

SPORCULARDA KARBONHİDRAT TÜKETİMİ

Sinan AĞLAR ¹

¹Van Zübeyde Hanım Özel Eğitim Ortaokulu

Orcid: 0009-0002-1488-5877

*(sinanaglar@gmail.com) Başlıca yazarın mail adresi

(Received: 25 July 2025, Accepted: 31 July 2025)

(3rd International Conference on Modern and Advanced Research ICMAR 2025, July 25-26, 2025)

ATIF/REFERENCE: Ağlar, S. (2025). SPORCULARDA KARBONHİDRAT TÜKETİMİ, *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(8), 47-52.

Özet – Sporcuların antrenmanlarda yüksek verim elde edebilmesi ve egzersiz sonrası yıpranmayı en aza indirebilmesi için dengeli bir beslenme programı oldukça önemlidir. Bu programın en temel yapı taşlarından biri de karbonhidratlardır. Karbonhidratlar, vücudun temel enerji kaynağı olarak yoğun egzersizlerde kaslarda glikojen depolarını besleyerek sporcuların dayanıklılığını artırır. Antrenman öncesinde yeterli miktarda karbonhidrat tüketilmesi, yorgunluk hissini geciktirirken performans düşüşlerinin de önüne geçer. Antrenman ya da müsabaka sırasında karbonhidrat alımı, özellikle uzun süren aktivitelerde enerjinin sürekliliğini sağlar. Antrenman bittikten sonra karbonhidrat alımının proteinle birlikte yapılması ise hem enerji depolarının yeniden dolmasına katkıda bulunur hem de kas dokusunun onarımını hızlandırır. Bu derlemede, sporcularda karbonhidrat tüketiminin farklı antrenman evrelerindeki rolü, alınması gereken miktar ve hangi kaynaklardan sağlanabileceği gibi başlıklar ele alınmaktadır. Ayrıca farklı spor branşlarında karbonhidrat planlamasının nasıl değiştiğine dair bilgiler sunulmaktadır. Bu sayede antrenörlerin ve sporcuların antrenman ve müsabaka dönemlerinde doğru karbonhidrat stratejileri geliştirmesi desteklenmektedir. Bilimsel bulgular, sporcunun yaşına, yaptığı spor dalına ve antrenman yoğunluğuna göre karbonhidrat gereksiniminin değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle karbonhidrat tüketiminin planlanması, bireysel farklılıklar gözetenilerek yapılmalıdır. Doğru bir planlama ile sporcular hem performanslarını koruyabilir hem de sakatlanma riskini azaltabilir.

Anahtar Kelimeler – Karbonhidrat, Sporcu Beslenmesi, Performans.

I. GİRİŞ

Sporcuların fiziksel performanslarını sürdürebilmeleri ve antrenman ya da müsabaka süreçlerinde maksimum verim elde edebilmeleri, yalnızca fiziksel antrenmanla değil, aynı zamanda doğru ve dengeli bir beslenme programıyla doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, karbonhidratlar sporcu beslenmesinde temel enerji kaynaklarından biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kas glikojen depolarının yeterli düzeyde olması, hem dayanıklılık hem de yüksek şiddetli egzersizlerde performansı doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Uzun süreli ve yoğun fiziksel aktivitelerde glikojenin yeterliliği, yorgunluğun gecikmesini sağlayarak egzersiz süresinin uzamasına ve performansın korunmasına katkı sağlayabilir.

Karbonhidrat tüketiminin miktarı, zamanı ve türü, antrenmanın hangi evresinde alındığına bağlı olarak farklı fizyolojik sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle, sporcuların karbonhidrat gereksinimleri bireysel

özelliklere göre değerlendirilerek, bilimsel temellere dayanan kişiselleştirilmiş beslenme stratejileri geliştirilmelidir.

