



## Tip 2 Diyabetik Hastalarda Egzersizin Glikoz Metabolizmasına Etkisi

### The Effect of Exercise on Glucose Metabolism in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus

Tuba Tülay Koca<sup>1</sup>, Burcu Talu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Şehir Devlet Hastanesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Malatya, Turkey

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Malatya, Turkey

#### ABSTRACT

Diabetes mellitus is one of the major causes of disability and death due to the complications accompanying this disease. The incidence of type 2 diabetes mellitus and insulin resistance has increased worldwide during the last decades, despite the development of effective drug therapy and improved clinical diagnoses. Recent epidemiological studies indicate that individuals who maintain a physically active lifestyle are much less likely to develop impaired glucose tolerance and diabetes mellitus. Additional to protective effect of physical activity for individuals at highest risk of developing diabetes mellitus, physical activity has positive impacts on fasting glucose, insulin sensitivity and blood glucose level for patients overt diabetes. The essential mechanism of exercises is enhancing sensitivity of insulin on peripheral tissues (especially skeletal muscle). With exercise training significant improvements in glucose metabolism is observed in many of these studies. Especially, the improvements in insulin sensitivity with exercise training observed better in high magnitude of aerobic exercises. Also adaptation of patients is very high to combined type exercises. However worldwide standardization of these training programmes in many of the studies is lacking and current practice in daily life is unsatisfactory.

**Key words:** Fasting blood glucose, aerobic exercise, diabetes mellitus, insulin resistance.

#### ÖZET

Diyabetes mellitus hastalık sürecinde gelişen komplikasyonlara bağlı engellilik ve ölüm nedenlerinin başında gelmektedir. Etkili ilaç tedavilerine ve ileri klinik tanı yöntemlerine rağmen, tip 2 diyabetes



mellitus ve insülin direnci sıklığı son yıllarda artmıştır. Son yıllardaki epidemiyolojik çalışmalarda fiziksel olarak aktif yaşam sürdüren bireylerde daha az bozulmuş glikoz toleransı ve diyabetes mellitus geliştiği vurgulanmaktadır. Diyabetes mellitus gelişimi için yüksek risk taşıyan bireylerde fiziksel aktivitenin koruyucu etkisine ek olarak; diyabet tanısı almış hastalarda fiziksel aktivite açlık glukozu, insülin duyarlılığı ve kan glukoz düzeylerini olumlu etkilemektedir. Egzersizin asıl etki mekanizması ise insülinin periferik dokularda (özellikle iskelet kası) duyarlılığını artırmaktır. Egzersiz eğitimi ile glikoz metabolizmasında belirgin iyileşmeler pek çok çalışmada gözlenmiştir. Egzersiz eğitimi ile insülin duyarlılığındaki iyileşmeler özellikle yüksek yoğunlukta aerobik egzersizlerde gözlenmiştir. Ek olarak hastaların kombine tip egzersizlere uyumu ise yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte dünya üzerinde pek çok çalışmada bu eğitici programların standardizasyonu eksik ve günlük hayattaki pratik uygulama yetersizdir.

**Anahtar kelimeler:** Açlık kan şekeri, aerobik egzersiz, diyabetes mellitus, insülin direnci

## Giriş

İnsülin direnci, glikoz tolerans bozukluğu ve aşikar diyabetes mellitus (DM) son yılların en önemli sağlık sorunlarından biridir. Bir miktar insüline kan glikozundaki yetersiz düşme olarak tanımlanan insülin direnci obez, diyabetik hastalarda ve ileri yaştaki hastalarda görülebilen bir klinik durumdur. Buna rağmen 1. basamak (önleyici tedavi) tedavi yetersizdir ve bir görüş birliği oluşturulmamıştır. Hastalığa bağlı uzun dönem komplikasyonlar, retinopati, periferik ve otonom nöropati, nefropati, periferik vasküler hastalık, aterosklerotik kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalık, hipertansiyon, enfeksiyonlara ve periodontal hastalığa yatkınlık olarak sıralanabilir<sup>1</sup>.

