında kas içi basınç ve EMG arasındaki ilişkiyi gösteren araştırmalar bulunmaktadır ama sonuçları çelişkilidir. MİK'nın %25-35'inde uzun süren kasılmalar sırasında vastus lateralis kası için artan EMG ve artan KİB arasındaki ilişki Sodomoto ve ark (1983), Crenshaw ve ark (1997) tarafından rapor edilmiştir ve artan kas içi basınca ilişkin açıklama olarak kas içi sıvı birikmesini öne sürmüşlerdir (Jensen, Jørgensen, & Sjøgaard, 1994). Bununla birlikte başka kaslarda yapılan çalışmalarda MİK'nın %5-15' i yapılan kasılmalar sırasında KİB artışı doğrulanmamıştır (Sejersted, Hargens, Kardel, Blom, Jensen, & Hermansen, 1984) (Søgaard, Orizio, & Sjøgaard, 2004). Yüksek güçteki kasılmalar sırasında mevcut oksijenin azalması kas aktivasyonunun ve güç üretiminin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir, diğer bir deyişle yorgunluk gelişmiştir (Woods, Furbush, & Bigland-Ritchie, 1987) (Hogan, Richardson, & Kurdak, 1994) (Cole & Brown, 2000). Buna ilaveten, MİK %5-20'sinde yapılan kısa süreli kasılmalarda doku oksijenlenmesinin anlamlı şekilde azaldığı gösteren çalışmalar vardır (Murthy, Kahan, Hargens, & Rempel, 1997) (Jensen, Jorgensen, Hargens, Nielsen, & Nicolaisen, 1999) (McGill, Hughson, & Parks, 2000) (Blangsted, Vedsted, Sjøgaard, & Søgaard, 2005).

Dokunun beslenmesi için gerekli olan maddelerden bir tanesi oksijendir. Dokulardaki oksijen miktarı düştüğü anda dokuya giden kan akımında belirgin bir artma meydana gelir. Doku metabolizma hızı veya oksijen ihtiyacı değiştiğinde yerel kan akımında meydana gelen değişiklikleri açıklayan iki teori öne sürülmüştür. Bunlar (1) vazodilatatör teori, (2) oksijen ihtiyaç teorisi. Bu teoriye göre, metabolizma hızı ne kadar fazla ise veya oksijen (veya diğer besin maddeleri) düzeyi ne kadar az ise vazodilatatör maddenin oluşumunda o kadar fazla olacaktır. Daha sonra vazodilatatör maddenin prekapiller sfinkterlere, metarteriyollere ve arteriyollere difüze olarak dilatasyona neden olduğuna inanılır. Öne sürülen vazodilatatör maddeler arasında adenozin, karbondioksit, laktik asit, adenozin fosfat bileşikler, histamin, potasyum iyonları ve hidrojen iyonları sayılabilir.

Diğer teori ise oksijen ihtiyaç teorisi veya besin maddeleri yokluğu teorisi. Artan metabolizma sonucu oksijenin kullanımında meydana gelen artma teorik olarak lokal kan damarlarında oksijen miktarını azaltacak, bunun sonucunda lokal vazodilatasyon meydana gelecektir. Kas aktivitesi sırasında kas, oksijeni hızla kullanır, bu nedenle doku sıvılarında oksijen konsantrasyonu düşer. Bu azalma, hem oksijen yokluğunda arteriyol duvarları kasılmayı devam ettiremediğinden hem de oksijen eksiliği vazodilatatör maddelerin salgılanmasına yol açtığı için lokal arteriyol vazodilatasyonuna sebep olur (Guyton & Hall., 2007) (Ünal, 2007).

Doku kan akımını kontrol eden lokal mekanizmalar sadece dokunun yanındaki küçük mikro damarları genişletebilir. Bunun nedeni vazodilatör maddelerin ve oksijen azlığının sadece çevre damarlara ulaşılması, orta ve büyük damarlarda etkili olamamasıdır (Guyton & Hall., 2007). İzometrik kasılma sırasında kas içinden geçen kan damarları yüksek kas içi basınca maruz kalmaktadır. Bu durumda oksijenden zengin kanın gerekli dokulara ulaştırılması dolayısıyla oksijenin dokulara ulaştırılması benzer şekilde çalışan kaslarda oluşan metabolik atıkların etkili bir biçimde o bölgeden uzaklaştırılmasını sınırlandırmaktadır. Bu nedenlere bağlı olarak yüksek şiddette uygulanan izometrik kasılma sırasında vazodilatatör mekanizmanın tam olarak devreye giremediği düşünülmektedir.

Oksijen arz ve talebi (supply and demand) arasında dengesizlik oluşturan MİK'nın %20'si ile yapılan statik sırt ekstansiyonu sırasında kas kan akımı dolayısıyla oksijen desteği sınırlanmıştır (Yoshitake, Ue, Miyazaki, & Moritani,

2001) (McGill, Hughson, & Parks, 2000) (Jensen, Jorgensen, Hargens, Nielsen, & Nicolaisen, 1999). Bu fenomen prensip olarak kas içi basıncın damar basıncına göre yüksek olmasındandır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için oksî-hemoglobin ve oksî-miyoglobin oksijen kaynaklarından oksijen çekilir, bu da kasılamanın ilk 30 saniyesindeki kan ve oksijen seviyesindeki ani düşüşü açıklar. Kastaki oksijen kaynakları tükendiğinde vücut dengeyi ayarlamak üzere kalp atımı, kan basıncı artırır ve damar direncini düşürür. Dolayısıyla her sistolde pompalanan kan miktarı artar ve kan, iç organlardan fizyolojik talebin olduğu bölgeye yönlendirilir (Kashyap, 2002).

Kasılmanın başlangıcında acil enerji kaynakları kas içindeki ATP ve CP'tır fakat bu enerji kaynakları hızlıca tüketilir (10-15 sn). Artan kas içi basınçtan dolayı kan damarlarının kapanması kas fibrillerine oksijen ulaştırılmasını engeller. Oksijen yokluğunda kasılmanın devam ettirilebilmesi için yani ATP nin üretilmesi için anaerobik glikolize (laktik asit sistemi) ihtiyaç vardır. Bu sayede kasılma birkaç dakika daha devam ettirilebilir. Anaerobik glikoliz sonucunda pirüvik asit ortaya çıkar ve ortamda oksijen olmadığı için laktik asite dönüşür.

5.4. Korelasyon

Bu bölümde BSKD test performansı ve YEMG değişiklikleri, BSKD test performansı ile İYKAS trendleri ve YEMG değişiklikleri ile İYKAS trendleri arasındaki ilişkiler tartışılmıştır.

BSKD süre ile OMF ve OCF eğimler ([%/sn], [Hz/sn]) arasında bir ilişki saptanmıştır. BSKD test süresi uzun olanların OMF ve OCF eğimleri ([%/sn], [Hz/sn]) daha yavaş düşüş göstermiştir.