Dayanıklılık gerektiren ve süresi bir saati aşan egzersizlerde, egzersiz sırasında saat başına yaklaşık 30–60 gram karbonhidrat sağlayacak şekilde, %6–8 oranında karbonhidrat içeren sporcu içeceklerinin tüketimi önerilmektedir [1]. Bu tür uygulamalar, egzersiz sırasında glikojen depolarının daha uzun süre kullanılmasını sağlayarak performansın düşmesini geciktirir. Özellikle 90 dakikayı aşan müsabakalarda karbonhidrat yüklemesi yapılması önerilir; bu sayede kas glikojen depolarının yaklaşık 2 ila 2,5 kat artırılabilirdiği bildirilmektedir [2].

Ayrıca egzersizin şiddeti arttıkça vücudun enerji ihtiyacı da paralel şekilde yükselmekte ve bu durumda öncelikli enerji kaynağı olarak glukoza başvurulmaktadır. Dolayısıyla, egzersiz yoğunluğu ile karbonhidrat gereksinimi arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur [3]. Bu açıdan, yüksek yoğunluklu egzersiz yapan sporcuların günlük karbonhidrat alımı da artırılmalıdır.

Antrenman süresinin 60 dakikayı aşması durumunda, her dakika başına yaklaşık 1–1,1 gram karbonhidrat alınması önerilmektedir. Bu uygulama, kas glikojen depolarının korunmasına yardımcı olarak yorgunluk hissinin ertelenmesini ve egzersiz süresinin uzamasını sağlar [4]. Özellikle dayanıklılık sporlarıyla ilgilenen bireylerde, egzersiz sırasında karbonhidrat desteği sadece fiziksel performansı değil, bilişsel dayanıklılığı da olumlu yönde etkileyebilir.

Egzersiz sonrasında ise glikojen depolarının yeniden dolması sürecinde, tüketilen karbonhidrat miktarı kadar, egzersiz öncesinde kaslarda mevcut olan glikojen düzeyi de belirleyici olmaktadır [5]. Bu bağlamda, sporcuların egzersiz öncesi dönemde yeterli glikojen birikimi sağlamaları, toparlanma sürecini hızlandırarak bir sonraki antrenmana daha hazır hale gelmelerine yardımcı olur. Bu da antrenman verimliliğini doğrudan etkileyen önemli bir etmendir.

Bu çalışmanın temel amacı, sporcularda karbonhidrat tüketiminin egzersiz performansı, toparlanma süreci ve genel antrenman kapasitesi üzerindeki etkilerini bilimsel veriler ışığında incelemektir. Karbonhidratların enerji metabolizmasındaki merkezi rolü göz önünde bulundurularak, farklı spor branşlarına ve antrenman yoğunluklarına göre belirlenmesi gereken karbonhidrat alım düzeyleri bu bağlamda ele alınacaktır. Ayrıca, egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında karbonhidrat tüketiminin zamanlaması ve türü, kas glikojeninin korunması ve yeniden sentezi açısından değerlendirilecektir.

Bu doğrultuda çalışma; antrenörlere, sporculara ve sporcu beslenmesi alanında çalışan uzmanlara bilimsel temelli rehberlik sağlamayı amaçlamakta, aynı zamanda sporcu sağlığının korunması ve sürdürülebilir performans artışı için uygun beslenme stratejilerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Özellikle sporcu beslenmesinin bireysel farklılıklara göre şekillendirilmesinin önemi düşünüldüğünde, bu tür araştırmaların hem akademik hem de uygulamalı düzeyde anlamlı katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Karbonhidratlar

Karbonhidratlar, sporcuların enerji ihtiyacını karşılayan temel besin öğeleridir. Özellikle kompleks karbonhidratlar; tam tahıllar, baklagiller ve sebzeler gibi kaynaklardan alınmalıdır. Ayrıca, hızlı enerji sağlamak için meyve ve bal gibi basit karbonhidratlar da sporcu beslenmesinde yer alır. Bu çeşitlilik, performansın sürdürülebilirliği ve toparlanmanın hızlanması açısından önemlidir.

