

## FARKLI DOZLARDA SODYUM BİKARBONAT ALIMININ YOĞUN EGZERSİZ PERFORMANSINA ETKİSİ

İbrahim CİCİOĞLU \*  
Kemal TAMER \*  
Cemal ÇEVİK \*\*  
Ersel DÜZGÜN \*\*

### ÖZET

Yapılan çalışmada maksimal egzersiz öncesi iki farklı dozda alınan sodyum bikarbonat'ın (  $\text{NaHCO}_3$  ) yüksek yoğunluktaki egzersiz performansına etkisi araştırıldı. Çalışmaya yaş ortalamaları  $23.10 \pm 2.08$  yıl olan milli takım seviyesinde 10 elit güreşçi denek olarak katıldılar. Deneklere 3 hafta içerisinde birer hafta ara ile 3 kez maks  $\text{VO}_2$  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  $\text{NaHCO}_3$  (  $D_1$  ) veya 0.35 gr/kg vücut ağırlığı dozajında  $\text{NaHCO}_3$  (  $D_2$  ) 500 ml meyve suyuna karıştırılarak ağız yolu ile verildi. Deneklerin kan örnekleri madde alımından önce, madde alımından 2 saat sonra yani egzersizden hemen önce ve egzersizden 5 dakika sonra alındı. Ayrıca  $D_1$  ve  $D_2$  gruplarından egzersiz sırasında plasebo performans zamanına denk süredeki kan değerlerini karşılaştırmak amacıyla birer kan örneği daha 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 egzersiz öncesi alınan bikarbonatın anaerobik performansı önemli derecede arttırıldığı belirlendi (  $P < 0.01$  ). Denemelerdeki farklılıklar plasebo ile  $D_1$  denemesi arasında 3.05 dk, plasebo ile  $D_2$  denemesi arasında 1.06 dk ve  $D_1 - D_2$  arasındaki fark ise 1.49 dk olarak belirlendi ve bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulundu (  $P < 0.01$  ). Ayrıca çalışma sonuçları  $\text{NaHCO}_3$  alımı, egzersiz öncesi pH ve  $\text{HCO}_3^-$  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 düşme görülmedi.

Bu çalışma sonunda şu önerilebilir;  $\text{NaHCO}_3$  etkili bir ergojenik bir yardımcı olarak kullanılabilir ve  $\text{NaHCO}_3$  alımıyla arttırılan ekstrasellüler tamponlama, çalışan dokulardan gelen  $\text{H}^+$  iyonlarının atılmasına yardımcı olarak intrasellüler pH'ın yükseldiği ve böylece yorgunluğun geciktirildiği iddiaları bu çalışma ile desteklenmektedir.

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

\* Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, ANKARA

\*\* Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, ANKARA

## THE EFFECTS OF SODIUM BICARBONATE INGESTION IN DIFFERENT DOSAGE ON HIGH INTENSITY EXERCISE PERFORMANCE

### SUMMARY

The purpose of this investigation was to determine the effect of sodium bicarbonate (  $\text{NaHCO}_3$  ) ingestion in different dosages on high intensity exercise performance. With this aim 10 elite wrestlers at international level participated voluntarily as subjects. Their mean age was  $23.10 \pm 2.08$  years. The subjects participated 3 times ( once per week for each treatment ) on cycle ergometer with one week interval. Each exercise session involved 125 % max  $\text{VO}_2$  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 of 0.35 gr/kg body weight (  $D_2$  ) with 500 ml fruit juice. Venous blood samples were taken before ingestion and two hours after ingestion ( before the exercise ) and at 5th min following the exercise. Blood samples from  $D_1$  and  $D_2$  were also taken during exercise at the equal time of which placebo treatment ended, in order to compare blood parameters of  $D_1$  and  $D_2$  with the same time as placebo performance. Mean and Standard Deviation scores and differences between datas were analyzed by Repeated Measures Analysis of Variance (ANOVA) Test at  $p < 0.01$  significance level.

At the end of the study, results showed that  $\text{NaHCO}_3$  ingestion facilitated an increase in anaerobic performance significantly (  $p < 0.01$  ). The differences among the trials were determined as follows; 3.55 min. between placebo and  $D_1$ , 2.06 min. between placebo and  $D_2$  and 1.49 min. between  $D_1$  and  $D_2$  (  $P < 0.01$  ). Results also showed that  $\text{NaHCO}_3$  ingestion significantly increased pre-exercise  $\text{HCO}_3^-$  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 on pH levels of them compared to placebo.