Egzersiz uzun süreden beri tip 2 DM'lu hastaların tedavisinde köşe taşı olarak değerlendirilmektedir. Diyet, yaşam modifikasyonları ve egzersiz ile vücut kompozisyonu değiştirilip insülin direncinin önüne geçilebileceği düşünülmektedir<sup>2-4</sup>. Burada hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde egzersiz eğitiminin glikoz metabolizması üzerindeki önem ve etkisine dair literatür bilgileri ışığında bilgi vermeyi amaçladık.

## Tip 2 Diyabet, Genetik ve Egzersiz İlişkisi

İnsülin direnci ve bozulmuş glukoz toleransı ile ilişkili genetik faktörler fiziksel egzersize adapte olmada azalmış fonksiyonel kapasite ile ilişkilendirilmektedir. Tip 2 DM hastalarında glikoz intoleransı gelişmeden önce bile azalmış fonksiyonel kapasiteye dair deliller mevcuttur.

Ayrıca tip 2 DM hastalarda yaşlılarına göre maksimum oksijen taşıma kapasitesi (VO<sub>2</sub>) daha düşük değerlerde bulunmaktadır<sup>5</sup>.

## Tip 2 Diyabet Patofizyolojisi

Tip 2 DM gelişiminde hem insülin aktivitesinde (insülin direnci) hem de salınımında (insülin eksikliği) bozukluk yer almaktadır. İnsülin direncinde glikozun insülin aracılığı ile karaciğer ve kas dokusunda depolanması azalmıştır. Hücresel düzeyde kas glikoz taşıyıcı (GLUT4) protein ve mRNA normal olmasına rağmen, GLUT4'ün sیتoplazmadan plazma membranına hareketi normal olmayabilir. Kronik hiperglisemi ve artmış serbest yağ asitleri de edinilmiş insülin direncine katkıda bulunmaktadır<sup>6</sup>.

## Tip 2 Diyabette Egzersizin Akut Etkileri

Fiziksel aktivite insülin duyarlı dokularda insülin aktivitesine sinerjik etki nedeni ile tip 2 DM'da kan glikozunu düşürmede ana tedavi modalitelerinin başında gelmektedir. Egzersizin birincil etkileri anormal insülin salınımı ve periferik insülin direnci üzerinedir. Tip 2 DM'li hastalarda yaşlılarına göre fonksiyonel kapasiteleri daha düşük olmakla birlikte, egzersiz sırasında periferik dokulara oksijen taşınımı da artmaktadır<sup>7</sup>.

Düşük-orta egzersiz sonrası tip 2 DM ve obez hastalarda kan glikozu azalmaktadır ve egzersiz sonrası dönemde bu etki devam etmektedir. Bununla birlikte ters-düzenleyici hormonların etkisi ile kısa süreli, yüksek yoğunluklu egzersiz sonrası ilk 1 saatte kan glikozu artmaktadır<sup>8</sup>.

## Egzersiz ve İnsülin Direnci

İnsülin direnci tip 2 DM'de sık rastlanan bir anormalliktir<sup>9</sup>. İnsülin direnci erken dönem tip 2 DM'li hastalarda normal popülasyona kıyasla %35-40 oranında insülin-aracılı glikoz alımını azaltır<sup>10</sup>. İnsülin aracılı glikoz alımı birincil olarak iskelet kasında olur ve kas kitlesi ile doğrudan ilişkili iken, yağ kitlesi ile ters ilişkilidir. Bazı çalışmalarda egzersizin tip 2 DM'li hastalarında periferik ve splanknik insülin duyarlılığını artırdığı yönündedir. Artan insülin duyarlılığı egzersiz sonrası 12-24 saat boyunca devam etmektedir. Yüksek yoğunluklu egzersizin insülin duyarlılığını artırdığına dair tam bir fikir birliği oluşmasa da bazı çalışmalar egzersiz yoğunluğundan bağımsız olarak insülin duyarlılığının arttığını desteklemektedir. Tip 2 DM'de egzersiz ile ilişkili insülin duyarlılığı değişimleri ile ilgili daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç var gibi görünmektedir<sup>11</sup>.

