

69151

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

FARKLI DOZLARDA SODYUM BİKARBONAT ALIMININ
ANAEROBİK PERFORMANSA ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan

İbrahim CİCİOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Kemal TAMER

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN MERKEZİ

ANKARA - 1998

T.C.
GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF MEDICAL SCIENCES
PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS DEPARTMENT

**THE EFFECT OF SODIUM BICARBONATE INGESTION IN
DIFFERENT DOSAGES ON ANAEROBIC PERFORMANCE**

DOCTORAL DISSERTATION

BY

İbrahim CİCİOĞLU

ADVISOR

Prof. Dr. Kemal TAMER

ANKARA - 1998

İÇİNDEKİLER

İçindekiler.....	i
Tablolar Listesi.....	iii
Grafikler Listesi.....	iv
Şekiller Listesi.....	v
Kısaltmalar	vi
Teşekkür	vii
I. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
II. GENEL BİLGİLER.....	4
1. EGZERSİZDE ANAEROBİK ENERJİ KAYNAKLARI	4
1.1. ATP-PC (Fosfojen) Sistem.....	6
1.2. Laktik Asit sistem (Anaerobik Glikoliz).....	8
1.2.1. Laktik Asit Üretimi ve Anaerobik Eşik	12
2. ORGANİZMADAKİ TAMPON SİSTEMLER	17
2.1. Asit-Baz Dengesi	17
2.2. Tampon Sistemler	21
2.2.1. Sodyum Bikarbonat (Bikarbonat) Alımı ve Alkalozis.....	31
2.2.1.1. Sodyum	31
2.2.1.2. Bikarbonat (HCO_3^-)	31
2.2.1.3. Sodyum-Bikarbonat İlişkisi	32
2.2.1.4. Sodyum Bikarbonatın Kullanımı ve Yan Etkileri...32	
3. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	33

III. MATERYAL VE METOD.....	58
1. MATERYAL.....	58
1.1. Kullanılan Denekler.....	58
1.2. Kullanılan Araçlar	58
2. METOD	59
2.1. Maksimum Oksijen Tüketiminin (Maks VO ₂) Belirlenmesi.....	59
2.2. Egzersiz Protokolü.....	59
2.3. Sodyum Bikarbonatın ve Plasebonun Deneklere Verilmesi.....	60
2.4. Kan Örneklerinin Alınması	60
2.5. Kan Analizi.....	61
2.6. İstatistiksel Analiz.....	61
IV. BULGULAR	62
1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri	62
2. Performans Zamanı	63
3. HCO ₃ Konsantrasyonu	64
4. Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu.....	70
5. pH Konsantrasyonu	73
V. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	77
VI. ÖNERİLER.....	83
VII. ÖZET.....	84
VIII. SUMMARY	85
IX. KAYNAKLAR.....	88
X. EKLER	102

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1:	Vücutta Fosfojen (ATP-PC) Sistemden Elde Edilen Tahmini Enerji Miktarı	7
Tablo 2:	Vücutta Anaerobik Glikolizden Elde Edilen Tahmini Enerji Miktarı	12
Tablo 3:	Performans Zamanı Değerleri.....	63
Tablo 4:	Madde Almadan Önceki HCO_3^- Konsantrasyonu.....	64
Tablo 5:	Egzersiz Öncesi HCO_3^- Konsantrasyonu (Madde Alımından 2 Saat Sonra)	65
Tablo 6:	Egzersiz Sonrası HCO_3^- Konsantrasyonu	66
Tablo 7:	Plasebo Denemesindeki HCO_3^- Konsantrasyonu.....	67
Tablo 8:	0.25 gr/kg NaHCO_3 Alınan denemedeki (D_1) HCO_3^- Konsantrasyonu.....	68
Tablo 9:	0.35 gr/kg NaHCO_3 Alınan denemedeki (D_2) HCO_3^- Konsantrasyonu.....	69
Tablo 10:	Egzersiz Öncesi Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu.....	70
Tablo 11:	Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu	71
Tablo 12:	Egzersiz Sonrası En Yüksek HLA Konsantrasyonu.....	72
Tablo 13:	Egzersiz Öncesi pH	73
Tablo 14:	Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki pH.....	74
Tablo 15:	Egzersiz Sonrası En Yüksek pH	75
Tablo 16:	Denemelerin Kendi Aralarındaki HCO_3^- , pH ve HLA Konsantrasyonları.....	76

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Kan Laktat Konsantrasyonu ve Maks VO ₂ İlişkisi	13
Grafik 2: Üç Farklı Denemedeki Performans Zamanı Değerleri	63
Grafik 3: Madde Alımından Önceki HCO ₃ ⁻ Konsantrasyonu.....	64
Grafik 4: Egzersiz Öncesi HCO ₃ ⁻ Konsantrasyonu (Madde Alımından 2 Saat Sonra)	65
Grafik 5: Egzersiz Sonrası HCO ₃ ⁻ Konsantrasyonu	66
Grafik 6: Plasebo Denemesindeki HCO ₃ ⁻ Konsantrasyonu.....	67
Grafik 7: 0.25 gr/kg NaHCO ₃ Alınan Denemedeki (D ₁) HCO ₃ ⁻ Konsantrasyonu.....	68
Grafik 8: 0.35 gr/kg NaHCO ₃ Alınan Denemedeki (D ₂) HCO ₃ ⁻ Konsantrasyonu.....	69
Grafik 9: Egzersiz Öncesi Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu.....	70
Grafik 10: Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu	71
Grafik 11: Egzersiz Sonrası En Yüksek HLA Konsantrasyonu.....	72
Grafik 12: Egzersiz Öncesi pH	73
Grafik 13: Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki pH.....	74
Grafik 14: Egzersiz Sonrası En Yüksek pH	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: ATP'den Enerji Oluşumu	5
Şekil 2: Çifte Reaksiyonlar	6
Şekil 3: Anaerobik Glikoliz	9
Şekil 4: Anaerobik Glikoliz	11
Şekil 5: Kanın pH Düzeyleri.....	17
Şekil 6: Asidozis Türleri, Nedenleri ve Düzeltmeleri.....	20
Şekil 7: Alkalozis Türleri, Nedenleri ve Düzeltmeleri.....	21
Şekil 8: Solunuma Bağlı Asidozis'in Düzeltilmesi.....	28
Şekil 9: Vücut Sıvılarındaki pH'ın Düzeltilmesi İçin Böbrek Mekanizması.....	29

KISALTMALAR

HCO_3^-	: Bikarbonat
NaHCO_3	: Sodyum Bikarbonat
pH	: Hidrojen veya Hidroksil Konsantrasyonu (Asit-Baz Dengesi)
pK	: Asidin yarı yarıya nötralize edildiği ve eşit miktarda asit ve tuzun bulunduğu zamanki pH derecesi
Maks VO_2	: Maksimum Oksijen Tüketimi
HLa	: Laktik Asit
ATP	: Adenozintrifosfat
log	: Logaritma
H^+	: Hidrojen iyonu
dk	: Dakika
sn	: Saniye
D ₁	: 0.25 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO_3 Alınan Deneme
D ₂	: 0.35 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO_3 Alınan Deneme

TEŞEKKÜR

Bikarbonat alımının anaerobik performansa etkisinin araştırıldığı bu çalışmamda bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Kemal Tamer'e, Gazi Üniversitesi Tıp Fakóltesi Biyokimya Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Cemal Çevik'e, Sayın Dr. Ersel Düzgün'e ve araştırmamı proje bazında maddi olarak destekleyen Gazi Üniversitesi Rektörlüğü ve Araştırma Fon Saymanlığı yöneticilerine teşekkür ederim.



I. GİRİŞ VE AMAÇ

Kısa süreli maksimal şiddetteki egzersizlerde enerjinin büyük bir miktarı anaerobik glikoliz yolu ile açığa çıkmaktadır (2,24,92). Enerjinin bu şekilde meydana gelmesi, hücre içinde fazla miktarda metabolik artık oluşturmasına neden olur. Bu ise enerji oluşumunun sürekliliğini engellemektedir (12,32,92). Fakat egzersizin devam edebilmesi için enerji oluşumunun egzersizin şiddetine cevap verebilmesi gerekir ki, bu da metabolik artıkların ortamdaki uzaklaşmasıyla gerçekleşir. Metabolik artıkların ortamdaki uzaklaşması ancak bu ürünlerin birbiriyle kimyasal bir reaksiyona girerek laktik asit (HLA) oluşturmasıyla mümkündür. Laktik asit, bir yerde metabolik artıkları ortamdaki uzaklaştıran bir çeşit lavabo deliği gibi görev yapar (32). Fakat laktik asit kas zehiri olarak adlandırılan ve fazla hidrojen yoğunluğuna sahip kimyasal bir maddedir. Bu özelliği ile artan laktik asit miktarı kan ve hücrenin pH düzeyini düşürmekte ve kasılan aktif elemanlar (aktin-miyozin)'in etkileşmesini engelleyici rol oynamaktadır. Bu da yorgunluk olarak ifade edilir ki, bir süre sonra egzersizin durdurulması kaçınılmaz olur (2,12,32).

Yoğun egzersizde, adenosin trifosfatın (ATP) parçalanması resentezinden daha hızlı oranda meydana gelmektedir. Bundan dolayı anaerobik çalışmanın enerji gereksinimi, aerobik olarak enerji sağlanmasından daha ziyade bu şekildedir. Anaerobik glikoliz'in enerjik olarak verimi az olmasına rağmen, yüksek oranda glikoliz sonucu çok miktarda laktik asit üretimi ile birlikte kas ve kan asitliği artar (pH düşer). Laktik asidin birikmesi hücre içi ve dışında hidrojen iyon (H^+) konsantrasyonunun yükselmesi sonucudur (56). Anaerobik egzersizde

yorgunluğun en büyük nedeninin H^+ konsantrasyonunun artması olduğu yıllardır savunulmaktadır (38,42,53). Bilinmektedir ki H^+ glikolitik enzimler, kısmen fosfofruktokinaz salınımlında inhibe edici özelliğe sahiptir (14,20,82,91).

Yüksek yoğunluktaki fiziksel egzersiz açık olarak metabolik asidoza neden olmaktadır (41). PH'm düşmesi kasılma mekanizmasını olumsuz etkilemektedir. Düşük pH'da kalsiyum (Ca^{++}) iyonunun sarkoplazmik retikulumdan salınması ve troponine bağlanması engellenmektedir (20,23,41). Bu pH'm kritik bir sınırlayıcı faktör olduğunun delili olarak kabul edilmektedir. İntrasellüler (hücre içi) pH'da küçük değişikliklerin bile hücrelerde kimyasal reaksiyonların oranlarında değişiklikler yapabileceği bilinmektedir (41).

Egzersizin aynı şiddette devam etmesi için vücutta yoğunlaşan hidrojen iyonlarını ve dolayısıyla laktik asiti (HLA) ortamdan uzaklaştıran bir kaç tampon sistem mevcuttur (24,32,50). Tamponlardan bazıları kas fibrillerinde mevcuttur ve proteinler, fosfatlar, bikarbonat (HCO_3^-), bazı aminoasitler ve peptitleri içermektedir. Fakat, en büyük tamponlama kapasitesi kan ve extrasellüler (hücre dışı) sıvıda HCO_3^-/CO_2 sistemi ile sağlanmaktadır (6). Bir maddenin tamponlama gücü direkt olarak onun konsantrasyonu ile orantılıdır (35). Bu nedenle tampon konsantrasyonu arttırılırsa, metabolik asitleri nötralize etme kapasitesi de fazlalaşacaktır.

Bikarbonat iyonu (HCO_3^-) hücre içi ve dışında, kan ve iskelet kasında asit-baz dengesi bozulmalarını engelleyen etkili bir doğal tamponlayıcı olarak

bilinmektedir. Yorucu egzersiz sırasında tamponlama kapasitesinin % 15-18'i bikarbonat sistemine bağlanır (87). Extrasellüler (hücre dışı) tampon kapasitesi arttığında hücrelerden laktat ve H^+ çıkışı hızlanmaktadır (44,67,71,73). H^+ birikiminin azalması muhtemelen performansı bir miktar arttıracaktır. Bu nedenle vücudun tampon kapasitesini artırarak metabolik asidozu kompanse etmek, pH'daki azalmayı önlemek ve yorgunluk başlangıcını erteleyebilmek için daha çok ağızdan alınan maddelerden sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) yükleme önerilmektedir (44,67).

Ergojenikler sporda performansı, tepki zamanı ve dayanıklılığı mevcut kapasitenin üzerinde gerçekleştirmek amacıyla başvuru organik ve inorganik yapı ve malzemelerdir. Bu yapı ve malzemeler, kas fibrillerine doğrudan etki etme, kas kasılması için ilave yakıt sağlama, kalp ve dolaşım sistemini etkileme, yorgunluk ürünlerine karşı etki göstererek yorgunluğu geciktirme ve performansın en iyi gerçekleşmesine yönelik bir takım avantajlar sağlamak şeklinde sporcular üzerinde çeşitli etkilere sahiptirler. Farmakolojik ergojen olarak sınıflandırılan Sodyum-Bikarbonat ($NaHCO_3$) alımı sporcuyu egzersiz öncesi metabolik alkalozaya sokarak H^+ iyonlarını ortamdaki uzaklaştırmak suretiyle yorgunluğu geciktirmek dolayısıyla sporcunun performansını arttırmak amacıyla alınan ve illegal bir doping maddesi olarak kabul edilmeyen bir maddedir.

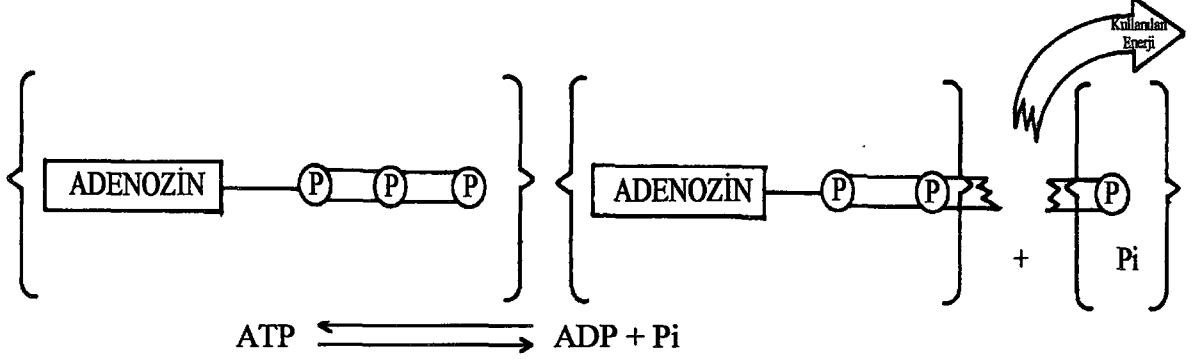
Bütün bu bilgilerin ışığında, yapılan çalışmanın amacı farklı dozlarda verilen $NaHCO_3$ 'ün maks VO_2 'nin % 125'i ile yapılan supramaksimal egzersiz performansına ve kan pH, HLa ve HCO_3^- seviyesine etkisini araştırmaktır.

II. GENEL BİLGİLER

1. EGZERSİZDE ANAEROBİK ENERJİ KAYNAKLARI

İnsan vücudu tüm istemli ve istemsiz hareketleri için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Yürümeden koşmaya, konuşmaktan çalışmaya ve tüm iç organlarımızın çalışmasına kadar herşeyde enerjiye ihtiyaç vardır. Enerjinin 6 şekli vardır; (1) kimyasal, (2) mekanik, (3) ısı, (4) ışık, (5) elektrik ve (6) nükleer enerjidir. Herbiri diğerine çevrilebilir. Burada önemli olan kimyasal enerjinin mekanik enerjiye çevrilmesidir. İnsan hareketinin kaynağı olan kimyasal enerji, üç temel besin grubu, karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerden sağlanmaktadır. İnsan vücudunda hücreye ulaşmadan önce, bütün karbonhidratlar glikoza, bütün proteinler amino asitlere ve bütün yağlar yağ asitlerine parçalanmaktadır (3,24,59,76).

Diğer bir deyişle, enerji iş yapabilme kapasitesidir. İş ise bir yol boyunca uygulanan kuvvettir (25). Sportif açıdan vücudun iş yapabilme yeteneği, enerjiyi mekanik kullanıma çevirebilmesi ile ilgilidir. Bu enerji hareketin ortaya konulmasında görevli birimler olan kas hücrelerinde depolanmış durumda bulunan ATP (adenozintrifosfat) moleküllerinin parçalanması ile açığa çıkmaktadır (3,24,59). ATP'nin üç fosfat (P) bağından biri bu bileşimden ayrıldığı zaman (Pi, inorganik fosfat), kasılma için gerekli enerji sağlanmış olmaktadır (Şekil 1).

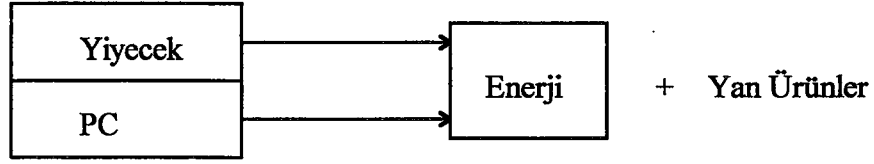


Şekil 1. ATP'den Enerji Oluşumu (24).

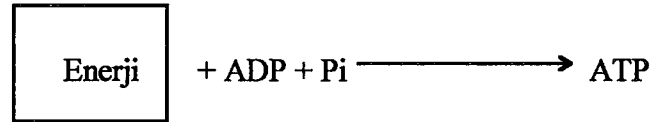
Yukarıda (Şekil 1) ATP'nin basit yapısı görülmektedir. İki fosfat arasında bulunan yüksek enerji bağından birisi koparak diğer moleküllerden ayrıldığı zaman 7000 ile 12000 kalorilik enerji açığa çıkar ve adenzindifosfat (ADP), bir serbest fosfat (Pi) ve kas hücrelerinin iş yapabilmeleri için kullandığı enerji açığa çıkar (3,24,59).

Kas kasılması için gerekli (tek) enerji olan ATP akıllara şu soruyu getiriyor. Bu önemli enerji bir kas hücresine nasıl sağlanır? Bu olay üç şekilde gerçekleşir. Kimyasal açıdan en basit ATP-PC (fosfojen) sistemidir. Bu sadece bir ögenin, fosfokreatinin (PC) parçalanmasıdır. Diğer iki sistem (laktik asit sistem ve oksijen sistem) ise besin maddelerinin parçalanması sonunda ATP'nin oluşumunu sağlayan esas enerji kaynaklarının komple kimyasal reaksiyonlarını kapsar. Bu üç sistem için gerekli olan enerji aynı reaksiyon zincirinde çalışır. Besin maddelerinin parçalanmasıyla açığa çıkan enerji ve PC'nin parçalanmasıyla serbest bırakılan enerji ATP'nin resentezi için kullanılır ve bu iki kimyasal reaksiyona "çifte reaksiyonlar" denir (24,70).

A.



B.

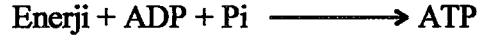
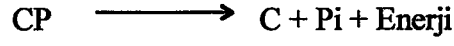
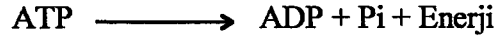


Şekil 2. Çifte Reaksiyonlar (24,70)

Bu çalışmada üzerinde ağırlıklı olarak durulacak olan Anaerobik Metabolizma oksijensiz ortamda vücut içerisinde oluşan kimyasal olaylar zinciri anlamındadır ve bu metabolizmada ATP üretimi söz konusudur (24). 1967'de Margaria ve arkadaşları ilk defa anaerobik metabolizmayı iki şekilde ifade etmişlerdir. Bunlar ATP-PC (fosfojen veya alaktik) safha ve Laktik Asit safhadır (3,4,22,59,70,76).

1.1. ATP-PC (Fosfojen) Sistem

Düşük yada yüksek şiddetteki egzersizlerin başlangıcında kullanılan enerji, depolanmış olan fosfatlardan (ATP ve PC) sağlanmaktadır. Bunlar kas kasılması için acil enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (3,4,59,70). Kas kasılması için gerekli olan ilk enerji stoplazmada bulunan ATP'den sağlanmaktadır. Hücrelerdeki ATP'nin % 80'i mitokondrilerde, % 20'si ise stoplazmada depo edilmektedir (36).



Kasta kısıtlı miktarda ATP bulunması nedeniyle (Tablo 1) yüksek şiddette fiziksel aktivitenin başlamasıyla ATP çok kısa sürede tüketilmektedir. Yukarıdaki formülde verildiği gibi CP (kreatin fosfat), C (kreatin) ve P (fosfat) olarak parçalanarak enerji açığa çıkmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda açığa çıkan enerji ATP'ı yeniden sentezlemek (ADP'ı ATP'a çevirmek) amacı ile kullanılır (3,7).

Tablo 1. Vücutta Fosfojen (ATP-PC) Sistemden Tahmini Elde Edilecek Enerji Miktarı (24)

	ATP	PC	Toplam Fosfojen (ATP-PC)
1- Kas Kasılması			
a- mM/kg kas*	4 - 6	15 - 17	19 - 23
b- mM/kg toplam kas kütlesi**	120 - 180	450 - 510	570 - 690
2- Enerji***			
a- kcal/kg kas	0.04 - 0.06	0.15 - 0.17	0.19 - 0.23
b- kcal toplam kas kütlesi	1.2 - 1.8	4.5 - 5.1	5.7 - 6.9

* Veriler Hultman ve Karlson'dan alınmıştır.

** 70 kg erkekte ve 30 kg kas olduğu varsayılmıştır.

*** 1 mol ATP'nin 10 kcal verdiği varsayılmıştır.

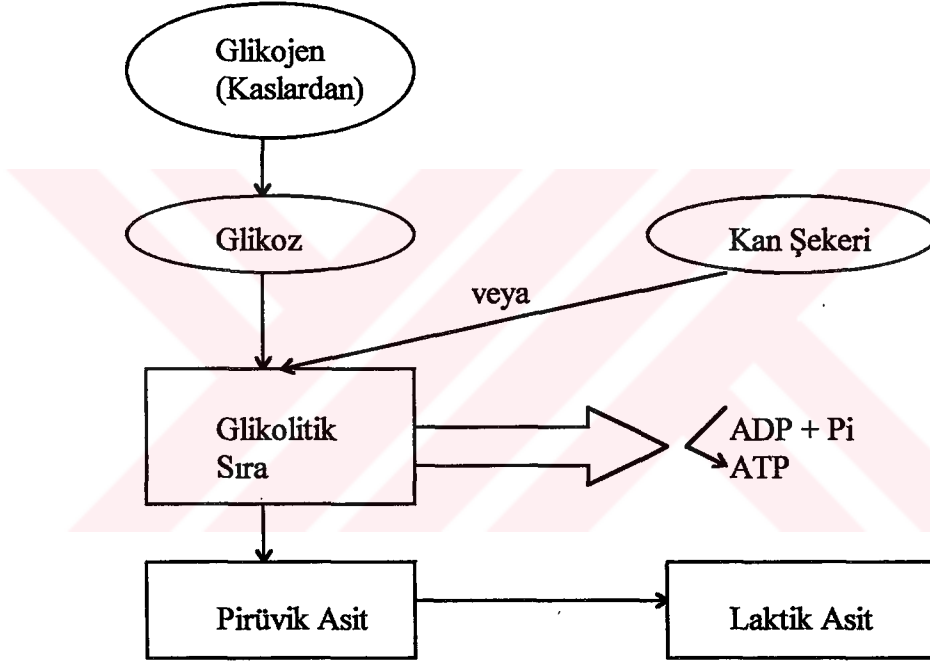
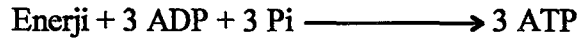
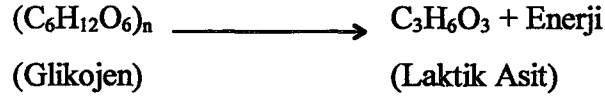
Fosfojen sistem yolu ile enerji oluşumunda HLa birikimi söz konusu değildir (3,70). Bu sistem çoğunlukla 100 m koşu, 25 m yüzme, dalma, kayakla atlama, atletizmde atma, atlama branşları, cimnastikte atlama beygiri, halter gibi sürat ve patlayıcılık gerektiren aktivitelerde başlıca enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Hemen hemen tüm spor dallarında performans sırasında kısa bir maksimal efor gerekmektedir (55,70). Bununla birlikte, yüksek şiddetteki egzersizi devam ettirebilme, ATP'nin yeniden oluşumu ve efordan sonra kendini toparlamak için ek enerji üretilmelidir (3).

1.2. Laktik Asit Sistem (Anaerobik Glikoliz)

Bir kaç saniyelik efordan sonra gerekli olan enerjinin büyük bir bölümü glikoliz reaksiyonundan temin edilmektedir. Anaerobik glikoliz reaksiyonlar zinciri ile de ATP'nin yeniden sentezi yapılmaktadır (3,70). Bu anaerobik enerji oluşumu yolunda ikinci safha olan anaerobik glikolizde laktik asit sistem diye adlandırılmaktadır. 8-10 sn.'den daha uzun süreli ve yüksek yoğunluktaki egzersizde, oksijen ileti sisteminin yetersiz kaldığı aktivitelerde, oksijen mitokondride yetersiz veya eksik olduğundan, glikozun hücre için oksidasyonu yapılamamaktadır. Bu durumda, glikolizle hücrelere azda olsa bir miktar enerji sağlanabilmektedir (36,70).