BSKD test süresi uzadıkça Hb eğim2’de düşüş olduğu bulunmuştur. Bu sonuç istatistiksel olarak sadece sağ tarafın 2. ölçümünde doğrulansa da sağ tarafın 1.ölçümünde ($p=.07$) ve sol tarafın 2.ölçümünde ($p=.058$) benzer trendlerin olduğu göze çarpmaktadır.

BSKD test süresi uzadıkça HbO₂ eğim2’lerde düşme gözlenmiştir (ES’nın sağ1-sağ2 tarafında $p<.05$, sol1’de $p=.069$)

ES’nın sol tarafında başlangıçtan düğümüne kadar olan değişim ne kadar büyük ise OMF ve OCF eğimleri de büyümektedir. Bunun yanı sıra Hb sinyalinde eğim1 ile tüm erimler arasında yüksek düzeyde ilişki saptanmıştır. Başlangıçtan düğüm noktasına kadar olan değişim ne kadar hızlı ise erim skorlarında büyümektedir.

Grup faktörü göz ardı edildiğinde 2. ölçümde ES’nın sol tarafında HbO₂ Etam ile OMF ve OCF eğim ([%/sn]) arasında pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki saptanmıştır. Erim değerleri arttıkça OMF ve OCF eğimleride artmaktadır.

ES’nın sağ tarafında HbO₂ eğim2 ile OMF ve OCF eğimleri arasında orta düzeyde bir ilişki bulunmuştur. Eğim2 arttığında (pozitive doğru) OMF ve OCF eğimleri ([%/sn], [Hz/sn]) eğimleri azalmaktadır.

Sedanterlerde 1.ölçümde ES’nın sol tarafında Hb erim değerleri büyüdükçe KOKK %değişim ve eğim artmaktadır. Sedanter grubun ES sağ tarafında 1.ölçümde HbO₂ E60sn değerleri düştükçe KOKK %değişim ve eğim miktarı artmıştır. Yüksek düzeydeki bu ilişki istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

Ayrıca erimlerin kendi arasında da anlamlı düzeyde pozitif yönde ilişki saptanmıştır.

Yamada ve diğerleri izometrik kasılma sırasında EMG aktivitesi ve kas oksijenlenmesi arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada MİK’nın %50’sinde 1 dakikalık izometrik diz ekstansiyon hareketi

sırasında vastus lateralis kasından EMG (OMF) ve zaman çözünürlüklü yakın kızılaltı spektroskopi (Hb ve HbO₂) ölçümlerini eşzamanlı olarak almışlardır. Çalışmanın sonucunda, kasılmanın başlamasından hemen sonra Hb ve HbO₂ çok hızlı bir değişim görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca OMF eğim arttıkça Hb ve HbO₂'deki maksimal değişimin büyüdüğünü belirtmişlerdir (anlamli ilişki $p<.05$). OMF eğimindeki azalma ile total Hb/Mb arasında bir ilişki olmadığını belirtmişlerdir (Yamada, Kusaka, Arima, Isobe, Yamamoto, & Itoh, 2008).

Robert T. Kell ve Yagesh Bhambhani (2006) yukarıda sözü edilen çalışmada haftada 3 gün 30 dk veya daha fazla egzersiz yapan grupta BSKD test süresi ile kas oksijenlenme oranı (egzersizdeki en küçük değerin toparlanmadaki en yüksek değere oranı) ($r=0.64$) ve deltası (dinlenme seviyesinin son 20 sn'deki negatif yön ile egzersiz sırasındaki en küçük değer) arasında pozitif yönde anlamli ilişki bulduklarını buna karşın kan hacmi ile anlamli bir ilişki tespit etmediklerini belirtmişlerdir (Kell & Bhambhani, 2006).

Praagman ve arkadaşları EMG ve kas oksijen tüketimi arasında doğrusal bir ilişki bulduklarını belirtmişlerdir (Praagman, Veeger, Chadwick, Colier, & van der Helm, 2003).

Fellici et al. (2007) 7 gönüllüde (3 erkek, 4 kadın) biceps brachii kasının statik ve sinüsoidal kasılma sırasında miyoelektirik ve oksijenleme değişikliklerini incelemek amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada biceps brachii kasından eşzamanlı EMG ve YKAS ölçümleri yapmışlardır. MİK'nın %20- 80'inde 30 saniyelik (30 dk arayla) izometrik kasılma ve sinüsoidal protokolü uygulamışlardır. TOI, tHb ve OCF, KOKK ve iletim hızı (CV) parametrelerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda egzersiz şiddeti ve modelinden bağımsız izometrik kasılma sırasında TOI'de düşüş (hızlı ve yavaş faz), aktif kaslarda oksijen desaturasyonunu etkileyen MU katılımı olduğunu (CV ve TOI bilgilerine dayanarak) ve her iki egzersizde tHb bilgisine dayanarak %80'de bile tamamen kan akımı durması gibi bir şeyin olmadığını belirtmişlerdir. TOI farkı en fazla %20 ile %40 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak çalışmada CV-OCF ve doku oksijenlenme indeksi arasında yüksek düzeyde bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir yani güçle birlikte TOI eğimi arttıkça OMF ve CV eğimi de artmaktadır. (Fellici, Quaresima, Fattorini, Sbriccoli, Filligoi, & Ferrari, 2007).

Taelman et al. 48 gönüllü (24 kadın, 24 erkek) ile yürüttükleri çalışmada MİK'nın %50'si ile yorgunluğa kadar statik dirsek fleksiyonu yaptırmışlardır. Kas yorgunluğunun YKAS ve EMG kullanarak değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda doku oksijenlenme indeksi ile EMG frekans bileşenleri arasında güçlü bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Doku oksijenlenmesi azaldıkça OMF düşüş göstermiştir (Taelman, Vanderhaegen, Robijns, Naulaers, Spaepen, & Huffel, 2011).

Şayli (2009) kürek ve kano sporcularının flexor digitorum superficialis kasından %50 ve %75 MİK seviyelerinde el sıkma protokolüyle YEMG ve YKAS ile eşzamanlı kayıtlar alarak yorgunluğun değerlendirilmesini amaçladığı çalışma sonucunda MİK %50'sinde egzersiz süresi ile EMG (OCF ve OMF eğimleri [Hz/sn], [%/sn]) arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde tdüğüm süresi ile egzersiz süresi arasında anlamlı ilişki olduğunu belirtmiştir. Ayrıca YKAS (kas oksijenlenmesi) ve YEMG parametreleri arasında anlamlı ilişkiler tespit etmiştir. (Şayli Ö. , 2009).