The result suggested that  $\text{NaHCO}_3$  can be used as an effective ergogenic aid and supports the supposition that the increased extracellular buffering afforded by  $\text{NaHCO}_3$  ingestion facilitated efflux of  $\text{H}^+$  from working tissues, thus increasing pH and delaying fatigue.

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

### GİRİŞ VE AMAÇ

Kısa süreli maksimal şiddetteki egzersizlerde enerjinin büyük bir miktarı anaerobik glikoliz yolu ile açığa çıkmaktadır <sup>(1,8,39)</sup>. Enerjinin bu şekilde meydana gelmesi, hücre içinde fazla miktarda oluşmasına neden olur. Bu ise enerji oluşunun sürekliliğini engellemektedir <sup>(5,11,39)</sup>. Fakat egzersizin devam edebilmesi için enerji oluşumunun egzersizin şiddetine cevap verebilmesi gerekir ki bu da metabolik artıkların ortamdan uzaklaşmasıyla gerçekleşir. Metabolik artıkların ortamdaki uzaklaşması ancak bu ürünlerin birbiriyle kimyasal bir reaksiyona girerek laktik asit ( HLa ) oluşturmasıyla mümkündür. Laktik asit, bir yerde metabolik artıkların ortamdan uzaklaştırılan bir çeşit lavabo deliği gibi görev yapar <sup>(11)</sup>. 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 elemanların ( aktin - miyozin ) etkileşmesini engelleyici rol oynamaktadır. Bu da yorgunluk olarak ifade edilir ki bir süre sonra egzersizin durdurulması kaçınılmaz olur <sup>(1,5,11)</sup>.

Yoğun egzersizde, adenozintrifosfatın ( ATP ) parçalanması resentezinden daha hızlı oranda meydana gelmektedir. Bundan dolayı anaerobik çalışmanın enerji gereksinimi, aerobik olarak enerji sağlanmasından daha ziyade bu şekildedir. Anaerobik glikolizin enerji 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<sup>+</sup> ) konsantrasyonunun yükselmesi sonucudur <sup>(20)</sup>. Anaerobik egzersizde yorgunluğun en büyük nedeninin H<sup>+</sup> konsantrasyonunun artması olduğu yıllardır savunulmaktadır <sup>(14,18)</sup>. bilinmektedir ki H<sup>+</sup> glikolitik enzimler, kısmen fosfofruktokinaz salınımlarında inhibe edici özelliğe sahiptir <sup>(34,38)</sup>.

Yüksek yoğunluktaki fiziksel egzersiz açık olarak metabolik asidoza neden olmaktadır. pH'ın düşmesi kasılma mekanizmasını olumsuz etkilemektedir. Düşük pH'da kalsiyum ( Ca<sup>++</sup> ) iyonunun sarkoplazmik retikulumdan salınması ve troponine bağlanması engellenmektedir. Bu pH'ın kritik bir sınırlayıcı faktör olduğunun delili olarak kabul edilmektedir. İntrasellüler ( hücre içi ) pH'da küçük değişikliklerin bile hücrelerde kimyasal reaksiyonların oranlarında değişiklikler yapabileceği bilinmektedir <sup>(7)</sup>.

Egzersizin aynı şiddette devam etmesi için vücutta yoğunlaşan hidrojen iyonlarını ve dolayısıyla laktik asidi ( HLa ) ortamdaki uzaklaştırma birkaç tampon sistem mevcuttur <sup>(8,11,17)</sup>. Tamponlarda bazıları kas fibrillerinde mevcuttur ve proteinler, fosfatlar, bikarbonat ( HCO<sub>3</sub> ), bazı amino asitler ve peptitleri içermektedir. Fakat, en büyük tamponlama kapasitesi kan ve ekstrasellüler (hücre dışı) sıvıda HCO<sub>3</sub> / CO<sub>2</sub> sistemi ile sağlanmaktadır <sup>(9)</sup>. Bir maddenin tamponlama gücü direkt olarak onun konsantrasyonu ile orantılıdır. Bu nedenle tampon konsantrasyonu artırılırsa, metabolik asitleri nötralize etme kapasitesi de fazlalaşacaktır <sup>(13)</sup>.

Bikarbonat iyonu ( HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ) 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 <sup>(37)</sup>. Ekstrasellüler (hücre dışı) tampon kapasitesi arttığında hücrelerden laktat ve H<sup>+</sup> çıkışı hızlanmaktadır <sup>(15,25,26,28)</sup>. H<sup>+</sup> 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<sub>3</sub> ) yüklemesi önerilmektedir <sup>(15,25)</sup>.

