

Çocukluk Çağı Obezitesinin Beslenme Tedavisinde Yeni Bir Kavram: Besin İnsülin İndeksi

A New Concept in the Nutrition Therapy of Childhood Obesity: Food Insulin Index

Zeynep Caferoğlu¹, Nihal Hatipoğlu², Hülya Gökmen Özel³

¹Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Pediatrik Endokrinoloji Bilim Dalı, Kayseri

³Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara

ÖZ:

Çocukluk çağı obezitesinin tedavisinde ilk adımı, sağlıklı beslenme alışkanlıklarının kazandırılması ve fiziksel aktivite düzeyinin artırılmasını kapsayan sağlıklı yaşam tarzı değişiklikleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte, geleneksel yaklaşımlar ile istenilen başarının elde edilememesi klinisyenleri yeni tedavi arayışlarına yöneltmiştir. Bunlar arasında en çok ilgi çeken yaklaşımlardan birisi, postprandiyal kan glukoz ve insülin düzeylerinin düzenlenmesine yönelik beslenme yaklaşımları olmuştur. Bu yaklaşımlar ile karbonhidrat içeren besinlerin glisemik yanıtlarını değerlendirmek için kullanılan glisemik indeks (Gİ) kavramı gündeme gelmiştir. Yapılan çalışmalarda, diyetin Gİ'yi ile obezite arasındaki ilişkinin gösterilmesi ve düşük Gİ'li öğünler ile postprandiyal kan glukoz ve insülin düzeylerinin yanısıra açlık hissi ve besin alımının azaltılabileceğine ilişkin sonuçlar elde edilmesi obezite tedavisinde düşük Gİ'li diyetlerin yardımcı olabileceğini düşündürmüştür. Diğer taraftan, postprandiyal insülin salınımında sadece karbonhidratların değil aynı zamanda protein ve yağların da rolü olduğunun bilinmesi akılları karıştırmaktadır. Bu nedenle, postprandiyal glisemik ve insülinemik yanıtın kontrol altına alınması için Gİ'in göz önünde bulundurulması yetersiz kalmakta ve karbonhidratlar ile birlikte protein ve yağların etkisini de değerlendiren bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. Bu gereksinimi karşılamak amacıyla besin insülin indeksi (Bİİ) kavramı geliştirilmiştir. Oldukça yeni bir kavram olan Bİİ ile ilgili yapılan çalışma sayısı sınırlı olmakla birlikte, postprandiyal insülin yanıt ve iştah üzerine elde edilen olumlu sonuçlar umut vaat edicidir. Sonuç olarak, çocukluk çağı obezitesinin tedavisinde düşük Gİ'li ve Bİİ'li diyetlerin kullanımı yararlı olabilir. Ancak, kesin önerilerde bulunabilmek için iyi planlanmış daha fazla kısa ve uzun dönem çalışmaya gereksinim vardır.

Anahtar Kelimeler: çocuk, adolesan, obezite, glisemik indeks, besin insülin indeksi

Yayın hakları Güncel Pediatri'ye aittir.

*Sorumlu yazar yazışma adresi: Zeynep CAFEROĞLU, Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kayseri, Türkiye
E-posta: zeynepcaferoglu@gmail.com*

SUMMARY:

Healthy lifestyle changes including promoting healthy eating habits and increasing the level of physical activity are the first steps in the treatment of childhood obesity. However, failure to achieve the desired success with traditional approaches has led clinicians to seek new treatments. One of the most interesting approaches has been diets based on the regulation of postprandial blood glucose and insulin levels. With these diets, the concept of glycemic index (GI), which is used to evaluate the glycemic response of carbohydrate-containing foods, has come to the fore. In the studies conducted, it is suggested that low GI diets may help in the treatment of obesity by showing the relationship between GI of diets and obesity, and obtaining results that could reduce food intake and hunger feelings as well as postprandial blood glucose and insulin levels by low GI meals. On the other hand, it is confusing to know that not only carbohydrates, but also proteins and fats have a role on postprandial insulin release. Therefore, considering the GI to control postprandial glycemic and insulinemic response is inadequate, and a method of assessing the effects of proteins and fats as well as carbohydrates is needed. In order to meet this requirement, the concept of food insulin index (FII) has been developed. The positive results on postprandial insulin response and appetite are promising, while the number of studies on FII, a relatively new concept, is limited. As a result, the use of low GI and FII diets may be beneficial in the treatment of childhood obesity. Nevertheless, there is a need for more well-planned short- and long-term studies in order to make definitive recommendations.

Keywords: child, adolescent, obesity, glycemic index, food insulin index

Giriş

Çocukluk çağı obezitesi çocukluk döneminde olduğu gibi ileriki yetişkinlik hayatında da önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Çocukluk çağı obezitesinin artan prevalansı hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde bulaşıcı olmayan kronik hastalık yükünü artıran önemli bir halk sağlığı sorunudur (1). Son 50 yıldır prevalansın her on yılda yaklaşık %5 oranında arttığı ve neredeyse her dört çocuktan birinin ya fazla kilolu ya da obez olduğu bildirilmektedir. Bu çocuklarda yetişkin obezitesi, tip 2 diyabet ve kalp hastalıkları gibi birçok sağlık sorunu riski belirgin düzeyde artmaktadır (2). İştah kontrolünün fizyolojisi ve genetiğinin anlaşılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir ve bu gelişmeler sayesinde bazı nadir görülen obezite sendromlarının nedenleri de aydınlatılmıştır. Bununla birlikte, bu nadir görülen bozukluklar bize çocukların büyük kısmında görülen obezitenin önlenmesi veya iyileştirilmesi hakkında belirli bir noktaya kadar öğretici olabilmektedir. Günümüzde çocuklar daha çok sedanter yaşam şekline sahip oldukları için, beslenme ve fiziksel aktivite önerilerinin de yeniden ve aynı zamanda toplum düzeyinde değerlendirilmesine gereksinim duyulmaktadır (3).