Elcadi ve ark. YEMG ve İYKAS'de protokolü sunulan çalışmalarında ECR kasında %KOKK ile StO₂% arasında yüksek düzeyde, trapezius kasında ise orta düzeyde negatif bir ilişki olduğunu yani %KOKK artarken StO₂% azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde ECR ve trapezius kasında MİK'nın artan yüzdeleri (güç) ile StO₂ arasında yüksek düzeyde negatif bir ilişki olduğunu yani güç artarken oksijenlenme yüzdesinin düştüğünü belirtmişlerdir (Elcadi, Forsman, & Crenshaw, 2011).

Bu çalışmalar, araştırma bulguları ile paralellik göstermektedir.

İzometrik kasılma başlangıcında meydana gelen hızlı değişimin nedeni kas dokusuna gelen oksijenin kasın ihtiyacı olan oksijen talebini karşılayamamasındandır. Kas'a gelen kan akım miktarını etkileyen en önemli faktörlerden biri kas içi basıncın artmasıdır. Barn'ın belirttiğine göre kas gerim kuvveti ve izometrik kasılma sırsındaki kan akım miktarı arasında anlamlı ilişki vardır. Bu durum da kas'a gelen ve kullanılan oksijen dengesini bozmaktadır. Bu dengeyi etkileyen faktörlerin arasında kasın fibril yapısı (kasın metabolik özelliği) ve kasılmanın derecesi de sayılabilir.

Dayanıklılık antrenmanları ile miyoglobin miktarında, mitokondri fonksiyonunda, oksidatif (aerobik sistem) enzimlerde, kas lif tipinde, kapiller (kılcal)

damarlarda, enerji kaynaklarının kullanımında meydana gelen olumlu yönde değişiklikler söz konusudur. Kürekçilerinde dayanıklılık sporcusu olduğu göz önünde bulundurulursa BSKD testinde daha uzun durmaları, kas fibril yapılarından ve bahsi geçen adaptasyonlardan dolayı test performansı sırasında daha az metabolik atık biriktirmeleri bununda OMF ve OCF eğimlerinde daha az düşüşe neden olmasını açıklamaktadır. Bundan başka vücudun yere paralel olarak taşındığı BSKD testinde hareketin şiddeti kürek sporcularında MİK'nın daha düşük yüzdelerine denk geldiği düşünülmektedir. Bunun kanıtı olarak Hb ve HbO₂ sinyalinin eğim2 parametresini gösterebilir. Kürekçilerde HbO₂ diğer gruplardan farklı olarak artış yönünde bir eğim göstermiştir bununla birlikte OMF ve OCF eğimlerinin değişim hızı daha yavaş olmuştur.

YMEG parametrelerinden olan ve güçle birlikte değişen KOKK aktif motor ünite sayısı ve ateşleme oranındaki değişiklikleri temsil etmesi amacıyla kullanılır. Çoğu durumda KOKK artan güç ile birlikte yaklaşık doğrusal bir artış göstermektedir. Bu çalışmada sedanterlerin İYKAS genlik parametresi olarak sunulan Hb sinyalindeki erimler ile EMG'deki genlik parametresi olan KOKK (%değişim ve %/sn) parametreleriyle olan ilişkisi dikkat çekicidir. Bu durum BSKD testinin sedanterde daha yüksek MİK seviyesine denk geldiğinin bir göstergesi olabilir.

Şayli ve arkadaşları biceps brachii kasından eş zamanlı YEMG ve SDYKAS ölçümleri aldıkları çalışmada gönüllüye maksimum istemli kasılma seviyesinin (MİK) %20, 30, 40, 50, 60 ve 80'sinde yaklaşık 1'er dakikalık 6 izometrik kasılmayı aralıklı olarak yaptırmışlardır. Her kasılda gönüllü kuvvet seviyesini sabit tutmaya çalışmıştır. Sonuçlarda artan kasılma seviyesi ile beraber YEMG sinyalinin genliğinin arttığı, genlikle alakalı KOKK parametresinin kasılma seviyesi ile beraber büyüdüğünü belirtmişlerdir. OMF parametresi ilk üç kasılma deneyinde (%20, 30 ve 40 MİK seviyeleri) deney boyunca fazla değişmeyip sabit kalırken, son üç kuvvet seviyesinde (%50, 60 ve 80 MİK seviyeleri) ise kasılma boyunca düşüşü gözlemlenebilir derecede fazla olduğunu belirtmişlerdir. Her kasılda Hb'nin artmakta ve HbO₂'nin azalmakta olduğunu ve değişim miktarlarının yüksek kasılma kuvvetlerinde daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (Şayli, Biçer, Uzun, Pelvan, Akın, & Çotuk, 2011).

Yamada ve diğerleri (2003) sporcularda egzersiz ve toparlanma sırasında oksijenlenmedeki değişikliklerin ilişkisi inceledikleri çalışmaya 9 gönüllü futbolcu katılmıştır. Gönüllülere MİK'nın %30 ve 50'sinde 10 sn boyunca 60° açıda izometrik diz ekstansiyon hareketi yaptırmışlar ve bu sırada YKAS ile vastus lateralis kasından ölçüm alarak deoksi-Hb değişim oranını (%/sn) hesaplamışlardır. %30'luk kasılmada değişim oranını 7.2 ± 3.0 , %50'de 19.8 ± 0.5 olarak bulmuşlardır. Görüldüğü üzere MİK kasılmanın yüzdesi arttıkça değişim oranı artmaktadır (Yamada, et al., 2003).

Tüm bu göstergeler Hb ve HbO₂ deki değişimler (eğim1, eğim2 ve erim), ile kas yorgunluğuna işaret eden EMG parametreleri arasındaki ilişkiyi açıklar niteliktedir.

Literatürde bu çalışma bulguları ile çelişen araştırmalarda bulunmaktadır.

Albert ve arkadaşları (2004) daha önce sözü edilen çalışma sonunda BSKD test süresi ile OCF arasında anlamlı bir ilişki olduğunu fakat kas yorgunluğunu farklı açılardan ölçen EMG (OCF ve KOKK) ve YKAS (kas oksijenlenmesi ve kan hacmi) arasında anlamlı bir ilişki olmadığını belirtmişlerdir (Albert, Sleivert, Neary, & Bhambhani, 2004).

Kashyap (2002) 36 sağlıklı birey ile (19-34 yaş arası) sırt kaslarının dayanıklılığı (BSKD) ve kas yorgunlunun göstergesi sayılabilecek kan hacmi ve doku oksijenlenmesi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacı ile yaptığı çalışmasının sonucunda Sorensen test performansı ile YKAS parametreleri arasında herhangi bir ilişki tespit etmediğini belirtmiştir (başlangıç büyüklüğü, başlangıçtaki deoxygenation değişim oranı, test sonunda oksijenlenme ve kan hacmindeki temel seviyesine göre değişiklik, kan hacmindeki başlangıç düşüşünün büyüklüğü ve temel seviyeden başlangıç düşüşünden sonraki kan hacmindeki maksimum artış) (Kashyap, 2002).