Ergojenikler sporda performansı, tepki zamanı ve dayanıklılığı mevcut kapasitenin üzerinde gerçekleştirmek amacıyla başvurulan 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<sub>3</sub> ) alımı sporcuyla egzersiz öncesi metabolik alkalozu sokarak H<sup>+</sup> iyonlarını or-

tamdan uzaklaştırmak suretiyle yorgunluğu geciktirmek, dolayısıyla sporcunun performansını arttırmak amacıyla alınan ve illegal doping maddesi olarak kabul edilmeyen bir maddedir.

Bütün bu bilgiler ışığında yapılan çalışmanın amacı, farklı dozlarda alınan  $\text{NaHCO}_3$ 'ün maks  $\text{VO}_2$ 'nin % 125'i ile yapılan supramaksimal egzersiz performansına ve kan pH, HLa ve  $\text{HCO}_3^-$  seviyesine etkisini araştırmaktır.

## **MATERYAL VE METOD**

### **Denekler**

Farklı dozlardaki sodyum – bikarbonat alımının yoğun egzersiz performansına etkisinin araştırıldığı bu çalışmaya, yaş ortalamaları  $23 \pm 2.08$  yıl, boy ortalamaları  $173.50 \pm 9.61$  cm ve vücut ağırlığı ortalamaları  $78.30 \pm 14.80$  kg olan milli takım seviyesinde 10 elit güreşçi gönüllü olarak katıldılar. Denekler, çalışmanın amacı, çalışma sırasında kendilerine uygulanacak testler ve kan analizleri hakkında yeterli şekilde bilgilendirildi. Deneklerin fiziksel özellikleri ve maks  $\text{VO}_2$  değerleri tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri ve Maks  $\text{VO}_2$  Değerleri**

( n = 10 )	Yaş ( yıl )	Boy ( cm )	V. Ağırlığı ( kg )	Maks $\text{VO}_2$ ( ml/kg/dk )
X	23.10	173.50	78.30	54.06
SD	2.08	9.61	14.80	4.83

### **Kullanılan Araçlar**

- Monark Bisiklet Ergometre (814 F): Maks  $\text{VO}_2$  ölçümünde ve egzersiz protokolünde kullanıldı.
- Heart Rate Monitör (Tantuni Marka Telemetre): Maks  $\text{VO}_2$ 'nin belirlenmesi sırasında deneklerin kalp atım sayılarının ölçülmesi için kullanıldı.
- El Kronometresi (Casio Marka): Maks  $\text{VO}_2$ 'nin ölçülmesinde ve egzersiz protokolü sırasında performans zamanının belirlenmesinde kullanıldı.
- 2 ml'lik Heparinli Enjektör : Kan örneklerinin alımında kullanıldı.
- Stat Profile 9 Plus Continue Flow Kan Gazı Analizörü : Kan örneklerinin analizinde (pH,  $\text{HCO}_3^-$ , HLa seviyesinin belirlenmesinde) kullanıldı.

### **Maksimum Oksijen Tüketiminin ( MaksVO<sub>2</sub> ) Belirlenmesi**

Çalışmaya katılan deneklerin maks VO<sub>2</sub> değerleri Astrand Bisiklet Ergometre Testi ile belirlendi<sup>(39)</sup>. Bu testte denek bisiklet ergometresinde 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 denegin göğsüne takılan telemetre ile gözlemlendi. Test sırasında pedal sayısı 50 devir/dk olacak şekilde çevrildi. Deneğin başlangıç yükü ise 150 watt ( 900 kgm ) olarak belirlendi. Test sırasında her dakikanın sonunda denegin kalp atım sayısı kaydedildi. Deneğin kalp atım sayısı 120 ile 170 atım/dk arasında olmalıdır. Eğer kalp atım sayısı 2 dk içinde 120'ye çıkmaz ise direnç 1/2 artırıldı. Eğer 3 dakikada veya daha az bir zamanda kalp atım sayısı 170 atım/dk üzerine çıkarsa direnç 1/2 oranında azaltıldı. Teste iki defa arka arkaya aynı kalp atım değerini buluncaya kadar devam edildi. Belirlenen kalp atım sayısından ve çalışılan yükten yararlanılarak tahmini oksijen tüketimi litre / dakika cinsinden bulundu. Bu değer ml/kg/dk cinsinden belirlenmesi için denegin vücut ağırlığına bölündü.