Günümüzde obezitenin etiyojisi kesin olarak tanımlanamasa da, en yaygın nedenlerinden birinin enerji alımı ve fiziksel aktivite arasındaki dengesizlik olduğu bilinmektedir (4). Çocukluk çağı obezitesinin tedavisi de bu iki temel etmene dayanmaktadır ve tedavide, yeme davranışlarının değiştirilmesi ve fiziksel aktivitenin artırılması hedeflenmektedir (5). Vücut ağırlığını azaltmak için düşük yağlı ve düşük enerjili diyetlerle birlikte artmış egzersiz önerilerinden oluşan geleneksel klinik yaklaşımlar, kısıtlayıcı olmaları dolayısıyla genellikle istenen sonuçların elde edilmesinde başarılı olamamaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda yapılan çalışmaların ve diyet eğitimlerinin merkezinde, postprandiyal kan glukoz ve insülin düzeylerinin (glisemik ve insülinemik yanıt) düşürülmesi ya da dengelenmesi temeline dayanan beslenme yaklaşımları yer almaktadır (4,5). Bilindiği gibi karbonhidratlar, kan glukoz düzeyini doğrudan artıran en önemli besin ögesidir ve sadece besindeki karbonhidrat miktarına göre değil türüne göre de postprandiyal gliseminin etkilendiği gösterilmiştir (6,7). Bu nedenle, karbonhidrat içeren besinin kalitesini değerlendiren glisemik indeks (Gİ) kavramı ortaya çıkmış, postprandiyal glisemik yanıt ve insülin sekresyonunu kontrol altına alabilmek için düşük Gİ'li diyetlerin kullanımı önerilmiştir (8,9). Diğer taraftan, insülin yanıtı neden olan tek besin ögesinin karbonhidratlar olamaması, protein ve yağların da bu süreçte rol oynaması nedeniyle, istenilen başarı tam olarak elde edilememiştir (10). Bu nedenle, yakın zamanda yapılan çalışmalarda tüm besin öğelerinin postprandiyal glisemik ve insülinemik yanıt üzerine etkilerini birlikte değerlendiren besin insülin indeksi (Bİİ) kavramı üzerinde durulmaktadır (10-13). Bu derleme yazıda, yeni bir kavran olan Bİİ'in Gİ ile birlikte çocukluk çağı obezitesiyle olan ilişkisinin değerlendirilmesi ve tüketilen öğünün Gİ'nin ve Bİİ'nin postprandiyal glisemi, insülinemi ve iştah üzerine etkilerinin güncel literatüre dayanarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Glisemik İndeks ve Besin İnsülin İndeksi ile Obezite İlişkisi: Postprandiyal glisemik ve insülinemik yanıtlar üzerinde primer etkiye sahip olduğu bilinen karbonhidratların basit ve kompleks olarak sınıflandırılmasının, karbonhidrattan zengin bir öğüne verilecek plazma glukoz ve insülin yanıtı tahmin etmek için kullanışlı olmadığı fark edilmiş ve bunun üzerine Jenkins ve arkadaşları (14) tarafından "glisemik indeks" olarak ifade edilen, karbonhidrat içeren besinlerin glisemik yanıtlarına göre sınıflama yapılması önerilmiştir (8,9).

Glisemik indeks (Gİ) kavramı ilk kez 1981 yılında, öğün sonrası karbonhidratların emilim hızını tanımlamak için kullanılmıştır. Gİ, 50 gram sindirilebilir karbonhidrat içeren test besinin iki saat içerisinde oluşturduğu kan glukozu artış alanının, aynı miktarda sindirilebilir karbonhidrat içeren referans besinin (beyaz ekmek veya glukoz) oluşturduğu kan glukozu artış alanına oranı olarak tanımlanır (4,15). Bu parametre referans besinin glisemik yanıtıyla ilgili bir yüzdesel oranı ifade eder ve böylece karbonhidratın kalitesini yansıtır (16). Glisemik yük (GY) ise besinin Gİ ile sindirilebilir karbonhidrat miktarının (gram olarak) çarpımıdır ve bu sayede, karbonhidratın hem kalitesini hem de kantitesini birlikte ortaya koyar (16,17) (Şekil 1).

$$Gİ = \frac{50 \text{ g karbonhidrat içeren test besini verildikten sonraki kan glukoz artış alanı}}{50 \text{ g karbonhidrat içeren referans besin verildikten sonraki kan glukoz artış alanı}} \times 100$$

$$GY = \text{Besinin tüketilen miktarında bulunan karbonhidrat miktarı} \times \text{besinin glisemik indeksi} / 100$$

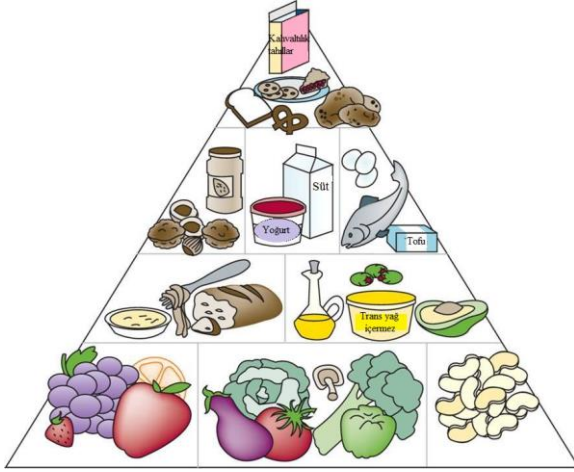
Şekil 1. Besinlerin Gİ ve GY değerlerinin hesaplanması (7)