Erektor spinae kasının yorgunluğuna ilişkin literatürde farklı bilgi ve açıklamalar bulunmaktadır. Bilgilerdeki bu farklılık insan kası yorgunluk çalışmalarındaki farklı şekillerde uygulanan egzersiz modeli, protokolü ve metotları ile kısmen açıklanabilir.

Çalışmalar mekanik özelliklerden elektrolit değişikliklerine ve enerji dönüşümleri gibi konular üzerinde odaklanmaktadır. İYKAS ve YEMG ölçümleri kas'ı farklı açılardan değerlendiren iki ölçüm tekniğidir. YEMG kas güç üretiminin

başlangıç adımı olan aksiyon potansiyeli, devreye giren motor ünite sayısı, ateşleme oranı ve iletim hızına ilişkin bilgiler sunarken, İYKAS elde edilen Hb ve HbO₂ kasa gelen ve tüketilen oksijen durumunu hakkında bilgiler ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak literatürde ifade edildiği gibi OMF ve OCF parametrelerinin yorgunluğu değerlendirmede güvenilir parametreler oldukları bu araştırma sonuçları ile de doğrulanmış oldu.

Eğer çalışılan kas izole bir kas değilse yani seçilen test tipinde sinerjist kaslar devreye giriyorsa yorgunluğu değerlendirmede KOKK sonuçları dikkatle değerlendirilmelidir. Buna karşın sporcular ve sedanterler arasındaki farkıda iyi yansıtan OMF ve OCF parametrelerinin 1. ölçümden 2. ölçüme aralarında farklılık olmaması yani yorgunluk sürecinde benzer durumların gözlenmesi ve ölçümlerin tekrarlanabilirliği açısından önemlidir.

Bu çalışma sonunda Hb ve HbO₂ sinyalinde elde edilen erim parametrelerinin yorgunluğu değerlendirmede faydalı bilgiler sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

İYKAS elde edilen HbO₂ değişim sinyallerinin Hb'ye göre gruplar arası farkları ortaya koymada daha iyi bir gösterge olabileceği düşünülmektedir.

YEMG ve İYKAS parametreleri arasında daha ayrıntılı incelemeler yapılması gerekmektedir. HbO₂ sinyalinin eğim ve erim parametrelerinin MİK değişik yüzdeleriyle yapılacak çalışmalarla kasılma gücüyle ilişkisini ortaya koyacak başka çalışmalar yapılması önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Aktümsek, A. (2001). *Anatomi ve Fizyoloji*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Albert, W. J., Sleivert, G. G., Neary, J. P., & Bhambhani, Y. N. (2004). Monitoring individual erector spinae fatigue responses using electromyography and near infrared spectroscopy. *Can J Appl Physiol. Aug;29(4)* , 363-78.
- Anderson, P. (1975). Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta. Physiol. Scand.*, 95 , 203-205.
- Arnheim, D. D. (1989). *Modern Principles of Athletic Training. Seventh Edition*. St Louis: Times Mirror / Mosby College Publishing, ss:80.
- Astrand, P., & Rodahl, K. (1988). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise. 3rd Edition*. . Mc GrawHill Book Company.
- Astrand, P.-O., & Rodahl, K. (1986). *Texbook of Work Physiology. Third Edition*. New York: McGraw-Hill Book Company, s.33.
- Basmijan, J., & De-Luca, C. (1985). *Muscle fatigue and time-dependant parameters of the surface EMG signal*. In: *Muscles Alive: Their function revealed by electromyography*. Baltimore: Williams&Wilkins, pg.203.
- Bayar, A., Kıran, S., Gümüş, M., Akalın, T. C., Ortancıl, Ö., & Turhan, E. (2009). Milli sporcularda bel ağrısı ve Biering-Sorensen test skorlarının değeriendirilmesi. *XXI. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi. 3-8 Kasım 2009*, (s. 38). İzmir.
- Biedermann, H., Shanks, G., & Inglis, J. (1990). Median frequency estimates of paraspinal muscles: reliability analysis. *Electromyogr Clin Neurophysio* , 30:83–88.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine* 9(2) , 106-119.
- Blangsted, A. K., Vedsted, p., Sjøgaard, G., & Sjøgaard, K. (2005). Intramuscular pressure and tissue oxygenation during low-force static contraction do not underlie muscle fatigue. *Acta Physiol Scand*, 183 , 379–388.
- Boushel, R., Langberg, H., Olesen, J., Gonzales-Alonzo, J., Bulow, J., & Kjaer, M. (2001). Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scand J Med Sci Spor* 11(4) , 213-22.
- Bozdoğan, Ö. (2000). *Fizyoloji*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Brace, N., Kemp, R., & Snelgar, R. (2006). *SPSS for Psychologists. Third Edition*. New Jersey: Lawrence Elbaurn Associates inc MAhway, pg.168, 204.

- Brody, P. R., Pollock, M. T., Roy, S. H., De Luca, C., & Celli, B. (1991). pH-induced effects on median frequency and conduction velocity of the myoelectric signal. *J. Appl. Physiol.* 71 , 1878-1785.
- Cerrah, A. O., Ertan, H., & Soylu, A. R. (2010). Spor Bilimlerinde Elektromiyografi Kullanımı. *SPORMETRE: Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi 2010, Cilt: VIII, Sayı: 2* , 43-49.
- Chaffin, D. B. (1973). Localized muscle fatigue – definition and measurement. *J Occup Med*, 15 , 346-54.
- Chance, B., Dait, M., Zhang, V., Hamaoka, O., & Hagerman, F. (1992). Recovery from exercise-induced desaturation in the quadriceps muscles of elite competitive rowers. 5. *Chance B, Dait MT, Zhang C, Hamaoka T, Hagerman F. (1992). Recovery from exercise-induced desaturAmerican Journal Of Physiology*, 262 , 766-775.
- Cole, M., & Brown, M. (2000). Response of the human triceps surae muscle to electrical stimulation during varying levels of blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 82 , 39-44.
- Crossman, K., Mahon, M., Watson, P. J., Oldham, J. A., & Cooper, R. G. (2004). Chronic low back pain-associated paraspinal muscle dysfunction is not the result of a constitutionally determined “adverse” fiber-type composition. *Spine*;29 , 628-634.
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomech.*, 13(2) , 135-163.
- Dederinga, A., Németh, G., & Harms-Ringdahl, K. (1999). Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clinical Biomechanics* 14 , 103-111.
- De-Luca, C. J. (1984). Myoelectric manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Crit Rev Biomed Eng* , 11:251-279.
- Demoulin, C., Crielaard, J.-M., & Vanderthommen, M. (2007). Spinal muscle evaluation in healthy individuals and low-back-pain patients: a literature review. *Joint Bone Spine*: 74 , 9-13.
- Demura, S., Yamaji, S., & Yamada, T. (2007). Comparison of oxygenation kinetics measured by different placements of the NIRS probe during sustained isometric gripping. *Sport Sci Health*, 2 , 71–75.
- Dere, F., & Yücel, B. D. (1994). *Spor Eğitimi için Fonksiyonel Anatomi*. Adana: Okullar Pazarı Kitabevi.
- Edwards, R. (1975). Muscle fatigue. *Postgraduate Medical Journal*, 51 , 137-143.