### **Egzersiz Protokolü**

Denekler çalışmada bisiklet ergometrede boş yükte yapılan 2 dakikalık ısınmadan sonra belirlenen maks VO<sub>2</sub> değerlerinin % 125'i (5,28) ile 60 devir/dk pedal sayısında yorulana kadar bisiklet çevirdiler. Bu testi denekler birer hafta ara ile 5'erli gruplar halinde 3 kez yaptılar. Birinci test Plasebo denemesi iken ikinci ve üçüncü testler 0.25 gr/kg vücut ağırlığı veya 0.35 gr/kg vücut ağırlığında alınan NaHCO<sub>3</sub> denemeleri olarak yapıldı.

### **Sodyum Bikarbonatın ve Plasebonun Deneklere Verilmesi**

Çalışmada deneklere verilen plasebo ( kontrol ) ( pudra şekeri ve bir miktar tuz ), .25 gr/kg veya 0.35 gr/kg NaHCO<sub>3</sub> ( deney ) maddeler testten 2 saat önce (25,43) 500 ml meyve suyu ile karıştırılarak ağız yolu ile verildi. 1. denemede deneklerin tümüne plasebo madde verilirken 2. ve 3. denemelerde 0.25 gr/kg'lık ve 0.35 gr/kg'lık NaHCO<sub>3</sub> 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.

### **Kan Örneklerinin Alınması**

Çalışmadaki kan pH, HCO<sub>3</sub> ve laktik asit ( HLa ) seviyelerinin tespiti için gerekli olan kan örnekleri, plasebo veya NaHCO<sub>3</sub> alınmadan önce, 2 saat sonra ( egzersizden hemen önce ), egzersizden 5 dakika sonra ve plasebo denemesindeki egzersizin bittiği süreye denk sürede NaHCO<sub>3</sub> denemelerinin egzersizleri 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.

### **Kan Analizi**

Deneklerden alınan kan örneklerinin laktat, pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> analizi Enzim Elektrot Sensör Metodu kullanılarak Stat Profile 9 Plus Continue Flow Gazı Analizöründe çalışıldı. Deneklerden 2 ml kan alabilen heparinli enjektöre çekilen tam kanın 240 µl'si makineye verildi ve 90 sn içerisinde sonuçlar print şeklinde alındı.

### **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.

### **BULGULAR**

Yapılan çalışmada farklı dozlarda alınan NaHCO<sub>3</sub>'ün yoğun egzersiz performansına etkisini araştırmak amacıyla 10 elit güreşçiye 3 hafta içinde birer hafta ara ile maks VO<sub>2</sub> değerlerinin % 125'i ile 60 devir / dk pedal hızında yorulana kadar 3 çalışma yapılmıştır. 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<sub>1</sub> ) veya 0.35 gr/kg vücut ağırlığı ( D<sub>2</sub> ) Sodyum Bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) 500 ml meyve suyu ile beraber verildi. 0.35 gr/kg NaHCO<sub>3</sub> alan deneklerde kann ağrısı, şişkinlik, mide bulantısı, kusma, ishal ve yüksek ateş gibi yan etkiler görüldü. Deneklerin performans zamanları, kan HLa, pH ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> seviyeleri analiz edildi ve elde edilen verilerin istatistik çalışması yapıldıktan sonra aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

**Tablo 2. Deneklerin Üç Deneme Sonundaki Değerlerinin Karşılaştırılması**

		Plasebo	0.25 gr/kg NaHCO <sub>3</sub> (D <sub>2</sub> )	0.35 gr/kg NaHCO <sub>3</sub> (D <sub>2</sub> )	F Değeri
HCO <sub>3</sub> (mmol / L)	Madde Alımından Önce	30.43 ± 2.02	30.14 ± 1.81	30.73 ± 2.40	1.86
	Egzersizden Önce	31.28 ± 2.76	37.73 ± 1.82	39.67 ± 3.71	25.52 **
	Plasebo Denemesine Denk Süre	19.47 ± 0.84	23.08 ± 2.15	22.46 ± 3.46	19.67**
	Egzersizden Sonra	18.83 ± 3.15	20.00 ± 2.30	20.05 ± 4.57	0.54
	<b>F Değeri</b>	<b>68.96 **</b>	<b>239.90 **</b>	<b>75.43 *</b>	
HLA (mmol / L)	Madde Alımından Önce	1.91 ± 0.90	1.35 ± 0.45	1.84 ± 0.85	1.26
	Egzersizden Önce	1.92 ± 1.09	1.35 ± 0.30	1.83 ± 0.98	1.27
	Plasebo Denemesine Denk Süre	11.28 ± 2.15	9.62 ± 1.40	11.01 ± 2.39	2.47
	Egzersizden Sonra	11.96 ± 2.03	16.54 ± 1.62	15.96 ± 3.05	15.69 **
	<b>F Değeri</b>	<b>145.43 **</b>	<b>468.90 **</b>	<b>122.89 **</b>	
PH	Madde Alımından Önce	7.37 ± 0.06	7.36 ± 0.68	7.37 ± 0.17	2.46
	Egzersizden Önce	7.37 ± 0.03	7.42 ± 0.03	7.45 ± 0.05	11.49 **
	Plasebo Denemesine Denk Süre	7.30 ± 0.04	7.32 ± 0.01	7.36 ± 0.06	6.81 **
	Egzersizden Sonra	7.27 ± 0.05	7.30 ± 0.05	7.33 ± 0.05	6.83 **
	<b>F Değeri</b>	<b>16.92 **</b>	<b>37.00 **</b>	<b>31.70 **</b>	
<b>Performans Zamanı ( dk )</b>		5.21 ± 1.57	9.16 ± 2.72	7.27 ± 1.83	96.65 **