Karbonhidrat yüklemesinin temel amacı, kaslardaki glikojen depolarının tükenme süresini uzatarak enerji üretiminde oksijen kullanımını optimize etmektir. Bu süreçte, vücutta artan su tutulması sayesinde müsabaka sırasında oluşabilecek sıvı kayıpları da dengelenmiş olur. Böylece sporcular, performans esnasında hem enerji rezervlerini koruyabilir hem de hidrasyon düzeylerini sürdürebilirler [6].

Egzersiz Öncesi Enerji Kaynağı Olarak Karbonhidrat Alımı

Karbonhidratlar, egzersiz öncesinde vücudun enerji depolarını doldurarak performansın sürdürülebilirliğinde temel bir rol oynar. Kas glikojen seviyelerinin yeterli düzeyde tutulması,

dayanıklılığı artırmak ve egzersiz süresince enerji sağlamada önemli bir etkidir. Ayrıca, karbonhidrat alımının zamanlaması ve türü, sporcuların performansını doğrudan etkileyerek hem fiziksel hem de metabolik adaptasyonların gerçekleşmesine katkı sağlar. Bu nedenle, egzersiz öncesinde planlanan karbonhidrat tüketimi, sporcu beslenmesinde vazgeçilmez bir uygulamadır.

Egzersiz öncesinde, yaklaşık 90 dakika önce yüksek karbonhidrat içeren bir öğünün tüketilmesi, egzersiz sırasında dayanıklılığı artırmaktadır. Ayrıca, egzersizin başlangıcında 60-120 mL karbonhidratlı içecek ya da düşük posalı, kompleks karbonhidrat içeren atıştırmalıkların alınması ve 15 dakikalık aralıklarla beslenmeye devam edilmesi önerilmektedir [7]. Gece boyunca vücutta açlık nedeniyle glikojenoliz hızı dakikada 0,2-0,3 mmol glikozil ünitesine ulaşmakta ve bu durum kas glikojen depolarının yaklaşık %80 oranında boşalmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, egzersiz öncesi karbonhidrat alımı kas glikojen depolarının yenilenmesini sağlayarak performansı olumlu yönde etkiler [8]. Yapılan çalışmalar, yüksek karbonhidrat alımının ardından 1 ila 3 gün içinde kas glikojen seviyelerinin maksimum düzeye ulaştığını göstermektedir [9].

Bu bilgiler ışığında, egzersiz öncesi karbonhidrat tüketiminin, performansın sürdürülebilirliği ve dayanıklılığın artırılması açısından önemli olduğu söylenebilir. Sporcuların karbonhidrat alım zamanlamasına dikkat etmeleri, performanslarını destekleyen etkili bir yaklaşımdır.

Egzersiz Sırasında Enerji Kaynağı Olarak Karbonhidrat Alımı

Egzersiz sırasında karbonhidrat alımı, kasların enerji ihtiyacını karşılamak ve performansın devamlılığını sağlamak için kritik bir rol oynar. Egzersiz süresince kas glikojen depoları azalırken, dışarıdan alınan karbonhidratlar kan glukoz düzeyini destekleyerek enerji üretimini sürdürür. Böylece yorgunluğun gecikmesine ve performansın korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, uygun karbonhidrat alımı, özellikle uzun süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde toparlanma sürecini hızlandırır.