Kasın anaerobik glikoliz için kullandığı enerji kaynağı glikojendir. Vücutta bütün karbonhidratlar glikoza çevrilmekte ve bir kısmı hemen kullanılmakta, bir kısmı da karaciğerde ve kasta depolanmaktadır (Şekil 3) (3,24,47).

LA sisteminde, glikojen parçalanarak ADP'den ATP'nin oluşması için gerekli enerji ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3. Anaerobik Glikoliz (24)

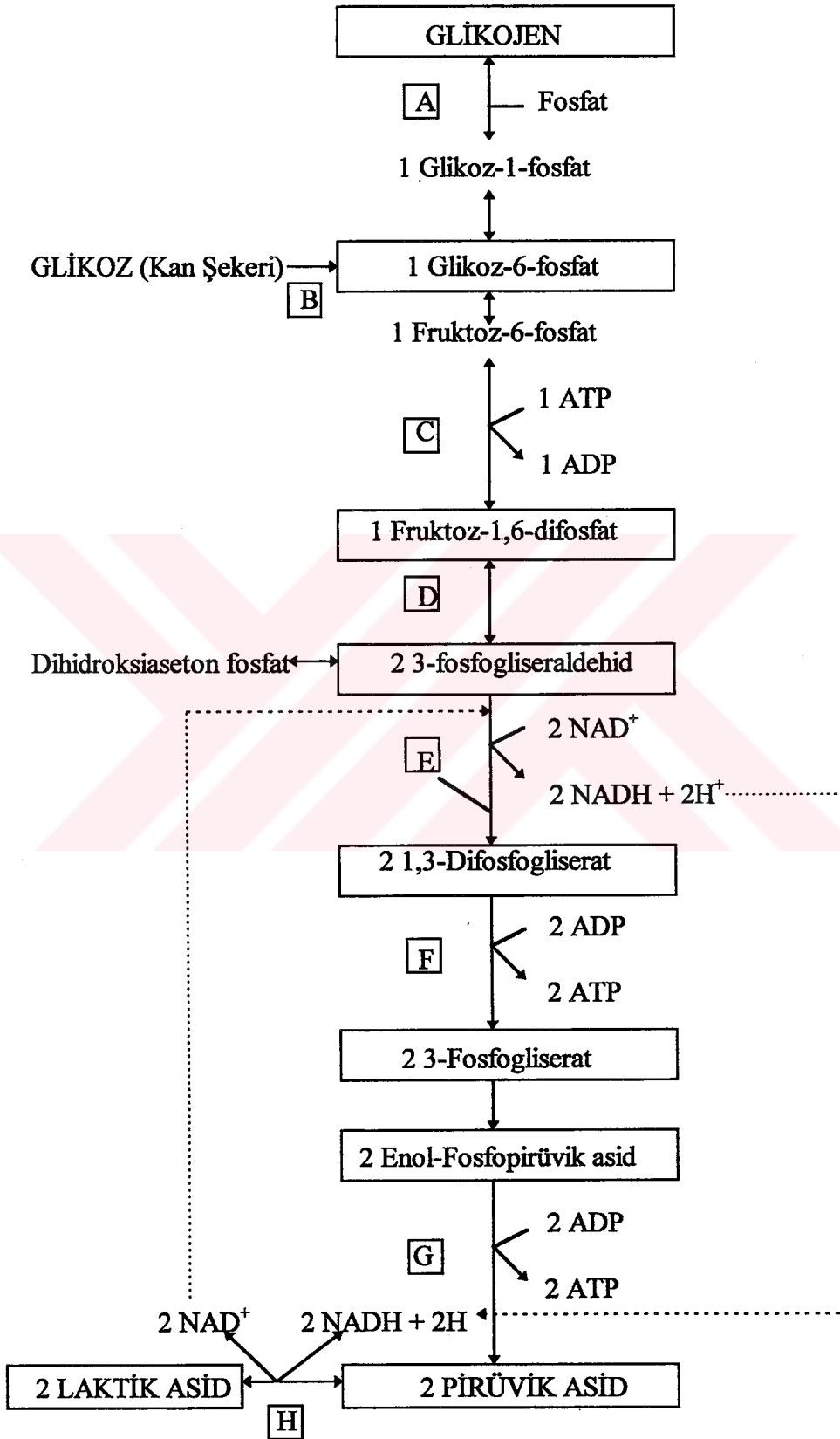
Glikoliz serisinde bilinen 12 reaksiyondan herbiri özel bir enzim gerektirmektedir. Bu enzimlerden en önemlisi PFK (fosfofruktokinaz)'dır. Diğer kontrol enzimleri ise hexokinaz, piruvatkinaz ve laktik dehidrogenazdır. Glikojenin parçalanmasıyla ortaya Glikoz-6-fosfat çıkmaktadır. Glikoz-6-fosfat enzimlerin katılımıyla pirüvik aside dönüşmektedir. Pirüvik aside dönüşürken ortaya çıkan H⁺'ni NAD (nicotinamid-adenin-dinükleotit) yüklenmektedir (Şekil 3). Böylece hem pirüvik asit hem de NADH₂ mitokondri içine girmeye çalışırlar. Mitokondri

içerisinde yeteri kadar O_2 bulunmadığı için $NADH_2$ 'nin H^+ i solunum zincirinde O_2 ile birleşemeyince geri tepme olayı olmakta ve $NADH_2$ mitokondri dışında kalarak H^+ nini bu yolda kullanamamaktadır. Diğer taraftan pirüvik asid mitokondri içerisindeki Krebs siklüsüne girip O_2 'li yolla değişik basamaklarda oksidasyona uğrayamaz. Böylece pirüvik asid $NADH_2$ 'nin H^+ nini kabul ederek NAD 'yi serbest bırakırken laktik aside dönüşmektedir (59,64,70,90).

Laktik asidin hücre içerisindeki miktarı hücrenin metabolik fonksiyonunu etkilerken giderek bu yolla ATP üretimini durdurmaktadır. Laktik asidin kasta en üst limitlerinde birikmesi halinde sporcu kas yorgunluğu ile durmak zorunda kalmaktadır (Tablo 2). Bunun nedeninin, bu limitte hücre içi PH 'ın düştüğü ve sonuçta sınırlayıcı enzim fosfofruktokinaz (PFK) oranını inhibe etmesi olduğu bilinmektedir (7,24,31,36,52).

Anaerobik glikolizde oluşan enerji ile 3 mol'den daha az ATP (3 ATP) yeniden sentezlenmektedir (55). Bunun nedeni ise, yorucu egzersiz sırasında, kas ve kanda sadece 60-70 gram laktik asidin, bitkinliğin oluşmasından önce tolere edilebilmesidir. Bir görüşe göre ağır bir egzersizde laktik asidin, bitkinlik yaratma düzeyine kasta ulaşmadan önce 1 veya 1,2 mol ATP anaerobik glikoliz tarafından sentezlenebilmektedir (A-45).

LA (anaerobik glikoliz) sistemi ile 30 sn ile 3 dk sürebilen egzersizlerde 200 m - 400 m - 800 m sprint türü koşullarda, 500 m sürat pateni enerji sağlanmaktadır (24).



Şekil 4. Anaerobik Glikoliz (59)

Tablo 2. Vücutta Anaerobik Glikoliz'den Sağlanabilecek Tahmini Enerji Miktarı (24)

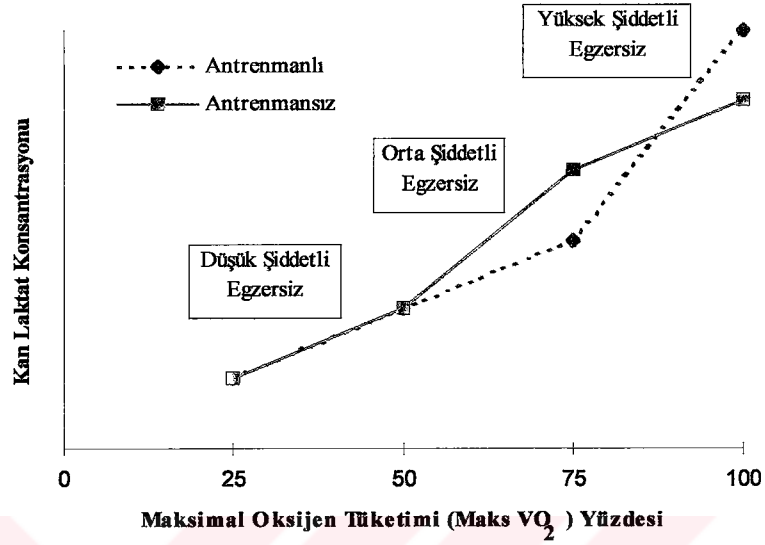
	Her kg - kas	Toplam kas kütlesi
1- Maksima HLa toleransı (gr)*	2.0 - 2.3	60 - 70
2- ATP oluşumu (milimol)	33 - 38	1000 - 1200
3- Kullanılabilir enerji (kcal)	0.33 - 0.38	10.0 - 12.0

* Veriler Kalsson (1971)'den alınmıştır.

Anaerobik glikolizin son ürünü olan laktik asit kas hücresinde üretilmekte ve oradan kan akışına difüze edilmektedir. Laktik asit, vücut sıvılarında laktat olarak adlandırılmaktadır. Yüksek yoğunluktaki egzersiz sırasında laktat birikmesi, laktik asidoz, yorucu kassal egzersize karşı bir cevaptır (33,59). Laktik asidoz hem kardiak ve hemde kas performansı üzerinde etkili olmaktadır, laktat da metabolik rolünden dolayı önemlidir (38).

1.2.1. Laktik Asit Üretimi ve Anaerobik Eşik

Laktik asit aslında egzersizin bütün safhalarında üretilmez. Grafik 1'de antrenmanlı ve antrenmansız deneklerin yüksek, orta ve düşük şiddetteki egzersizler sırasında laktik asit üretimi ile maks VO_2 arasındaki ilişki gösterilmektedir (70).



Grafik 1. Kan Laktat Konsantrasyonu ve Maks VO₂ İlişkisi (70).

Laktik asit, glikolitik son ürünlerin atılması için bir nevi sübap rolü oynamaktadır ve bu sayede birikim önlendiğinden glikoliz yolu daha uzun süre devam edebilmektedir. Böyle bir dönüşüm olmasaydı glikoliz bir kaç dakika sürecekti, halbuki solunum yolundan oksijen temini duraklasa bile glikoliz dakikalarca devam edip organizmaya ATP sağlanabilmektedir (59,70). Anaerobik eşik veya kan laktat birikim noktası (OBLA, Onset of Blood Lactate Accumulation) egzersizde oksijen kullanım oranı azaldığı zaman kan laktat konsantrasyonunun (HLa) artmasından kaynaklanmaktadır (45,70).

Maksimal Oksijen Tüketiminin (Maks VO₂) % 50-55'i kadar bir oranda çalışırken antrenmansız kişilerde egzersiz yapan kas ve kandaki laktat konsantrasyonunda hafif bir artış görülmektedir. Antrenmanla bu eşik maks

VO₂'nin % 60-70'ine doğru yükselmektedir. Oksijen taşıma sisteminin daha çabuk bir adaptasyonu, kasların daha iyi kapillarizasyonu ve daha yüksek myoglobin içeriği, bu modifikasyonun ötesindeki faktörlerdir. Orta şiddetteki bir egzersiz yoğunluğunda enerji talebi, aerobik işlemler vasıtasıyla birkaç dakika sonra kapatılacaktır ve laktat seviyesi dinlenme koşullarındaki seviyesine dönecektir (yaklaşık 1mM.lt⁻¹). Daha yüksek çalışma oranları ile laktat seviyesi yükselmiş olacak sonuç olarak oksijen talebi bireyin maksimum kapasitesine yaklaştığı zaman yükselmeye devam edecektir (3,10,40,42,70).

Eşik kavramı antrenörlükte bilimsel bir rehber önemindedir. Deneyimli uzun mesafe atletleri yorgunluğa yol açmadan laktat birikimini hangi hızda tolere edebileceklerini bilmektedirler. Buna rağmen eşik kavramını açıklamak zordur. Bir kas lifi belirli bir eşik egzersiz yoğunluğunda anaerobik enerji sağlama proseslerini kullanmaya zorlandığı zaman aynı yük bitişik liftteki anaerobik metabolizmayı başlatan yeterli eşik değeri olmayabilir (42).

Egzersizden hemen sonra kasdaki laktik asit oranı kandaki laktik asit oranından daha yüksektir. Dinlenme esnasında, 5 dakika sonraki iki komponentteki laktik asit düzeyi paralel olmaktadır. Sporcuyu tüketen bir egzersizden 5-8 dk sonra kan laktat konsantrasyonunun doruk noktası saptanabilmektedir. Toplam vücut sıvısının tahmini % 85'inde laktat bulunabilmektedir. Laktatın kandan uzaklaştırılması 15 dakikanın yarısı bir zamandan sonra başlamaktadır. Bu, şahsın dinlenmede oluşuna ve laktatın doruk konsantrasyonuna bağlıdır. Konsantrasyonun dağılımı 4-16 mM arasında olabilmektedir. Kanda laktat konsantrasyonunu

belirlemek için, dinlenme periyodunun ilk 5-10 dk içinde kan örneği alınmalıdır. Laktat konsantrasyonu yaklaşık 60 dakikalık sürede dinlenme seviyesine dönmektedir (3,11,18,19,42,70).

Egzersiz yapan kasta en yüksek laktik asit konsantrasyonu 30 mM, kandaki en yüksek konsantrasyon 20 mM civarındadır. Karbonhidratın anaerobik bozunması en çok tip II (FT-hızlı kasılan) fibrillerinde görülür. Elit mukavemet kayakçılarında yüksek maks VO_2 (yaklaşık $80 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$) ve yüksek (% 75) yavaş kasılan (STF) kas fibrilleri bulunmaktadır. Dayanıklılık sporu yapan sporcularda koşu bandında maksimal egzersizde 5-10 dk içinde 15 mM laktat konsantrasyonu bulunmuştur (3,39).

Klasik görüşe göre, egzersiz esnasında üretilen laktatın % 20'si piruvata reokside edilmekte, sonra CO_2 ve H_2O 'ya dönüşmektedir. Kalan laktat da karaciğer tarafından alınıp glikoza formlanması, bu da glikojene çevrilip kana dağıtılmaktadır. Glikoz daha sonra kasta yararlı hale gelmektedir. Bu glikojenez, kasların glikojen deposunu yenilemektedir. Hermansen ve Vaage'nın ölçümlerinde yaklaşık laktatın % 75'i glikojene çevrilmekteydi fakat karaciğer yolu (cori cycle) diye adlandırılmaktadır kullanılmıyordu (3).

Yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilere göre, laktatın sonlanması hakkındaki gerçek, en azından insanların iki zıt görüşün ortasında olduğunu düşündürmektedir. Oksijen alımının ölçülmesiyle, sadece egzersiz periyodunda değil, 60 dk dinlenme esnasında da toplam enerji kullanımı ölçülebilmektedir.

Laktatın en fazla % 50'si Krebs devri ve solunum zinciri tarafından geri alınmaktadır. Dinlenme esnasında kas glikojen muhtevasında önemli bir artış vardır. Bu kısımda enerji talep edilmektedir. Sonuçta bu yolla enerji borcu ödenmektedir (3,4,25,59).

İnsanlarda maksimal şiddeteki egzersizde, kasta ATP konsantrasyonu 5 mmol.kg⁻¹'dan 2.5 mmol.kg⁻¹ veya daha aza düşmektedir. ATP düzeyindeki bu düşüş proton konsantrasyonunun 0.1 mmol.kg⁻¹'a artış potansiyelini göstermektedir. Glikojenin parçalanmasından elde edilen enerji ile sırasıyla ATP hidrolizi, artı refosforilasyon sonucunda her bir glikoz ünite sürekli 2 mol H⁺ ürün vermektedir (Glikoliz ve ATP hidrolizi ile oluşan H⁺ üretiminin pH'a bağlı olarak ters olmasından dolayı) (3)

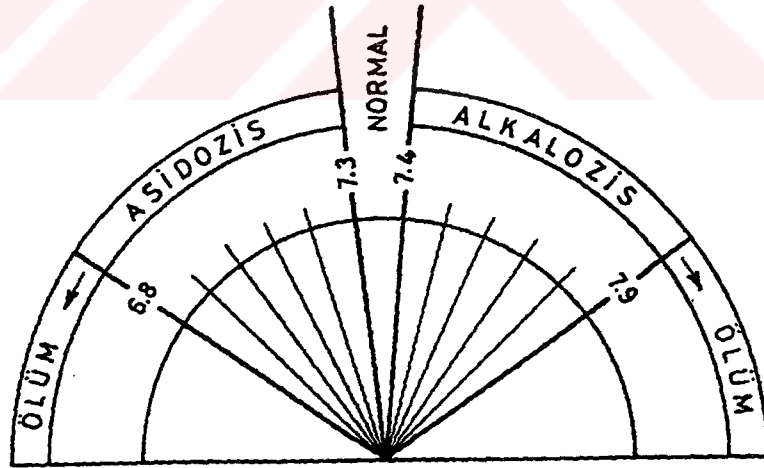


Anaerobik egzersizde kas pH'ı azalmakta 7.0'dan 6.5 veya daha düşük olmaktadır. İkincil olarak arteriyel kan pH'ı 7.4'den 7.0'a düşebilmektedir. Yukarıda tartışıldığı gibi ATP'nin hidroliz oranı ve laktat formasyonu birbirlerine eşittirler. Dinlenmede, egzersizden önce ve sonra alınan kan örneklerinde laktat konsantrasyonu ve pH değerleri arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır (3). Astrand ve Rodahl (3), belirttikleri gibi, kamm tampon sisteminden dolayı, laktat konsantrasyonunda 10 kat H⁺ konsantrasyonunda sadece 1.42 kat artmaya neden olmaktadır.

2. ORGANİZMADAKİ TAMPON SİSTEMLER

2.1. Asit-Baz Dengesi

Vücutta asit-baz dengesini başlıca iki çift organ sağlar; (a) akciğerler, (b) böbrekler. İnsanda ve evcil hayvanlarda kanın normal reaksiyonu, yani pH'ı 7.4'tür (arter kanı 7.40, vena kanı 7.37) ve küçük değişikliklere bile cevaz yoktur. Eğer pH azalır yani kanda H^+ konsantrasyonu artarsa acidosis (asidozis) adı verilen patolojik durum; eğer pH artarsa yani H^+ azalır veya OH^- artarsa alkalosis (alkalozis) adı verilen patolojik bir durum meydana çıkar. Kanın pH'ı 6.8'e kadar düşer veya 7.9'a kadar yükselirse insan veya hayvan ölmeyebilir fakat ağır şekilde hastadır (Şekil 5) (77).

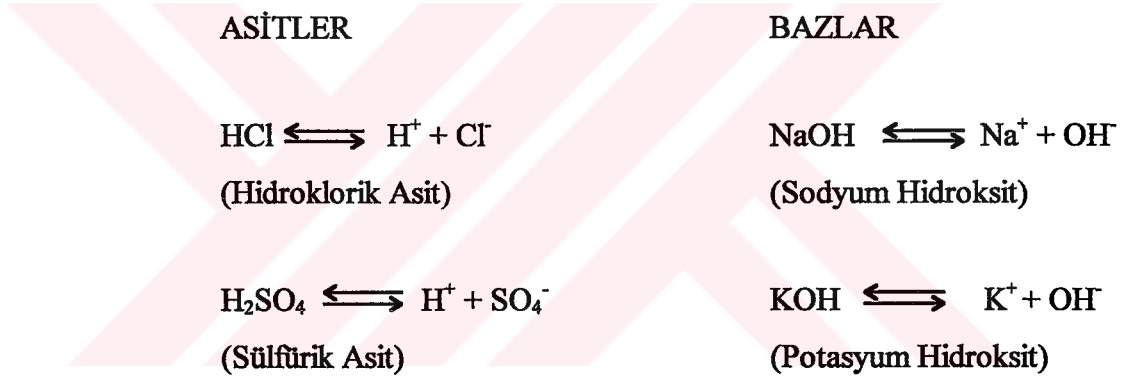


Şekil 5. Kanın pH Düzeyleri (77)

Asit-baz dengesinin düzenlenmesi aslında, hidrojen iyon konsantrasyonunun düzenlenmesi anlamına gelmektedir. Yüksek hidrojen iyon konsantrasyonu asidoza, düşük hidrojen iyon konsantrasyonu alkalozis neden

olmaktadır. Homeostazisin bozulmasında genel olarak, asidozlu şahıslarda koma alkalozlu şahıslarda tetani ve konvülsiyonlar nedeniyle ölüm görülmektedir (24,27,35).

Asitler eriyiklere hidrojen iyonu (H^+) katan molekül yada iyonlardır. Bazlar ise eriyikteki H^+ iyonlarını alan, hidroksil (OH^-) iyonu veren molekül ya da iyonlardır. Güçlü bir asit zayıf bir aside oranla daha çok H^+ iyonu; güçlü bir bazda zayıf bir baza oranla daha çok OH^- iyonu vermektedir.



Bikarbonat iyonu (HCO_3^-) bir bazdır, çünkü hidrojen iyonu ile bağlanarak H_2CO_3 oluşturmaktadır. Aynı şekilde (HPO_4^{2-}) de bir bazdır. “Baz” ile “Alkali” arasındaki ayırım ise; alkali, alkalik metallere biri ile (sodyum, potasyum vb.) hidroksil iyonu (OH^-) gibi yüksek alkalik bir iyonun bileşimidir. Saf su eşit sayıda H^+ iyonu ve OH^- iyonu içermektedir (24,27,35).

- Normal Vücut Sıvılarında Asidoz ve Alkalozda Hidrojen İyon

Konsantrasyonu ve pH: Extrasellüler sıvıda hidrojen iyon konsantrasyonu normalde 4×10^{-8} Eq/L olarak düzenlenir. Bu değer 1×10^{-8} ile 1.6×10^{-7} arasında değişebilir. Hidrojen iyon konsantrasyonunu belirtmek için pH sembolü

kullanılmaktadır. pH ile mevcut H^+ konsantrasyonu arasındaki ilişki aşağıdaki formülle gösterilebilir.

$$pH = \log \frac{1}{H^+ \text{ kons.}} = - \log H^+ \text{ kons.}$$

Düşük pH asidoz olarak yüksek iyon konsantrasyonunu, yüksek pH'da alkaloz olarak düşük hidrojen konsantrasyonunu göstermektedir.

$$pH = - \log [H^+]$$

H^+ konsantrasyonu litrede eşit olarak ifade edilmiştir. Saf suda hidrojen iyon konsantrasyonu yaklaşık 10^{-7} mol/L (.0000007 mol her litrede) olarak belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} pH &= - \log (10^{-7}) \\ &= -(-7) \quad (10^{-7} \text{ nin log} = (-7)) \\ &= 7 \end{aligned}$$

Saf suyun pH'ı 7'ye eşittir. pH 7'den büyük olursa alkali, pH 7 olursa nötr, pH 7'den küçük olursa asidik ortam olarak nitelendirilmektedir (24).

Egzersiz kas pH'ını asit tarafa kaydırmaktadır, yorucu bir egzersiz esnasında pH 6.4-6.6'ya kadar düşmektedir. Bu kadar düşük pH vücudun tamponlama kapasitesi ile böbrekler ve solunum sistemiyle normale döndürülmektedir (24,27). Aşağıdaki şekillerde asidozis ve alkalozis'in türleri, nedenleri ve düzeltilmeleri açıklanmaktadır (77).