- Elcadi, G. H., Forsman, M., & Crenshaw, A. G. (2011). The relationship between oxygenation and myoelectric activity in the forearm and shoulder muscles of males and females. *Eur J Appl Physiol*, 111 , 647–658.
- Emir, U. E., Şayli, Ö., Aydın, K., Demiralp, T., Ademoğlu, A., Öztürk, C., et al. (2004). Nefes Tutma Sırasında Kan Oksijenlenme Seviyesi Bağımlılığının (KOSB) İşlevsel Manyetik Görüntüleme (imrg) ve İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopisi (İykös) İşaretlerine Etkisi. *BİYOMUT*. İstanbul – TURKEY.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol* 586.1 , 11–23.
- Ergen, E., Demirel, H., Güner, R., Turnagöl, H., Başaoğlu, S., Zergeroğlu, A. M., et al. (2002). *Egzersiz Fizyolojisi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, ss:19.
- Farina, D., Fosci, M., & Merletti, R. (2002). Motor Unit Recruitment Strategies Investigated by Surface EMG Variables. *J Appl Physiol*, 92 , 235-247.
- Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). Neural Control of Movement: The Extraction of Neural Strategies From The Surface EMG. *Appl Physiol*, 96: , 1486-1495.
- Felici, F., Quaresima, V., Fattorini, L., Sbriccoli, P., Filligoi, G. C., & Ferrari, M. (2007). Biceps brachii myoelectric and oxygenation changes during static and sinusoidal isometric exercises. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, Vol. 19 , 1-11.
- Fox, E., Bowers, R., & Foos, M. (1993). *The Physiological Basis of Exercise Sport*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark Pubs.
- Fox, L. E., Bowers, R. W., & Foss, M. L. (1989). *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics. Fourth Edition*. Dubuque: Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, pp:85.
- Fukuda, K., Umezua, Y., Shiba, N., Tajima, F., & Nagata, K. (2006). Electromyographic fatigue analysis of back muscles during remote muscle contraction. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 19 , 61–66.
- Ganong, W. F. (1983). *Review of Medical Physiology* . California: 11th edition; Lange Medical Publications.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2007). *Tıbbi Fizyoloji. Çeviri: Hayrünnisa Çavuşoğlu ve Berrak Ç. Yeğen*. İstanbul: Nobel Matbaacılık.
- Guyton, A. (1981). *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: Sixth Edition, W. B. Saunders Company.
- Günay, M., & Cicioğlu, İ. (2001). *Spor Fizyolojisi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Gür, H. (2011). *Egzersiz Fizyolojisi*. 03 27, 2011 tarihinde http://www20.uludag.edu.tr/~sportmed/hakan_ders.htm#y adresinden alındı

- Hamaoka, T. T., Katsumura, T., Murase, N., Nishio, S., Osada, T., Sako, T., et al. (2000). Quantification of ischemic muscle deoxygenation by near infrared time-resolved spectroscopy. *J Biomed Opt* 5(1) , 102-5.
- Hampson, N., & Piantadosi, C. (1988). Nearinfrared monitoring of human skeletal muscle oxygenation during forearm ischemia. *J Appl Physiol* 64(6) , 2449-2457.
- Hatipoğlu, T. (1989). *Anatomi ve Fizyoloji*. Ankara: 2. baskı, Hatipoğlu Yayınevi.
- Hermansen, L., & Wachtlova, M. (1971). Capillary density of skeletal muscle in well-trained and untrained men. *J. Appl. Physiol.*, 30 (6) , 860-863.
- Hides, J. A., Richardson, C. A., & Jull, G. A. (1995). Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities. *Spine*;20 , 54-58.
- Hogan, M., Richardson, R., & Kurdak, S. (1994). Initial fall in skeletal muscle force development during ischemia is related to oxygen availability. *J Appl Physiol* 77 , 2380–2384.
- Hole, J. W. (1990). *Human Anatomy and Physiology*. USA: Wm. C. Brown Publishers, s.282.
- Hultman, G., Nordin, M., Saraste, H., & Ohlsen, H. (1993). Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of MM erector spinae in men with and without low back pain. *Journal of Spinal Disorders* 6(2) , 114-123.
- Illingworth, J. A. (2011). *Muscle Structure&Function*. Mayıs 15, 2011 tarihinde <http://www.bmb.leeds.ac.uk/illingworth/muscle/top> adresinden alındı
- Jensen, B. R., Jørgensen, K., & Sjøgaard, G. (1994). The effect of prolonged isometric contractions on muscle fluid balance. *Eur J Appl Physiol* 69 , 439–444.
- Jensen, B. R., Jorgensen, K., Hargens, A., Nielsen, P. K., & Nicolaisen, T. (1999). Physiological Response to Submaximal Isometric Contractions of the Paravertebral Muscles. *Spine: Volume 24 - Issue 22* , 2332.
- Jorgensen, K. (1997). Human trunk extensor muscles physiology and ergonomics. *Acta Physiol Scand Suppl*;637 , 1-58.
- Jørgensen, K., & Nicolaisen, T. (1987). Trunk extensor endurance: Determination and relation to low-back trouble. *Ergonomics* 30 , 259-267.
- Jurell, K. C. (1998). Surface EMG and fatigue. *Phys Med Rehabil Clin N Am* , 9:933-47.
- Kankaanpää, M., Laaksonen, D., & Taimela, S. (1998). Age, sex, and body mass index as determinants of back and hip extensor fatigue in the isometric Sorensen back endurance test. *Arch Phys Med Rehabil* , 79:1069–1075.