Bir besinin Gİ değeri yüksekken, GY değerleri düşük olabilmektedir ve bu durumun tam aksi de mümkündür. Örneğin, havucun Gİ'i 92'dir ve yüksektir. Ancak, 80 g havuç tüketildiğinde vücuda alınan sindirilebilir karbonhidrat miktarı 6 g'dır ve GY hesaplandığında (6 x 92 / 100) bu değer 5.5 olarak bulunur ve düşüktür (7). Besinlerin Gİ ve GY değerlerine göre sınıflama yaparken kullanılan kesim noktaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Besinlerin Gİ ve GY değerlerine göre sınıflandırılması (7)

	Glisemik İndeks	Glisemik Yük
Düşük	<55	≤10
Orta	55-69	11-19
Yüksek	≥70	≥20

Yüksek Gİ (diyetin Gİ'inin >70 olması) ve GY'lü (diyetin GY'ünün >90 olması) diyetler hızlı bir şekilde sindirilir, emilir ve glukozu çevrilir. Bu süreç erken dönemde acıkma ile sonuçlanan, bu yüzden de besin alımında artışa neden olan kan insülin ve glukoz düzeylerindeki dalgalanmaları hızlandırır (16,18). Bununla birlikte, düşük Gİ ve GY'lü diyetler postprandiyal glukoz yanıtı azaltabilir, insülin sekresyonunu yavaşlatırlar, bu sayede artmış yağ oksidasyonuna, azalmış lipogenezise ve sonuç olarak azalmış besin alımıyla sonuçlanan artmış doyumluğa katkıda bulunurlar (4,16) (Şekil 2).



Şekil 2. Düşük glisemik indeksli diyet pramidi (15)

Kısa dönem tedavi çalışmaları, düşük Gİ/GY'lü diyetlerin vücut ağırlığı ve bileşimi üzerinde yararlı etkilere sahip olduğunu bildirmektedir (19). Benzer şekilde, randomize kontrollü çalışmaların çeşitli meta-analizlerinde düşük Gİ/GY'lü diyetlerin fazla kilolu, obez ve tip 2 diyabetli bireylerdeki etkileri incelenmiş ve kısa dönemde birçok yararlı etkileri gösterilmiştir. Düşük Gİ/GY'lü diyetlerin uzun dönem etkilerini inceleyen, prospektif kohort çalışmalarının bir meta-analizinde ise düşük Gİ/GY ile tip 2 diyabet riski arasında önemli bir negatif korelasyon rapor edilmiştir. Ayrıca, yakın zamanda yapılan bir randomize kontrollü çalışmaların sistematik analizi, düşük Gİ protokolünün adapte edildiği uzun dönem diyetlerin (>6 ay) açlık insülin düzeyi ve C-reaktif protein (CRP) gibi pro-inflamatuvar göstergeler konusunda yararlı etkilerine dair kanıtlar sağlamış, obezite ve obezite ile ilişkili komplikasyonların primer önlenmesinde yararlı bir araç olabileceğini göstermiştir (20). Bununla birlikte, düşük Gİ/GY'lü diyetlerin pediatrik obezite tedavisindeki etkinliği net değildir. Fazla kilolu/obez çocuk ve adolesanlarda yapılan bazı çalışmalarda, düşük Gİ/GY'lü diyetlerin beden kütle indeksi (BKİ)'nde (21-25) ve yağ dokusunda (5,22,26) azalma sağlayabileceği ve insülin duyarlılığını iyileştirebileceği (4,5,23,26) gösterilmesine rağmen, diğer çalışmalar ağırlık kaybı üzerinde etkili olmadığını (27) ya da diğer diyet yaklaşımlarına bir üstünlük sağlayamadığını (4,28,29) ortaya koymuştur. Fakat DiOGenes (Diet, Obesity and Genes) çalışmasında (27), tek başına düşük Gİ'li diyetler ağırlık kaybında etkili olamasa da Gİ ve protein alımı (%10-15 veya %23-28) kombinasyonunun obezite oranlarındaki azalma ile ilişkili olduğu ve yüksek proteinli, düşük Gİ'li

diyetlerin etkinliğinin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan, obez adölesanlarda yapılan bir çalışmada, düşük GI'li diyetlerin inflamatuvar göstergeler ve adipokin düzeyi üzerine etkileri incelenmiş ve insülin duyarlılığında, adiponektin düzeyinde belirgin değişiklik olmazken, CRP ve interlökin-6 (IL-6) düzeyinde anlamlı azalma olduğu rapor edilmiştir (30). Ayrıca, yakın zamanda 1.065 fazla kilolu/obez ocuk ve adölesanla yapılan meta-analiz sonucunda, düşük GI'li diyetlerin insülin duyarlılığında artış ve serum TG düzeyinde azalma sağladığı gösterilmiştir (31). Düşük GI ve GY'lü diyetlerin metabolik etkileri Tablo 2'de özetlenmiştir (19).

Tablo 2. Düşük GI ve GY'lü diyetlerin metabolik etkileri (19)

Metabolik etki	Düşük GI	Düşük GY
Postprandiyal glisemi	↓↓↓	↓↓↓
Postprandiyal insülinemi	↓↓↓	↓↓↓
İnsülin direnci	↓↓	↓↓
LDL-K	↓	-
HDL-K	?	↑
Trigliserid	↓	↓↓
CRP	↓↓	↓
Vücut yağ kütlesi	↓↓	↓↓

↓↓↓ güçlü azalma, ↓↓ ılımlı azalma, ↓ zayıf azalma, - etki yok, ? yeterli ya da hiç kanıt yok

Besinlerin insülinojenik etkilerini tahmin etmek için genellikle GI değeri kullanılmakta ve düşük GI'li besinlerin postprandiyal insülin yanıtı azaltarak klinik sonuçlarda iyileşme sağladığı söylenmektedir. Ancak, GI metodolojisi sadece karbonhidrat içeren besinlerin derecelendirilmesine izin vermekte, et, tavuk, balık, yumurta, peynir gibi proteinden zengin besinler ve tereyağı, zeytinyağ gibi yağdan zengin besinlere ilişkin veri sağlamamaktadır (8,10). Bununla birlikte, insülin sekresyonunu sadece karbonhidratlar uyarmamakta, protein ve yağlar da bu süreçte rol almaktadır. Proteinden zengin besinler tek başına ya da karbonhidratlar ile birlikte tüketildiklerinde, kan glukoz düzeyini arttırmaksızın insülin salgılanmasında artışa neden olabilmektedir. Benzer şekilde, karbonhidrattan zengin öğüne eklenen yağlar postprandiyal glisemiye azaltırken, insülin yanıtı artırmaktadır (8,10). Bu nedenle, tüm besinlere postprandiyal insülin yanıtını değerlendirmek için “Besin insülin indeksi (Bİİ)” kavramı geliştirilmiştir (32).