SOLUNUMA BAĞLI ASİDOZİS	METABOLİZMAYA BAĞLI ASİDOZİS
<p><u>NEDENLERİ:</u></p> <p>1. KANDA CO₂ BİRİKİMİ</p> <p>a) Solunumun felç olması,</p> <p>b) Bronsiyollerin daralması (asthma),</p> <p>c) Alveollerin veya ductus alveolarislerin elastikiyetini kaybetmesi (emphysema),</p> <p>d) Alveollerin sıvı ile dolması (pnömoni, akciğer ödemi).</p>	<p><u>NEDENLERİ:</u></p> <p>1. METABOLİK BOZUKLUK SONUCU KANDA ASİT BİLEŞİKLERİN ARTMASI. (Şeker hastalığında ketoasitlerin meydana gelmesi gibi).</p> <p>2. AŞIRI İSHAL SONUCU SINDIRIM YOLUNDAN HCO₃⁻ KAYBI. (HCO₃⁻ kana giren asitleri nötralize eder).</p>
DOZELTME REAKSİYONLARI	
<p>ASİDOZİS YA CO₂ BİRİKİMİ YA DA KANA METABOLİK ASİTLERİN FAZLA GİRMESİ SONUCUDUR. İKİ YOLDAN DOZELTİLİR.</p> <p>1) SOLUNUMLA:</p> <p>a) SOLUNUM ARTIRILARAK FAZLA CO₂ UZAKLAŞTIRILIR,</p> <p>b) METABOLİK ASİTLERİN ORTAMDA H⁺ KANIN DEPO ALKALİSİ HCO₃⁻ TARAFINDAN TUTULUR VE SOLUNUMLA ORTAMDAN KALDIRILIR;</p> $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{K.A.}} \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}.$ <p>2) BÜBREKLERLE:</p> <p>BÜBREKLER DAHA ÇOK H⁺ UZAKLAŞTIRIRLAR VE DAHA ÇOK HCO₃⁻ EMERLER. BÜYLECE KANIN ALKALİ DEPOSU (HCO₃⁻) KANA KAZANDIRILIR, (ASİT AZALTILIR, ALKALİ ÇOĞALTILIR).</p> $\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Na}^+$ <p style="text-align: center;">Na⁺ kana geçirilir</p> $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ <p style="text-align: center;">Kanda NaHCO₃</p> <p style="text-align: center;">Tubul hücresinde idrara verilir, yerine Na⁺ alınır</p> <p style="text-align: center;">HCO₃⁻ kana geçirilir</p>	

Şekil 6. Asidozis Türleri, Nedenleri ve Düzeltilmeleri (77)

SOLUNUMA BAGLI ALKALOZIS	METABOLIZMAYA BAGLI ALKALOZIS
<p>NEDENLERI</p> <p>1. SOLUNUMUN ÇOK ARTMASI İLE FAZLA CO₂ ATILMASI. KANDA CO₂, DOLAYISIYLA H₂CO₃ DERİSİMİ DÜSER.</p> <p>a) Ateşli hastalıklar, b) Ensefalitis, c) Salisilat zehirlenmesi, hiperventilasyona neden olurlar; fazla CO₂ atılır ve</p> $\begin{array}{c} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \\ \downarrow \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \downarrow \\ \text{azalınca} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{azalır.} \end{array}$	<p>NEDENLERI</p> <p>1. FAZLA H⁺ KAYBI.</p> <p>a) Devamlı kusma sonucu mide asidi kaybı, b) Hazımsızlık ve ülser için fazla antasit (anti-asit) ilaçların alınması.</p> <p>2. VUCUT SIVILARINA (KANA)-FAZLA ALKALI BİLEŞİKLERİN İLAVESİ.</p>
DOZELTME REAKSİYONLARI	
<p>1. CO₂ KAYBI İLE H⁺ AZALINCA SOLUNUM YAVAŞLAR.</p> <p>2. H İYONU AZALINCA TUBUL SIVISINA YETERİ KADAR H⁺ VERİLEMEZ; BU NEDENLE HCO₃⁻ EMİLİMİ OLMAZ (Şekil 6-15). İDRARDA KALAN HCO₃⁻ BERABERİNDE Na⁺'YI DA GÖTÜRÜR; KANIN DEPO ALKALİSİ OLAN NaHCO₃ AZALIR. SOLUNUM YAVAŞLAMASI İLE CO₂ KAYBI AZALTILIR. KANDA KALAN CO₂ VE CO₂ + H₂O → H₂CO₃ → HCO₃⁻ + H⁺ REAKSİYONU İLE KAN pH'SI TEKRAR NORMALE GETİRİLİR.</p> <p>Bu evrede idrar alkaliktir. Alkalozis tehlikeli boyutta ise, ağız yoluyla amonyum klorür verilebilir. Amonyum kana emilince, bunun amonyak kısmı karaciğerde üreye çevrilirken HCl açığa çıkar. HCl iyonlarına ayrılır (H⁺ + Cl⁻); H⁺ derişimi artınca kan pH'sı alkalik durumdan normal pH düzeyine getirilir.</p> $\begin{array}{c} \text{NH}_4\text{Cl} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^- \\ \downarrow \\ \text{ÜREYE CEVRİLİR} \end{array}$	

Şekil 7. Alkalozis Türleri, Nedenleri ve Düzeltmeleri (77)

2.2. Tampon Sistemleri

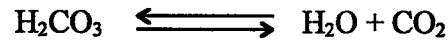
Organizmada asidoz ve alkalozu önleyici çeşitli kontrol sistemleri bulunmaktadır.

Bir tampon sistem iki kısımdan oluşur: (1) bir zayıf asit ve (2) o zayıf asidin tuzu. Öncelikle amacı ise verilen H^+ iyon konsantrasyonunu muhafaza etmek. Tamponlara örnek olarak Asetik asit (zayıf asit) ve sodyum asetat (tuz) ve karbonik asit (zayıf asit) ve sodyum bikarbonat (tuz).

Tamponlama oyununda, bir asit bir tuzla reaksiyona girer, sonuçta ise kuvvetli bir tuzla zayıf bir asit meydana gelir. Örneğin, Laktik asit (LA) sodyumbikarbonat ($NaHCO_3$) ile reaksiyona girer ve sodyum laktat NaLA ve karbonik asit (H_2CO_3) oluşur.



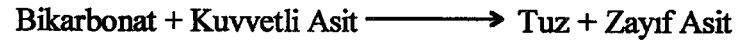
Kanda karbonik asit zayıf bir asit olduğu için çok fazla H^+ iyonu üretmez, ayrıca karbonik asit kolayca su ve karbondioksitde çözünür ki bunların ikisinde kolayca vücuttan atılabilirler.



Sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$), bir kuvvetli tuz ($NaCl$) ve bir zayıf asit (H_2CO_3) oluşturmak suretiyle kuvvetli bir asit olan hidroklorik asitli (HCl) kolayca tamponlar:



veya



Burada çok miktarda hidrojen iyonu Hidroklorik asitten karbonik asit formunda ayrılır ve bilindiği gibi bu asit zayıf bir asittir ve bu asit çok fazla H^+ iyonu üretmez (24).

1- Bütün vücut sıvılarında asit-baz tampon sistemleri vardır. Bunlar asit ve alkalilerle derhal birleşerek hidrojen iyon konsantrasyonundaki büyük değişiklikleri önlemektedir. Vücuttaki proteinlerde baz görevi yaparlar. Çünkü protein moleküllerindeki belirli bazı aminoasitler negatif yüklü iyonlar olarak, hidrojen iyonlarının fazlasını kolayca tutabilirler. Gerçekten alyuvarlardaki hemoglobin ve öteki hücrelerdeki proteinler vücut bazının en önemlileri arasında bulunmaktadır (24,27,35).

Hidrojen iyonları hücre membranında küçük miktarda difüzyona uğradığı gibi, bundan daha önemli olarak CO_2 saniyeler içinde hücre membranından difüzyona uğrayabilir ve bikarbonat iyonlarında geçebilir (H^+ ve HCO_3^- iyonlarının eritrositlerden başka hücrelerde dengeye gelmesi için saatler gerekmektedir). Bikarbonat tampon sisteminin iki elementinin difüzyonu intrasellüler sıvıda pH'nın yaklaşık olarak extrasellüler sıvıdakine eş oranda değişmesine neden olmaktadır (24,35). Deneysel çalışmalar vücut sıvılarındaki bütün kimyasal tampon gücünün yaklaşık 3/4'ünün hücre içinde bulunduğunu, onun çoğununda intrasellüler proteinlerden kaynaklandığını göstermiştir.

Protein tampon sistemi aynen bikarbonat tampon sistemin yöntemiyle etkili olmaktadır. Birkaç protein sisteminin pK değerlerinin 7.4'e yakın olması

vücutta en güçlü sistem olmalarına yardım etmektedir (24,35). Vücut sıvılarındaki diğer tampon sistemleri bikarbonat ve fosfat tampon sistemleridir.

Bikarbonat sistemi, bir eriyikte karbonik asitle (H_2CO_3) sodyum bikarbonatın ($NaHCO_3$) karışımından ibarettir. Zayıf bir asit olan karbonik asidin hidrojen iyonları (H^+) ve bikarbonat iyonlarına (HCO_3^-) ayrılma derecesi öteki asitlere göre çok zayıf olmaktadır. 400 karbonik asitten yaklaşık 399'u eriyikte derhal CO_2 ve suya ayrılmaktadır. Bunun sonucunda eriyikte yüksek konsantrasyonda erimiş karbondioksit, düşük konsantrasyonda asit bulunmaktadır (24,27,35,63). Kuvvetli bir asit, örneğin hidroklorik asit, bikarbonat tuzu içeren tampon eriyiğine katılırsa aşağıdaki reaksiyon oluşmaktadır:



Bu eşitlik kuvvetli bir asit olan hidroklorik asidin çok zayıf karbonik aside çevrildiğini göstermektedir. Buna karşın içinde karbonik asit bulunan bir tampon eriyiğine sodyum bikarbonat gibi kuvvetli bir baz katılırsa reaksiyon şöyle olmaktadır:



Sonuçta, kuvvetli NaOH bazı, zayıf $NaHCO_3$ bazına çevrilmiştir.

İntrasellüler sıvıda çok az sodyum bikarbonat vardır; bikarbonat iyonları başlıca potasyum ve magnezyum bikarbonat olarak bulunmaktadır (24,27,35,63).

Güçlü bir tampon sistemi olmayan bikarbonat sisteminin pK değeri (asidin yarı yarıya nötrale edildiği ve eşit miktarda asit ve tuzun bulunduğu zamanki pH derecesidir) 6.1 olduğu halde ekstrasellüler sıvılarda pH 7.4'dür. Bu, bikarbonat tamponunda erimiş CO₂'in 20 katı kadar bikarbonat iyonu olduğunu göstermektedir. Bu nedenle sistem tampon zayıf olduğu bölgelerde çalışmaktadır (24,27,35,63). Sistem çok güçlü olmadığı halde gerçekte vücutta tamponlardan daha önemlidir, çünkü bikarbonat sisteminin iki elementinin herbirinin konsantrasyonları düzenlenebilmektedir. Solunum sistemi karbondioksidi, böbrekler bikarbonat iyonunu ayarlamaktadır (24,35).

Fosfat tampon sistemide hemen hemen bikarbonat sistemi ile aynı şekilde etkili olmaktadır. Fakat elemanları farklıdır (H₂PO₄⁻ ve HPO₄⁻²). Kuvvetli bir asitle reaksiyona girerek zayıf bir baz oluşturmaktadır.



Böylece hafif bir pH değişimi meydana gelmektedir. Fosfat tamponunun pK değeri 6.8 olduğu için, vücut sıvılarındaki normal pH 7.4 değerinden uzak değildir. Konsantrasyonu bikarbonat tamponunun 1/12'si kadar olduğundan ekstrasellüler sıvıda tampon gücü bikarbonat sisteminden çok daha azdır (24,35,63).

2- Eğer hidrojen iyon konsantrasyonu ölçülebilecek kadar değişmişse solunum merkezi derhal uyarılarak solunum hızı değiştirilmekte, vücut sıvılarından

CO₂'in uzaklaştırılma hızı otomatik olarak artmaktadır. Hidrojen iyon konsantrasyonunun alveoler ventilasyonu değiştirmesi, hidrojen iyonlarının medulla oblongatadaki solunum merkezine direk etkisi sonucundadır. Alveoler ventilasyonun sıfırla normalin 15 katı arasında değişebileceği göz önünde tutulursa, vücut sıvılarında pH'ın solunumla ne kadar geniş sınırlar arasında değişeceği anlaşılabilir, pH'ın normal değer olan 7.4'ten kuvvetli asit düzeyi olan 7.0'ye inmesiyle alveoler ventilasyonun normalin dört katına çıktığı, pH'ın alkali tarafa kaymasıyla da alveolar ventilasyon hızının normal düzeyin altına indiği görülmektedir. pH solunum sistemi dışındaki bir faktörle normalden sapsırsa, onu normal değer olan 7.4'e tam çeviremez. Bunun nedeni pH normale doğru dönerken onu artıran yada azaltan uyarının kaybolmasıdır. Genellikle hidrojen iyon konsantrasyonunun düzenlenmesinde solunum mekanizmasının kontrol etkinliğinin yüzde 50-75 arasında olduğu belirtilmiştir. 9-12 dk içerisinde pH 7.2-7.3 düzeyine çevrilebilmektedir. Ventilasyonun iki kat artması ekstrasellüler sıvılarda 0.25 pH ünitelik bir yükselme yaratmaktadır (24,27,35).

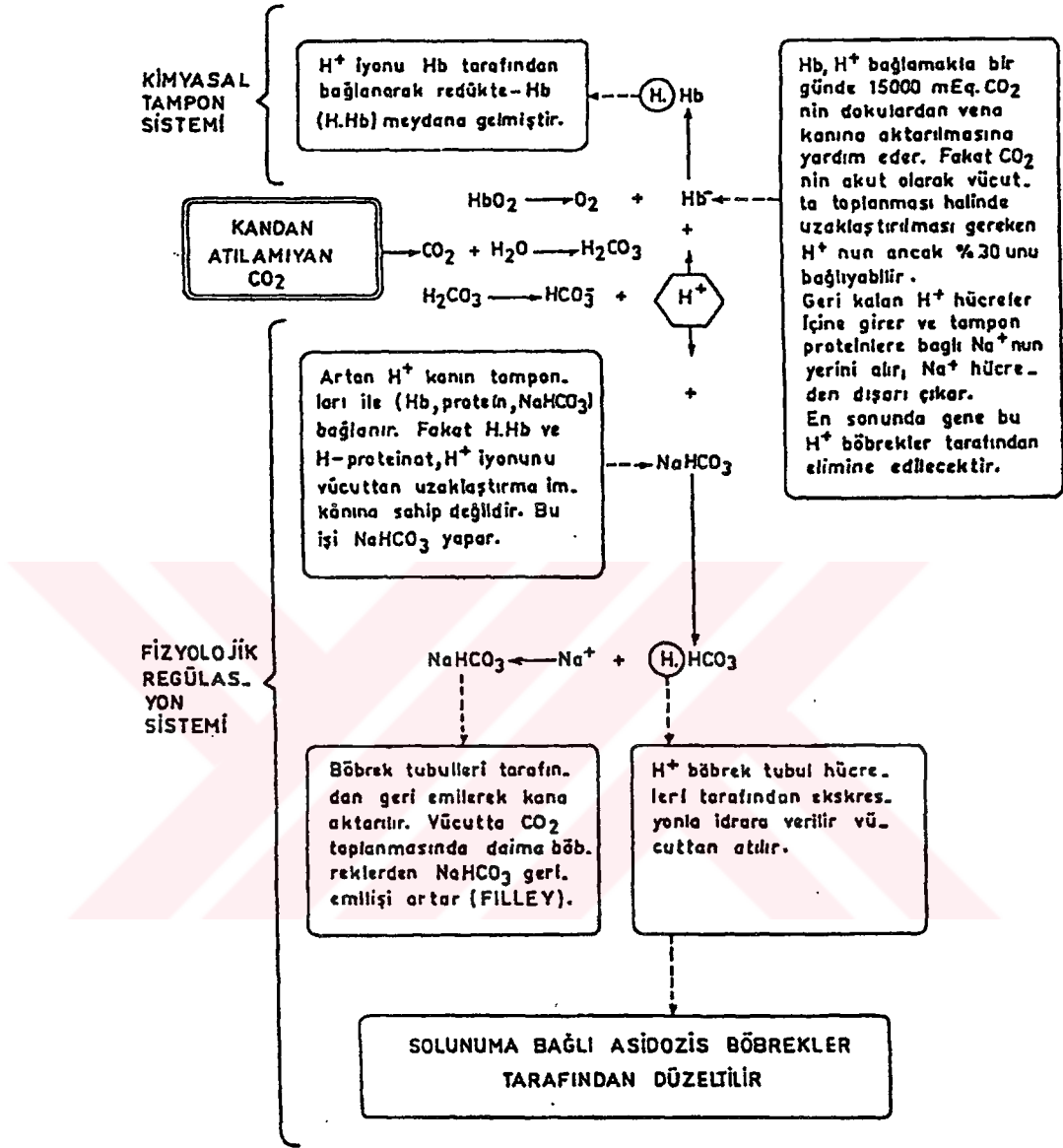
Solunum sisteminin "tüm tamponlama gücü" kimyasal tamponlamanın bir yada iki katı olduğu, solunum sisteminin ani bir değişiklikten sonra hidrojen iyon konsantrasyonunu ayarlamasının 1-15 dakika aldığı belirtilmektedir (şekil 8) (25,35,77).

3- Hidrojen iyon konsantrasyonu normalden saptığı zaman böbrekler asit yada alkalik idrar çıkararak vücut sıvılarındaki hidrojen iyon konsantrasyonunu normale döndürmeye yardımcı olmaktadır. Böbrekler, hidrojen iyon

konsantrasyonunu çoğaltıp azaltarak pH'ı düzenlemektedir. Bunun yapılabilmesi için böbrek tubuluslarında bir seri karmaşık reaksiyon ve aktif taşıma mekanizması oluşmaktadır. Proksimal tübüller, Henle kıvrımının çıkan kolunun kalın segmenti, distal tübüller, toplayıcı tübül ve kanallarda epitel hücrelerin hepsi, tubulus sıvısına hidrojen iyonlarını salgılamaktadır.

Salgılama olayı, tübüller epitel hücrelerdeki metabolik oluşan ya da, ona difüzyona uğrayan karbondioksitle başlamaktadır. Karbondioksit karbonik anhidraz enziminin etkisinde suyla birleşerek karbonik asit oluşturmakta, bu ise bikarbonat (HCO_3^-) ve hidrojen (H^+) iyonlarına ayrılmaktadır. Sonunda hidrojen iyonları Na^+ - H^+ zıtt taşıma mekanizması ile salgılanmaktadır. Yani, sodyum iyonları tubulus lümeninden hücrelerin içine geçerken, ilk olarak hücre membranının lümenal kenarındaki bir taşıyıcı proteinle birleşirken, aynı zamanda hücre içindeki bir hidrojen iyonu da aynı taşıyıcı proteinin karşı tarafına bağlanmaktadır. Daha sonra iyonlar konsantrasyon farklılığından zıt yönde taşınmaktadır (24,27,35,63).

Toplayıcı kanallardaki hidrojen sekresyonu, lümendeki konsantrasyon ekstrasellüler sıvıdaki 900 katına çıkmaya, başka bir deyimle tubulus sıvısında pH 4.5 oluncaya kadar devam etmektedir. Bunun tubulus epitelinin hidrojen iyonlarını sekresyon sınırı olduğu belirtilmektedir. H^+ iyonlarının % 84 kadarı proksimal tubullerden sağlanmaktadır (24,35).

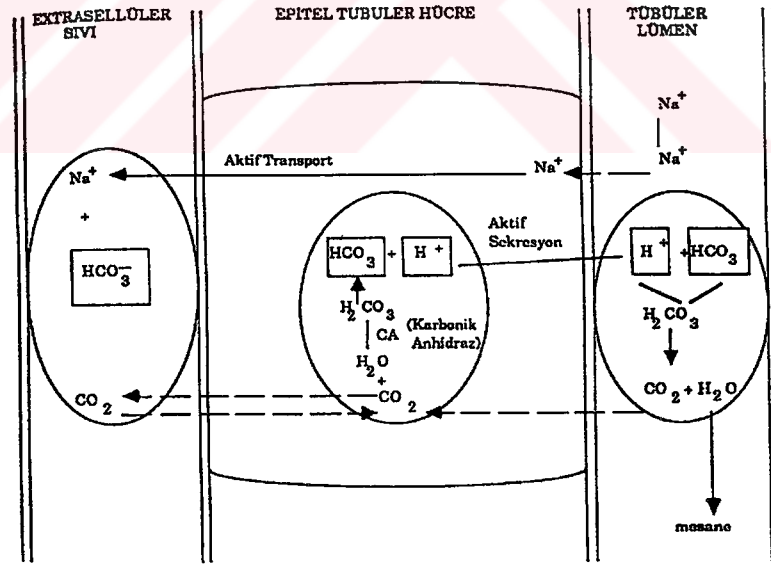


Şekil 8. Solunuma Bağlı Asidozis'in Düzeltilmesi (77)

Hidrojen iyon sekresyonu için kimyasal reaksiyonların CO₂ ile başlaması nedeniyle CO₂ konsantrasyonu arttıkça reaksiyon hızlanmakta, iyon sekresyon hızı artmaktadır. Böylece solunum azalması ya da metabolizmanın hızlanması gibi ekstrasellüler sıvılarda CO₂ konsantrasyonunu arttıran herhangi bir

faktör (yüksek yoğunlukta egzersiz gibi) hidrojen iyon sekresyonu hızını çoğaltmaktadır. Tersine, pulmoner ventilasyon hızının artması, metabolizmanın yavaşlaması gibi, CO_2 'i azaltan herhangi bir faktör (dinlenme gibi) hidrojen iyon sekresyon hızını azaltmaktadır (24,27,35,63).

Böbrek tubulusları, büyük ve elektrik yüklü bikarbonat iyonlarına çok geçirgen değildirler. Bikarbonat iyonlarının yeniden emilimi, tübellerde, bu iyonlarla tübüler hücrelerin salgıladığı hidrojen iyonlarının girdikleri bir reaksiyonla başlamaktadır (Şekil 8). Karbonik asit karbondioksit ve suya parçalanmaktadır. CO_2 bütün hücre membranlarından kolayca difüze olarak, epitel hücrelerinden hemen kana geçmekte ve akciğerlerden dışarı atılmaktadır (24,35).



Şekil 9. Vücut Sıvılarındaki pH'nın Düzenlenmesi İçin Böbrek

Mekanizması: 1- Hidrojen iyon sekresyonu veya aktif transport (orta ve sağ), 2- HCO_3 iyonlarının korunması (orta ve sol) (24,35).

Epitel hücrelerinde, hidrojen iyonlarının ayrıştığı kimyasal reaksiyonda salgılanan her hidrojen iyonuna karşılık, bir bikarbonat iyonunu da tubulustan emilen Na^+ (sodyum) iyonu ile birlikte ekstrasellüler sıvıya geçmektedir. Normal koşullarda H^+ iyon sekresyonu ve HCO_3^- iyonlarının glomerüllerdeki filtrasyon hızında yaklaşık 3.5 mMol/dk kadar bulunmuştur. Böylece iki iyonun tubuluslara giren miktarı hemen hemen eşittir ve ikisi birleşerek, birbirlerini etkisiz hale getirmektedir. Son ürünleri de H_2O ve CO_2 olmaktadır (24,27,35).

Böbrekler H^+ veya HCO_3^- iyonlarından fazla olan ekstrasellüler sıvıdan (idrarla) uzaklaştırmak yoluyla asidoz ve alkalozu düzeltmektedir. Tubulus sıvısında fazla hidrojen iyonlarını idrara taşıyacak iki önemli tampon sistemi bulunmaktadır: (1) fosfat tamponu, (2) amonyak tamponu. Bunlara ek olarak çok daha az önem taşıyan ürat, sitrat ve benzeri birçok zayıf tampon sistemleri de bulunmaktadır. Filtrasyon olayı % 85-98 oranında proksimal tubuluslarda gerçekleşmekte ve filtrasyon reaksiyonu ile oluşan karbonik asit son ürün CO_2 ve H_2O 'ya parçalanmaktadır. Proksimal tubulusların lümene bakan fırça kenarlarında karbonik anhidraz enzimi (CA) bağlanmış olarak bulunmaktadır. Böbrekler, asit-baz dengesini düzenleyici en etken sistem oldukları halde, hidrojen iyon konsantrasyonunu değiştirmeleri için birkaç dakika veya birkaç gün gerekmektedir. Hidrojen iyonları bütün sistemlerdeki kimyasal reaksiyonlar için ortakır. Bu nedenle hidrojen iyon konsantrasyonunu değiştirecek herhangi bir faktör, bütün tampon sistemlerinin aynı zamanda değişerek dengeye gelmesine neden olmaktadır. Bu olaya "izohidri ilkesi" denilmektedir (24,27,56).

2.2.1. Sodyum Bikarbonat (bikarbonat) Alımı ve Alkaloz

2.2.1.1. Sodyum (Na)

Sodyum (Na) vücudun çoğu bölgelerinde sıvı değişimini, hücre içi ve dışındaki besin ve artık madde değişimi, hücre içinde ve dışındaki elektriksel farkı düzenlemek gibi değişik fonksiyonları olan alkali bir iyondur. Bu görevleri arasında vücudun asit-baz dengesindeki fonksiyonları önemli bir yer tutar (97). Sodyum, insan vücudunda çeşitli fonksiyonlarda bulunduğu gibi çeşitli organizmalar tarafından da kontrol edilir (28) ve yetişkin insanda 60 mEq/kg veya 1300-1500 gr kadar bulunur (70,94). Bunun % 40'ı kemikte, % 50'si hücre dışı sıvılarda ve % 10'u hücre içerisinde bulunur. Sodyumu en çok kontrol eden mekanizma böbreklerdir. Vücuttaki sodyumun % 95'i böbreklerden geri emilirken % 5 kadarı da vücudun iyon dengesi amacıyla üriterden dışarı atılır. Fakat egzersiz ve patolojik durumlarda sodyum atımı ter idrar ve dışkı ile daha fazladır. Atılan bu miktar beslenme ile geri alınır (94).