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Vücut yakıtlarının parçalanması, kasların çalışmasına yarayan enerjiyi sağlar. Yapılan işin miktarı, parçalanma oranı, yan ürünlerin üretilmesi veya kasların nörolojik aktivasyonu ile sınırlandırılabilir <sup>(6)</sup>. Kısa süreli yoğun egzersizler sırasında anaerobik glikoliz sonucu HLa birikimi olmaktadır. Bunun sonucunda kan ve kasta H<sup>+</sup> konsantrasyonu artmaktadır. H<sup>+</sup> iyonunun salınması ve buna bağlı olarak hücre içi pH seviyesinin düşmesi glikolitik yolun ve kasın kasılabilmesinin engellenmesine sebep olur. Bunun muhtemel sonucu olarak yorgunluğun oluşması ve performansın bozulması beklenir <sup>(7,34)</sup>.

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  $\text{HCO}_3^-$  ( bikarbonat ) sistem yoğun egzersizlerde bu tamponlanmanın toplamının % 15 – 18'ini oluşturmaktadır <sup>(36)</sup>.

Yapılan bu çalışmada amaç yüksek şiddette yapılan yoğun egzersiz öncesi alınan sodyum bikarbonatın anaerobik performansa etkilerini belirlemektir. Çalışmaya Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan 10 elit erkek güreşçi denek olarak katıldı. Denekler  $23.10 \pm 2.08$  yıl yaş,  $173.50 \pm 9.61$  cm boy ve  $78.30 \pm 14.80$  kg ağırlık ortalamalarına sahiptiler. Denekler 3 hafta içinde birer hafta ara ile üç kez maks  $\text{VO}_2$  değerlerinin % 125'i ile 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  $\text{NaHCO}_3$  (  $D_1$  ) ve 0.35 gr/kg vücut ağırlığı  $\text{NaHCO}_3$  (  $D_2$  ) 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 dakika sonra alındı.

Yapılan ölçümler sonucunda deneklerin madde almadan önceki  $\text{HCO}_3^-$  seviyeleri plasebo denemesinde  $30.43 \pm 2.02$  mmol/L, 0.25 gr/kg  $\text{NaHCO}_3$  (  $D_1$  ) denemesinde  $30.14 \pm 1.84$  mmol/L, 0.35 gr/kg  $\text{NaHCO}_3$  (  $D_2$  ) denemesinde ise  $30.73 \pm 2.40$  mmol/L olarak tespit edilirken denemeler arasında önemli bir fark görülmedi (  $P > 0.01$  ).

Madde alımından iki saat sonra, yani egzersiz öncesi  $\text{HCO}_3^-$  seviyeleri ise plasebo denemesinde  $31.28 \pm 2.76$  mmol/L,  $D_1$  denemesinde  $37.73 \pm 1.82$  mmol/L ve  $D_2$  denemesinde  $39.67 \pm 3.71$ mmol/L olarak belirlenirken  $D_1$  ve  $D_2$ 'nin  $\text{HCO}_3^-$  seviyeleri plasebo grubundan ve kendilerinin madde alımından önceki değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek çıkmıştır (  $P < 0.01$  ). Egzersiz sonrasında ise bütün denemelerdeki  $\text{HCO}_3^-$  değerleri ( plasebo  $18.83 \pm 3.15$  mmol/L,  $D_1$   $20.00 \pm 2.30$  mmol/L ve  $D_2$   $20.05 \pm 4.57$  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 <sup>(20)</sup>. Sodyum bikarbonat alımının kontrolü kan analizinin dışında idrar tetkiki ile de mümkün olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir <sup>(38)</sup>. Diğer araştırmalarda bikarbonat yüklemesiyle ekstrasellüler tampon maddesi  $\text{HCO}_3^-$  konsantrasyonunun arttığı belirtilmiştir <sup>(12, 13)</sup>.