Besin insülin indeksi, referans besinin (glukoz veya beyaz ekmek) izoenerjik porsiyonu ile karşılaştırıldığında test besine postprandiyal insülin yanıtı doğrudan ölçmektedir. Karşılaştırma ölçütü olarak GI için karbonhidratların kullanılmasının aksine enerji kullanıldığı için, Bİİ kavramı karbonhidrat içeriği az olan ya da hiç olmayan besinlerin de test edilmesine olanak sağlamaktadır (10). Hesaplama yapılırken, test besinin 1000 kJ (239 kkal) enerji içeren porsiyonu tüketildikten sonraki iki

saat boyunca elde edilen insülinemik yanıtı (eğri altında kalan alan) referans besinin insülinemik yanıtına bölünür (8) (Şekil 3). Ayrıca, diyetin ortalama insülin yükü (İY) kaydedilen tüm besinlerin insülin indeksi, enerji içeriği ve tüketim sıklığının toplamıyla hesaplanabilir ve bu sayede tüm diyetin insülin gereksinmesi tahmin edilebilir (32).

$$Bİİ = \frac{1000 \text{ kJ enerji içeren test besine oluşan insülin yanıt için eğri altında kalan alan}}{1000 \text{ kJ enerji içeren referans besine oluşan insülin yanıt için eğri altında kalan alan}} \times 100$$

Şekil 3. Besinlerin Bİİ değerlerinin hesaplanması (7)

Tablo 3. Bazı besinlerin Gİ, GY ve Bİİ değerleri (1000 kJ için) (6)

Besinler	Ağırlık	Gİ	GY	Bİİ
Glukoz (Referans Besin)	59	100	59	100
Süt (tam yağlı)	368	31	5	24
Yoğurt (az yağlı, çilekli)	260	31	12	84
Kaşar peyniri	59	0	0	33
Süzme peynir / Lor peyniri / Çökelek peyniri (yağı azaltılmış)	234	10	1	40
Dondurma (vanilyalı)	120	50	13	65
Elma	435	36	21	43
Portakal	625	42	21	44
Muz	279	52	29	59
Kavun	714	62	29	93
Siyah üzüm	395	50	28	60
Portakal suyu (konsantre)	625	53	28	55
Havuç suyu (taze sıkılmış)	762	43	18	41
Mısır (dondurulmuş)	222	47	20	39
Beyaz ekmek	97	70	31	73
Tahıllı ekmek	108	50	20	41
Patates (haşlanmış, soyulmuş)	368	78	38	88
Beyaz pirinç	203	72	40	58
Beyaz Makarna	201	46	23	29
Yumurta (haşlanmış)	160	0	0	23
Sığır biftek	158	0	0	37
Tavuk (fırında kızartılmış, derisiz)	113	0	0	17
Beyaz balık	333	0	0	43
Ton balığı (konserve, yağda, süzölmüş)	135	0	0	16
Kuru fasulye (fırında pişmiş)	351	44	17	88
Mercimek (domates soslu)	253	37	11	42

Besinlerin Bİİ değerleri doğrudan insülin yanıtlarına dayandığı için, obezitede olduğu gibi insülin maruziyetine bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülen durumların değerlendirilmesinde kullanılmasının Gİ'den daha yararlı olacağı düşünülmektedir (10). Yüksek postprandiyal insülin düzeylerinin vücut yağ miktarında artışa yol açan metabolik süreçteki rolü, besin öğelerinin kaslardaki oksidasyonunun azalması ve tercihen yağ dokusunda depolanmaya yönelimine dayandırılabilir (11). Bu doğrultuda, yetişkinlerde yapılan bir çalışmada, 30. dakikadaki postprandiyal hiperinsülineminin ağırlık kazanımı için güçlü bir belirleyici olduğu ve altı yılda bel çevresini değiştirdiği rapor edilmiştir (33). Ayrıca, yüksek insülin ve düşük plazma glukagon düzeyleri hepatic glukoz üretimini sınırlandırabilir ve lipolizisi baskılayabilir. Böylece, uzun dönemde, beta hücreleri üzerindeki sürekli devam eden yüksek postprandiyal talep, insülin duyarlılığını azaltabilir ve yağ dokusunun artışını destekleyebilir. Yüksek Bİİ/İY'lü diyetlerin artmış vücut yağ oranına katkıda bulunabileceği bir diğer olası mekanizma, insülin ve insülin benzeri büyüme faktörü-1 (Insulin-like Growth Factor-1 – IGF-1) sekresyonunun çapraz-stimülasyonu aracılığıyla gerçekleşebilir. Adipozit öncül hücre kültürlerinin kullanıldığı in vivo çalışmalarda, artmış IGF-1 düzeylerinin preadipozit proliferasyonu üzerinde uyarıcı etkisinin olduğu ve bu sayede vücut yağ depolanmasına katkıda bulunabileceği bulunmuştur. Aynı zamanda, IGF-1 preadipozit ve adipozitlerde hücrel glukoz alımını uyarır, lipojenezisi artırır ve adipozitlerde lipolizisi inhibe eder (11).