## Egzersiz ve Fiziksel Aktivitenin Kronik Etkileri

Düzenli fiziksel egzersiz tip 2 DM'lu hastalarda istirahat ve submaksimal kalp hızı, artmış atım volümü ve kardiyak akım, artmış oksijen atılımı ve azalmış istirahat ve egzersiz kan basıncını içeren fizyolojik yararlar sağlamaktadır<sup>12</sup>. Tip 2 DM hastalarında fiziksel aktivite sonrası 72 saatlik süre içinde insülin bağımlı glikoz alımı ve iskelet kası, yağ dokusunda insülin duyarlılığı iyileşmekte olduğu fakat bu etkinin daha sonra eski haline geldiği yapılan bazı çalışmalar da ortaya konmuştur. Bu nedenle bu hastalara düzenli fiziksel aktivite önerilmektedir<sup>13</sup>.

Yapılan çalışmalar sonucu tip 2 DM'li bazı hastalarda fiziksel aktivite sonrası trigliseridler, total kolesterol, yüksek yoğunluklu lipoprotein: total kolesterol oranında olumlu değişimler saptanmıştır. Egzersizin yoğunluğu, sıklığı ve süresi de ayrıca lipid ve lipoprotein değişimlerini etkilemektedir<sup>14</sup>.

## Glikoz Metabolizması ve Egzersiz

Vücutta glikozun en önemli depo formu olan glikojen ve kan glikozu egzersiz sırasındaki kas kontraksiyonu için ana enerji kaynağıdır. Uzun süreli egzersiz performansı için diyet izlemi ve kas glikojen deposu önemlidir. Hatta atletlerde dirençli ve ultra-dirençli egzersizlerde artmış glikojen deposu ve geç yorulma ile ilgili oldukları için karbonhidrattan zengin diyet önerilmektedir. Ek olarak egzersiz öncesi ve sırasında yüksek karbonhidratlı diyet alımı hepatik glikojen artışı ve kan glikozunun devamının sağlanması için faydalıdır<sup>2</sup>.

İlerleyen yaşlarda abdominal yağ kitlesinin artımı, kas kitlesinin azalması insülin direncinin gelişmesi ile ilişkilidir. Egzersiz kas atrofisini önleyebilir ve kas gelişimini uyandır. Ayrıca kilo vermek için yapılan birkaç aylık diyet programının glikoz değişimine insülin yanıtını azalttığı gözlenmiştir<sup>3</sup>. Bir kasın glikoz alımı arteriovenöz glikoz farkı veya glikoz alım hızına eşittir. Uzun yıllardır bilinmektedir ki insülin kan glikoz atılımını artırmaktadır, buna ek olarak insülinin kas kan akımını vazodilatasyona yol açarak artırdığı ortaya çıkmıştır. İnsülinin kas kan akımını üzerindeki azalmış aktivitesi insülin dirençli obez bireylerde ve insülin bağımlı olmayan diyabetik hastalarda karakteristiktir. Bununla birlikte egzersiz eğitimi bu problemin üstesinden gelerek insülinin kan akımı üzerindeki etkisini iyileştirmektedir. Egzersizin insülin direnci ve glikoz toleransındaki olumlu etkisi, iskelet kasındaki artmış aktivitesi ile kuvvetle ilişkili bulunmuştur. Artan insülin aktivitesi ise insülin ile regüle olan glikoz taşıyıcıları, GLUT4, glikoz fosforilasyonu, depolama ve oksidasyonu ile ilişkili enzimlerin aktivitesinde artış ile

ilişkilidir. Ayrıca egzersiz eğitimi sonrası kas morfolojisindeki değişim de önemlidir. Elde edilen delillerce de görülmüştür ki kaslardaki kapiller yoğunluk artışı açlık insülin düzeyleri ve glikoz toleransı ile ilişkilidir<sup>4,15,16</sup>.