Egzersiz esnasında hızlı enerji sağlama potansiyeli nedeniyle en fazla üzerinde durulan besin ögesi karbonhidratlardır. Egzersiz sırasında karbonhidratların enerji üretiminde kullanılabilmesi için ilk adım, ince bağırsaktan etkin şekilde emilmeleridir. Bu süreçte glukoz, sodyuma bağımlı SGLT1 taşıyıcıları aracılığıyla emilmekte olup, bu taşıma kapasitesi yaklaşık 1 gram glukoz/dakika ile sınırlıdır. Ancak farklı karbonhidrat türlerinin (örneğin fruktoz ve glukoz) birlikte alınması, bağırsaktaki emilim kapasitesini artırarak karbonhidrat kullanımını dakikada yaklaşık 1,5 grama kadar çıkarabilmektedir [10]. Böylece egzersiz süresince enerji üretim sürecine daha fazla substrat sağlanmasına olanak tanır; bu da kasların enerji ihtiyacını karşılamada daha etkili bir destek sunarak fiziksel performans üzerinde olumlu bir etki yaratabilir.

Egzersiz Sonrasında Enerji Kaynağı Olarak Karbonhidrat Alımı

Egzersiz sonrasında karbonhidrat alımı, boşalan kas glikojen depolarının yeniden doldurulması açısından büyük önem taşır. Bu dönemde alınan karbonhidratlar, insülin yanıtını artırarak glikojen sentezini hızlandırır ve toparlanma sürecine katkı sağlar. Özellikle ilk 30-60 dakikalık süreç, glikojen yeniden sentezi için en verimli zaman dilimidir. Bu nedenle, antrenman sonrası karbonhidrat alımı, hem enerji dengesinin sağlanması hem de bir sonraki egzersize hazırlık açısından temel bir stratejidir.

Egzersiz sonrası dönemde karbonhidrat alımı, toparlanma sürecinin etkinliğini doğrudan etkileyen kritik bir unsurdur. Fiziksel aktivite sonrasında kas glikojen depolarında ciddi oranda azalma meydana gelir ve bu depoların hızla yeniden doldurulması, sonraki egzersiz performansı açısından önem taşır. Egzersizden sonraki ilk birkaç saat içinde glikojen sentez hızı belirgin şekilde yüksek olsa da, zamanla bu hız düşüş gösterir [11]. Bu nedenle, egzersizi takip eden ilk saat içinde kilogram başına yaklaşık 1.5 g karbonhidrat alınması ve bu alımın 2 saatte bir tekrar edilmesi önerilmektedir [12].

Yapılan çalışmalar, egzersiz sonrası ilk 5 saat içinde 15-30 dakikalık aralıklarla 1.2 g/kg/saat karbonhidrat tüketiminin glikojen sentezini en üst düzeye çıkardığını göstermektedir [13]. Glikojen sentez hızı genellikle saatte 5 mmol/kg düzeyindedir ve tam toparlanma için yaklaşık 20 saatlik bir süre gereklidir. Bu süreçte en değerli zaman dilimi, egzersizi takip eden ilk 2 saattir; bu sürede tüketilen 50 gram karbonhidratın glikojen yeniden sentezini anlamlı düzeyde artırdığı bildirilmektedir [14]. Ayrıca, 24 saatlik toparlanma sürecinde toplamda 10 g/kg karbonhidrat alımının, kas glikojen seviyelerinin yeniden yapılandırılmasını desteklediği ifade edilmektedir [15]. Bu veriler, sporcuların egzersiz sonrası beslenme stratejilerinde karbonhidrat zamanlamasının ve miktarının ne denli önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

II. SONUÇLAR

Yapılan araştırmalar, sporcuların performansını sürdürülebilir kılmada karbonhidrat alımının kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır. Kas glikojen depolarının yeterli seviyede tutulması, dayanıklılığın artırılması ve yorgunluk süresinin uzatılması açısından hayati öneme sahiptir. Pizza ve arkadaşlarının (1995) çalışması, yüksek karbonhidrat içeriğine sahip diyetlerin submaksimal yoğunlukta karbonhidrat oksidasyonunu artırdığını ve yorulma süresini uzattığını göstermiştir [16]. Bu durum, karbonhidrat alımının performans üzerindeki olumlu etkisinin önemli bir kanıtıdır.