Diyet Gİ/GY ve Bİİ/İY'ünün vücut bileşimi üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada, puberte dönemindeki (kızlarda 9-14 yaş, erkeklerde 10-15 yaş) diyet Gİ'i ya da GY'ü ile genç yetişkinlik dönemindeki (18-25 yaş) vücut bileşimi arasında ilişki bulunamazken, pubertedeki yüksek diyet Bİİ ve İY'ünün genç yetişkinlikte artmış vücut yağ yüzdesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Diyet insülin talebi ile BKİ arasında ise ilişki bulunmamıştır. Bu çalışma, postprandiyal glisemik artıştan ziyade insülinemik artışın puberte döneminde istenmeyen vücut yağ miktarına neden olabileceğini önermektedir (11). Ayrıca, 91 obez adölesan ile yakın zamanda yapılan bir çalışmada, yüksek GY'lü ve İY'lü diyetlerin üç ayın sonunda vücut ağırlığında daha az azalma sağladığı belirtilmiştir. Vücut yağ yüzdesi ve insülin duyarlılığındaki değişim ile ne GY ne de İY arasında ilişki saptanmamıştır. Sonuç olarak, düşük GY ve İY'e sahip diyetlerin insülin direnci olan obez adölesanlarda enerji alımını azaltabileceği ve bu sayede ağırlık kaybına yardımcı olabileceği düşünülmektedir (12).

Öğünün Glisemik İndeks ve İnsülin İndeksinin Postprandiyal Glukoz ve İnsülin Yanıt Üzerine

Etkileri: Çocuk ve adölesanlarda, öğün Gİ/GY'ünün postprandiyal glukoz ve insülin yanıt üzerine etkilerini inceleyen çalışma sayısı oldukça azdır, var olanların da sonuçları tutarlılık göstermemektedir. Bazı adölesan çalışmalarında, yüksek Gİ'li (34-36) veya GY'lü diyet tüketimi ile (37) öğün sonrası artmış glukoz ve insülin düzeyleri gözlemlenmesine rağmen, diğer çalışmalarda (38,39) elde edilen postprandiyal yanıtların düşük Gİ/GY'lü öğünden farklı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, Zakrzewski ve ark. (38) hem normal ağırlıkta olan hem de obez adölesanları kapsayan çalışmalarında, normal ağırlıkta olanlar için öğünler arasında fark bulunmazken, obezlerde yüksek Gİ'li öğün sonrası glukoz yanıtın düşük Gİ'li öğüne göre daha yüksek olduğunu

belirlemişlerdir. Postprandiyal insülin yanıtta ise her iki grup için de fark oluşmamıştır. Diğer taraftan, düşük ve yüksek Gİ'li öğün sonrası postprandiyal glukoz ve insülin yanıtlarının benzer bulunduğu diğer çalışmada, obez adölesanlar insülin direnci varlığına göre yeniden gruplandırıldığında, insülin direnci olmayan grupta yine bir farklılık oluşmamış, ancak insülin direnci olan grupta 60. dakikadaki glukoz değerinin yüksek Gİ'li öğün sonrası daha fazla olduğu saptanmıştır (39).

Öğünün Bİİ'nin postprandiyal glukoz ve insülin yanıt üzerine etkilerini inceleyen literatürdeki ilk ve tek çalışma, Bell ve arkadaşları (13) tarafından 2015 yılında yayınlanmıştır. Sağlıklı ve tip 2 diyabetli yetişkinlerin dahil edildiği bu çalışmada enerji, makro besin öğeleri ve Gİ değerleri aynı, Bİİ değerleri farklı olan iki test öğünü hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda, iki öğünün postprandiyal glukoz yanıtları benzer bulunurken, yüksek Bİİ'li öğüne kıyasla düşük Bİİ'li öğün sonrası insülin yanıtın sağlıklı bireylerde %53 ve tip 2 diyabetlilerde %41 daha az olduğu belirtilmiştir (13). Literatürde yapılmış başka bir çalışmaya rastlanmaması, bu konunun araştırmaya açık olduğunu ve daha fazla çalışmaya gereksinim duyulduğunu göstermektedir. Özellikle çocukluk çağı obezitesinin tedavisindeki rolü, keşfedilmeyi bekleyen açık bir penceredir.

Öğünün Glisemik İndeks ve İnsülin İndeksinin İştah Üzerine Etkileri : Düşük Gİ/GY'lü veya Bİİ/İY'lü besin ya da öğünlerin postprandiyal glisemi ve insülinemideki dalgalanmaları en aza indirebileceği ve bu sayede açlığı ve *ad libitum* besin alımını azaltıp, doygunluğu artırarak akut dönemde iştah üzerine olumlu etkiler sağlayabileceği düşünülmektedir (12,19). Bununla birlikte, Gİ ve Bİİ'nin iştah üzerine etkilerini araştıran çalışma sonuçları çeşitlilik göstermemektedir. Düşük Gİ/GY'lü öğünlerin iştahı olumlu yönde etkilediği gösteren çalışmaların (36,40-42) varlığının yanı sıra, herhangi bir etkinliğinin olmadığını belirten çalışmalar da (34,35,37,43,44) mevcuttur. Öğünün Bİİ'nin iştah üzerine etkilerini inceleyen herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamış olup, tek besinin Bİİ'nin etkilerine ilişkin veriler (45-48) ise oldukça sınırlıdır.