2.2.1.2. Bikarbonat (HCO₃⁻)

Bikarbonat, organik bir bileşik olup, vücutta pankreas ve kanalcık hücrelerinde üretilir (35). Bu salgılanma vücudun normal ihtiyacına göre düzenlenmiştir. Bikarbonatın en önemli görevi, vücudun asit-baz dengesini mümkün olduğu kadar sabit tutmaktır. Bu nedenle bikarbonat alkali bir iyondur. Vücudun asit ortama kaymasına neden olan hidrojen iyonlarını kendine bağlayarak karbonik asiti (H₂CO₃) oluşturur ve sodyumun yardımıyla bu asiditeyi uzaklaştırmaya çalışır (35,77). Fakat vücutta laktat konsantrasyonu artmaya başlayınca bu konsantrasyona göre bikarbonat iyonları azalmaya başlar (62).

2.2.1.3. Sodyum-Bikarbonat İlişkisi

Sodyumun görevlerinden biriside pompa ve taşıyıcı rolü oynamasıdır. Bikarbonat iyonları vücutta asidoza sebep olan fazla hidrojen iyonunu kendine bağlayarak karbonik asiti oluşturur. Daha sonra sodyumun yardımıyla böbreklere kadar taşınarak hidrojen iyonundan çözünür (28). Sodyumun buradaki fonksiyonu, bağlayıcı ve taşıyıcı özelliğinin yanı sıra büyük bir miktarının böbrekler tarafından emilerek tekrar dolaşıma gönderilmesidir. Burada sodyumla birlikte bikarbonat da geri emilir. Bu oluşumda sodyum bir anlamda bikarbonat iyonlarının israf edilmesini önlemektedir (28,77).

2.2.1.4. Sodyum Bikarbonatın Kullanımı ve Yan Etkileri

Sodyum bikarbonat ilaç olarak kabul edilmekte ve bunun iki çeşit kullanımı vardır. Biri damardan enjeksiyonu ki birçok yan etkileri olduğundan sakıncalı görülmektedir. Diğeri ise ağızdan sindirim sistemi yolu ile kullanımıdır. Bu şekliyle kullanımda uzun süreli olmasada kusma, ishal, şişkinlik gibi gastrointestinal şikayetlerin ve bunun yanı sıra iştahsızlık, baş ağrısı, kas ağrısı ve tiskindirici bir tadının olduğu da belirtilmektedir. Gerek tadından dolayı, gerekse gastrointestinal şikayetlerin en aza indirilmesi için bol sıvı veya meyva suyu ile karıştırılarak alınması tavsiye edilmektedir. Ayrıca sodyum bikarbonat alırken şu hususlara da dikkat edilmelidir; sodyum bikarbonat başka bir ilaç alındıktan 1-2 saat içerisinde alınmamalıdır, uzun süre kullanılmamalıdır, Apandisit şüphesi olan kişiler sodyum

bikarbonat kullanmamalıdır, süt ve süt ürünleri ile birlikte alınmamalıdır, 2 haftadan fazla bir süre kullanılmamalıdır (21,50,58,62).

3. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Sağlıklı deneklerin yüksek şiddetteki dinamik egzersizlerde performanslarını koruyabilmeleri kanın asit-baz durumundaki değişmelere bağlıdır. Eğer asit-baz dengesi düşürülürse performans yükseltilebilir. Sonuç olarak fiziksel performansı artırmak amacıyla egzersiz öncesi verilen tamponlayıcı maddelerin kullanıldığı çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Fakat bu çalışmalar ortaya kesin sonuçlar çıkarmamıştır.

Egzersiz öncesi alkalizasyonu artırmak amacıyla ağız yoluyla alkalozu sağlayan tuzların deneklere verildiği çalışmalara 1926'dan itibaren rastlanmaktadır. Razoni (83), Johnson (48) ve Atterbom'dan (5) önce bu alandaki kontrollü laboratuvar çalışmaları Berlin'de Dennig'in liderliğini yaptığı bir grup tarafından yürütülmüştür. Aşağıdaki çalışmalar Dennig ve arkadaşları (1973,1940), Heyrodt ve Weinstein (1920) ve Hans (1938) çalışma sonuçları bu çalışmada Atterbom'un (5) yaptığı çalışmadan alınarak belirtilmiştir.

Dennig ve arkadaşları (17) egzersiz öncesi metabolik alkalozun deneklerin yüksek şiddette ve 58 mil/saat sabit hızdaki koşu bandı performanslarına etkisini araştırmışlardır. Alkalozu arttırmak amacıyla deneklere egzersizden önce 2 gün süre ile 10 gr NaHCO₃ ağız yolu ile verilirken kontrol grubuna herhangi bir madde verilmemiştir ve plasebo grubu kullanılmamıştır. Arterial kandaki asit-baz

dengesi egzersiz öncesi ve maksimal egzersiz sonrası alınan örneklerle incelenmiştir. Deney grubunun egzersiz süresinde 15-20 dk'lık uzama belirlenmiştir.

Dennig ve arkadaşları (16) tarafından yapılan diğer bir çalışmada da egzersiz öncesi metabolik alkalozun iki sağlıklı deneğin maksimal egzersiz süreleri üzerine etkisi araştırıldı. Deneklerden birisi 6 hafta içinde toplam 14 defa koşu bandı testine tabi tutulurken diğer denek ise 6 hafta süre ile günde bir seans sabit yükte bisiklet ergometrede çalıştı. Çalışmada egzersizin şiddeti belirtilmemiştir. Egzersiz sırasında iki denekte aç idi ve plasebo grubu kullanılmadı. Metabolik alkalozun PCO_2 'nin 39.8 mmHg'den 42.8 mmHg'ye ve 41.8 mmHg'den 43.4 mmHg'ye çıkmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Koşu bandı grubuna egzersizden önce 3 gün süre ile ağızdan 20 g $NaHCO_3$ ve 30 gr Na sitrat verilerek alkaloz sokuldu. Bu karışım deneklere yemekten sonra üç bölümde verildi. Denekler 8 kontrol ve 4 deney egzersizi yaptılar. Çalışmada hız sabit ve egzersiz sürelerinde 9.5 dk ile 42 dk arasında değişimler gözlemlendi.

Araştırmacılar egzersiz öncesi metabolik alkalozda kontrol grubuna göre egzersiz süresinde % 100'e yakın artış sağlandığını tesbit etmişlerdir. Ortalama kontrol koşu süresi 16.1 iken 3 gün süre ile alkali madde alan bir deneğin bir egzersizdeki koşu süresi 21.0 dk olarak belirlenmiştir. Bu artış 4.9 dk veya % 30 olarak belirtilmiştir. Altı haftalık antrenman sonrasındaki diğer deney koşusu ise 42.0 dk'da bitmiştir. İki deney egzersizinin ortalama süreleri 31.5 dk'dır,

antrenman periyodu öncesi kontrol koşusu zamanı ile karşılaştırıldığında aradaki fark % 96'dır.

Diğer bir çalışmada bir deneye 6 haftalık antrenman periyoduna serpiştirilmiş olarak 2-3 gün alkali madde verildi. Denek, bisiklet ergometrede 6 kontrol ve 2 deney egzersizi yaptı. Bu denek 9-18 dk arasında bisiklet çevirdi. Ortalama çalışma zamanı kontrol egzersizleri için 11.5 dk iken deney egzersizinde bu süre 18.2 dk olarak belirlendi. Sonuçlardaki artış 6.7 dk ve % 58 olarak rapor edilmiştir.

Heyrodt ve Weissenstein (43) uzun mesafeci bir koşucuya egzersiz öncesi metabolik alkalozu arttırmak amacıyla ağız yolu ile "Dennig Karışımı" olarak adlandırılan ve 50 gr NaHCO₃ + 3.5 g Na Sitrata + 1.5 gr K Sitrata (Dennig 1940) içeren karışım verdiler. Bu karışım 3 gün süresince günde 3 kez verildi. Ayrıca plasebo grubunda şeker ve 1.0 ml NaCl verildi. Çalışmada 3 deney ve 7 plasebo denemesi yapıldı. Deney 6 haftalık periyotta yapıldı ve çalışma zamanı 20 dk ile 48 dk arasında değişti. Araştırmacılar çalışma sırasında koşu hızını veya antrenmanın etkisini kontrol etmediklerini belirttiler. Antrenman döneminin etkisi plasebo grubunun 6 haftalık çalışma periyodundaki ilk iki haftalık koşu zamanı ile son iki haftalık koşu zamanının karşılaştırılmasıyla örneklendirilebilir. Bu dönemdeki gelişme % 28 olarak belirlenirken deney ve kontrol egzersiz süreleri aynı iki haftalık periyodla karşılaştırıldığında gelişme % 10 düşmektedir.

Dennig ve arkadaşları tarafından rapor edilen (15) son çalışmada egzersiz öncesi metabolik alkalozu arttırmak amacı ile iki sağlıklı erkek deneğe 10 gr Na Sursinat veya “Dennig Karışımı” bir gün için 3 kez ağız yolu ile verildi. Çalışma sonunda bisiklet ergometrede yapılan maksimal egzersiz süresi egzersiz öncesi metabolik alkalozu giren grupta kontrol grubuna oranla % 100 arttığı rapor edildi. Motivasyonel etkiler ağızdan şeker tozu, NaCl gibi maddelerin verildiği çeşitli plasebo testleri ile kontrol edildi. Üç plasebo testindeki test süreleri 6.5 ve 8.5 dk arasında değişirken 15 kontrol testinde süre 3 ile 10.5 dk ve üç deney testinde ise 9 ile 15 dk arasında belirlendi. Plasebo grubunun egzersiz süresi kontrol grubu ile karşılaştırıldığında plasebo grubunun zamanının % 25 daha yüksek olduğu belirlendi. Deney grubu ile plasebo grubunun çalışma süreleri bazı psikolojik faktörler elimine edildikten sonra karşılaştırıldığında egzersiz öncesinde metabolik alkalozu giren deney grubunun egzersiz süresinde % 65 artış olduğu belirlendi.

Bir makalede (1937) ve kısa bir tekrarda (1940) Dennig (15) 1940 öncesinde yapılan metabolik alkaloz ve egzersiz ile ilgili çalışmalarda sonuçları özetlenmiştir. Araştırmacıya göre ağız yolu ile alınan alkali tuzlar ile çalışma kapasitesini arttırmak mümkündür. Bundan dolayı da egzersiz asidozu azalır. Dennig’in fikrine göre asit metabolitleri kısa süreli yüksek şiddetteki egzersizlerde performansı kısıtlayıcı faktördür, halbuki düşük şiddetteki uzun süreli egzersizlerde asidozun etkisi önemli değildir. Hans (37) yaptığı çalışmanın sonucunda H⁺ iyonunun çalışmayı sınırlaması için konsantrasyonun yüksek olması gerektiğini belirtmiştir.

Johnson ve Black (48) krosçulara müsabaka döneminde verilen bazı kan alkalizörleri ile glikozun etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaya yaşları 16-19 arası olan 17 liseli erkek denek katıldı. Aynı atletler sezon boyunca aynı 1.5 millik mesafeyi koştular. Hava koşulları her koşuda değişti. Dört gruba ayrılan deneklere Dennig karışımı (alkali) veya 2 oz $C_6H_{12}O_2$ veya fosfatlı şeker (3.0 gr sodyum asit fosfat ve 2.4 oz $C_6H_{12}O_6$) yada plasebo (10 g laktoz kapsül) ağız yolu ile verildi. Denekler, çalışmanın amacı ve yarışma öncesi aldıkları maddelerin ne olduğu hakkında bilgi sahibi değillerdi. Çalışma sonucunda ne plasebo grubunda ne de ergojenik yardım maddesi alan grupların performanslarında önemli bir farklılık tesbit edilmedi.

Özet olarak yapılan ilk çalışmalarda (1970 öncesi) egzersiz öncesi alkalozun performans kapasitesinin artmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Fakat denek sayısının azlığı ve yapılan egzersizlerin genelde aerobik nitelikte olduğu göze alınmalıdır. Ayrıca bu çalışmalarda antrenmanın etkisinde kontrol edilmemiştir.

1970 sonrasında yapılan çalışmalar alkalizasyonun performansı önemli derecede arttırdığını gösterirken bu çalışmalardaki egzersizlerin çoğunun ya orta şiddette veya uzun süreli düşük şiddette (2-10 dakikalık) egzersizler olduğu görülmektedir. Bilinen gerçek şudur ki, egzersizin süresi uzadığında aerobik enerji kullanımı daha fazla olmaktadır. Bu tür durumlarda, kullanılan enerjinin bir kısmının elde edildiği laktik asit (HLA) üretimi maksimum değildir ve alkalozun yüksek oranda HLA üretilmesine etkisi tam olarak test edilememiştir. Ayrıca çalışmalardaki denek sayısının az olması ve antrenmanın derecesindeki değişimler ve antrenmanın etkisinin kontrol edilememesi de ayrı bir etkidir.

Atterbom (5) yaptığı çalışmada egzersiz öncesi metabolik alkalozun anaerobik performansa etkisini araştırmıştır. Çalışmaya beden eğitimi ve spor bölümü öğrencisi olan 20-25 yaş arası 7 sağlıklı erkek denek katıldı, çalışma ayrıca yaklaşık olarak 5000 ft (1524 m)'de aklimatizasyonu da içermektedir. Deneklere jelatin kapsül halinde NaHCO_3 300 ml su ile verildi. NaHCO_3 'ün dozu ise 0.18 gr/kg vücut ağırlığı idi. NaHCO_3 'ün maksimum emilme zamanı deneklerin istirahattaki maksimum baz seviyelerine göre ayarlandı (Atterbom 1970). Testten bir kaç gün önce deneklerin 1.5-3 dk arasında çevirebileceği yük bir kaç kez yapılan bisiklet ergometre testi ile belirlendi. Ortalama egzersiz yükü 1800 kgm/dk olarak belirlendi. Test her denek için iki kez tekrarlandı, birincisinde plasebo yapıp deneklere şeker eriğiği verildi, ikincisinde ise deney testi olarak NaHCO_3 verildi. Plasebo ve deney grubununun ortalama egzersiz süresi yaklaşık olarak 2.5-3.0 dk arası olarak belirlendi. Çalışma sonucunda egzersiz öncesi ağızdan alınan NaHCO_3 çalışma zamanında az fakat önemli olmayan artmaya sebep oldu.

Simmons (88) 8 antrenmanlı yüzücü (5 sprinter, 3 uzun mesafeci) ile yaptığı çalışmada alkali madde alımının performansa etkisini araştırmıştır. Deneklerin yüzme süreleri 5 hafta süre ile kaydedildikten sonra, sprinterlerden 3'ü deney grubu, 2'si kontrol grubu, uzun mesafecilerin 2'si deney grubu, 1'i ise kontrol grubu olarak belirlendiler. Bütün yüzme testleri 200 yard ısınma ile başladı. Sprinter denekler 100 yard'ı uzun mesafeciler ise 400 yard'ı biri ön-test ve dördü son-test olmak üzere yüzdüler. Deney grubunun aldığı alkali madde ve kontrol grubunun aldığı plasebo test yüzmesinden iki gün önce verildi. Alkali karışım 0.715 gr Na sitrat, 0.50 gr NaHCO_3 ve 0.215 gr K sitrat içerirken, plasebo madde 1.43

gr sakkaroz içermektedir. Alkali madde alan sprinterlerin performansları plasebo grubu sprinterlerle karşılaştırıldığında anlamlı derecede artış tesbit edildi. Uzun mesafeciler için istatistiksel bir değerlendirme yapılmamıştır. Sonuç olarak verilen alkali maddenin atılması antrenmansız deneklerde antrenmanlı deneklere oranla önemli derecede yüksektir.

Jones (49) metabolik asidozun ve metabolik alkalozun erkeklerde egzersiz sırasında biyokimyasal ve kardiovasküler cevaba etkisini araştırmıştır. Çalışmaya katılan 5 sağlıklı denek 3 haftada 3 farklı egzersize tabi tutulmuşlardır. Denekler rastgele olarak bisiklet ergometrede maksimum kapasitelerinin % 33, % 66 ve % 95'i ile üç kez egzersiz yaptılar. Her testten 3 saat önce 0.3 g/kg vücut ağırlığı dozajında CaCO_3 (kontrol), amonyum klorid (NH_4Cl (asidoz)) veya NaHCO_3 (alkaloz) maddeleri ağızdan alındı. Egzersiz 20 dk düşük tempoda veya maksimum tempoda dayanabilinen noktaya kadar devam etti. Asidoz ve alkaloz gruplarının çalışma süreleri kontrol grubu (270 sn) ile karşılaştırıldığında, çalışma süresindeki en fazla düşüş asidoz grupta belirlenirken (160 sn), alkaloz grubun süresinde ise artış (438 sn) kaydedilmiştir. Merkezi kardiovasküler değişkenlerde (kalp atım volümü, kalp atım sayısı, kalp dakika volümü) önemli bir farklılık gözlenmedi.

Bütün yüklerde venöz kan laktat seviyesi asidoz grupta en yüksek ve alkaloz grupta ise en düşük değerler olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak kandaki pH ve HCO_3 değişimleri egzersiz metabolizmasını etkilerken muhtemel olarakta egzersize direnci düşürmektedir.

Sutton (91) beş erkek deneğe ağız yolu ile üç farklı madde CaCO_3 (kontrol), NH_4Cl (asidoz) ve NaHCO_3 (alkaloz) vermiştir. Bu çalışmanın amacı, egzersiz öncesi asidoz ve alkalozun çalışma kapasitesi üzerine etkisini araştırmaktır. Deneyler 6 haftalık süre içerisinde en az 8 gün sürdü. Çalışma günü deneklere egzersizden 3 saat önce 15 dk ara ile toplamı 0.3 gr/kg vücut ağırlığı dozajında kapsül halinde kontrol, asidoz ve alkaloz'a sebebiyet veren maddeler verildi. Daha sonra denekler maks VO_2 'lerinin % 33'ü ile 20 dk bisiklet çevirdiler, 20 dk'nın sonunda yük % 66'ya daha sonrada % 95'e çıkarıldı. % 95 yükte dayanıklılık alkaloz grupta en yüksek iken (5.44 dk) asidoz grupta ise en düşük seviyededir (3.13 dk), kontrol grubunda ise orta seviyededir (4.56 dk). Bu çalışma sonucunda tavsiye edilen, asidoz ortamda egzersiz sonrası yüksek plazma laktat seviyesi kontrol ve alkaloz grupları ile karşılaştırıldığında bu durum kas glikolizinin engellenmesi ve buna bağlı olarak kaslarda laktik asitin atılımının azalması ile bağlantılıdır.

Wilkes (98) sekiz antrenmanlı ve alkali madde (NaHCO_3) veya placebo (CaCO_3) alan veya herhangi bir madde almayan kontrol grubunu oluşturan orta mesafeci atletlerde egzersiz öncesi metabolik alkalozun 800 m koşu zamanına etkisini araştırmıştır. Deney ve plasebo denemelerinin ikisinde de deneklere 300 mg/kg vücut ağırlığı dozajında NaHCO_3 veya CaCO_3 testten 2 saat önce verildi. Alkaloz grubu deneklerin koşu zamanı 2.9 sn daha kısa iken buna paralel olarak laktik asit ve hücre dışı H^+ konsantrasyonu kontrol plasebo grubundan daha yüksek çıkmıştır. Buna sebep olarakta anaerobik enerji kullanımının artması gösterilebilir.

Sonuç olarak, NaHCO_3 alımının antrenmanlı orta mesafe atletlerinin 800 m süratlerine ergojenik yararı vardır denilebilir.

Dört erkek deneğe egzersizden 3 saat önce 0.3 g/kg miktarında NaHCO_3 veya laktoz (kontrol) verildi (85). Bu çalışma double-blind metodu ile rastgele madde verilerek yapılan iki testi içermektedir. Egzersiz bisiklet ergometrede 20 dk süre ile deneklerin maks VO_2 değerlerinin % 66'sı ve % 95'i ile yapıldı. % 95'lik yükte yapılan egzersizin süresinin NaHCO_3 alımından sonra önemli oranda arttığı belirtilmiştir. Fakat egzersiz öncesi ve sonrası kas pH değerinde önemli farklılık bulunamamıştır. Sonuç olarak HCO_3 alımının yüksek şiddetteki egzersizlerde çalışma zamanını arttırdığı belirtilmektedir.

Costil (12) 10 erkek ve bir bayan denek üzerinde yapmış olduğu çalışmada egzersizden 1 saat önce alınan 0.2 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO_3 veya plasebo (NaCl) solusyonlarının maks VO_2 'nin % 125'i ile yapılan beş tane 1 dakikalık egzersiz performansına etkisini araştırdı. Çalışmada beşinci test denek tükenene kadar devam ettirildi ve zaman kaydedildi. Egzersiz sırasında ve sonrasında kan pH ve HCO_3 değerleri NaHCO_3 grubunda plasebo grubundan daha yüksek çıkmıştır. İki grup arasındaki % 42'lik fark anlamlıdır. Her bir egzersiz arasında ve toparlanma sırasında ölçülen H^+ ve laktik asit (nanomol/milimol) oranı NaHCO_3 grubunda daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak artan performansı takiben, alınan NaHCO_3 'ün kanda yüksek tamponlayıcı etkisi görülmüştür. Beşinci egzersiz öncesinde Vastus Lateralis kasındaki pH seviyesi ölçüldüğünde NaHCO_3 (pH = 6.8) grubundaki asit seviyesinin NaCl (pH = 6.73) grubuna göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak NaHCO_3 alımından dolayı kan ve kastaki H^+

konsantrasyonunun yüksek şiddetteki tekrarlı egzersizler sırasında performansı direk olarak etkilediği belirtilmiştir.

Altı deneğe uygulanan üç egzersizde yorulana kadar her dakikada 100 kgm/dk yük artırımına gidilerek çalışma yaptırıldı (57). Bu çalışmalar ağız yolu ile CaCO_3 (kontrol), NH_4Cl (metabolik asidoz) ve NaHCO_3 (metabolik alkaloz) verilerek başladı. En düşük güç (kgm/dk) kontrol ve alkaloz gruplar ile karşılaştırıldığında asidoz grupta elde edildi. Plazma laktik asit konsantrasyonu asidoz grupta istirahat ve egzersiz sırasında düşüktür. Asidoz grubunda laktik asit salınımı düşmesine rağmen H^+ konsantrasyonundaki artış üç grupta aynı idi. Sonuç olarak asit-baz dengesindeki değişimler maksimum gücü etkilerken bu artan dinamik egzersiz ve değişen plazma HLa seviyesi ile desteklenebilir fakat plazmadaki H^+ miktarının etkisi ise çok azdı.

NaHCO_3 alımının maksimal egzersiz performansına etkisi McLaren (66) tarafından araştırıldı. Çalışmada 7 deneğe maks VO_2 'lerinin % 100'ü ile bisiklet ergometrede tükenene kadar egzersiz yaptırıldı, deneklere çalışmadan 2 saat önce 0.25 gr/kg vücut ağırlığı dozajında NaHCO_3 veya plasebo verildi. NaHCO_3 alan grubun plazma HLa seviyesi yorulma noktasında ve egzersizden 5 dk sonra istatistiksel olarak önemli derecede yüksek idi. Fakat egzersizden önce ve hemen sonra önemli fark yoktu. Çalışma zamanında % 21'lik önemli bir artış tesbit edilirken bu süre NaHCO_3 grubunda 326 sn plasebo grubunda ise 285 sn olarak belirlendi.

McKenzie (73) 6 erkek denek üzerinde yaptığı çalışmada üç deneysel deneme sırasında iki farklı dozla suni olarak artırılan alkaloz seviyesinin maksimal egzersiz performansına etkisini araştırmıştır. Çalışmada denekler maks VO_2 'lerinin % 125'i ile 60 sn aralıkla 6 defa 60 sn'lik bisiklet egzersizi yaptılar. Bu testler (I) plasebo solusyonu, (II) 0.15 gr/kg vücut ağırlığı dozunda $NaHCO_3$ veya (III) 0.30 gr/kg vücut ağırlığı dozunda $NaHCO_3$ ağız yolu ile alındıktan sonra yapıldı. 6 çalışmada pedal devir sayısı dakikada 50 devire düşene kadar devam etti. Sonuçlar bütün durumlarda egzersiz öncesi pH ve HCO_3 seviyelerinde farklılık gösterdi. Alkaloz gruplarının ürettikleri işte de anlamlı derecede artış kaydedilirken bu değerler I. grup için 121 kj, II. grup için 133.1 kj ve III. grup için 133.5 kj olarak belirlendi. 6 çalışmadaki yorgunluk sürelerinde de artış kaydedildi. Grup II ve III arasında önemli bir farklılık gözlenmedi. Sonuç olarak HCO_3 seviyesindeki artma interval egzersizlerde enerji metabolizmasını etkilediğinden bunun sonucu olarakta yapılan işte ve yorgunluk süresinde bir artış meydana gelmiştir.