Yapılan araştırmada her üç denemede de ( plasebo,  $D_1$ ,  $D_2$  ) egzersiz öncesi Laktik asit ( HLa ) değerlerinde ( plasebo  $1.92 \pm 1.09$  mmol/L,  $D_1$   $1.35 \pm 0.30$  mmol/L ve  $D_2$   $1.83 \pm$



0.98 mmol/L ) anlamlı bir farklılık gözlenmedi (  $P > 0.01$  ). Çalışmada bikarbonatın HLa'ı tamponlamasını incelemek amacı ile plasebo denemesinin bittiği süredeki HLa miktarı ile D<sub>1</sub> ve D<sub>2</sub> denemeleri sırasında plasebo denemesinin bitişine eşit sürelerde egzersiz devam ederken alınan kan ile aynı süredeki HLa miktarları karşılaştırıldı ve bu süredeki plasebo HLa değeri  $11.28 \pm 2.15$  mmol/L, D<sub>1</sub> değeri  $9.62 \pm 1.40$  mmol/L ve D<sub>2</sub> değeri ise  $11.01 \pm 2.39$  mmol/L olarak belirlendi, ölçümler sırasında istatistik olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen (  $P > 0.01$  ) özellikle D<sub>1</sub> 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 <sup>(9,10,24,25)</sup>. Egzersiz sonrası en düşük HLa miktarı incelendiğinde, plasebo grubu denemesinde  $11.96 \pm 2.03$  mmol/L, D<sub>1</sub> denemesinde  $16.54 \pm 1.62$  mmol/L ve D<sub>2</sub> denemesinde  $15.96 \pm 3.05$  mmol/L olarak belirlendi. Araştırmada bikarbonat alımıyla egzersizde kan HLa konsantrasyonunun artması bu konu ile yapılan bazı araştırmalarla benzerlik gösterirken <sup>(4,25)</sup> bazı araştırmalarda da alkalitik şartlarda kan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, kas ve kan pH değerlerinin önemli artışına rağmen kan ve kas HLa değerlerinde bikarbonat ve plasebo denemeleri arasında fark olmadığı sonuçları ile zıtlık göstermektedir <sup>(40,41)</sup>.

Yapılan araştırmada egzersiz öncesi pH değerleri denemeler arasında önemli oranda fark tespit edildi (  $P < 0.01$  ). Plasebo denemesinde pH değeri  $7.37 \pm 0.05$  iken D<sub>1</sub> denemesinde  $7.42 \pm 0.03$  ve D<sub>2</sub> denemesinde ise  $7.45 \pm 0.03$  olarak belirlendi. Bikarbonat denemesindeki pH yüksekliği bikarbonat alımının pozitif bir etkisi olarak kabul edilebilir. Fakat bunun aksine bir çok çalışmada ise HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> alımının dinlenmedeki kas pH seviyesini etkilemediği belirtilmiştir <sup>(22)</sup>. Sarkolemma'nın HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'a geçirgen olmadığından dolayı ekstrasellüler tamponlama kapasitesini attırarak, kısa süreli egzersizde performans üzerine olumlu etki yapılmasının güç olduğu bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir <sup>(5,20,23,25,26)</sup>. Ayrıca ekstrasellüler pH kasta H ve HLa çıkış oranının en önemli belirleyicisidir. Bu da kas fonksiyonlarının düzelmesine sebep olmaktadır <sup>(36,43)</sup>. Egzersiz sonrası pH değerleri plasebo denemesinde  $7.27 \pm 0.05$ , D<sub>1</sub> denemesinde  $7.30 \pm 0.05$  ve D<sub>2</sub> denemesinde ise  $7.33 \pm 0.05$  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'nın 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 sadece 1.42 misli artmaya sebep olmaktadır <sup>(2)</sup>.

Yapılan çalışmada bikarbonat alınan D<sub>1</sub> ve D<sub>2</sub> denemelerinde performans zamanlarında plasebo grubuna oranla anlamlı bir artış gözlemlendi (  $P < 0.01$  ). Performans zamanı plasebo dene-

mesinde  $5.21 \pm 1.57$  dk, D<sub>1</sub> denemesinde  $9.16 \pm 2.72$  dk ve D2 denemesinde ise  $6.87 \pm 1.83$  dk olarak belirlendi. Ölçümler arasındaki farklılık her üç denemenin de birbirinden farklı olmasından kaynaklanırken, en yüksek zamanın ise D<sub>1</sub> denemesinde yani 0.25 gr/kg NaHCO<sub>3</sub> alınan denemede elde edilmiştir. 0.35 gr/kg NaHCO<sub>3</sub> alınan D<sub>2</sub> 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<sub>3</sub>'ün olumlu etkisi olmasına rağmen yan etkisinin görüldüğü bundan dolayı alınırken dikkat edilmesi gerektiği söylenebilir.