Çocuk ve adölesan döneme ait bazı çalışmalar incelendiğinde, düşük Gİ'li (36,41) veya GY'lü (49) öğünlerin yüksek Gİ/GY'lü öğünlere göre açlığı ve bir sonraki öğünde *ad libitum* besin alımını daha fazla azaltıp, doygunluğu daha fazla artırarak iştahı olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonucun aksine, obez adölesanlarda yapılan bir çalışmada, düşük GY'lü öğün sonrası açlık, doygunluk ve bir sonraki öğünde *ad libitum* besin alımının yüksek GY'lü öğün ile benzer olduğu bulunmuştur (37). Benzer şekilde, düşük Gİ'li (34,35) ve GY'lü (43,44) öğünlerin iştah kontrolü açısından yüksek Gİ/GY'lü öğünlere herhangi bir üstünlüğünün olmadığını gösteren farklı adölesan çalışmaları da literatürde yer almaktadır.

Besin insülin indeksi ile iştah arasındaki ilişkiye dair sonuçlar sadece tek besin çalışmalarına dayanmaktadır. Farklı çavdar ekmekleri ile yapılan bir çalışmada, test besinin Bİİ'i arttıkça öğün sonrası yeme isteğinin de arttığı, fakat hissedilen açlık veya tokluk ile ilişki bulunamadığı belirtilmiştir (45). Farklı ekmek türleri ile yapılan diğer çalışmada ise Bİİ ile subjektif olarak değerlendirilen iştah parametreleri arasında herhangi bir ilişki saptanmamıştır. Bununla birlikte, besin Bİİ'indeki artışın *ad libitum* enerji alımının artmasına neden olduğu bulunmuştur. Ayrıca, artmış Bİİ değerlerinin tokluk

hormonları olan GLP-1 ve peptid YY düzeylerindeki artış ile ilişkili olduğu da gösterilmiştir (48). Öğünün Bİİ'nin açlık, doyumluk gibi iştah parametreleri ve *ad libitum* besin alımı üzerine etkilerini inceleyen herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamış olması, bu konudaki soruları yanıtızsız bırakmaktadır. Bu nedenle, öğünün Bİİ'nin iştah üzerine etkilerini belirlemek amacıyla sağlıklı ya da obez çocuk veya yetişkinlerde yapılacak randomize klinik çalışmalara gereksinim vardır.

Yüksek ve Düşük İnsülin İndekse Sahip Besinler: Günümüze kadar, 121 besinin ve 13 karışık öğünün Bİİ değerleri belirlenmiştir (6). Yüksek Bİİ'li besinlere verilebilecek örnekler jöleli şekerlemeler (160), patates (121), fırında pişirilmiş kuru fasulye (120), yoğurt (115), beyaz ekmek (100), rafine ürünler (pastane ürünleri-83, atıştırmalıklar-89) ve mısır gevrekleri (75) iken, düşük Bİİ için makarna (40), yulaf ezmesi (40), süt (33), yumurta (31) ve ceviz (7)'dir (7,10). Proteinden zengin bazı besinler, karbonhidrattan zengin bazı besinlere benzer insülin yanıtı neden olabilirler. Örneğin dana bifteğin Bİİ'si 51'dir ve bu değer 62 olan esmer pirincin Bİİ değerine oldukça yakındır. Benzer şekilde, balık için ölçülen Bİİ değeri (59) ile tahıllı ekmek için ölçülen değer (56) birbirine çok yakındır. Diğer taraftan, besinlerin aynı miktarda karbonhidrat ve/veya enerji içeriyor olması, insülin salınımını da aynı miktarda uyaracağı anlamına gelmemektedir. Örneğin makarna (54 g karbonhidrat, 239 kkal enerji) ve patates (55 g karbonhidrat, 239 kkal enerji) benzer karbonhidrat ve enerji içeriğine sahip olmalarına rağmen, patatesin Bİİ değeri (121) makarnanın (40) yaklaşık üç katı kadardır. Yine benzer karbonhidrat ve enerji içeren yoğurt (38 g karbonhidrat, 239 kkal enerji, Bİİ=115) ve yulaf ezmesi (37 g karbonhidrat, 239 kkal enerji, Bİİ=40) için ölçülen Bİİ değerleri arasında yaklaşık üçte bir oranında fark olduğu görülmektedir (7).

Sonuç ve Öneriler

Çocukluk çağı obezitesi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Birçok çevresel ve genetik etmenin etkileşimiyle ortaya çıkan obezite, kronik bir hastalık olarak kabul edilmekte ve beklenen yaşam süresini kısaltmaktadır. Aynı zamanda, bireylerin yaşam kalitesini de olumsuz etkileyen obezitenin, ülke ekonomisine ciddi bir yük getirdiği ortadadır. Bu nedenle çocukluk çağı obezitesinin önlenmesi ve tedavisine daha çok önem verilmelidir.

Çocukluk çağı obezitesinin tedavisinde kullanılacak olan yaklaşımın, aşırı kısıtlayıcı ve sıkıcı olmaması uygulanabilirliğini kolaylaştıracak ve daha uzun süre devam ettirilmesine yardımcı olacaktır. Aynı zamanda, çocuk ve adolesanların postprandiyal glukoz ve insülin düzeylerini dengede tutarak iştah kontrolüne yardımcı olacak müdahaleler de tedavinin başarısına katkıda bulunacaktır. Bu nedenle, obez çocuk ve adolesanlar için hazırlanan beslenme programlarında düşük Gİ'li ve Bİİ'li besinlere yer verilmelidir. Yüksek Gİ'li ya da Bİİ'li besin tüketilmek istendiğinde ise yanına eklenecek düşük Gİ'li veya Bİİ'li besinler ile öğünün Gİ'inin ya da Bİİ'inin düşürülmesi ve bu sayede, postprandiyal glisemik ve insülinemik yanıtın kontrol altına alınması sağlanabilir.