Bunun yanında, Sherman ve arkadaşlarının (1981) yürüttüğü çalışma, egzersiz öncesi glikojen depolarının performans kapasitesini doğrudan etkilediğini desteklemektedir. Orta düzey karbonhidrat alımının kas glikojen depolarını etkin şekilde doldurması, antrenman öncesinde karbonhidrat tüketiminin önemini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, sporcuların karbonhidrat alımını antrenman süresi ve yoğunluğuna göre planlamaları, performans dayanıklılığını artırmak için temel bir strateji olarak kabul edilmelidir [17].

Egzersiz sırasında farklı karbonhidrat türlerinin birlikte tüketilmesinin enerji metabolizmasını optimize ettiği ve performansı olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Jentjens ve arkadaşlarının (2005) bulguları, glukoz ve sükrozun birlikte alındığında, yalnızca glukoz tüketimine kıyasla daha yüksek karbonhidrat oksidasyon oranlarına ulaşıldığını göstermektedir [18]. Bu da farklı emilim mekanizmalarının kullanılmasıyla karbonhidratların daha etkin şekilde enerjiye dönüştürülebileceğinin göstergesidir.

Ayrıca, karbonhidrat içeceğine protein eklenmesinin aerobik dayanıklılık ve kas protein dengesi üzerindeki olumlu etkileri literatürde sıkça rapor edilmiştir. Ivy ve arkadaşlarının (2003) çalışması, karbonhidrat-protein karışımı tüketen sporcularda yorulma süresinin uzadığını ve performansın iyileştiğini ortaya koymuştur. [19]. Benzer şekilde, Beelen ve arkadaşları (2008), direnç egzersizi sırasında karbonhidratla birlikte protein alımının kas protein yıkımını azalttığını ve protein sentez hızını artırdığını bildirmiştir. [20]. Bu veriler, sadece enerji sağlamakla kalmayıp kas onarımı ve dayanıklılığı destekleyen beslenme stratejilerinin önemini vurgulamaktadır.

Öneriler:

1. Sporcuların karbonhidrat tüketimini antrenman yoğunluğu, süresi ve spor branşına göre bireysel olarak planlamaları gerekmektedir. Böylece kas glikojen depolarının optimum seviyede tutulması sağlanarak yorgunluk geciktirilebilir ve performans sürekliliği artırılabilir.
2. Egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında karbonhidrat alımının zamanlamasına dikkat edilmelidir. Özellikle egzersiz sonrası ilk 2 saat içinde yeterli miktarda karbonhidrat tüketimi, glikojen depolarının hızlıca yenilenmesini desteklemektedir.
3. Egzersiz sırasında farklı karbonhidrat türlerinin birlikte tüketilmesi, enerji üretiminde verimliliği artırabilir. Bu uygulama, uzun süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde performansın korunmasına yardımcı olur.

4. Karbonhidrat tüketimine uygun oranda protein eklenmesi, dayanıklılık ve kas onarımı süreçlerini desteklediği için sporcu beslenmesinde önerilmektedir. Bu yaklaşım, kas protein dengesinin korunmasına ve toparlanma sürecinin hızlanmasına katkı sağlar.
5. Sporcu beslenmesinde bireysel ihtiyaçların dikkate alınması ve beslenme stratejilerinin bilimsel veriler ışığında sürekli güncellenmesi gerekmektedir. Böylece hem performans optimizasyonu hem de sporcu sağlığının sürdürülebilirliği sağlanabilir.