Artan alkalozun yüksek şiddette egzersiz yapan antrenmanlı ve antrenmansız deneklerin performansları üzerine etkilerini araştıran çalışmada (80) denekler double-blind metodu ile kontrol, plasebo ve alkaloz (0.3 g/k ve HCO_3 alan) olmak üzere üç gruba ayrılarak deneklere maks VO_2 'lerinin % 110'u ile supermaksimal egzersiz yaptırılmıştır. Antrenmanlı grubun kan pH seviyeleri önemli derecede düşük çıkarken kan HLa değerleri alkalozdan sonra antrenmansız gruba oranla daha yüksek çıkmıştır. Alkaloz sonrası çalışma süreleri antrenmanlı grupta antrenmansız gruba göre daha uzundu. Antrenmanlı grubun ayrıca yorulma süreleri de HCO_3 alımından sonra 56.3 sn'den 62.7 sn'ye yükselirken bu artış

kontrol ve placebo grubuna göre anlamlıdır, fakat aynı artış antrenmansız deneklerde görülmedi. Bu çalışma sonucunda alkalozdaki antrenmanlı kişilerin performansları antrenmansız deneklerden daha iyi çıkmıştır.

Yapılan çalışmada sürekli olarak yarışmacı olarak 400 m koşan 6 antrenmanlı erkek deneğin kontrol, alkaloz (NaHCO_3) ve placebo (CaCO_3) durumunda 400 m yarış zamanına etkisi araştırıldı (32). Her bir denek 7 gün içinde 3 kez 400 m koşular. Birinci koşuda herhangi bir madde verilmeden kontrol testi yapıldı. Diğer iki testte deneklere testten 1 saat önce vücut ağırlıklarına göre 400 mg/kg NaHCO_3 (alkaloz grubu) ve 250 ml su ağırlıklı enerji verici sıvı (plasebo) rastgele verildi. NaHCO_3 alan grubun egzersiz öncesi pH, HCO_3 ve baz seviyelerinde kontrol ve placebo gruplarına göre anlamlı bir artış gözlemlendi. Ayrıca NaHCO_3 grubu diğer iki gruba oranla anlamlı derecede hızlı koştu. Bunların aksine egzersiz sonunda alkaloz grubunun pH, HCO_3 ve baz seviyeleri diğer iki gruptan daha düşük belirlendi. Çalışma sonucunda NaHCO_3 alımı ergojenik yardımcı olarak performansı artırdığı, bunun sebebi NaHCO_3 alımı H^+ iyonlarını çalışan dokularda hücre dışına atılması ve böylece hücre için pH değerinin düşmesi ile hücre dışı tamponlama sağlanarak ve yorgunluğun geciktirilmesidir.

Metabolik alkalozun kas HLa üretiminde ve plazma katekolamin konsantrasyonuna etkileri 6 elit denek üzerinde kısa süreli yoğun bisiklet ergometre testi ile test edildi (8). Bu çalışma ağız yoluyla 0.3 g/kg vücut ağırlığında NaHCO_3 (alkaloz) ve CaCO_3 (placebo) alındıktan sonra yapıldı. Denekler çalışma sırasında 7 gün içerisinde 2 kez maks VO_2 'lerinin % 125'i ile bisiklet ergometre testine tabi tutuldular. Çalışma sonunda alkaloz grubunun kan pH değerlerinde

NaHCO₃ alındıktan sonra plasebo grubuna göre anlamlı artış kaydedildi. Alkaloz grubunun çalışma süresi 75.3 sn olarak belirlenirken plasebo grubunun değeri daha düşük belirlendi (61.5 sn) fakat iki grubun çalışma sonrası kan pH ve HCO₃ seviyeleri aynı çıkmıştır. Metabolik alkaloz grubunun kas HLa seviyeleri plasebo grubuna oranla daha yüksek olarak belirlendi. Buna rağmen uzun egzersiz sırasında alkaloz grubunun plazma norepinefrin ve epinefrin konsantrasyonunda % 30 ve % 34'lük düşüş kaydedildi. Sonuç olarak metabolik alkaloz yoğun egzersizlerde kas HLa salgılanmasının artmasına sebep olmaktadır. Bu değişiklikler egzersiz sırasında kan kategolomin seviyesinin düşmesi ile ilgilidir.

Gao (29) yaptığı çalışmada bikarbonat alımının (NaHCO₃) egzersiz performansı üzerine etkilerini araştırmıştır ve 10 kolejli erkek yüzücüye beş farklı deneme yaptırmıştır. Her bir deneme, iki dk ara ile 91.4 m (100 yard) serbest stil yüzmeyi içermektedir. Denemeler 2 NaHCO₃ alımı, 2 plasebo denemesi ve 1 tane herhangi bir içecek almadan yapılan denemeyi içermektedir. Denekler her bir set denemeden 1 saat önce 17 mmol NaCl (plasebo) veya 2.9 mmol NaHCO₃ kg⁻¹ vücut ağırlığı (deney) içeren 300 ml strik asit solusyonu aldılar. Bütün 91.4 m sprint zamanları kaydedildi. Kan örnekleri madde alımından hemen önce, bir saat sonra, ısınmadan 2 dk sonra ve son 91.4 m sprintinden 2 dk sonra alındı. Kan pH, laktat, standart bikarbonat ve baz seviyeleri ölçüldü. Plasebo ve içecek almayan gruplar arasında performans ve kan parametreleri bakımından anlamlı bir fark görülmedi. Diğer taraftan bikarbonat alımı 4. ve 5. sprint performansının önemli derecede artmasına sebep olmuştur (P < 0.05). NaHCO₃ alan grubun kan laktat, pH, standart bikarbonat ve baz seviyelerinde egzersiz sonunda anlamlı bir artış

gözlendi ($P < 0.05$). Bu veriler, tekrarlı yüklenmeler sırasında egzersiz öncesi alınan NaHCO_3 'ün hidrojen iyonlarının çalışan kaslardan uzaklaştırılmasıyla ve bunun sonucunda yorgunluğun gecikmesiyle performansta artışa sebebiyet verdiğini göstermektedir.

Lavender'in (60) yaptığı çalışmanın amacı sodyum bikarbonat alımının tekrarlı yapılan kısa süreli yoğun egzersize etkisini araştırmaktır. Çalışmaya yaşları 21.4 ± 2.3 olan 15 erkek 8 bayan denek katıldı. Denekler her biri bisiklet ergometrede 50 sn ara ile 10 defa 10 sn'lik sprinti içeren 6 deneme yaptılar. Bunların üçünde sodyum bikarbonat (300 mg/kg vücut ağırlığı) alırlarken diğer üçünde ise plasebo (8 gr sodyum klorid) aldılar. Her 10 sn'de deneklerin en yüksek güçleri ve ortalama güç üretimleri BBC mikro bilgisayara bağlı çok duyarlı bir monitörle ölçüldü. Bikarbonat grubu deneklerin her 10 sn'deki güç üretimleri kaydedildi ve bu değerler plasebo grubu ile karşılaştırıldığında bikarbonat grubunun değerleri daha yüksek çıkmıştır ve bu fark 10 denemenin 8'inde istatistiksel olarak anlamlıdır. Ayrıca sonuçlar şunu ortaya koymuştur ki, bikarbonat ve plasebo gruplarının güç değerleri arasındaki fark tekrar sayısı arttıkça istatistiksel olarak daha anlamlı şekilde artmaktadır ($P < 0.01$). En yüksek güç üretimide bikarbonat grubunda plasebo grubuna göre daha yüksektir, özellikle onuncu denemede iki grup arasındaki fark önemli seviyededir ($P < 0.01$). Çalışmanın sonunda sodyum bikarbonat alımından sonra (300 mg.kg⁻¹ vücut ağırlığı) yapılan tekrarlı kısa süreli sprint egzersizleri sırasında güç üretiminin arttığı belirtilmektedir.

Tiryaki (93) 11 atlet ve 4 antrenmanlı sporcu üzerinde yaptığı çalışmada sodyum bikarbonatın ve sodyumsitrat'ın 600 m koşu performansına etkisini araştırmıştır. Denekler testten yaklaşık olarak 2.5 saat önce bikarbonat, sodyum sitrat veya placebo madde aldılar. Alınan maddelerin dozajı 0.3 g/kg vücut ağırlığı olarak belirlendi. Çalışma sonucunda deneklerin alkali madde almadan ve aldıktan sonraki H^+ , baz ve HCO_3^- seviyelerinde anlamlı bir artış gözlemlendi. Egzersiz öncesi ve sonrası HLa seviyesinde anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Deneklerin 600 m koşu zamanında da 124.7 ± 9.1 sn'den 118.7 ± 11.3 sn'ye varan anlamlı bir düşüş kaydedildi.

Babalık (6), yaptığı çalışmada bikarbonat yüklemenin performans üzerine etkisini araştırmak amacıyla, kısa süreli yüksek yoğunluktaki egzersizde güç çıkışı üzerine etkisini Wingate protokolü kullanılarak ölçmüştür. Bikarbonat yüklemenin 600 m koşu süresi üzerine ve bisiklet ergometresinde ölçülmüş olan maks VO_2 düzeyinin belirlenmesi metodundan yararlanılarak (Astrand Ryming) bireysel olarak % 100 maks VO_2 düzeyinin karşılığı yükte çalışma süresi üzerine etkisinde ölçülmüştür. Çalışmada Wingate testi için 25 erkek sporcu, 600 m koşu testi için 13 erkek atlet ve % 100 maks VO_2 düzeyindeki çalışma süresini ölçmek için ise 20 erkek sporcu kullanıldı. Çalışmada deneklere 300 mg/kg vücut ağırlığı dozajında $NaHCO_3$ ve toplam olarak 1.5 gr sodyum klorür (placebo) 100-300 ml su içinde verildi. Wingate testi sonucunda ilk beş saniyede ortaya konan güçlerde kontrol ve $NaHCO_3$ 'lı denemeler arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur. Egzersiz sonrasında kan laktat konsantrasyonu değerlerinde de önemli farklılık saptanmış fakat egzersiz sonu kalp atım sayıları değişmemiştir. 600

m koşu testi sonucunda, üç denemedeki koşu süresi ve kalp atım sayıları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmemiştir. Egzersiz sonrası kan laktat konsantrasyonunda kontrol ve plasebo, kontrol ve NaHCO₃ denemeleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar görülmüştür. % 100 maks VO₂ düzeyindeki bisiklet ergometre testi sonucunda kontrol ve plasebo, kontrol ve NaHCO₃ grupları arasında çalışma süresi bakımından anlamlı fark gözlenirken egzersiz sonrası kan laktat konsantrasyonu ve kalp atım sayıları arasında fark bulunamamıştır. Sonuç olarak laboratuvar şartlarında bikarbonat yükleme maksimal ve supramaksimal egzersiz esnasında performansa pozitif etki ederken saha koşullarında performansı etkilememektedir.

McNaughton (74), istekli olarak atletizm müsabakalarına katılan 9 sağlıklı erkek denek üzerinde yaptığı çalışmada ergojenik yardımcı olarak etki gösterebilecek dozda NaHCO₃ alımının anaerobik performans zamanına etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada deneklere kontrol, plasebo (CaCO₃ 500 mg/kg) ve beş farklı dozda NaHCO₃ (100, 200, 300, 400 ve 500 mg/kg) verildi. Denekler en fazla işi 200 (P < 0.05), 300, 400 ve 500 mg/kg'lık (P < 0.01) dozlarda yaptılar, en fazla iş ise 300 mg/kg'lık dozda yapıldı ve bundan yüksek dozlarda çok fazla değişiklik kaydedilmedi. Çalışmada başarılı en yüksek güç 1295 ± 72.5 W ile 300 mg/kg dozajında oldu. Kas pH'ı 100 mg'lık doz hariç diğer dozların alımından sonra alkalozaya ulaşıldığını gösterdi (P < 0.005) bu, ayrıca 100 mg hariç diğer dozların alımından sonra HCO₃⁻ ve baz fazlalığının arttığını gösterirken, bu değişikliklerin de ortaya koyulan işede yansıdığı kaydedildi. Ayrıca kan laktat seviyelerinin de egzersizden sonra arttığı gözlenmiştir (P < 0.001).

Granier (34) yaptığı çalışmada NaHCO₃ alımının yoğun bacak egzersizi sırasında ön kol tarafında atılan laktat miktarına ve performansa etkisini araştırmıştır. Çalışmada 7 denek plasebo veya NaHCO₃ (2 mEq.dk⁻¹) içerikli sıvıyı olarak double-blind crossover metodu ile güç-sürat testine tabi tutuldular. Temiz ve kirli kan örnekleri 1-) istirahatte madde alımından önce ve egzersizin 2, 6, 10, 14, 18 ve 22. dakikalarında 2-) her egzersizin sonunda alındı ve her kan örneği için arterio-venöz laktat farkı belirlendi. NaHCO₃ alımının istirahat sırasında arterial bikarbonat ve pH seviyesi (P < 0.001; P < 0.001) ve güç-sürat test performansını (P < 0.001; P < 0.005) arttırdığı belirlenmiştir. Egzersiz sırasında ise arterio-venöz laktat farkı NaHCO₃ grubunda önemli derecede yüksek çıkmıştır (P < 0.05, P < 0.001). Ayrıca NaHCO₃ grubunda maksimum güç üretiminde hızlı derecede artmıştır (P < 0.001). Sonuç olarak NaHCO₃ alımıyla arterio-venöz laktat farkındaki artış ön kol iskelet kasları tarafından yükseltelen laktat miktarındaki düşüşe bağlanabilir.

Vertibsky (95) yaptığı çalışmada NaHCO₃ alımının maksimum egzersiz sonrasında quadriceps femoris kasının yorgunluğuna ve toparlanmasına etkisini araştırmıştır. Çalışmaya 6 sağlıklı denek katıldı. Denekler bisiklet ergometrede üç farklı yükte çalışmaya tabi tutuldular. Test A deneğin maks VO₂ değerinde yükte yapılan egzersiz, Test B A + maks VO₂'nin % 17'si yükü içerirken, Test C ise B'nin yükünde fakat 1 saat önce NaHCO₃ alındıktan sonra yapıldı. Çalışma sonunda Quadriceps kasındaki en yüksek güç üretimi NaHCO₃ alınan testte kaydedildi. Ayrıca NaHCO₃ alan grubun yorgunluğunda düşüş ve toparlanmasında artış belirlendi.

Zoladz (99) yaşları 22.4 ± 1.8 olan 7 sağlıklı ve sigara içmeyen erkek deneğe maks VO_2 'lerinin % 40'ı ile (laktat eşik altında/düşük şiddette) ve % 87'si ile (laktat eşik üstünde/yüksek şiddette) 70 devir/dk'da 6 dk süre ve 20 dk dinlenme içeren farklı güçlerde iki çalışma yaptırıldı. Birinci çalışmada kontrol (test C) ve ikinci çalışmadan 1.5 saat evvel ağız yolu ile 250 m/kg vücut ağırlığı dozunda $NaHCO_3$ verildi (Test A). $NaHCO_3$ 'ın alındığı düşük şiddetteki çalışmada da, yüksek şiddetteki çalışmada da venöz kan pH ve HCO_3 değerleri önemli derecede yüksek çıkmıştır ($P < 0.05$). Her iki şiddetteki testlerde güç üretimi Test A'da Test C'den anlamlı derecede yüksek çıkmıştır ($P < 0.05$). Düşük şiddetteki egzersizde plazma laktat konsantrasyonu bakımından iki grup arasında önemli fark bulunmazken, yüksek şiddetteki egzersizin ana döneminde A testinde C testine oranla laktat seviyesinde daha hızlı artış gözledi.

Özet olarak bu çalışmalar alkali madde alımının performans süresinin artmasına sebep olduğunu belirtirken yapılan çalışmaların çoğunda denek sayısının azlığı, deneklerin çoğunun antrenmansız olması ve egzersizlerin büyük bir kısmının interval (aralıklı) tipte olması sonuçların tartışılmasına sebebiyet vermektedir.

Yukarıda incelenen araştırmaların aksine bu bölümde incelenen çalışmalarda egzersiz öncesi alkalozun önemli faydasının olmadığı belirtilmektedir. Bu çalışmalarda genellikle kas pH ve alkali depolarının yükselmesi için gerekli olan HCO_3 'ün emilme süresi yeterli olarak verilmemiştir. Bunun ötesinde bu çalışmalarda kullanılan HCO_3 dozajı gerekli etkiyi yapacak seviyede değildir. Ayrıca bu çalışmaların çoğunda kullanılan denek sayısı çok azdır.

Margaria (68) yaptığı çalışmada alkalozun yoğun egzersizlerde performansa ve HLa üretimine etkisini araştırdı. Çalışmaya yaşları 21-33 arasında 12 erkek denek katıldı. Bunlardan dördü elit seviyede, dördü normal seviyede, dördü ise spor deneyimi olmayan erkeklerdi. Testteki egzersiz protokolü koşu bandında 16 km/saat hız ve % 10 eğimde yapılan egzersizi içermektedir. Alkaloz grubu ve plasebo (şeker) grubu testten yarım saat önce toplam 3.24 gr madde toplam üç dozda verildi. Alkali karışım 0.81 gr NaHCO₃, 2.43 gr Na sitrat ve K sitrat içermekteydi. Maksimal egzersiz sonucunda alkaloz grubun performansında ve HLa üretiminde kayda değer bir değişme gözlenmedi.

MacCartney (71) tarafından yapılan çalışmaya 19-23 yaş arası 6 sağlıklı erkek denek olarak katıldı. Denekler 3 gün arayla dört teste tabi tutuldular. Her test kol ergometresinde 100 rpm'de ve sabit hızda 30 sn'lik egzersizi içermekte idi. Denekler testten 3 saat önce kapsül halinde 0.3 gr/kg vücut ağırlığı dozajında CaCO₃ (plasebo), NH₄Cl (metabolik asidoz) veya NaHCO₃ (metabolik alkaloz) verildi. Maksimal güç ve toplam iş iki asidoz durumunda düşük olmasına rağmen bu etki istatistik olarak anlamlı değildi. 30 sn'lik egzersiz sonrası plazma HLa seviyeleri plasebo ve alkaloz grubuna oranla metabolik asidoz ve respiratuar asidoz gruplarında daha düşüktü.

Diğer bir çalışmada (54) 8 sağlıklı erkek deneğe egzersiden 1 saat önce 0.2 gr/kg NaHCO₃ veya NaCl (kontrol) verildikten sonra maks VO₂'lerinin % 125'i ile bisiklet ergometrede yorulana kadar egzersiz yaptılar. Grupların çalışma sürelerinde ve toparlanma VO₂ miktarlarında önemli farklılıklar gözlenmedi. Fakat toparlanma sırasında deney grubunun kan pH, HCO₃ ve baz seviyelerinde kontrol

grubuna göre H/HLa oranında önemli düşme varken önemli artış gözlemlendi. Yine toparlanma sırasında deney grubunun kan HLa seviyesi kontrol grubundan yüksek olmasına rağmen deneklerin en üst değerleri arasında önemli farklılık gözlemlenmedi. Bu çalışma sonucunda alkalozun yoğun egzersizde performansı desteklemediği belirtilmesine rağmen, araştırmacı, NaHCO_3 alımının tekrarlı çalışmalarda performansa faydalı olabileceğini belirtmiştir.

Horswill ve arkadaşları (46) NaHCO_3 alımının sprint performansı üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmanın amacı minimum dozajdaki HCO_3^- 'm, kan HCO_3^- seviyesini önemli derecede artırmasına ve kısa süreli yoğun egzersiz performansına etkisini belirlemektir. Çalışmada 9 antrenmanlı uzun mesafe bisikletçi dört adet iki dakikalık sprint çalışmasını izokinetik bisiklet ergometrede yaptılar. Sporcular testten 1 saat önce ya plasebo içeceği, 0.10 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO_3 veya 0.15 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO_3 veya 0.20 gr/kg NaHCO_3 içerikli solusyonları ağız yoluyla aldılar. Sonuçlar alınan dozaja bağlı olarak egzersiz sonrası kan HCO_3^- seviyesinde anlamlı bir artış olduğunu göstermesine rağmen performansta önemli bir gelişme gözlenmemiştir.

Parry (79) 6 denek üzerinde 6 dakika arayla üç kez yapılan 30 sn'lik Wingate Anaerobik Test performansına sodyum bikarbonat ve sodyum sitrat'ın etkisini belirlemeyi amaçlayan çalışmada deneklere bikarbonat (B), sodyum bikarbonat ve sodyum sitrat beraber (BC), sodyum sitrat (C) veya sodyum klorid'i (P) egzersizden 2.5saat önce 0.3 g.kg^{-1} vücut ağırlığı dozajında verildi. Egzersiz öncesi pH C, BC, B ve P denemeleri için 7.44 ± 0.06 , 7.42 ± 0.05 , 7.41 ± 0.05 ve 7.38 ± 0.04 olarak belirlendi. Ortalama ve en üst güç üretimi önemli derecede

düştü. Fakat bikarbonat ve sitratlı denemelerden önemli derecede etkilenmedi. İkinci ve üçüncü testlerdeki en yüksek skor sırasıyla C, BC ve B denemelerinde elde edildi. Alkali alımından sonra bikarbonat ve sitrat denemelerinin egzersiz sonrası asidoz düzeyleri artarken yalnızca C denemesinde pH önemli derecede yüksekti ($P < 0.05$). Plasma laktat konsantrasyonunda ve performansta herhangi bir farklılık tesbit edilmedi. Sonuçlar alkali madde alımı asit-baz dengesinde önemli değişikliğe sebep olurken anaerobik güçte küçük fakat önemli olmadığı gözlemlendi.

Brien (9) 6 erkek güreşçi üzerinde suni olarak artırılan alkaloz ve asidoz'un plazma laktat ve iş üretimine etkisini araştırmıştır. Deneklerin yaş ortalamaları 23.8 ± 2.5 yıl, vücut ağırlıkları ise 82.0 ± 7.5 kg olarak belirlendi ve denekler üç farklı dönemde egzersizden 1 saat önce 0.3 gr.kg^{-1} NH_4Cl (asidoz), NaHCO_3 (alkaloz) ve plasebo (kontrol) ağız yolu ile verildi. Kan pH ve bikarbonat seviyelerini belirlemek amacı ile kan örnekleri egzersizden hemen önce alındı. Daha sonra denekler submaksimal şiddette 4 dk kürek çektikten hemen sonra 2 dk maksimum eforda kürek çektiler. Egzersiz bitiminden 6 dk içerisinde her 30 sn'de ve egzersiz sonrası 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 25 ve 30. dakikalarda kan örnekleri alındı. Sonuçlar, egzersiz öncesi pH ve bikarbonat seviyelerinin her üç grupta önemli derecede farklı olduğunu gösterdi ($P < 0.01$). Üretilen iş submaksimal ve maksimal testte anlamlı bir değişme göstermezken asidoz grubunda düşüş eğilimi kaydedildi. Kontrol grubun plazma laktat konsantrasyonu asidoz gruptan daha yüksek olarak belirlendi ($P < 0.01$).

Gaitanos (26) 7 sağlıklı erkeğe motorsuz koşu bandında 10 defa 6 sn'lik sprint yaptırdı. Her sprintin arasında 30 sn dinlenme verdi. Aynı çalışmayı 3

gün arayla iki kez uygulayan araştırmacı, çalışmalardan 2.5 saat önce deneklere sodyum bikarbonatlı (NaHCO₃) veya sodyum kloridli (NaCl-plasebo) zelti verdi. Maddelerin dozajları ise NaHCO₃ için 0.3 gr.kg⁻¹ ve plasebo için ise toplam 1.5 gr NaCl 500 ml su ile verildi. Test sırası rastgele belirlendi. Egzersiz ncesi pH alkali grup için 7.43 ± 0.02 ve plasebo grup için 7.38 ± 0.11 şeklinde idi (P < 0.01). Deneklerin performansları (ortalama ve en yüksek gc üretimi ve ortalama ve en yüksek koşu hızı) nemli oranda düştü fakat yapılan madde alımından önemli derecede etkilenmediler. Fakat alkali grup tarafından toplam iş (rneğın ortalama gc üretimi) plasebo grubundan % 2 daha fazladır. Egzersiz sonrası laktik asit seviyesi alkali grubunda plasebo grubundan daha fazladır (P < 0.01), fakat pH değeri her iki grupta da aynıdır. İki grupta da egzersiz sonrası kan laktat seviyesi ile ortalama gc üretimi arasında anlamlı bir ilişki belirlendi (P < 0.01). Çalışmanın sonucunda egzersiz öncesi alkali alımı kanın asit-baz dengesini etkilerken, kısa süreli ve tekrarlı maksimal egzersizlerde performansı etkilemediği belirtilmiştir.

Pierce (81) yapılan önceki çalışmaların egzersiz öncesi alınan sodyum bikarbonatın tekrarlı (interval) egzersizlerde performansı arttırdığını belirterek, karışık branşlarda temsili yüzme müsabakaları sırasında 7 kolejli yzcye bikarbonat (B), plasebo (P) verirken bir denemede de kontrol (C) grubuna hiç madde vermeden yaptı. Çalışmada deneklerin performanslarını test etti. Denekler 72 saat arayla 3 temsili yüzme müsabakasına rastgele katıldılar. Yarışlar 1 bayrak (100 yard; 91.4 m) ve iki bireysel (200 yard; 182.8 m) şeklinde organize edildi ve her yüzme yarışı arasında 20 dk dinlenme verildi. Denekler yarıştan 1 saat önce plasebo veya NaHCO₃ aldılar. Ölçümler sonucunda her üç grubun yarış süreleri

arasında anlamlı fark bulunamadı. Sonuç olarak sodyum bikarbonat alımı önemli miktarda dinlenme aralıkları verilen yüzme müsabakalarında müsabaka süreleri arasında önemli bir farka sebebiyet vermemektedir.