Ekstrasellüler tampon kapasitesi arttığında hücrelerdeki laktat ve H<sup>+</sup> çıkışı hızlanmaktadır (15,25,26). H<sup>+</sup> birikiminin azalması muhtemelen performansı biraz arttıracaktır. Bu nedenle vücudun tampon kapasitesini artırarak metabolik asidozu kompanse etmek, pH'daki azalmayı önlemek ve yorgunluk başlangıcını erteleyebilmek için daha çok ağızdan maddelerden sodyum bikarbonat ( NaHCO<sub>3</sub> ) diğer adıyla " bikarbonat yükleme " performansı arttırmak amacıyla önerilmektedir (15,25).

Egzersiz öncesi alınan NaHCO<sub>3</sub> hidrojen iyonlarının çalışan kaslardan uzaklaştırılmasıyla bunun sonucunda yorgunluğun gecikmesiyle performansta artışa sebebiyet verdiği açıklanan bir çok araştırma bulunmaktadır (3,5,9,11,12,21,24,28,29,35,39,40,41,44). Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar da yukarıdaki çalışmaları desteklemektedir. Fakat, bütün bu sonuçları desteklemeyen bazı çalışmalar da literatürde yer almaktadır (4,16,19,26,30,32,33,42).

Sonuç olarak, yapılan çalışmada maksimal egzersiz öncesi iki farklı dozda ( 0.25 gr/kg ve 0.35 gr/kg ) alınan sodyum bikarbonatın ( NaHCO<sub>3</sub> ) metabolik alkalozu arttırdığı ve her iki dozun da 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<sub>3</sub>'ün alımı sırasında alına doza dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Diğer sonuçları ise şöyledir. Egzersiz öncesi NaHCO<sub>3</sub> alımı HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve pH seviyelerinde anlamlı derecede artışa sebebiyet vermektedir ( P < 0.01 ). NaHCO<sub>3</sub> 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<sub>3</sub> denemelerinde plasebo denemesinden daha yüksektir ( P < 0.01 ).

**KAYNAKLAR**

1. Akgün, N. (1993): Egzersiz Fizyolojisi, GSGM Yayınları, Ankara, syf. 82.
2. Astrand, P.O., Rodahl, K.C. (1996): Textbook of Work Physiology. McGraw-Hill Co., New York, 112– 115.
3. Babalık, A. (1991): Bikarbonat Yükleminin Yüksek Yoğunluktaki Egzersiz Performansına Etkisi, M.Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
4. 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.
5. Costil, D.L., Verstappen, F., Kuipers, H., Janssen, E., Fink, W. ( 1984 ): Acit- Base Balance During Repeated Bouts of Exercise: Influence of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Int. J. Sports Med. 5: 228-231.
6. Coyl, E.F. ( 1984 ): Ergogenic Aids, Clin. Sports Med. July, 3 ( 3 ): 731-742.
7. Fabiata, A., Fabiata, F. ( 1978 ): Effects of pH on the Myoflaments and Sarcoplasmic Reticulum of Skinned Cells From Cardiac and Skeletal Muscles. Journal of Physiology., 276, s. 233-235.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Goldfinch, J., Mc Maughton, L., Davies, P. ( 1988 ): Induced Metabolic Alkalosis on Endurance Running on Intensive Corresponding to 4 nM Blood Lactate, Ergonomics, 31 ( 11 ), s. 1639-1645.
12. Granier, P.L., Dobouchaud, H., Mercier, B.M., Mercier, J.G., Ahmaidi, S., Prefaut, C.G. ( 1996 ): Effect of NaHCO<sub>3</sub> on Lactate Kinetics in Forearm Muscle During Leg Exercise in Man, Med. Sci. Sports Exerc., Jun, 28 ( 6 ): 692-697.
13. Guyton, A.C. ( 1986 ): Textbook of Medical Physiology. 7.th ed. W.B. Saunders Co. Çeviren, Gökhan, N., Çavuşoğlu, H., Nobek Tıp Kitabevi, İstanbul, 1986, s. 629-647.
14. 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.
15. 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.
16. Horswill, C.A., Costill, D.L., Fink, W.J., Flynn, M.G., Kirvan, 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.
17. Karaküçük, İ., Üstdal, M., Karakeş, E.S. ( 1994 ): The Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Plasma Lactate and Exercise Performance, Tr. J. Medical Science, ( 20 ), ss. 105-108.
18. Karlsson, J., Saltin, B. ( 1970 ): Lactate, ATP and CP in Working Muscles During Exhaustive Exercise in Man. J. Appl. Physiol. 29, s. 598-602.
19. 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.
20. Kinderman, W., Keul, J., Huber, G. ( 1977 ): Physical Exercise After Induced Alkalosis ( Bicarbonate of Tris-Buffer ). Eur. J. Appl. Physiol., 37 ( 3 ), s. 197-204.
21. Lavender, G., Bird, S.R. ( 1989 ): Effect of Sodium Bicarbonate Ingestion Upon Repeated Sprints, British J. Sports Medicine. Mar; 23 ( 1 ): 41-45.
22. Leger, L.A., Lambert, J. ( 1982 ): A Maximal Multistage 20 m Shuttle Run Test to Predict VO<sub>2</sub> Max. Eur. J. Appl. Physiol., 49, s. 1-12.