- Kankaanpää, M., Simo, T., Webber, C. L., Airaksinen, O., & Hanninen, O. (1997). Lumbar paraspinal muscle fatigability in repetitive isoinertial loading: EMG spectral indices, Borg scale and endurance time. *Eur J Appl Physiol*, 76 , 236-242.
- Karatosun, H. (2003). *Antrenmanın Fizyolojik Temelleri*. Isparta: Tuğra Matbaası.
- Karp, J. R. (2001). Muscle Fiber Types and Training. *Strength and Conditioning Journal: Vol. 23, issue.5* , pp. 21–26.
- Karpovich, V. P., & Sinning, W. E. (1971). *Physiology of Muscular Activity. Seventh Edition*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Kashyap, G. (2002). Muscle Deoxygenation as a Determinant Static Back Muscle Endurance. *Yayınlanmamış doktora tezi* .
- Kell, R. T., & Bhambhani, Y. (2008). Relationship between erector spinae muscle oxygenation via in vivo near infrared spectroscopy and static endurance time in healthy males. *Eur J Appl Physiol*, 102 , 243–250.
- Kell, R. T., & Bhambhani, Y. (2006). Relationship between erector spinae static endurance and muscle oxygenation-blood volume changes in healthy and low back pain subjects. *Eur J Appl Physiol*. 96 , 241–248.
- Kell, R., & Bhambhani, Y. (2003). Cardiorespiratory & hemodynamic responses during repetitive incremental lifting & lowering in healthy males & female. *Eur J Appl Physiol*, 90: , 1–9.
- Kell, R., Mamdouh, F., & Yagesh, B. (2004). Reliability of erector spinae oxygenation and blood volume responses using near-infrared spectroscopy in healthy males. *Eur J Appl Physiol*, 91 , 499–507.
- Kell, R., Mamdouh, F., & Yagesh, B. (2004). Reliability of erector spinae oxygenation and blood volume responses using near-infrared spectroscopy in healthy males. *Eur J Appl Physiol* , 91: 499–507.
- Kirkendall, D. T. (1990). Mechanisms of peripheral fatigue. *Med. Sci. Sports Exerc*, 22(4) , 444-449.
- Konrad, P. (tarih yok). *The ABC of EMG. A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. 2 7, 2008 tarihinde <http://www.noraxon.com> adresinden alındı
- Koumantakis, G., Arnall, F., & Cooper, R. (2001). Paraspinal muscle EMG fatigue testing with two methods in healthy volunteers. Reliability in the context of clinical applications. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* , 16:263–266.
- Kumar, S. (2001). Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*, 44, , 17–47.

- Kumar, S., & Narayan, Y. (1998). Spectral parameters of trunk muscles during fatiguing isometric axial rotation in neutral posture. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8 , 257–267.
- Kumar, S., Fagarasanu, M., & Narayan, Y. (2006). Measures of localized spinal muscle fatigue. *Ergonomics*. Vol. 49(11) , 1092–1110.
- Kumar, S., Fagarasanu, M., Narayan, Y., & Prasad, N. (2006). Measures of localized spinal muscle fatigue. *Ergonomics* 49(11) , 1092–1110.
- Kuran, B. (2002). Kas İskelet Sistemi Testleri: Masnuel Kas Testi. *Aktüel Tıp Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, Mart* , ss:22.
- MacDonald, M., Tarnopolsky, M., Green, H., & Hughson, R. (1999). Comparison of femoral blood gases and muscle near-infrared spectroscopy at exercise onset in humans. *J Appl Physiol* 86(2) , 687-93.
- Maikala, R., & Bhambhani, Y. (2000). Low-back muscle oxygenation trends during simple postural variations-intersession reliability using near infra-red spectroscopy. *IEA2000/HFES Congress*, (s. 5–12).
- Mancini, D., Bolinger, L., & Li, L. (1994). Validation of near-infrared spectroscopy in humans. *J. Appl. Physiol.* 77 , 2740–2745.
- Mannion, A., & Dolan, P. (1994). Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue. *Spine* 19 , 1223–1229.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1994). *Essentials of Exercise Physiology*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology, Sixth Edition*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McGill, S., Hughson, R., & Parks, K. (2000). Lumbar erector spinae oxygenation during prolonged contractions: implications for prolonged work. *Ergonomics* 43 , 486–493.
- McKeon, M. D., Albert, W. J., & Nea, J. P. (2006). Assessment of neuromuscular and haemodynamic activity in individuals with and without chronic low back pain. *Dynamic Medicine*. 5 , 6.
- Merletti, R., Rainoldi, A., & Farina, D. (2001). Surface electromyography for non-invasive characterization of muscle. *Exerc. Sports Sci. Rev.* 29 , 20-25.
- Moffroid, M. T., Haugh, L. D., & Haig, A. J. (1993). Endurance training of trunk extensor muscles. *Phys Ther*, 73 , 10-17.
- Moffroid, M., Reid, S., Henry, S. M., Haugh, L. D., & Ricamato, A. (1994). Some Endurance Measures in Persons With Chronic Low Back Pain. *Journal of Orthopaedic & Sport Physical Therapy* , Volume 20(2). August.

- Moritani, T., Munro, M., & Takaishi, T. (1989). Electromyographic analysis of low back pain. *J. Sports Med. Sci.* 3 , 11-19.
- Moritani, T., Muro, M., & Oda, S. (1992). Myoelectric signal characteristic in lumbar back muscles during fatigue . *Int J Indust Erg*, 9 , 151-156.
- Morrison, F. T., & ark. (1977). *Human Physiology*. USA: Saunders Company.
- Murthy, G., Kahan, N., Hargens, A., & Rempel, D. (1997). Forearm muscle oxygenation decreases with low levels of voluntary contraction. *J Orthop Res* 15 , 507–511.
- Ng, J. F., Richardson, C. A., & Jull, G. A. (1997). Electromyographic amplitude and frequency changes in the iliocostalis lumborum and multifidus muscles during a trunk holding test. *Phys Ther.* 77: , 954-961.
- Ng, J. K., Richardson, C. A., Kippers, V., & Parnianpour, M. (1998). Relationship between muscle fiber composition and functional capacity of back muscles in healthy subjects and patients with back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27 , 389-402.
- Nilsen, T. (2005). *Selecting Athletes and Crews. Ed: Rowing Faster*. Human Kinetics.
- Pallant, J. (2007). *SPSS Survival Manual*,. Newyork: McGraw-Hill Education, p.239.
- Parent, A. (1996). *Carpenter's human neuroanatomy, 9th edition*. London: Williams & Wilkins.
- Pitcher, M. J., Behm, D. G., & MacKinng, S. N. (2007). Neuromuscular fatigue during a modified Biering-Sørensen test in subjects with and without low back pain. *Journal of Sports Science and Medicine* (6) , 549-559.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2003). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance, 2nd Edition*. Illinois : Pearson Education, Inc.
- Pollock, L. M., & ark. (1978). *Health and Fitness Through Physiology Activity*. New York: John Wiley Sons Publishers, pg: 57.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (1990). *Exercise Physiology. Theory and Application to Fitness and performance*. Iowa: Wm. C. Brown Publishers.
- Praagman, M., Veeger, H., Chadwick, E., Colier, W., & van der Helm, F. (2003). Muscle oxygen consumption, determined by NIRS, in relation to external force and EMG. *Journal of Biomechanics Volume 36, Issue 7* , 905-912.
- Quaresima, V., & Ferrari, M. (2002). More on the use of near-infrared spectroscopy to measure muscle oxygenation in humans. *Eur J Appl Physiol* 88(3) , 294-5.
- Ross, G. (1979). *Essentials of Human Physiology*. Chicago: Year Book Medical Publishers.