McNaughton (75) dört grup erkek denek üzerinde yaptığı çalışmada Repco EXIO bisiklet ergometrede yapılan 10, 30, 120 ve 240 sn'lik anaerobik egzersizlere ergojenik yardımcı olarak alınan NaHCO_3 'ın (0.3 gr.kg^{-1} vücut ağırlığı) etkisini araştırmıştır. Kan örnekleri NaHCO_3 alımından 90 dk önce, sonra ve egzersizden hemen sonra alındı ve pH, baz fazlalığı, bikarbonat ve laktat seviyeleri ölçüldü. Ayrıca testler sırasında yapılan toplam iş ve başarılan en yüksek güç Repco Work Monitor ünitesi tarafından belirlendi. Çalışma sonucunda kan bikarbonat seviyesinin kontrol ve plasebo değerlerinin üzerine çıktığı gözlemlendi ($P < 0.01$) ve kan laktat seviyeleride bikarbonatlı denemelerde artmıştır. pH seviyeleri plasebo ve kontrol denemelerinin hepsinde anlamlı olarak düşmüştür ($P < 0.05$). Sonuçlar bu dozda NaHCO_3 alımının 10 veya 30 sn'lik çalışmalarda herhangi bir ergojenik yararının olmadığını göstermesine rağmen NaHCO_3 alımından sonra kan HCO_3^- seviyelerinde kontrol ve plasebo gruplarının üzerinde önemli bir artış kaydedildi.

Webster (96) altı antrenmanlı erkek denekte yoğun dayanıklılık egzersizinden 105 dk önce alınan 300 mg.kg^{-1} NaHCO_3 veya plasebonun egzersiz öncesi, sırası ve sonrası etkilerini araştırmıştır. Çalışmada 12 tekrarlı dört set ve beşinci set yorgunluğa göre ve deneğin isteğine göre maksimum bir tekrar ağırlığının % 70 ile ayak pres makinasında yapılan egzersiz protokolü uygulandı. Çalışmada venöz kanda laktat konsantrasyonu, kan gazı ve asit-baz parametreleri

incelendi. Analizler sonunda istirahat pH ve HCO_3^- seviyelerinde anlamlı artış kaydedildi. Her bir setin sonunda her iki grubun asit-baz durmunda düzenli bir düşüş gözlemlendi, fakat NaHCO_3 grubu plasebo grubundan önemli derecede fazla alkali çıkmıştır. Kan laktat konsantrasyonu her setin sonunda düzenli bir artış gösterirken iki grup arasındaki farkın önemli olmadığı belirtilmiştir. Son egzersizdeki tekrarlar iki grupta yine önemli derecede farklı değildir.

Matson (69) sodyum bikarbonat alımının anaerobik performansa etkisini araştıran çalışmaların bir analizini yapmıştır. Matson'a göre birçok araştırmacı sodyum bikarbonat alımıyla arttırılan metabolik alkalozun etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada Matson 35 araştırmayı incelemiştir. Sonuçlar şunu göstermektedir; NaHCO_3 alımı açıkça hücre dışı ortamın daha fazla alkali olmasına sebep oluyor. Yalnızca normal doz pH ve HCO_3^- artışını sağlamaktadır. Bunun üstünde performans arttırılmakta fakat etki alanı ölçüleri geniştir, -0.12'den 2.87'ye. Bu çalışmalardaki ölçülen ortalama çalışma zamanı $\% 27 \pm 20$ artmıştır. 19 çalışma olumlu etki olduğunu rapor ederken, 16'sı etki olmadığını belirtmiştir. Bu etkinin pH'taki büyük artışla ilgili olduğu belirtilirken kısmende olsa dozaj ve egzersizle beraber pH'daki büyük düşme ilede ilgisinin olduğu belirtilmektedir.

Yukarıdaki çalışmaların özeti olarak alkalozun performansı etkilemediği belirtilmektedir. Bunun birinci nedeni ise denek sayılarının ve kullanılan dozajın küçük olması olarak belirtiliyor. Ayrıca çalışmalarda HCO_3^- emilimi için yeterli sürenin verilmemesi ve egzersiz sürelerinin kısa oluşuda olumlu sonuçların elde edilmesine engel olabilir.

Yapılan alışmalar gösteriyor ki, genellikle antrenmansız deneklerin kullanıldığı intermittent (aralıklı) tip egzersizlerin uygulandığı çalışmalarda egzersiz öncesi alınan alkali maddelerin performansı arttırdığı belirtilirken diğer taraftan kısa süreli ve düşük dozajın kullanıldığı çalışmalar olumlu etki sağlamamıştır. Genellikle çalışmalardaki denek sayısının küçük olması da bir handikap olarak gösterilmektedir.



III. MATERYAL VE METOD

1. MATERYAL

1.1. Denekler

Farklı dozlardaki sodyum bikarbonat alımının anaerobik performansa etkisinin araştırıldığı bu çalışmaya Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan yaş ortalamaları 23.10 ± 2.08 yıl, boy ortalamaları 173.50 ± 9.61 cm ve vücut ağırlığı ortalamaları 78.30 ± 14.80 kg olan 10 elit güreşçi gönüllü olarak katıldı. Denekler çalışmanın amacı ve çalışma sırasında kendilerine uygulanacak testler ve kan analizleri hakkında yeteri şekilde bilgilendirildi.

1.2. Kullanılan Araçlar

a- Monark Bisiklet Ergometre: Maks VO_2 ölçümünde ve egzersiz protokolünde kullanıldı.

b- Heart Rate Monitor (Tantuni Marka Telemetre): Maks VO_2 'nin belirlenmesi sırasında deneklerin kalp atım sayılarının ölçülmesi için kullanıldı.

c- El Kronometresi (Casio Marka): Maks VO_2 ölçümünde ve egzersiz protokolü sırasında performans zamanının belirlenmesinde kullanıldı.

d- 2 ml'lik Heparinli Enjektör: Kan örneklerinin alımında kullanıldı.

e- Stat PProfile 9 Plus Continue Flow Kan Gazı Analizörü: Kan örneklerinin analizinde (pH, HCO_3^- , laktat seviyesinin belirlenmesinde) kullanıldı.

2. METOD

2.1. Maksimum Oksijen Tüketiminin (Maks VO_2) Belirlenmesi

Çalışmaya katılan deneklerin maks VO_2 değerleri Astrand Bisiklet Ergometre Testi (92) ile belirlendi. Bu testte denek bisiklet ergometrisi pedalını 5 dk veya kalp atım sayısı arka arkaya 2 dk aynı veya iki okuma arasındaki fark en fazla 4 atım oluncaya kadar çevirdi. Kalp atım sayıları deneğin göğsüne takılan telemetre ile gözlemlendi. Test sırasında pedal sayısı 50 devir/dk olacak şekilde çevrildi. Deneklerin başlangıç yükü ise 150 watt (900 kpm) olarak belirlendi. Test sırasında her dakikanın sonunda deneğin kalp atım sayısı kaydedildi. Deneğin kalp atımı 120 ile 170 atım/dk arasında olmalıdır. Eğer kalp atım sayısı 2 dk içinde 120'ye çıkmaz ise direnç 1/2 oranında artırıldı. Eğer 3 dakikada veya daha az bir zamanda kalp atımı 170 atım üzerine çıktığında direnç 1/2 oranında azaltıldı. Teste iki defa arka arkaya aynı kalp atım değerini buluncaya kadar devam edildi. Belirlenen kalp atım sayısından ve kullanılan dirençten yararlanılarak tahmini oksijen tüketimi litre/dakika cinsinden bulundu. Bu değer ml/kg/dk cinsinden belirlenmesi için deneğin vücut ağırlığına bölündü.

2.2. Egzersiz Protokolü

Denekler çalışmada bisiklet ergometrede 2 dakikalık boş yükte yapılan ısınmadan sonra belirlenen maks VO_2 yüklerinin % 125'i (12,73) ile 60 devir/dk

pedal sayısında yorulana kadar bisiklet çevirdi. Bu testi denekler birer hafta ara ile 5'erli grup halinde 3 kez yaptılar. Birinci test plasebo denemesi iken ikinci ve üçüncü denemeler 0.25 gr/kg vücut ağırlığı veya 0.35 gr/kg vücut ağırlığında alınan NaHCO_3 denemeleri olarak yapıldı.

2.3. Sodyum Bikarbonatın ve Plasebonun Deneklere Verilmesi

Çalışmada deneklere verilen plasebo (kontrol) (pudra şekeri ve bir miktar tuz), 0.25 gr/kg veya 0.35 gr/kg NaHCO_3 (deney) maddeler testten 2 saat önce (67,98) 500 ml meyve suyu ile karıştırılarak ağız yolu ile verildi. Birinci testte deneklerin tümüne plasebo madde verilirken 2. ve 3. denemelerde 0.25 gr'lık ve 0.35 gr'lık NaHCO_3 deneklere karışık verildi (örneğin 5 kişilik grubun ikisine 0.25 gr/kg, üçüne 0.35 gr/kg verildi). Denekler hangi maddeyi ne zaman ve ne miktarda aldıklarını bilmiyorlardı.

2.4. Kan Örneklerinin Alınması

Çalışmadaki kan pH, HCO_3^- ve Laktik Asit (HLA) seviyelerinin tesbiti için gerekli olan kan örnekleri, plasebo veya NaHCO_3 alımından önce, 2 saat sonra, egzersizden hemen sonra, 5, 10, 15 dakika sonra ve plasebo denemesinde egzersizin bittiği süreye eş sürede NaHCO_3 denemeleri sırasında 2 ml kan alabilen heparinli enjektörle deneklerin kolundan venöz kan alındı. Kan alımı sırasında deneklerin karınları tok idi. Deneklerin egzersiz sırasında ve sonrasında kan alımının rahat olması için egzersiz öncesi deneklere intraket takıldı.

2.5. Kan Analizi

Deneklerden alınan kan örneklerinin laktat, pH ve HCO_3^- analizi Enzim Elektrod Sensör Metodu kullanılarak Stat Profile 9 Plus Continue Flow Gazı Analizöründe çalışıldı. Deneklerden 2 ml kan alan heparinli enjektöre çekilen tam kanın 240 μl 'si makinaya verildi ve 90 sn içerisinde sonuçlar print şeklinde alındı.

2.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve ölçümler arasındaki farklılıklar Repeated Measures Analysis of Variance (ANOVA) Testi ile $P < 0.01$ anlamlılık seviyesinde hesaplandı. Ayrıca veriler arasında farklılıklar var ise bu farkın hangi parametreden kaynaklandığı da Tukey Testi ile belirlendi.

IV. BULGULAR

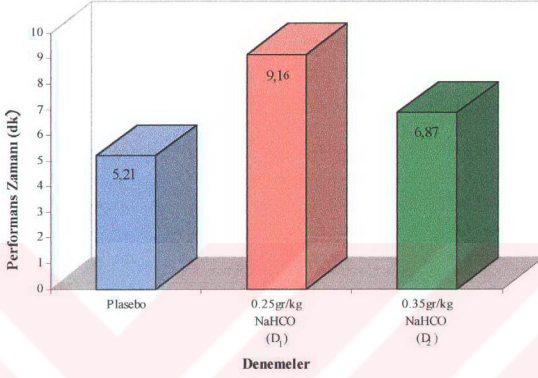
Yapılan çalışmada farklı dozlarda alınan NaHCO_3 'ın anaerobik performansa etkisini araştırmak amacıyla 10 elit greşçiye 3 hafta içinde birer hafta ara ile maks VO_2 değerlerinin % 125'i ile 60 devir/dk pedal hızında yorulana kadar 3 çalışma yaptırılmıştır. Deneklere birinci çalışmadan iki saat önce Pudra şekeri + NaCl (Plasebo) ikinci ve üçüncü çalışmadan iki saat önce ise 0.25 gr/kg vücut ağırlığı (D_1) veya 0.35 gr/kg vücut ağırlığı (D_2) Sodyum Bikarbonat (NaHCO_3) 500 ml meyve suyu ile beraber verildi. 0.35 gr/kg NaHCO_3 alan deneklerde karın ağrısı, şişkinlik, mide bulantısı, kusma, ishal ve yüksek ateş gibi yan etkiler görüldü. Deneklerin performans zamanları ve kan rnekleri HLa, pH ve HCO_3^- seviyeleri analiz edildi ve elde edilen verilerin istatistik çalışması yapıldıktan sonra aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

1. Deneklerin Fiziksel zellikleri

Tablo 3. Deneklerin Fiziksel zellikleri

(n = 10)	Yaş (Yıl)	Boy (cm)	V. Ağırlığı (kg)	Maks VO_2 (mg/kg/dk)
\bar{X}	23.10	173.50	78.30	47.06
SD	2.08	9.61	14.80	4.83

2. Performans Zamanı



Grafik 2. Üç Farklı Denemedeki Performans Zamanı Değerleri

Tablo 3. Performans Zamanı Değerleri (dk)

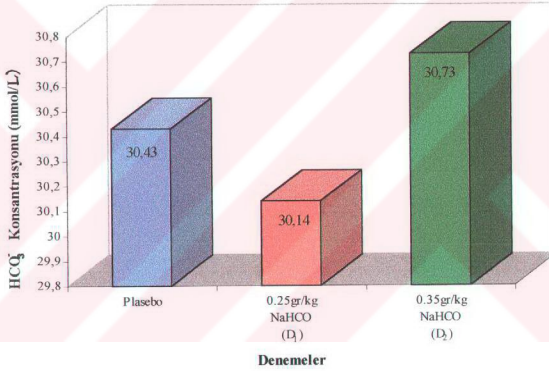
n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	5.21	9.16	6.87	92.65**
SD	1.57	2.72	1.83	

** P < 0.01

Grafik 2 ve Tablo 3 plasebo, D₁ (0.25 gr/kg NaHCO₃) ve D₂ (0.35 gr/kg NaHCO₃) gruplarının performans zamanlarını göstermektedir. Yapılan istatistik analiz NaHCO₃ alan D₁ ve D₂ denemelerindeki performans zamanlarının

plasebo denemesinden istatistik olarak anlamlı derecede farklı olduğunu göstermektedir ($P < 0.01$). Farkın hangi değerden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Tukey formülü ile yapılan analizde üç ölçümünde birbirinden farklı olduğu ancak en yüksek performansın 0.25 gr/kg NaHCO_3 (D_1)'in alındığı denemede elde edildiği gözlenmiştir.

3. HCO_3^- Konsantrasyonu

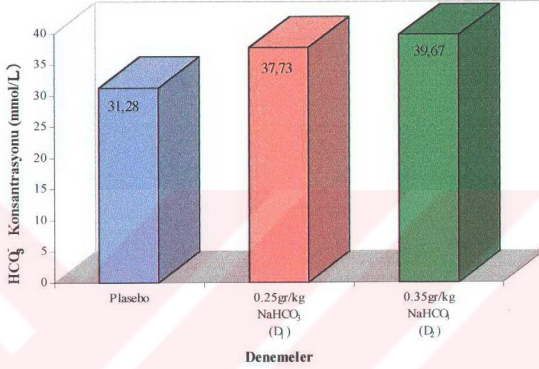


Grafik 3. Madde Alımından Önceki HCO_3^- Konsantrasyonu

Tablo 4. Madde Almadan Önceki HCO_3^- Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO_3 (D_1)	0.35 gr/kg NaHCO_3 (D_2)	F
\bar{X}	30.43	30.14	30.73	1.86
SD	2.02	1.81	2.40	

Grafik 3 ve Tablo 4 deneklerin madde almadan önceki HCO_3^- konsantrasyonları her üç denemede de farklılık göstermemiştir ($P > 0.01$).



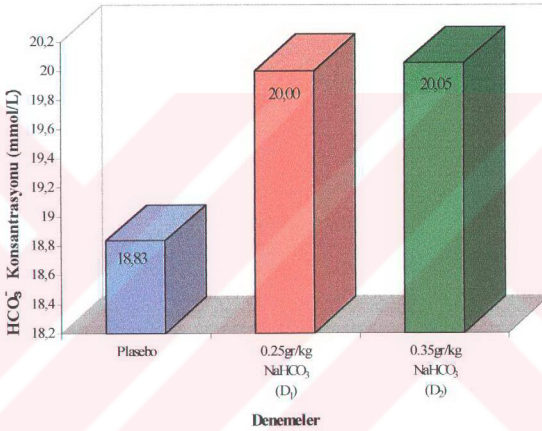
Grafik 4. Egzersiz Öncesi HCO_3^- Konsantrasyonu (Madde Alımından 2 saat Sonra)

Tablo 5. Egzersiz Öncesi HCO_3^- Konsantrasyonu (Madde Alımından 2 saat Sonra) (mmol/L)

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	31.28	37.73	39.67	25.52**
SD	2.76	1.82	3.71	

** $P < 0.01$

Deneklerin alkali ve plasebo maddeleri aldıktan 2 saat sonra veya egzersizden önceki HCO_3^- konsantrasyonları Grafik 4 ve Tablo 5'de gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda denemeler arasında anlamlı farkın olduğu ve bu farkında plasebo grubundan kaynaklandığı belirlenmiştir ($P < 0.01$).

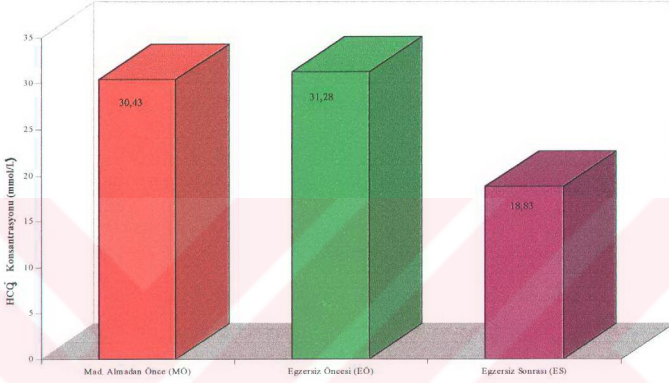


Grafik 5. Egzersiz Sonrası HCO_3^- Konsantrasyonu

Tablo 6. Egzersiz Sonrası HCO_3^- Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	18.83	20.00	20.05	0.54
SD	3.15	2.30	4.57	

Grafik 5 ve Tablo 6'de gösterilen deneklerin egzersiz sonrası HCO_3^- seviyeleri arasında anlamlı bir fark görülmedi ($P > 0.01$).



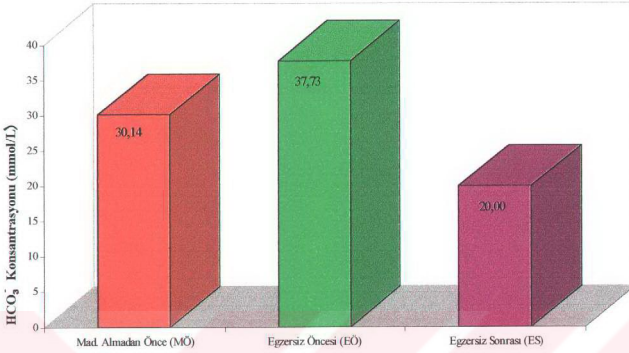
Grafik 6. Plasebo Denemesindeki HCO_3^- Konsantrasyonu

Tablo 7. Plasebo Denemesindeki HCO_3^- Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Mad. Almadan Önce (MÖ)	Egzersiz Öncesi (EÖ)	Egzersiz Sonrası (ES)	F
\bar{X}	30.43	31.28	18.83	68.96**
SD	2.02	2.76	3.15	

** $P < 0.01$

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda plasebo grubunun HCO_3^- seviyesi madde almadan önce ve egzersiz öncesinde farklılık göstermezken egzersiz sonrası değeri bu iki değerden de önemli derecede farklı çıkmıştır ($P < 0.01$) ve bu değerler Grafik 6 ve Tablo 7'de gösterilmiştir.



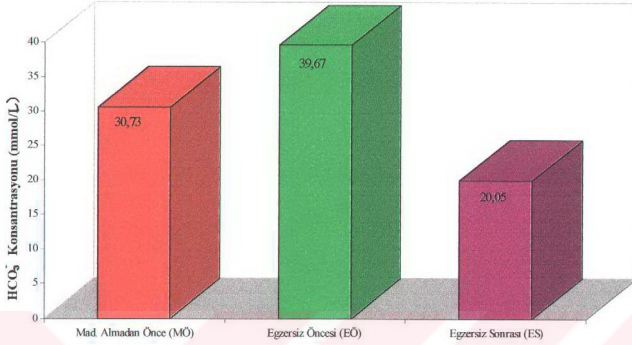
Grafik 7. 0.25 gr/kg NaHCO₃ Alınan Denemedeki (D₁) HCO₃⁻ Konsantrasyonu

Tablo 8. 0.25 gr/kg NaHCO₃ Alınan Denemedeki (D₁) HCO₃⁻ Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Mad. Almadan Önce (MÖ)	Egzersiz Öncesi (EÖ)	Egzersiz Sonrası (ES)	F
\bar{X}	30.14	37.73	20.00	239.90**
SD	1.81	1.82	2.30	

** P < 0.01

Grafik 7 ve Tablo 8'deki veriler D₁ denemesinde NaHCO₃ alımının egzersiz öncesi alkaloz miktarını önemli derecede arttırdığını gösterirken (P < 0.01) bu değerinde egzersiz sonrasında önemli derecede düştüğü görülmektedir (P < 0.01).



Grafik 8. 0.35 gr/kg NaHCO₃ Alınan Denemedeki (D₂) HCO₃⁻ Konsantrasyonu

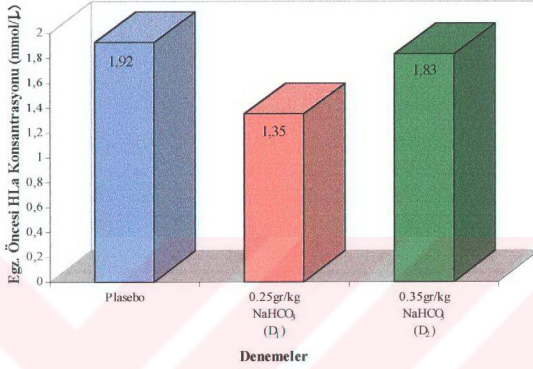
Tablo 9. 0.35 gr/kg NaHCO₃ Alınan Denemedeki (D₂) HCO₃⁻ Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Mad. Almadan Önce (MÖ)	Egzersiz Öncesi (EÖ)	Egzersiz Sonrası (ES)	F
\bar{X}	30.73	39.67	20.05	75.43**
SD	2.40	3.71	4.57	

** P < 0.01

D₂ denemesindeki HCO₃⁻ konsantrasyonundaki farklılıklar D₁ denemesindeki ile benzerdir yani, HCO₃⁻ seviyeleri arasında anlamlı fark belirlenirken (P < 0.01) bu değerler Grafik 8 ve Tablo 9'da gösterilmiştir.

4. Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu

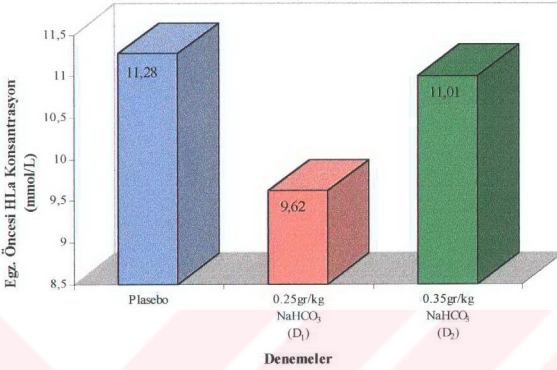


Grafik 9. Egzersiz Öncesi Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu

Tablo 10. Egzersiz Öncesi Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	1.92	1.35	1.83	1.27
SD	1.09	0.30	0.98	

Grafik 9 ve Tablo 10 Kan HLa seviyesinin egzersiz öncesinde her iki grupta da benzer olduğu yani önemli bir farklılık olmadığını göstermektedir ($P > 0.01$).



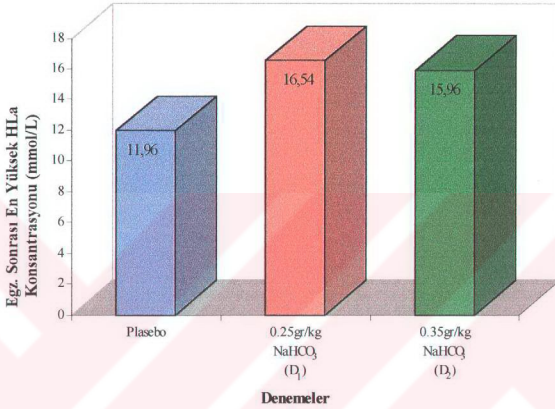
Grafik 10. Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu

Tablo 11. Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki Laktik Asit (HLA) Konsantrasyonu (mmol/L)

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	11.28	9.62	11.01	2.47
SD	2.15	1.40	2.39	

Grafik 10 ve Tablo 11 egzersiz sonrası HLa değerleri plasebo denemesinin bittiği süreye denk olan D₁ ve D₂ NaHCO₃ denemelerinin sürelerinde biriken HLa miktarını göstermektedir. Bu değerler arasındaki fark anlamlı olmamasına rağmen ($P > 0.01$) aynı süre içerisinde biriken HLa miktarı plasebo grubunda 11.28 ± 2.15 mmol/L iken 0.25 gr/kg NaHCO₃ verilen denemede en

düşük değer olan 9.62 mmol/L elde edilirken 0.35 gr/kg NaHCO_3 verilen denemede HLa miktarı 11.01 mmol/L olarak belirlendi.