23. Maclaren, D., Mellor, S. ( 1985 ): The Effect of Induced Alkalosis and Acidosis on The Lactate Treshold and Performance at 95 % VO<sub>2</sub> Max. *British Journal of Sports Medicine*, 19, s. 237.
24. Maclaren, D.P.M., Morgan, G.D. ( 1985 ): Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Maximal Exercise. *Proceedings of the Nutritional Society*, 44, 26A.
25. 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.
26. 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.
27. McKenzie, D.C. (1988 ): Changes in Urinary pH Following Bicarbonate Loading, *Canadian J. Sports Science*, Dec. 13 ( 4 ), 254-256.
28. McKenzie, D.C., Coutts, K.D., Stirling, 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.
29. McNaughton, L.R. ( 1992 ): Sodium Bicarbonate Ingestion and Its Effects on Anaerobic Exercise of Various Durations, *J. Sports Science*, Oct., 10 ( 5 ): 425-435.
30. McNaughton, L.R. ( 1992 ): Bicarbonate Ingestion: Effects of Dosage on 60s Cycle Ergometry, *J. Sports Science*, Oct., 10 ( 5 ): 415-423.
31. Noble, J. Bruce ( 1986 ): *Physiology of Exercise and Sport*. Times Mirror, Mosy College Publishing, Missouri, s. 46-117.
32. Parry-Billings, M., Maclaren, D.P. ( 1986 ): The Effect of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate Ingestion on Anaerobik Power During Intermittent Exercise, *Eur. J. Appl. Physiology*, 55 ( 5 ): 524.
33. 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.
34. Poulus, A.J., Docter, H.J., Westra, H.G. ( 1974 ): Acit-Base Balance and Subjective Feelings of Fatigue During Physical Exercise. *Europen Journal of Applied Physiology*, 33,207-213.
35. 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.
36. Sahlín, K. ( 1978 ): Intracellular pH and Energy Metabolism in Skeletal Muscle of Man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 455 ( Suppl., 455 ), 210.
37. Sahlín, K., Alvestrand, A., Brandt, R., Hultman, E. ( 1978 ): Acit-Base Balance in Blood During Exhaustive Bicycle Exercise and Following Recovery Period. *Acta Physiol. Scand.* 104, s. 370-372.
38. Sutton, J.R., Jones, N.L., Toews, C.J. ( 1981 ): Effect of pH on Muscle Glycolysis During Exercise. *Clin. Sci.*, 61, s. 331-338.
39. Tamer, K. ( 1995 ): Sporda Fiziksel-Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, *Türkerler Kitabevi*, Ankara, ss. 110-112.
40. Tiryaki, G. ( 1990 ): The Effects of Sodium Bicarbonate and Citrate on 600 n Running Performans of Trained Females. Unpublished Doctoral Dissertation, The University of New Mexico.
41. Verbitsky, O., Mizrahi, J., Levin, M., Isakov, E. ( 1997 ): Effect of Ingested Sodium Bicarbonate on Muscle Force, Fatigue and Recovery, *J. Appl. Physiol.* Aug. 83 ( 2 ): 333-337.
42. 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.
43. Wilkes, D., Gledhill, N., Smyht, 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.
44. Zoladz, J.A., Duda, K., Majerczak, J., Domanski, J., Emmerich, J. ( 1997 ): Metabolic Alkalosis Induced by Pre-Exercise Ingestion of NaHCO<sub>3</sub> Does Not Modulate The Slow Component of VO<sub>2</sub> Kinetics in Humans, *J. Physiology Pharmacology*, Jun. 48 ( 2 ): 211-223.