Sonuç olarak, karbonhidratların sporcu performansındaki merkezi rolü göz önünde bulundurulduğunda, beslenme planlarının bu öge etrafında dikkatle düzenlenmesi gerekmektedir. Uygun karbonhidrat alımı, sadece egzersiz sırasında enerji sağlayıcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda toparlanmayı hızlandırarak sporcu sağlığının korunmasına da önemli katkılar sunmaktadır. Bu nedenle, sporcu beslenmesinde karbonhidrat tüketimi konusunda yapılan bilimsel çalışmaların artırılması ve pratik uygulamalarla desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Jeukendrup, A., & Baker, L. (2016). Carbohydrate, sports drinks and performance: Strategies for Olympic sports. In *Nutrition: From the training to the competition* (Part 1, pp. 30–36).
- [2] Ferreira, A. M., Esteves, P. D., Boal-Palheiros, I., Pereiro, A. B., Rebelo, L. P. N., & Freire, M. G. (2016). Enhanced tunability afforded by aqueous biphasic systems formed by fluorinated ionic liquids and carbohydrates. *Green Chemistry*, 18(4), 1070-1079.
- [3] Zoorob R, Parrish MEE, O'Hara H, Kalliny M. (2013). Sports nutrition needs: before, during, and after exercise. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 40(2), 475-486
- [4] Şeker, Ş.E.G. (2020). Sporcu Beslenmesi. Ankara: Hatipoğlu Yayıncılık
- [5] Fery, F., Plat, L., & Balasse, E. O. (2003). Level of glycogen stores and amount of ingested glucose regulate net carbohydrate storage by different mechanisms. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 52(1), 94-101.
- [6] Güneş, Z. (2015). Antrenör ve sporcu el kitabı spor ve beslenme (7. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- [7] Benardot, D. (2012). *Advanced Sports Nutrition* (2nd ed.). USA: Versa Press.
- [8] Rothman, D. L., Magnusson, I., Katz, L. D., Shulman, R. G., & Shulman, G. I. (1991). Quantitation of hepatic glycogenolysis and gluconeogenesis in fasting humans with ¹³C NMR. *Science*, 254(5031), 573–576.
- [9] Tipton, K. D., Rasmussen, B. B., Miller, S. L., Wolf, S. E., Owens-Stovall, S. K., Petrini, B. E., & Wolfe, R. R. (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 281(2), E197–E206.
- [10] Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl 1), S17–S27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
- [11] Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., ... & Antonio, J. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-5-17>
- [12] Tarnopolsky, M. A., Gibala, M., Jeukendrup, A. E., & Phillips, S. M. (2005). Nutritional needs of elite endurance athletes. Part I: Carbohydrate and fluid requirements. *European Journal of Sport Science*, 5(1), 3–14. <https://doi.org/10.1080/17461390500076741>
- [13] Jentjens, R., & Jeukendrup, A. E. (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*, 33(2), 117–144. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00004>
- [14] Burke, L. M., Kiens, B., & Ivy, J. L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 15–30. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140527>
- [15] Burke, L. M., Collier, G. R., Davis, P. G., Fricker, P. A., Sanigorski, A. J., & Hargreaves, M. (1996). Muscle glycogen storage after prolonged exercise: Effect of the frequency of carbohydrate feedings. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(1), 115–119.
- [16] Pizza, F. X., Flynn, M. G., Duscha, B. D., Holden, J., & Kubitz, E. (1995). A carbohydrate loading regimen improves high intensity, short duration exercise performance. *International Journal of Sport Nutrition*, 5, 110–110.
- [17] Sherman, W., Costill, D. L., Fink, W., & Miller, J. (1981). Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2(2), 114–118.
- [18] Jentjens, R. L., Shaw, C., Birtles, T., Waring, R. H., Harding, L. K., & Jeukendrup, A. E. (2005). Oxidation of combined ingestion of glucose and sucrose during exercise. *Metabolism*, 54(5), 610–618.
- [19] Ivy, J. L., Res, P. T., Sprague, R. C., & Widzer, M. O. (2003). Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13(3), 382–395.

- [20] Beelen, M., Koopman, R., Gijsen, A. P., Vandereyt, H., Kies, A. K., Kuipers, H., & van Loon, L. J. C. (2008). Protein coingestion stimulates muscle protein synthesis during resistance-type exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 295(1), E70–E77. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00774.2007>