- Roth, W. P., Schwanitz, P. P., & Bauer, P. (1993). Force-Time Characteristics of the Rowing Stroke and Corresponding Physiological Muscle Adaptations. *Int J Sports Med* 14 (1) , 32-34.
- Rowell, L. B. (1986). Human circulation regulation during physical stress. *New York: Oxford University Press* , 213-328.
- Roy, S. H., & De Luca, C. J. (1996). Surface electromyographic assessment of low back pain . K. S. (Eds) içinde, *Electromyography in Ergonomics: Fundamentals, Applications and Case Studies* (s. 259-295). London: Taylor and Francis.
- Rudroff, T. (2010). *Kinesiological Fine Wire EMG; A practical introduction to fine wire EMG applications*. Ocak 5, 2010 tarihinde <http://www.noraxon.com> adresinden alındı
- Sako, T., Hamaoka, T., Higuchi, H., Kurosawa, Y., & Katsumura, T. (2001). Validity of NIR spectroscopy for quantitatively measuring muscle oxidative metabolic rate in exercise. *J Appl Physiol*, 90 , 338-344.
- Scott, W., Stevens, J., & Binder-Macleod, S. (2001). Scott Human skeletal muscle fiber type classifications. *Physical Therapy* , Vol. 81; No.11; November.
- Seiler, S. (1996). *Skeletal Muscle Fiber Type*. <http://home.hia.no/~stephens/fibtype2.htm> adresinden alınmıştır
- Sejersted, O. M., Hargens, A. R., Kardel, K. R., Blom, P., Jensen, Ø., & Hermansen, L. (1984). Intramuscular fluid press during isometric contraction of human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 56 , 287–295.
- Selkurt, E. E. (1982). *Basic Physiology for The Health Science* . Boston: Second Edition, Little, Brown and Company.
- Sirca, A., & Kostevc, V. (1985). The fibre type composition of thoracic and lumbar paravertebral muscles in man. *J Anat*;141 , 131-137.
- Sjogard, G. (1991). Role of exercise induced potassium fluxes underlying muscle fatigue: a brief review. *Can J Physiol Pharmacol* 69 , 238-245.
- Soderberg, G. L. (1992). *Recording techniques. In: Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: expert perspectives*. USA: DHHS (NIOSH) Publication.
- Søgaard, K., Orizio, C., & Sjøgaard, K. (2004). Surface mechanomyogram amplitude is not attenuated by intramuscular pressure. *Eur JAppl Physiol* , 1211-5.
- Sönmez, G. T. (2002). *Egzersiz ve Spor Fizyolojisi* . Bolu: Ata ofset Matbaacılık.
- Sparto, P. J., Parnianpour, M., Reinsel, T. E., & Simon, S. (1997). The effect of fatigue on multijoint kinematics and load sharing during a repetitive lifting test. *Spine* 22(22) , 2647-2654.

- Stegeman, D. F., Blok, J. M., Hermens, H. J., & Roeleveld, K. (2000). Surface EMG Model Properties and Application. *J. Electromyogr Kinesiol*, 10(9): , 313-326.
- Steinacker, J. M., & Secher, H. N. (1993). Advances in Physiology and Biomechanics of Rowing. *Int. J Sports Med. Vol 14* , 1-2.
- Şayli, Ö. (2009). Accuracy improvements of NIRS and investigation of muscle oxidative metabolism. *[Doktora Tezi], Boğaziçi Üniversitesi* , (Danışman: Doç. Dr. Ata Akın).
- Şayli, Ö., Biçer, B., Uzun, S., Pelvan, O., Akın, A., & Çotuk, B. (2011). Yakın Kızılaltı Spektroskopisi ve Yüzeysel Elektromiyografi Kullanarak Kas Yorgunluğunun İncelenmesi Çalışmaları. *MÜSBED*, 1(1) , 17-25.
- Şayli, Ö., Uzun, S., Akın, A., & Çotuk, B. (2007). *Emgaly 1:Grafik Kullanıcı Ara Yüzlü Yüzeysel Elektromiyografi İnceleme Yazılımı*, . İstanbul: Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (Biyomut) Bildiri Kitabı, 22-23 Mayıs.
- Taelman, J., Vanderhaegen, J., Robijns, M., Naeyaert, G., Spaepen, A., & Huffel, S. V. (2011, Temmuz 5). *Estimation of Muscle Fatigue using Surface Electromyography and Near-infrared Spectroscopy*. Temmuz 5, 2011 tarihinde [ftp://ftp.esat.kuleuven.ac.be/pub/SISTA/jtaelman/reports/09_](http://ftp.esat.kuleuven.ac.be/pub/SISTA/jtaelman/reports/09_) adresinden alındı
- Tamarkin, D. A. (2003). *Anatomy and Physiology I & II*, . <http://distance.stcc.edu/AandP/AP/AP1pages/unit9/typesof.htm> adresinden alınmıştır
- Tanaka, T. H., Leisman, G., Mori, H., & Nishijo, K. (2002). The effect of massage on localized lumbar muscle fatigue. *BMC Complementary and Alternative Medicine* , 2:9.
- Thorstensson, A., & Carlson, H. (1987). Fibre types in human lumbar back muscles. *Acta Physiol Scand*,131(2) , 195-202.
- Tortora, J. G., & Anagnostakes, N. P. (1975). *Principles of Anatomy and Physiology*. New York: Harper&Row Publishers, pg.182.
- Ünal, M. (2007). Kardiyovasküler Sistemin Egzersize Akut Adaptasyonu. *Genel Tıp Dergisi*;17 (Ek) , 12.
- van Beekvelt, M., Colier, W., Wevers, R., & van Engelen, B. (2001). Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local O₂ consumption and blood flow in skeletal muscle. *J. Apply Physiology* , 511-519.
- Van Dieën, J., Toussaint, H., Thissen, C., & Van Deven, A. (1993). Spectral analysis of erector spinae EMG during intermittent isometric fatiguing exercise. *Ergonomics*, 36 , 407–414.
- Villringer, A., & Chance, B. (1997). Non-invasive optical spectroscopy and imaging of human brain function. *Trends Neurosci* 20(10) , 435-42.