Grafik 11. Egzersiz Sonrası En Yüksek HLa Konsantrasyonu

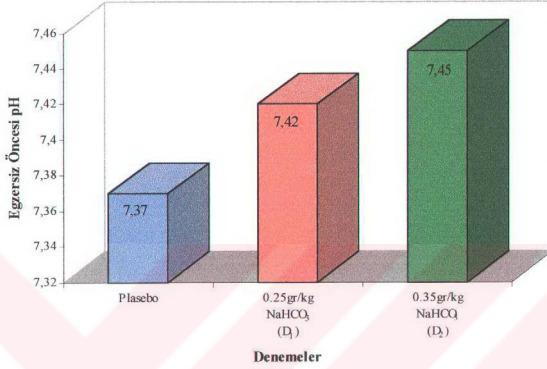
Tablo 12. Egzersiz Sonrası En Yüksek HLa Konsantrasyon (mmol/L)

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO_3 (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO_3 (D ₂)	F
\bar{X}	11.96	16.54	15.96	15.69**
SD	2.03	1.62	3.08	

** P < 0.01

Egzersiz sonrası HLa konsantrasyonu D₁ ve D₂ denemelerinde plasebo denemesine oranla daha yüksek çıkmıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (P < 0.0). Bu değerler Grafik 11 ve Tablo 12'de gösterilmiştir.

5. pH Konsantrasyonu



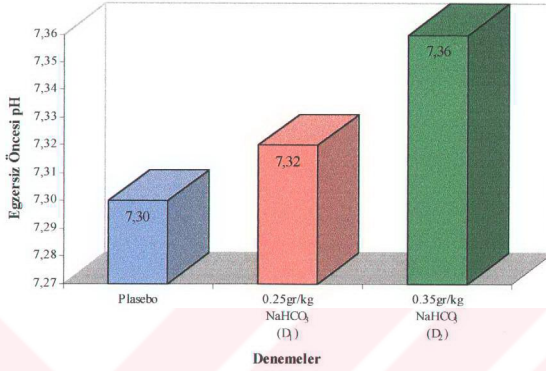
Grafik 12. Egzersiz Öncesi pH Değerleri

Tablo 13. Egzersiz Öncesi pH Değerleri

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	7.37	7.42	7.45	11.49**
SD	0.05	0.03	0.03	

** P < 0.01

Grafik 12 ve Tablo 13'de belirtilen pH değerleri arasında anlamlı farklılık gözlenmektedir ve bu farklılık plasebo denemesinden kaynaklanmaktadır (P < 0.01). Egzersiz öncesinde plasebo grubunun pH değeri 7.37 ± 0.05 iken D₁ grubunun 7.42 ± 0.03 , D₂ grubunun ise 7.45 ± 0.03 olarak belirtilmiştir.



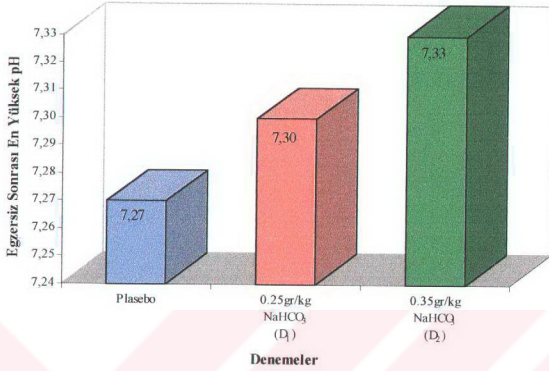
Grafik 13. Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki pH

Tablo 14. Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süredeki pH

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	7.30	7.32	7.36	6.81**
SD	0.04	0.01	0.06	

** P < 0.01

Plasebo egzersizinin bittiği süreye eş sürede plasebo, D₁ ve D₂ denemelerinin pH değerleri arasında anlamlı fark belirlendi (P < 0.01). Bu fark bütün değerlerin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Egzersiz sonrası pH değerleri Grafik 13 ve Tablo 14'de gösterilmektedir.



Grafik 14. Egzersiz Sonrası En Yüksek pH

Tablo 15. Egzersiz Sonrası En Yüksek pH

n = 10	Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO ₃ (D ₁)	0.35 gr/kg NaHCO ₃ (D ₂)	F
\bar{X}	7.27	7.30	7.33	6.83**
SD	0.05	0.05	0.05	

** P < 0.01

Grafik 14 ve Tablo 15 deneklerin egzersiz sonrası en yüksek pH değerlerini göstermektedir. İstatistiksel analiz sonucunda denemeler arasında anlamlı fark kaydedildi (P < 0.01). Bu fark ise üç denemenin de birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 16. Denemelerin Kendi Aralarındaki HCO_3^- , pH ve HLa Konsantrasyonları

		Madde Almadan Önce	Egzersizden Önce	Plasebo Denemesi Sonuna Denk Süre	Egzersizden Sonra	F Değeri
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	Plasebo	30.43±2.02	31.28±2.76	19.47±0.84	18.83±0.98	68.96**
	0.25 gr NaHCO ₃ (D ₁)	30.14±1.81	37.73±1.82	23.08±2.15	20.00±2.30	239.90**
	0.35 gr NaHCO ₃ (D ₂)	30.73±2.40	39.67±3.71	22.46±3.46	20.05±4.57	75.43**
pH	Plasebo	7.37±0.06	7.37±0.05	7.30±0.04	7.27±0.05	16.92**
	0.25 gr NaHCO ₃ (D ₁)	7.41±0.03	7.42±0.03	7.32±0.01	7.30±0.05	37.00**
	0.35 gr NaHCO ₃ (D ₂)	7.45±0.05	7.45±0.03	7.36±0.06	7.33±0.05	31.70**
HLa (mmol/L)	Plasebo	1.91±0.90	1.92±1.09	11.28±2.15	11.96±2.03	145.43**
	0.25 gr NaHCO ₃ (D ₁)	1.35±0.45	1.35±0.30	9.62±1.40	16.54±1.62	468.90**
	0.35 gr NaHCO ₃ (D ₂)	1.84±0.85	1.83±0.98	11.01±2.39	15.96±3.05	122.89**

**P<0.01

Tablo 16'da denemelerin kendi aralarındaki HCO_3^- , pH ve HLa konsantrasyonları madde almadan önce, egzersizden önce ve egzersizden sonrası değerleri karşılaştırılmış ve her üç denemede de istatistiksel olarak anlamlı fark kaydedilmiştir (P < 0.01).

V. TARTIŞMA VE SONUÇ

Vücut yakıtlarının parçalanması kasların çalışmasına yarayan enerjiyi sağlar. Yapılan işin miktarı, organizmada depo edilen enerjinin miktarı, parçalanma oranı, yan ürünlerin üretilmesi veya kasların nörolojik aktivasyonu ile sınırlandırılabilir (13). Kısa süreli yoğun egzersizler sırasında anaerobik glikoliz sonucu HLa birikimi olmaktadır. Bunun sonucunda kan ve kasta H^+ konsantrasyonu artmaktadır. H^+ iyonunun salınması ve buna bağlı olarak hücre içi pH seviyesinin düşmesi glikolitik yolun ve kasın kasılabilemesinin engellenmesine sebep olur. Bunun muhtemel sonucu olarak yorgunluğun oluşması ve performansın bozulması beklenir (20,23,82).

Organizmada egzersizden dolayı oluşan ve performansı sınırlayan bu reaksiyonların etkisi organizma iç ortamının asit baz dengesinin bozulmasını engelleyen tampon mekanizmalar tarafından sınırlandırılabilir ve böylece yorgunluk geciktirilebilir. Organizmaya bu desteği sağlayan tampon sistemlerden birisi olan HCO_3^- (bikarbonat) sistem yoğun egzersizlerde bu tamponlamanın toplamının % 15-18'ini oluşturmaktadır (86).

Yapılan bu çalışmada amaç yüksek şiddette yapılan yoğun egzersiz öncesi alınan sodyum bikarbonatın anaerobik performans etkilerini belirlemektir. Çalışmaya Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan 10 elit erkek güreşçi denek olarak katıldı. Denekler 23.10 ± 2.08 yıl yaş, 173.50 ± 9.61 cm boy ve 78.30 ± 14.80 kg ağırlık ortalamalarına sahiplerdi. Denekler 3 hafta içinde birer hafta arayla üç kez maks VO_2 değerlerinin % 125'i ile ve 60 rpm pedal

devir hızı ile yorulana kadar bisiklet ergometre testine tabi tutuldular. Deneklere her testten 2 saat önce plasebo madde olarak pudra şekeri ve bir miktar tuz (kontrol), 0.25 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO₃ (D₁) ve 0.35 gr/kg vücut ağırlığı NaHCO₃ (D₂) 500 ml meyve suyu ile birlikte ağız yolu ile verildi. Deneklerin kan örnekleri antekübital venden madde almadan önce, egzersizden önce ve egzersizden hemen sonra, 5, 10, 15 dk sonra alındı.

Yapılan ölçümler sonucunda deneklerin madde almadan önceki HCO₃⁻ seviyeleri plasebo denemesinde 30.43±2.02 mmol/L, 0.25 gr/kg NaHCO₃ (D₁) denemesinde 30.14±1.84 mmol/L, 0.35 gr/kg NaHCO₃ (D₂) denemesinde ise 30.73±2.40 mmol/L olarak tesbit edilirken denemeler arasında önemli bir fark görülmedi (P>0.01).

Madde almından iki saat sonra yani egzersiz öncesi HCO₃⁻ seviyeleri ise plasebo denemesinde 31.28±2.76 mmol/L, D₁ denemesinde 37.73±1.82 mmol/L ve D₂ denemesinde 39.67 mmol/L olarak belirlenirken D₁ ve D₂'nin HCO₃⁻ seviyeleri plasebo grubundan ve kendilerinin madde almından önceki değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek çıkmıştır (P<0.01). Egzersiz sonrasında ise bütün denemelerdeki HCO₃⁻ değerleri (plasebo 18.83±3.15 mmol/L, D₁ 20.00±2.30 mmol/L ve D₂ 20.05±4.57 mmol/L) kendilerinin önceki değerlerinden önemli derecede farklı iken (P<0.01) üç denemenin egzersiz sonrası değerlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir (P>0.01). Kan HLa konsantrasyonunun artması ile plazma bikarbonat konsantrasyonunda bir azalma olmaktadır (kanın ana tamponunda). Bu nedenle plazma bikarbonat konsantrasyonu maksimal egzersizden önceki dinlenmede 24 mEq/l'den kısa süreli yoğun egzersiz sonrası 3-

4 mEq/l'ye kadar azaldığı belirtilmiştir (38). Sodyum bikarbonat alımının kontrolü kan analizinin dışında idrar tetkiki ile de mümkün olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (72). Diğer araştırmalarda bikarbonat yüklemesiyle ekstrasellüler tampon maddesi HCO_3^- konsantrasyonunun arttığı belirtilmiştir (20,23).

Yapılan araştırmada her üç denemede de (plasebo, D₁, D₂) egzersiz öncesi Laktik asit (HLA) değerlerinde (plasebo 1.92±1.09 mmol/L, D₁ 1.35±0.30 mmol/L ve D₂ 1.83±0.98 mmol/L) anlamlı bir farklılık gözlenmedi (P>0.01). Çalışmada bikarbonat'ın HLa'ı tamponlamasını incelemek amacı ile plasebo denemesinin bittiği süredeki HLa miktarı ile D₁ ve D₂ denemeleri sırasında plasebo denemesinin bitişine eşit sürelerde egzersiz devam ederken alınan kan ile aynı süredeki HLa miktarları karşılaştırıldı ve bu süredeki plasebo HLa değeri 11.28±2.15 mmol/L, D₁ değeri 9.62±1.40 mmol/L ve D₂ değeri ise 11.01 mmol/L olarak belirlendi, ölçümler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen (P>0.01) özellikle D₁ denemesi plasebo denemesinden 1.66 mmol/L daha düşük olarak belirlendi. Anaerobik egzersiz öncesi alınan alkali maddeler iç ortamdaki alkolozu arttıracığından çalışan kaslardan H ve HLa atılımına yardımcı olacağı ve böylece yorgunluğun gecikip performansın artacağı belirtilmiştir (29,30,66,67). Egzersiz sonrası en yüksek HLa miktarı incelendiğinde, plasebo grubu denemesinde 1.96±2.03 mmol/L, D₁ denemesinde 16.54±1.62 mmol/L ve D₂ denemesinde 15.96 mmol/L olarak belirlendi. Bu değişiklikler egzersizden dolayı düşen kan katekolaminleri ile ilgilidir (8). Araştırmada bikarbonat alımıyla egzersiz de kan HLa konsantrasyonunun artması bu konu ile yapılan bazı araştırmalarla benzerlik gösterirken (9,67) bazı araştırmalarda da alkalitik şartlarda kan HCO_3^- ,

kas ve kan pH değerlerinin önemli artışına rağmen kan ve kas HLa değerlerinde bikarbonat ve plasebo denemeleri arasında fark olmadığı sonuçları ile zıtlık göstermektedir (93,95).

Yapılan araştırmada egzersiz öncesi pH değerleri denemeler arasında önemli oranda fark tesbit edildi ($P<0.01$). Plasebo denemesinde pH değeri 7.37 ± 0.05 iken D_1 denemesinde 7.42 ± 0.03 ve D_2 denemesinde ise 7.45 ± 0.03 olarak belirlendi. Bikarbonat denemelerindeki pH yüksekliği bikarbonat alımının pozitif bir etkisi olarak kabul edilebilir. Fakat bunun aksine birçok çalışmada ise HCO_3^- alımının dinlenmedeki kas pH seviyesini etkilemediği belirtilmiştir (61). Sarkolemma'nın HCO_3^- 'a geçirgen olmadığından dolayı (84) ekstrasellüler tamponlama kapasitesini arttırarak, kısa süreli egzersizde performans üzerine olumlu etki yapılmasının güç olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. (12,49,56,65,67,71). Ayrıca ekstrasellüler pH kastan H ve HLa çıkış oranının en önemli belirleyicisidir. Bu da kas fonksiyonlarının düzelmesine sebep olmaktadır (1,49,91,98). Egzersiz sonrası pH değerleri plasebo denemesinde 7.27 ± 0.05 , D_1 denemesinde 7.30 ± 0.05 ve D_2 denemesinde ise 7.33 ± 0.05 olarak belirlendi ve denemeler arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlıdır ($P<0.01$). Burada göze çarpan bir nokta ise kandaki laktik asit oranının artışına göre pH'ın düşmesi gerekirken bikarbonat denemelerindeki HLa artışına göre pH düşüşü plasebo grubuna oranla beklenenden daha azdır. Anaerobik egzersizde kas pH'ı azalmakta 7.0'dan 6.5 veya daha düşük olmaktadır. İkincil olarak arteriyal kan pH'ı 7.6'dan 7.0'a düşebilmektedir. Dinlenmede, egzersizden önce ve sonra alınan kan örneklerinde laktat konsantrasyonu ile pH arasında yüksek korrelasyon

bulunmaktadır. Kanın tampon sisteminden dolayı laktat konsantrasyonunda 10 misli artma hidrojen konsantrasyonunda sadece 1.42 misli artmaya sebep olmaktadır (3).

Yapılan çalışmada bikarbonat alınan D_1 ve D_2 denemelerinde performans zamanlarında plasebo grubuna oranla anlamlı bir artış gözlemlendi ($P < 0.01$). Performans zamanı plasebo denemesinde 5.21 ± 1.57 dk D_1 denemesinde 9.16 ± 2.72 dk ve D_2 denemesinde ise 6.87 ± 1.83 dk olarak belirlendi. Ölçümler arasındaki farklılığın her üç denemeninde birbirinden farklı olmasından kaynaklanırken en yüksek zamanın ise D_1 denemesinde yani 0.25 gr/kg NaHCO_3 alınan denemede elde edilmiştir. 0.35 gr/kg NaHCO_3 'ün alındığı D_2 denemesindeki çalışma zamanının daha düşük olmasındaki en önemli etkenin madde alımından sonra deneklerde görülen mide bulantısı, kusma, şişkinlik, karın ağrısı, ateş gibi yüksek dozajda görülebilen yan etkilerden dolayı olabileceği söylenebilir. Bu yüzden 0.35 gr/kg NaHCO_3 'ün olumlu etkisi olmasına rağmen yan etkisinin görüldüğü bundan dolayı alınırken dikkat edilmesi gerektiği söylenebilir.

Ekstrasellüler tampon kapasitesi arttığında hücreler laktat ve H^+ çıkışı hızlanmaktadır (44,67,71,78,89). H^+ birikiminin azalması muhtemelen performansı biraz arttıracaktır. Bu nedenle vücudun tampon kapasitesini arttırarak metabolik asidozu kompanse etmek, pH'daki azalmayı önlemek ve yorgunluk başlangıcını erteleyebilmek için daha çok ağızdan maddelerden sodyumbikarbonat (NaHCO_3) diğer adıyla "bikarbonat yükleme" performansı arttırmak amacıyla önerilmektedir (17,44,49,67,68).

Egzersiz öncesi alınan NaHCO_3 hidrojen iyonlarının çalışan kaslardan uzaklaştırılmasıyla ve bunun sonucunda yorgunluğun gecikmesiyle performansta artışa sebebiyet verdiği açıklanan birçok araştırma bulunmaktadır (5,6,8,12,29,32,34,49,57,60,66,73,74,80,85,88,91,93,95,99). Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlarda yukarıdaki çalışmaları desteklemektedir. Fakat, bütün bu sonuçları desteklemeyen bazı çalışmalarda literatürde yer almaktadır (9,46,54,68,71,75,79,81,96).

Sonuç olarak yapılan çalışmada maksimal egzersiz öncesi iki farklı dozda (0.25 gr/kg ve 0.35 gr/kg) alınan sodyum bikarbonatın (NaHCO_3) metabolik alkalozu arttırdığı ve her iki dozunda performansı olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Fakat 0.25 gr/kg dozajının etkisinin diğer dozdan daha iyi olması ve 0.35 gr/kg'lık dozajın alımı sırasında deneklerde görülen yan etkiler NaHCO_3 'ün alımı sırasında alınan doza dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Diğer sonuçları ise şöyledir.

– Egzersiz öncesi NaHCO_3 alımı HCO_3^- ve pH seviyelerinde anlamlı derecede artışa sebebiyet vermektedir ($P < 0.01$).

– NaHCO_3 alınan denemelerin plasebo egzersizlerinin bittiği süreye eş süredeki HLa seviyeleri plasebo denemesinden daha düşüktür fakat fark anlamsızdır ($P > 0.01$).

– Egzersiz sonrası HLa konsantrasyonu NaHCO_3 denemelerinde plasebo denemesinden daha yüksektir ($P < 0.01$).

VI. ÖNERİLER

Bikarbonat yüklemenin performans üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla planlanacak çalışmaların daha kolay, verimli ve güvenilir olabilmesi için şu noktaların dikkate alınması tavsiye edilebilir.

– Bu tür çalışmalarda deneklerin bikarbonat emilim süreleri tek tek belirlenmeli.

– Deneklerin maks VO_2 'lerinin tesbiti direkt yöntemlerle yapılmalıdır.

– Antrenmanın etkisini minimuma indirmek için bu tür çalışmalar antrenman sezonundan sonra yapılmalıdır.

– Bu tür çalışmalarda iki dakika süren maksimum egzersizlerin kullanılması daha tutarlı sonuçlar elde etmede etkili olabilir.

– Bikarbonat yükleme sonucunda kişilerde oluşan yan etkilerin performansı etkilememesi için dozaja dikkat edilmeli ve deneklere çalışmadan önce $NaHCO_3$ verilip izlenmelidir.

– Bikarbonat yüklemenin yarışma sırasında ekili olabilmesi için sporcu bikarbonatın yan etkilerine ve bikarbonata alışması için daha önceden bikarbonat alarak bu duruma alışması daha yararlı olabilir.

VII. ÖZET

Yapılan çalışmada maksimal egzersiz öncesi iki farklı dozda alınan sodyum bikarbonat'ın (NaHCO_3) anaerobik performansa etkisi araştırıldı. Çalışmaya yaş ortalamaları 23.10 ± 2.08 yıl olan ve Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan, 10 elit güreşçi gönüllü denek olarak katıldılar. Deneklere 3 hafta içerisinde birer hafta ara ile 3 kez maks VO_2 değerlerinin % 125'i ile bisiklet ergometrede dakikada 60 pedal devir sayısı ile yorulana kadar egzersiz yaptırıldı. Her testten 2 saat önce deneklere plasebo olarak pudra şekeri ve tuz (kontrol) veya 0.25 gr/kg vücut ağırlığı dozajında NaHCO_3 (D_1) veya 0.35 gr/kg vücut ağırlığı dozajında NaHCO_3 (D_2) 500 ml meyve suyuna karıştırılarak ağız yolu ile verildi. Deneklerin kan örnekleri madde alımından önce, madde alımından 2 saat sonra yani egzersizden hemen önce, plasebo egzersizinden 1, 5, 10, 15 dk sonra alındı. Elde edilen verilerin aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve ölçümler arasındaki farklılıklar Repeated Measures Analysis of Variance (ANOVA) testi ile $P < 0.01$ anlamlılık derecesinde hesaplandı. Ayrıca veriler arasında farklılık var ise bu farklılığın hangi parametreden kaynaklandığı da Tukey testi ile belirlendi.

Araştırma sonucunda yoğun egzersizler öncesi alınan bikarbonatın anaerobik performansı önemli derecede arttırdığı belirlendi ($P < 0.01$). Denemelerdeki farklılıklar plasebo ile D_1 (0.25 gr/kg NaHCO_3) denemesi arasında 3.95 dk plasebo ile D_2 (0.35 gr/kg NaHCO_3) denemesi arasında 1.66 dk ve D_1 - D_2 arasındaki fark ise 2.29 dk olarak belirlendi ve bu farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0.01$). D_1 - D_2 arasındaki farkın sebebi 0.35 gr/kg'lık dozaj deneklerde

yan etkiye neden olduğundan denekler bu denemede tam performanslarını gösterememiş olabilir.

Ayrıca çalışma sonuçları NaHCO_3 alımı egzersiz öncesi pH ve HCO_3^- seviyelerinde artışa neden olurken ($P<0.01$) egzersiz sonrası HLa miktarı bikarbonatlı denemelerde plasebo denemesinden yüksek çıkmasına rağmen ($P<0.01$) pH seviyesinde bu artışa paralel bir düşme görülmedi.

Bu çalışma sonunda şu önerilebilir; NaHCO_3 etkili bir ergojenik yardımcı olarak kullanılabilir ve NaHCO_3 alımıyla arttırılan extrasellüler tamponlama çalışan dokulardan gelen H^+ iyonlarının atılmasına yardımcı olarak intrasellüler pH'ın yükseldiği ve böylece yorgunluğun geciktirildiği iddiaları bu çalışma ile desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Metabolik Alkaloz, Bikarbonat Alımı, Anaerobik Performans, Ergojenik Yardım, Laktik Asit.

VIII. SUMMARY

The purpose of this investigation was to determine the effect of sodium bicarbonate (NaHCO_3) ingestion in different dosages on anaerobic performance. With this aim 10 elite wrestlers from Gazi University School of Physical Education and Sport were participated voluntarily as subject. Their mean age was 23.10 ± 2.08 years. The subjects participated in three cycle ergometer exercises on separate occasions with one week interval during 3 weeks. Each exercise occasion involved 125% max VO_2 of subjects with 60 rpm on cycle ergometer, until they were exhausted. Two hours before each test, the subjects consumed either a placebo (control), or solution of 0.25 gr/kg body weight (D_1) or a solution 0.35 of gr/kg body weight with 500 ml fruit juice. Venous blood samples were taken before pre and post ingestion and 1, 5, 10 and 15 min. following the exercise. Mean and Standart Deviation scores and differences between datas were analized by Repeated Measures Analysis of Variance (ANOVA) Test at $P < 0.01$ significance level. Sources of the differences between values were determined by using Tukey Test.

At the end of the study, results showed that NaHCO_3 ingestion facilitated to increase anaerobic performance significantly ($P < 0.01$). The differences between trials were determined as follows; 3.95 min. between placebo and D_1 (0.25 gr/kg NaHCO_3) 1.66 min. between plasebo and D_2 (0.35 gr/kg NaHCO_3) and 2.29 min. between D_1 and D_2 ($P < 0.1$). The reason of differences between D_1 and D_2 may be explained by means of side effect of over dosage of NaHCO_3 . Therefore they were not able to show their maximum performance.

Results also showed that NaHCO_3 ingestion significantly increased pre-exercise HCO_3^- and pH of D_1 and D_2 ($P < 0.01$). Although HLa levels of D_1 and D_2 were significantly higher than placebo ($P < 0.01$), there was no important decrease pH levels of them regarding to placebo.

The results suggested that NaHCO_3 can be used as an effective ergogenic aid and support the speculation that the increased extracellular buffering afforded by NaHCO_3 ingestion facilitated efflux of H^+ from working tissues, thus increasing pH and hence offsetting fatigue.