Katı ve yasaklayıcı diyetler yerine, doğru ölçü ve besin seçimi ile daha özgür beslenme programları oluşturulmalıdır. Ayrıca, hasta ve ailesine sağlıklı beslenme önerilerini içeren eğitimler verilmeli, Gİ ve Bİİ kavramları tanıtılarak düşük Gİ'li ve Bİİ'li besin seçiminin sağlayacağı yararlardan bahsedilmelidir. Öğün planlarken, hem büyüme ve gelişmenin istenilen şekilde devam etmesini sağlamak amacıyla dört besin grubunu (süt ve ürünleri; et, yumurta ve kurubaklagiller; tahıllar; sebze ve meyveler) da içermesinin hem de iştah kontrolüne yardımcı olabilecek besinlerin tercih edilmesinin önemi anlatılmalıdır.

Kaynakça

1. Lakshman R, Elks CE, Ong KK. Childhood obesity. *Circulation* 2012;126:1770-9.
2. Sabin MA, Kiess W. Childhood obesity: Current and novel approaches. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2015;29:327-38.
3. Han JC, Lawlor DA, Kimm SY. Childhood obesity. *Lancet* 2010;375:1737-48.
4. Visuthranukul C, Sirimongkol P, Prachansuwan A, Pruksananonda C, Chomtho S. Low-glycemic index diet may improve insulin sensitivity in obese children. *Pediatr Res* 2015;78:567-73.
5. Fajcsak Z, Gabor A, Kovacs V, Martos E. The effects of 6-week low glycemic load diet based on low glycemic index foods in overweight/obese children--pilot study. *J Am Coll Nutr* 2008;27:12-21.
6. Bao J, Atkinson F, Petocz P, Willett WC, Brand-Miller JC. Prediction of postprandial glycemia and insulinemia in lean, young, healthy adults: Glycemic load compared with carbohydrate content alone. *Am J Clin Nutr* 2011;93:984-96.
7. Özel HG. Glisemik indeks ve yük: Gerçekler ve çelişkiler. In: Tayfur M, Ayhan NY (eds). *Beslenme ve Diyetetik Güncel Konular - II*. 1.Baskı. Ankara: Hatiboğlu Yayınevi; 2015. p.109-36.
8. Bao J, de Jong V, Atkinson F, Petocz P, Brand-Miller JC. Food insulin index: Physiologic basis for predicting insulin demand evoked by composite meals. *Am J Clin Nutr* 2009;90:986-92.
9. Barba G, Sieri S, Russo MD, Donatiello E, Formisano A, Lauria F, et al. Glycaemic index and body fat distribution in children: The results of the ARCA project. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2012;22:28-34.
10. Nimptsch K, Brand-Miller JC, Franz M, Sampson L, Willett WC, Giovannucci E. Dietary insulin index and insulin load in relation to biomarkers of glycemic control, plasma lipids, and inflammation markers. *Am J Clin Nutr* 2011;94:182-90.
11. Joslowski G, Goletzke J, Cheng G, Günther AL, Bao J, Brand-Miller JC, et al. Prospective associations of dietary insulin demand, glycemic index, and glycemic load during puberty with body composition in young adulthood. *Int J Obes (Lond)* 2012;36:1463-71.
12. Joslowski G, Halim J, Goletzke J, Gow M, Ho M, Louie JC, et al. Dietary glycemic load, insulin load, and weight loss in obese, insulin resistant adolescents: RESIST study. *Clin Nutr* 2015;34:89-94.
13. Bell KJ, Bao J, Petocz P, Colagiuri S, Brand-Miller JC. Validation of the food insulin index in lean, young, healthy individuals, and type 2 diabetes in the context of mixed meals: An acute randomized crossover trial. *Am J Clin Nutr* 2015;102:801-6.

14. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981;34:362-6.
15. Ludwig DS. Clinical update: The low-glycaemic-index diet. *Lancet* 2007;369:890-2.
16. Silva KC, Neri Nobre L, Emanuelle de Castro Ferreira Vicente S, Lopes Moreira L, do Carmo Lessa A, Alves Lamounier J. Influence of glycemic index and glycemic load of the diet on the risk of overweight and adiposity in childhood. *Rev Paul Pediatr* 2016;34:293-300.
17. Rouhani MH, Kelishadi R, Hashemipour M, Esmailzadeh A, Azadbakht L. Glycemic index, glycemic load and childhood obesity: A systematic review. *Adv Biomed Res* 2014;3:47-54.
18. Granot E. Childhood obesity: New paradigms on susceptibility, co-morbidities, and interventions. In: Bendich A, Deckelbaum RJ (eds). *Preventive Nutrition*. 5th edition. Switzerland: Springer International Publishing; 2015. p.321-34.
19. Augustin LS, Kendall CW, Jenkins DJ, Willett WC, Astrup A, Barclay AW, et al. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2015;25:795-815.
20. Schwingshackl L, Hoffmann G. Long-term effects of low glycemic index/load vs. high glycemic index/load diets on parameters of obesity and obesity-associated risks: A systematic review and meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2013;23:699-706.
21. Spieth LE, Harnish JD, Lenders CM, Raezer LB, Pereira MA, Hangen SJ, et al. A low-glycemic index diet in the treatment of pediatric obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000;154:947-51.
22. Kirk S, Brehm B, Saelens BE, Woo JG, Kissel E, D'Alessio D, et al. Role of carbohydrate modification in weight management among obese children: A randomized clinical trial. *J Pediatr* 2012;161:320-7 e1.
23. Parillo M, Licenziati MR, Vacca M, De Marco D, Iannuzzi A. Metabolic changes after a hypocaloric, low-glycemic-index diet in obese children. *J Endocrinol Invest* 2012;35:629-33.
24. Kong AP, Choi KC, Chan RS, Lok K, Ozaki R, Li AM, et al. A randomized controlled trial to investigate the impact of a low glycemic index (GI) diet on body mass index in obese adolescents. *BMC Public Health* 2014;14:180.
25. Siegel RM, Neidhard MS, Kirk S. A comparison of low glycemic index and staged portion-controlled diets in improving BMI of obese children in a pediatric weight management program. *Clin Pediatr (Phila)* 2011;50:459-61.
26. Ebbeling CB, Leidig MM, Sinclair KB, Hangen JP, Ludwig DS. A reduced-glycemic load diet in the treatment of adolescent obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003;157:773-9.
27. Papadaki A, Linardakis M, Larsen TM, van Baak MA, Lindroos AK, Pfeiffer AF, et al. The effect of protein and glycemic index on children's body composition: the DiOGenes randomized study. *Pediatrics* 2010;126:e1143-52.
28. Mirza NM, Palmer MG, Sinclair KB, McCarter R, He J, Ebbeling CB, Ludwig DS, et al. Effects of a low glycemic load or a low-fat dietary intervention on body weight in obese Hispanic American children and adolescents: A randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2013;97:276-85.
29. Rouhani MH, Kelishadi R, Hashemipour M, Esmailzadeh A, Azadbakht L. The effect of low glycemic index diet on body weight status and blood pressure in overweight adolescent girls: A randomized clinical trial. *Nutr Res Pract* 2013;7:385-92.
30. Rouhani MH, Kelishadi R, Hashemipour M, Esmailzadeh A, Surkan PJ, Keshavarz A, et al. The impact of a low glycemic index diet on inflammatory markers and serum adiponectin