- Vøllestad, N. K. (1997). Measurement of human muscle fatigue. *Journal of Neuroscience Methods*, 74 , 219–227.
- Vonder, J. A., & ark. (1985). *Human Physiology <The Mechanisms of Body Function>*. New York: Vonder, J. Arthur. and et al. Human Physiolo Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company.
- Vural, F., & ark. (1994). *Anatomi Atlası*. İstanbul: Birol Basın Yayın Dağıtım ve Ticaret Aş, s.78.
- Wilmore, J. H., & Costil, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*,. Hong Kong: Human Kinetics.
- Woods, J. J., Furbush, F., & Bigland-Ritchie, B. (1987). Evidence for a fatigue-induced reflex inhibition of motoneuron firing rates. *J Neurophysiol* 58, , 125–137.
- Yakar, K. (2002). *Fizyoloji*. . Ankara: 4. baskı, Nobel Yayın Dağıtım.
- Yamada, E., Kusaka, T., Arima, N., Isobe, K., Yamamoto, T., & Itoh, S. (2008). Relationship between muscle oxygenation and electromyography activity during sustained isometric contraction. *Clin Physiol Funct Imaging*, 28 , 216–221.
- Yamada, E., Kusaka, T., Miyamoto, K., Tanaka, S., Morita, s., Tanaka, S., et al. (2003). Relationships between Changes in Oxygenation during Exercise and Recovery in Trained Athletes. *Optical Review*, 10(5) , 436-439.
- Yamaji, S., Demura, S., Nagasawa, Y., & Nakada, M. (2004). Relationships between decreasing force and muscle oxygenation kinetics during sustained static gripping. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.* , 23(2), 41-47.
- Yoshitake, Y., Ue, H., Miyazaki, M., & Moritani, T. (2001). Assessment of lower-back muscle fatigue using electromyography, mechanomyography, and near-infrared spectroscopy. *Eur J Appl Physiol*, 84 , 174–179.
- Zambak, Ş. (2010). *Kassal Yorgunluğun Mekanizması*. Ocak 5, 2010 tarihinde <http://www.atletik.org/ABTD-makaleler/makale-abtd0326-sayi41-sayfa5-kassal.htm> adresinden alındı

7. EKLER

EK 1. DENEK BİLGİLENDİRME FORMU

“Sporcularda Erector Spinae Kas Yorgunluğunun İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi ve Yüzeysel Elektromiyografi ile Değerlendirilmesi” adlı bu araştırmaya gönüllü katılımınız istenmektedir.

Araştırmamız şu aşamaları içermektedir. İlk olarak çalışmanın içeriği ile ilgili açıklama yapılacak ve test prosedürü deneklere kısaca açıklanacaktır. kişinin boy, kilo ve ölçüm yapılacak bölgenin deri yağ kalınlığı ölçülecektir. Biering-Sorensen kas dayanıklılık (BSME) testini uygulamak üzere sehpanın üstüne yüzüstü uzanılacaktır. Daha sonra erektor spinae kasının üzerine İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi ve Elektromiyografi elektrotları yerleştirilecektir. Yüzüstü pozisyonda dinlenme durumunda iki dakikalık dinlenik değerler alındıktan sonra deneğin üst gövdesinin dayanağı kaldırılarak deneğin yere paralel durması (dayanabildiği kadar) istenecek ve sonrasında 4 dakikalık toparlanma verileri kaydedilecektir. Bu ölçümlerle eş zamanlı olarak kalp atım hızları kaydedilecektir.

Tüm ölçüm prosedürü uzmanlar tarafından yapılacak ve antrenman süreci boyunca denekler hekim kontrolü altında olacaktır.

Bu çalışmaya katılacak deneklerden herhangi bir ücret talep edilmeyecek ve herhangi bir ücret ödenmeyecektir. Araştırmaya katılacak deneklerin kişisel bilgileri saklı tutulacaktır. İstenildiği takdirde kişisel değerlendirmeler deneklerin kendilerine rapor halinde verilecektir.

Bu araştırma sonunda elde edilecek bilgiler ile statik bir kas kasılması sırasında bel kaslarının dayanıklılık zamanı elde edilecektir. Ayrıca bu kas grubunun oksijenlemesi ve elektrik aktivitesi hakkında fikir sahibi olacaksınız.

EK 2. DENEK İZİN FORMU

Bu formun ekindeki “*Sporcularda Erector Spinae Kas Yorgunluğunun İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi ve Yüzeysel Elektromiyografi ile Değerlendirilmesi*” adlı araştırmayı tamamen okudum ve anladım.

Bana verilen bilgiler ışığında bu araştırmanın güvenilir bir yöntem olduğuna, vücutta herhangi bir probleme yol açmadığına ve test süresince tüm güvenlik ve koruyucu önlemlerin alındığına ikna oldum.

Bu bilgiler doğrultusunda herhangi bir baskıya maruz kalmadan tamamen kendi isteğimle ekte belirtilen projeye gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum.

Deneğin:

Adı Soyadı:

Yaşı:

Adresi:

İmzası:

Tanığın:

Adı Soyadı:

Yaşı:

Adresi:

İmzası:

Doktor
Kaşe İmza

EK 3. ETİK KURUL RAPORU



MARMARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA ETİK KURULU

Sayı : B.30.2.MAR.0.01.02/AEK/554
Konu :

05.09.2008

Sayın Prof.Dr. Birol ÇOTUK

MAR-YÇ-2008-0156 protokol nolu “ Sporcularda erector spinae kas yorgunluğunun işlevsel yakın kızılötesi spektroskopi ve yüzeysel elektromiyografi ile değerlendirilmesi ” isimli projeniz Fakültemiz Araştırma Etik Kurulu tarafından incelenerek onaylanmıştır.

Prof. Dr. Haner DİRESKENELİ
Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Araştırma Etik Kurul Başkanı

EK 4. KURUM İZİN FORMU



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Spor Bilimleri ve Sporcu Sağlığı
Araştırma ve Uygulama Merkezi



Sayı : 08

Tarih : 04/03/2008

Konu: Doktora tez çalışması izin yazısı

Sayın Arş. Gör. Bilal BİÇER,

Doktora tez çalışmanız sırasında gerekli olan testlerin yapılması ve gerekli malzemelerin kullanımı için vermiş olduğunuz dilekçeniz uygun görülmüştür. Testler için sporcu sayısı, yaş grubu, branş ve tercih ettiğiniz gün ve saatleri bildirmeniz durumunda uygun test programı hazırlanacaktır.

Çalışmanızda başarılar dileriz.

Prof. Dr. Mustafa KARAHAN
SBSAM Müdürü

EK 5. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Bilal	Soyadı	BİÇER
Doğum Yeri	Antakya	Doğum Tarihi	23.02.1976
Uyruğu	Türkiye Cumhuriyeti	TC Kimlik No	20513026212
E-mail	bilal.bicer@marmara.edu.tr	Tel	533 4104101

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Yüksek Lisans	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2004
Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi	2000
Lise	Antakya Merkez Lisesi	1992

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1. Araştırma Görevlisi	Marmara Üniversitesi	2005-devam
2. Araştırma Görevlisi	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2001-2004
3. Araştırma Görevlisi	Mustafa Kemal Üniversitesi	2000-2001

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	Zayıf	Orta

* Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

Yabancı Dil Sınav Notu #								
KPDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	52.50							

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	Çok iyi
SPSS	Çok iyi