Key Words: Metabolic Alkalosis, Bicarbonate Ingestion, Anaerobic Performance, Ergogenic Aid, Lactic Acid.

IX. KAYNAKLAR

1. ADIER, S., ROY, A., RELMAN, A.S. (1965): Intracellular Acid-Base Regulation. 1. The Response of Muscle Cells to Changes in CO₂ Tension or Extracellular Bicarbonate Concentration. J. Clin. Invest. 44, 8-20.
2. AKGÜN, N. (1993): Egzersiz Fizyolojisi, GSGM Yayınları, Ankara, syf.82.
3. ASTRAND, P.O., RODAHL, K.C. (1996): Textbook of Work Physiology. McGraw-Hill Co., New York, 112-115.
4. ASTRAND, P.O. (1981): Aerobic and Anaerobic Energy Source in Exercise. Medicine Sport, Vol.13, s.22-37.
5. ATTERBOM, H.A.A. (1971): Effects of Intra-Gastric Sodium Bicarbonate of Brief Maximal Work. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Oregon, Eugene.
6. BABALIK, A. (1991): Bikarbonat Yükleminin Yüksek Yoğunluktaki Egzersiz Performansına Etkisi, M.Ü., Sağlık Bilimleri Enst. Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
7. BOMPA, T. (1986): Theory and Methodology of Training, Dubuque Iowa, W.A.
8. BOUISSOU, P., DEFER, G., GUEZENNEC, C.Y., ESTRADE, P.Y., & SERRIER, B. (1988): Metabolic and Blood Catecholamine Responses to

- Exercise During Alkalosis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(3), 228-232.
9. BRIEN, D.M., MC KENZIE, D.C. (1989): The Effect of Induced Alkalosis and Asidosis On Plasma Lactate and Work Output in Elite Oarsmen, *Eur. J. Appl. Physiology*, 58(8):797-802.
 10. BROOKS, G.A., FAHEY, T.D. (1984): *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. John Wiley & Sons, New York, s.191-219.
 11. BROOKS, G.A., BRAUNER, K.E., CASSENS, R.G. (1973): Glycogen Synthesis and metabolism of Lactic Acid After Exercise. *Am. J. Physiol.*, 224, s.1162.
 12. COSTIL, D.L., VERSTAPPEN, F., KUIPERS, H., JANSSEN, E., FINK, W. (1984): Acid-Base Balance During Repeated Bouts of Exercise: Influence of HCO_3^- *Int. J. Sports Med.* 5:228-231.
 13. COYL, E.F. (1984): Ergogenic Aids, *Clin. Sports Med.* July, 3(3):731-742.
 14. DANFORTH, W.J. (1965): "Activation of the Glycolytic Pathway in Muscle." *Control of Energy Metabolism*, içinde. Edited by, Change, B., Estrabrook, R.W., Academic Press, New York.
 15. DENNIG, H. (1940): Über Künstliche steigerung der körperlichen leistungsfähigkeit. 1. Introduction. *Naunyn-Schmiedeberg Archiv*, 195, 258.

16. DENNIG, H., BECKER-FREYSENG, H., KRAUSE, E., & ALBATH, W. (1937): Steigerung Körperlicher Arbeit Durch Künstliche Alkalose. Archiv Für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 186, 611.
17. DENNIG, H., TALBOT, J.T., EDWARDS, H.T., & DILL, D.B. (1931): Effect of Acidosis and Alkalosis Upon Capacity for Work. Journal of Clinical Investigation, 9, 609.
18. DÍ PRAMPERO, P.E. (1981): Energetics of Muscular Exercise. Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol., 89, s.143.
19. DÍ PRAMPERO, P.E., MOGNONI, P. (1981): Maximal Anaerobic Power in Man. Medicine Sport. Vol.13, s.38-44.
20. DONALDSON, S.K, HERMANSEN, L., BOLLES, L. (1978): Differential Direct Effects of H^+ on Ca^{++} Activated Force of Skinned Fibers form the Soleus, Cardiac and Adductor Magnus Muscle of Rabbits; Plugers Archive European Journal of Physiology, 376, s.55-65.
21. DRUG INFORMATION FOR THE CONSUMER (1987): "Sodium Bicarbonate Systemic" Consumer Reports Book United States Pharmacopeia, By Authority of The United States Pharmacopaeal Convention Inc., pg:994-995.
22. ERGEN, E. (1988): Physiological Responses to High Intensity Shuttle Running. Master Project. Department of Physical Education and Sport Science. Laughborough Univ. of Technology, s.1-21.

23. **FABIATO, A., FABIATO, F. (1978): Effects of pH on the Myofilaments and Sarcoplasmic Reticulum of Skinned Cells from Cardiac and Skeletal Muscles. J. Physiol., 276, s.233-235.**
24. **FOX, E.L., BOWERS, R.W., FOSS, M.L. (1988): The Physiological Basis of Physical Education and Athletics, 4th Ed., Saunders College Publishing, New York.**
25. **FOX, E.L. (1984): Sports Physiology. 2nd Ed., Saunders College Publishing, New York.**
26. **GAITANOS, G.C., NEVILL, M.E., BROOKS, S., WILLIAMS, C. (1991): Repeated Bouts of Sprint Running After Induced Alkalosis, J. Sports Sci., Winter, 9(4):355-370.**
27. **GAMBLE, J.L., Jr., M.D. (1982): Acid, Base Physiology: The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, s.1-79.**
28. **GANONG, W.F. (1995): (Çeviri Editörü, Dr. Ayşe Doğan): Fizyoloji, Barış Kitabevi, İstanbul, Syf.641, 781-782.**
29. **GAO, J., COSTILL, D.L., HOSWILL, C.A., & PARK, S.H. (1988): Sodium Bicarbonate Ingestion Improves Performance in Interval Swimming. European Journal of Applied Physiology, 58, 171-174.**

30. GEORGE, K.P., & MACLAREN, D.P.M. (1988): The Effect of Induced Alkalosis and Acidosis on Endurance Running at an Intensity Corresponding to 4 mM Blood Lactate. *Ergonomics*, 31(11), 1639-1645.
31. GILVERY, W.R. (1973): "The Use of Fuels for Muscular Work. Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Exercise, içinde. Scientific Publication of the Research Institute Maglingen, s.12-27.
32. GOLDFINCH, J., MC MAUGHTON, L., DAVIES, P. (1988): Induced Metabolic Alkolisis on Endurance Running on Intensive Corresponding to 4 mM Blood Lactate, *Ergonomics*, 31(11). ss. 1639-1645.
33. GOLLNICK, P.D., HERMANSEN, L. (1973): Biochemical Adaptations to Exercise: Anaerobic Metabolism. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 1, s.1-43.
34. GRANIER, P.L., DOBOUCHAUD, H., MERCIER, B.M., MERCIER, J.G., AHMAIDI, S., PREFAUT, C.G. (1996): Effect of NaHCO₃ on Lactate Kinetics in Forearm Muscles During Leg Exercise in Man, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Jun, 28(6):692-697.
35. GUYTON, A.C. (1986): *Textbook of Medical Physiology*. 7th ed. W.B. Saunders Co. Çeviren, Gökhan, N., Çavuşoğlu, H., Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 1986, s.629-647.
36. GUYTON, A.C. (1978): *Fizyoloji*. Çeviren, Kazancıgil, A., Güven Yayınevi, Ankara, s.33-34 ve 183-184.

37. HANS (1938): Unpublished Dissertation, Berlin, In Dennig 1940.
38. HERMANSEN, L. (1981): "Muscular Fatigue During Maximal Exercise of Short Duration". *Medicine and Sport*, içinde. Ed. by Jokl, E., Basel, S. Karger, s.45-52.
39. HERMANSEN, L., VAAGE, O. (1977): Lactate Disappearance and Glycogen Synthesis in Human Skeletal Muscle After Exercise. *Am. J. Physiol.* 2, E422.
40. HERMANSEN, L., MEHLUM, S.M., PRVETT, E.D.R., VAAGE, O., WALDUM, H., WESSEL, L. (1973): "Lactate removal at Rest and During Exercise". *Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Adaptation Exercise*, içinde Ed., by Howald, H., Porrtsmans, T.R., Scientific publ. of the Research Institute Maglingen, s.101-105.
41. HERMANSEN, L., OSNES, J.B. (1972): Blood and muscle pH After Maximal Exercise in Man. *J. Appl. Physiol.* 32(3), s.304-308.
42. HERMANSEN, L. (1971): "Lactate Production During Exercise". *Muscle Metabolism During Exercise*, Ed. by Pernow, B., Saltin, B., Plenum Press, s.401-407.
43. HEYRODT, H., & WEISSENSTEIN, H. (1940): Über Steigerung Körperlicher Leistungsfähigkeit Durch Pervitin. *Naunyn-Schmiedebergs Archiv*, 1895, 273.

44. HIRCHE, H., HEMBACH, V., LANGHER, H.D., WACKER, U. (1972): Lactic Acid Permeation Rate in Working Skeletal Muscle During Alkalosis and Acidosis. *Pflügers Arch.*, 332, R73.
45. HOLLMAN, W. (1985): Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold up to 966. *Int. J. Sports Med.* Vol.6, No.3, s.109-116.
46. HORSWILL, C.A., COSTILL, D.L., FINK, W.J., FLYNN, M.G., KIRWAN, J.P., MITCHELL, J.B., HOUMARD, J.A. (1988): Influence of Sodium Bicarbonate on Sprint Performance: Relationship to Dosage, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(6), s.556-559.
47. JENSEN, R.C., FISHER, A.G. (1979): Scientific Basis of Athletic Conditioning. *Lea & Febiger, Philadelphia*, 2nd. Ed., s.3-31.
48. JOHNSON, W.R., & BLACK, D.H. (1953): Comparison of Effects of Certain Blood Alkalinizers and Glucose Upon Competitive Endurance Performance. *Journal of Applied Physiology*, 5, 578-588.
49. JONES, N.L., SUTTON, J.R., TAYLOR, R., & TOWES, C.J. (1977): Effect of pH on Cardiorespiratory and Metabolic Responses to Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 43, 959-964.
50. KARAKÜÇÜK, İ., ÜSTDAL, M., KARAKAŞ, E.S. (1994): The Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Plasma Lactate and Exercise Performance, *Tr. J. Medical Science*, (20), ss. 105-108.

51. KARLSSON, J. (1979): Localized Muscular Fatigue Role of Muscle Metabolism and Substrate Depletion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, s.1-42.
52. KARLSSON, J. (1971): Lactate and Phosphagen Concentrations in Working Muscle of Man. *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, 358, s.1-72.
53. KARLSSON, J., SALTIN, B. (1970): Lactate, ATP and CP in Working Muscles During Exhaustive Exercise in Man. *J. Appl. Physiol.* 29, s.598-602.
54. KATZ, A., COSTILL, D.L., KING, D.S., HARGRAVES, M., & FINK, W.J. (1984): Maximal Exercise Tolerance After Induced Alkalosis. *International Journal of Sports Medicine.* 5(2), 107-110.
55. KEUL, J. (1985): The Physiological Importance of the Anaerobic Capacity During Training. *International Congress, St. Johann, Tyrolia, 1985. Int. J. Sports Med.*
56. KINDERMAN, W., KEUL, J., HUBER, G. (1977): Physical Exercise After Induced Alkalosis (Bicarbonate or Tris-Buffer). *Eur. J. Appl. Physiol*, 37(3), s.197-204.
57. KOWALCHUCK, J.M., HEIGENHAUSER, G.J., & JONES, N.L. (1984): Effect of pH on Metabolic and Cardiorespiratory Responses During Progressive Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 57(5), 1558-1563.

58. H. LAMB, D.R., WILLIAMS, M.H. (1994): Ergogenics-Enhancement of Performance in Exercise on Sport, Perspectives in Exercise and Sport Medicine (4), ss.213-242.
59. LAMB, R.D. (1984): Physiology of Exercise Responses & Adaptations. MacMillan publishing Company, New York.
60. LAVENDER, G., BIRD, S.R. (1989): Effect of Sodium Bicarbonae Ingestion Upon Repeated Sprints, British J. Sports Med. Mar; 23(1):41-45.
61. LEGER, L.A., LAMBERT, J. (1982): A maximal Multistage 20 m. Shuttle Run Test to Predict VO₂ Max. Eur. J. Appl. Physiol., 49, s.1-12.
62. LINDERMAN, J. and FAHEY, D.T. (1991): Sodium Bicarbonate Ingestion and Exercise Performance, Sport Medicine 11(2), ss.213-242.
63. LI, ARTHUR, K.C., WILLS, M.R., HANSON, G.C. (1980): Acid, Electrolytes, Acid-Base and Nutrition. Academic Press., London, s.29-53.
64. MACLAREN, M.P.D., GIBSON, H., PARRY-BILLINGS, M., EDWARDS, T.H.R. (1989): A Review of Metabolic and Physiological Factors in Fatigue. Exercise and Sport Sciences Reviews. Ed. by Pandolf B. Kent, vol.17, s.29-66.
65. MACLAREN, D., MELLOR, S. (1985): The Effect of Induced Alkalosis and Acidosis on the Lactate Treshold and Performance at 95% VO₂ Max. British Journal of Sports Medicine, 19, s.237.

66. MACLAREN, D.P.M., & MORGAN, G.D. (1985): Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Maximal Exercise. *Proceedings of the Nutritional Society*, 44, 26A.
67. MAINWOOD, G.W. & WARSLEY-BROWN, P. (1975): The Effects of Extracellular pH and Buffer Concentration on the Efflux of Lactate from Frog Sartorius Muscle. *Journal of Physiology (London)*, 250, 1.-22.
68. MARGARIA, R., AGHEMO, P., & SASSI, G. (1971): Effect of Alkalosis on Performance and Lactate Formation in Supramaximal Exercise. *Internationale Zeitschrift Für Angewandte Physiologie*, 29, 215-223.
69. MATSON, L.G., TRAN, Z.V. (1993): Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Anaerobic Performance: A Meta-analytic Review, *Int. J. Sports Nutrition*, Mar., 3(1):2-28.
70. MC ARDLE, W., FRANK, I.K., WICTOR, L.K. (1991): *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*, Lea and Febiger 200 Chester Field Parkway, USA.
71. MCCARTNEY, N., HEIGENHAUSER, G.J.F., & JONES, N.L. (1983): Effects of pH on Maximal Power Output and Fatigue During Short-Term Dynamic Exercise. *Journal of Applied Physiology*, 55, 225,229.
72. MCKENZIE, D.C. (1988): Changes in Urinary pH Following Bicarbonate Loading, *Canadian J. Sports Science*, Dec. 13(4), 254-256.

73. MCKENZIE, D.C., COUTTS, K.D., STIRLGN, D.R., HOEBEN, H.H., KUZARA, G. (1986): Maximal Work Production Following Two Levels of Artificially Induced Metabolic Alkalosis. *J. Sport. Sci.*, 4(1), s.8-35.
74. MCNAUGHTON, L.R. (1992): Sodium Bicarbonate Ingestion and Its Effects on Anaerobic Exercise of Various Durations, *J. Sports Science*, Oct.: 10(5):425-435.
75. MCNAUGHTON, L.R. (1992): Bicarbonate Ingestion: Effects of Dosage on 60s Cycle Ergometry, *J. Sports Science*, Oct., 10(5):415-423.
76. NOBLE, J. Bruce (1986): *Physiology of Exercise and Sport*. Times Mirror, Mosy College Publishing, Missouri, s.46-117.
77. NOYAN, A. (1984): *Fizyoloji Ders Kitabı*, Ankara, ss.341-345.
78. OSNES, J.B., HERMANSEN, C. (1972): Acid-Base Balance After Maximal Exercise of Short Duration. *J. Appl. Physiol.*, 32, s.59-63.
79. PARRY- BILLINGS, M., MACLAREN, D.P. (1986): The Effect of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate Ingestion on Anaerobic Power During Intermittent Exercise, *Eur. J. Appl. Physiology*, 55(5):524.
80. PFEFFZERLE, K.P., & WILKINSON, J.G. (1988): Induced Alkalosis and Supramaximal Cycling in Untrained Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(2), s.25.

81. PIERCE, E.F., EASTMAN, N.W., HAMMER, W.H., LYNN, T.D. (1992): Effect of Induced Alkalosis on Swimming Time Trials, *J. Sports Science*, June, 10(3):255-259.
82. POULUS, A.J., DOCTER, H.J., & WESTRA, H.G. (1974): Acid-Base Balance and Subjective Feelings of Fatigue During Physical Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 33, 207-213.
83. RAZONI, E. (1926): The Effect of Exercise on Breathing in Experimental Alkalosis Produced by Ingested Sodium Bicarbonate. *Journal of Biological Chemistry*, 67(2), L.25.
84. ROBIN, E.D. (1961): Of Men and Mitochondria: Intracellular and Subcellular Acid-Base Relations. *New England Journal of Medicine*, 265, 780-785.
85. RUPP, J.C., BARTLES, R.L., ZUELZER, W., FOX, E.L. & CLARK, R.N. (1983): Effect of Sodium Bicarbonate Ingestion on Blood and Exercise Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 115.
86. SAHLIN, K. (1978): Intracellular pH and Energy Metabolism in Skeletal Muscle of Man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 455(Suppl., 455), 210.
87. SAHLIN, K., ALVESTRAND, A., BRANDT, R., HULTMAN, E. (1978): Acid-Base Balance in Blood During Exhaustive Bicycle Exercise and Following Recovery Period. *Acta Physiol. Scand.* 104, s.370-372.

88. SIMMONS, R.W.F. & HARDT, A.B. (1973): The Effect of Alkali Ingestion on the Performance of Trained Swimmers. *Journal of Sport Medicine*, 13, 159-163.
89. SPRIET, L.L., MATSOS, C.G., PETERS, S.J. HEINGENHAUSER, G.J.F., FACSM, JONES, N.L. (1983): Acidosis in the Perfused Rat Hindquarter During Exercise: Performance and Lactate Efflux. *Medicine and Science In Sports and Exercise*, 15, s.116,120.
90. STAINSBY, N.W. (1986): Biochemical and Physiological Bases for Lactate Production. *Med. Sci. Sports Exer.*, Vol. 18, No.3, s.341-343.
91. SUTTON, J.R., JONES, N.L., TOEWS, C.J. (1981): Effect of pH on Muscle Glycolysis During Exercise. *Clin. Sci.*, 61, s.331-338.
92. TAMER, K. (1995): Sporda Fiziksel-Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, *Türkerler Kitabevi*, Ankara, ss.110-112.
93. TIRYAKI, G. (1990): The Effects of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate on 600 m. Running Performance of Trained Females. Unpublished Doctoral Dissertation, The University of New Mexico.
94. ÜSTDAL, M, PAŞAOĞLU, H. (1991): *Biyokimya Su ve Elementler*, Kayseri, ss.50-53.

95. VERBITSKY, O., MIZRAHI, J., LEVIN, M., ISAKOV, E. (1997): Effect of Ingested Sodium Bicarbonate on Muscle Force, Fatigue and Recovery, *J. Appl. Physiology*. Aug. 83(2):333-337.
96. WEBSTER, M.J., WEBSTER, M.N., CRAWFORD, R.E., GLADDEN, L.B. (1993): Effect of Sodium Bicarbonate Ingestion on Exhaustive Resistance Exercise Performance, *Med. Sci. Sports Exerc.* Aug. 25(8):960-965.
97. WILLIAMS, R. (1974): *Essentials of Nutrition and Diet Therapy*, ss.70-73.
98. WILKES, D., GLEDHILL, N., SMYTH, R., & TOMLINSON, J. (1983): The Effect of Acute Induced Metabolic Alkalosis on 800 m Racing Time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(4), 277-280.
99. ZOLADZ, J.A, DUDA, K., MAJERCZAK, J., DOMANSKI, J., EMMERICH, J. (1997): Metabolic Alkalosis Induced by Pre-exercise Ingestion of NaHCO₃ Does not Modulate The Slow Component of VO₂ Kinetics in Humans, *J. Physiology Pharmacology*, Jun. 48(2):211-223.

EK 1: Plasebo Denemesinin Sonuçları

	HCO ₃ ⁻ (mmol/L)			pH			Laktik Asit (mmol/L)			Performans	Maks VO ₂ (ml/kg/dk)
	Madde A Önce	E.Ö.	E.S.	E.Ö.	E.S ₁	E.S ₂	E.Ö.	E.S ₁	E.S ₂		
1- İ.Ç.	29.4	30.3	18.2	7.406	7.282	7.282	2.2	15.6	15.6	8.18	51.9
2- A.M.	26.8	26.6	14.0	78.398	7.257	7.257	1.3	14.7	17.7	6.02	41.1
3- M.C.	32.4	32.1	19.1	7.391	7.346	7.276	1.8	11.1	12.1	5.56	40.5
4- B.O.	34.0	34.1	17.2	7.378	7.287	7.308	1.3	9.8	10.6	3.58	37.1
5- H.G.	28.5	28.3	20.9	7.404	7.341	7.281	1.4	10.5	12.6	4.27	36.4
6- F.A.	35.2	36.3	23.3	7.349	7.233	7.233	1.5	11.5	11.5	4.09	39.9
7- A.Y.	31.4	31.6	17.0	7.370	7.279	7.279	1.5	10.3	10.3	7.03	55.4
8- H.K.	32.1	32.2	24.2	7.264	7.316	7.316	1.9	10.3	10.3	5.27	47.4
9- E.A.	29.4	29.9	16.4	7.327	7.284	7.159	2.0	9.8	12.7	5.04	43.9
10- İ.K.	30.1	31.4	18.0	7.397	7.328	7.328	1.3	9.2	9.2	3.10	38.5
\bar{X}	30.43	31.28	18.83	7.37	7.30	7.27	1.92	11.28	11.96	5.21	47.6
SD	202	2.76	3.15	0.05	0.04	0.05	1.09	2.15	2.03	1.57	4.83

EK 2: 0.25 gr/kg NaHCO₃ Denemesinin Sonuçları

	HCO ₃			pH			Laktik Asid			Performans
	Madde A Önce	E.Ö.	E.S.	E.Ö.	E.S ₁	E.S ₂	E.Ö.	E.S ₁	E.S ₂	
1. İ. Ç.	30.8	37.4	17.6	7.472	7.316	7.263	1.6	8.3	18.5	14.07
2. A. M.	32.7	39.8	18.4	7.395	7.327	7.316	1.4	10.4	16.0	10.18
3. M. Ç.	30.5	36.0	19.9	7.428	7.330	7.330	1.7	11.1	16.0	9.47
4. B. O.	31.7	40.6	21.9	7.421	7.316	7.337	1.2	8.3	15.8	7.48
5. H. G.	28.7	38.1	19.1	7.428	7.314	7.304	1.0	8.4	17.1	7.30
6. F. A.	27.5	36.0	24.3	7.372	7.320	7.201	1.0	10.3	16.2	7.13
7. A. Y.	31.5	39.5	22.3	7.402	7.340	7.378	1.5	7.6	13.0	11.08
8. H. K.	31.2	38.0	18.7	7.422	7.330	7.287	1.8	11.6	18.6	10.10
9. E. A.	27.4	35.1	18.8	7.404	7.320	7.241	1.3	10.8	16.59	8.21
10. İ. K.	29.4	36.8	18.4	7.428	7.321	7.327	1.0	9.4	17.7	5.22
\bar{X}	30.14	37.73	20.00	7.425	7.32	7.30	1.35	9.62	16.54	9.16
SD	1.81	1.82	2.30	0.03	0.01	0.05	0.30	1.40	1.62	2.72

Ek 3: 0.35 gr/kg NaHCO₃ Denemesinin Sonuçları

	HCO ₃			pH			Laktik Asit			Performans
	Madde A Önce	E.Ö.	E.S.	E.Ö.	E.S ₁	E.S ₂	E.Ö.	E.S ₁	E.S ₂	
1. İ. Ç.	31.2	38.6	19.0	7.410	7.339	7.281	2.5	13.1	17.4	10.33
2. A. M.	33.4	39.6	18.1	7.440	7.327	7.291	1.5	11.5	19.5	7.57
3. M. Ç.	31.2	36.9	21.6	7.442	7.419	7.392	3.6	10.6	13.3	7.16
4. B. O.	31.5	41.5	18.4	7.397	7.298	7.285	2.6	11.8	18.5	5.56
5. H. G.	27.9	37.8	30.7	7.486	7.425	7.408	1.1	7.0	13.3	5.47
6. F. A.	27.6	38.7	21.1	7.465	7.330	7.355	1.6	10.7	14.2	5.47
7. A. Y.	34.2	43.3	22.5	7.503	7.414	7.382	1.1	8.9	10.7	9.11
8. H. K.	30.5	36.0	18.8	7.480	7.307	7.338	1.2	10.4	14.9	7.40
9. E. A.	27.4	36.3	13.2	7.468	7.257	7.254	0.4	10.5	18.2	6.20
10. İ. K.	32.4	40.8	17.1	7.464	7.411	7.327	2.7	10.6	19.6	4.39
\bar{X}	30.73	39.67	20.05	7.45	7.36	7.33	1.83	11.01	15.96	6.87
SD	2.40	3.71	4.57	0.03	0.06	0.05	0.98	2.39	3.08	1.83