- concentration in adolescent overweight and obese girls: A randomized clinical trial. *Horm Metab Res* 2016;48:251-6.
31. Schwingshackl L, Hobl LP, Hoffmann G. Effects of low glycaemic index/low glycaemic load vs. high glycaemic index/ high glycaemic load diets on overweight/obesity and associated risk factors in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Nutr J* 2015;14:87.
 32. Jakubowicz D, Wainstein J, Ahrén B, Bar-Dayán Y, Landau Z, Rabinovitz HR, et al. High-energy breakfast with low-energy dinner decreases overall daily hyperglycaemia in type 2 diabetic patients: A randomised clinical trial. *Diabetologia* 2015;58:912-9.
 33. Chaput JP, Tremblay A, Rimm EB, Bouchard C, Ludwig DS. A novel interaction between dietary composition and insulin secretion: Effects on weight gain in the Quebec Family Study. *Am J Clin Nutr* 2008;87:303-9.
 34. Ball SD, Keller KR, Moyer-Mileur LJ, Ding YW, Donaldson D, Jackson WD. Prolongation of satiety after low versus moderately high glycemic index meals in obese adolescents. *Pediatrics* 2003;111:488-94.
 35. Cooper SB, Bandelow S, Nute ML, Morris JG, Nevill ME. Breakfast glycaemic index and exercise: Combined effects on adolescents' cognition. *Physiol Behav* 2015;139:104-11.
 36. Ludwig DS, Majzoub JA, Al-Zahrani A, Dallal GE, Blanco I, Roberts SB. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics* 1999;103:E26.
 37. Mirza NM, Klein CJ, Palmer MG, McCarter R, He J, Ebbeling CB, et al. Effects of high and low glycemic load meals on energy intake, satiety and hunger in obese Hispanic-American youth. *Int J Pediatr Obes* 2011;6:e523-31.
 38. Zakrzewski JK, Stevenson EJ, Tolfrey K. Effect of breakfast glycemic index on metabolic responses during rest and exercise in overweight and non-overweight adolescent girls. *Eur J Clin Nutr* 2012;66:436-42.
 39. Çelik H. Eksojen Obez Adolesanların Düşük ve Yüksek Glisemik İndeksli Kahvaltıya Yanıtının Serum Glikoz, İnsülin, C-Peptid ve Lipid Düzeyleri ile Değerlendirilmesi (Uzmanlık Tezi). Edirne: Trakya Üniversitesi; 2007.
 40. Chang KT, Lampe JW, Schwarz Y, Breymeyer KL, Noar KA, Song X, et al. Low glycemic load experimental diet more satiating than high glycemic load diet. *Nutr Cancer* 2012;64:666-73.
 41. Warren JM, Henry CJ, Simonite V. Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children. *Pediatrics* 2003;112:e414.
 42. Batista SMM, Moreira EAM, Fiates GMR, de Assis MAA, Teixeira E. Effect of low glycaemic index diets on satiety. *British Food Journal* 2014;116:1233-46.
 43. Brindal E, Baird D, Slater A, Danthiir V, Wilson C, Bowen J, et al. The effect of beverages varying in glycaemic load on postprandial glucose responses, appetite and cognition in 10-12-year-old school children. *Br J Nutr* 2013;110:529-37.
 44. Brindal E, Baird D, Danthiir V, Wilson C, Bowen J, Slater A, et al. Ingesting breakfast meals of different glycaemic load does not alter cognition and satiety in children. *Eur J Clin Nutr* 2012;66:1166-71.
 45. Rosen LA, Ostman EM, Bjorck IM. Postprandial glycemia, insulinemia, and satiety responses in healthy subjects after whole grain rye bread made from different rye varieties. *J Agricol Food Chem* 2011;59:12149-54.
 46. Kong KL, Hendrich S. Glycemic index, insulinemic index, and satiety index of kefir. *J Am Coll Nutr* 2012;31:280-7.

47. Simmons AL, Miller CK, Clinton SK, Vodovotz Y. A comparison of satiety, glycemic index, and insulinemic index of wheat-derived soft pretzels with or without soy. *Food Funct* 2011;2:678-83.
48. Gonzalez-Anton C, Rico MC, Sanchez-Rodriguez E, Ruiz-Lopez MD, Gil A, Mesa MD. Glycemic responses, appetite ratings and gastrointestinal hormone responses of most common breads consumed in Spain: A randomized control trial in healthy humans. *Nutrients* 2015;7:4033-53.
49. LaCombe A, Ganji V. Influence of two breakfast meals differing in glycemic load on satiety, hunger, and energy intake in preschool children. *Nutr J* 2010;9:53.