Egzersizin insülin duyarlılığını artırma ve böylece glikoz metabolizması üzerine olumlu etkilerini sağlayan bir diğer mekanizma oksidan ve antioksidanlar arasındaki bozulmuş dengeyi iyileştirmesidir<sup>3</sup>.

## **Tip 2 Diyabetik Hastalarda Egzersiz ve Psikososyal Etki**

Uzun süreli tip 2 DM hastalarında komplikasyonlar daha fazla gelişmektedir ve bu kişilerde daha fazla psikososyal desteğe ihtiyaç duymaktadır. Bu hastalarda kronik hastalığa bağlı stres bozukluğu, duygudurum bozuklukları ve depresyon gelişebilmektedir. Diyabetik olmayan hastalarda düzenli fiziksel egzersizin psikolojik ve fizyolojik etkileri; psikososyal uyarana azalmış stres yanıtı, bilişsel strese yol açan sempatik sistem aktivasyonunda azalma, depresyonda azalma, öz-bakımda artma, duygusal iniş çıkışlarda azalma şeklinde özetlenebilir. DM hastalarında egzersizin psikososyal etkilerine dair yeterli sayıda çalışma yoktur<sup>17,18,19,21</sup>.

## **İnsülin Dirençli veya Tip 2 Diyabetik Hastalarda Egzersizin Etkisine Dair in-vivo ve in-vitro Klinik Araştırmalar**

Tip 2 DM önlenabilir ölümlerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır ve birincil klinik özelliği önemli bir toplumsal sağlık sorunu olan kardiyovasküler hastalıktır. Son yıllarda yapılan pek çok çalışmada egzersiz ve fiziksel aktivitenin insülin duyarlılığı ve glisemik kontrol üzerindeki olumlu etkileri üzerinedir<sup>8,12,13,16-21</sup>.

Epidemiyolojik çalışmalar fiziksel olarak aktif bir yaşam biçimine sahip bireyler bozulmuş glikoz toleransı ve tip 2 (insüline bağımlı olmayan) DM geliştirme yönünden daha az riske sahiptir. Ayrıca DM gelişimi açısından yüksek riske sahip bireylerde fiziksel aktivite DM gelişimine karşı koruyucu etkide bulunmaktadır. İleri yaş bireyler sedanter yaşayan yaşlılarına göre daha yüksek glikoz toleransı ve düşük insülin yanıtı geliştirmektedirler. Egzersizin glikoz tolerans bozukluğu geliştirme riskini düşürdüğü açık olmasına rağmen, diyabet tedavisinde egzersizin yararlı etkisine dair halen deliller güçlü değildir<sup>15-17</sup>.

Dayanıklılık ve direnç egzersizlerini içeren fiziksel eğitim tip 2 DM için önemli bir tedavi modalitesidir. Bununla birlikte aşırı sıklıkta fiziksel aktivite tedaviyi olumsuz etkilemektedir. Yapılan bazı çalışmalarda son egzersiz seansından sonraki 72 saat içinde glikoz toleransı ve insülin duyarlılığında istenilen değişiklikler elde edilmekte ve düzenli fiziksel egzersiz ile glikoz düşürücü etki ve insülin duyarlılığında artışta daimi sonuçlara ulaştığı gösterilmiştir. Tip 2 DM hastaları sağlıklı popülasyona göre daha düşük maksimum oksijen taşıma kapasitesine (VO<sub>2</sub>) sahip oldukları için egzersiz yoğunluğu ona göre başlanmalı ve tolere edilebilen düzeylerde yavaşça artırılmalıdır<sup>15-18</sup>.

Dirençli egzersizler kas kuvveti, dayanıklılığı, esnekliği artırdığı ve vücut kompozisyonu düzenlediği için kardiyovasküler hastalık için risk faktörlerini azaltır, glikoz toleransı ve insülin duyarlılığında artışa neden olur<sup>19</sup>. Özellikle DM'e bağlı komplikasyonları olan hastalarda uygulanan egzersizin tipi ve yoğunluğunda modifikasyonlara gidilmelidir. Özellikle otonom nöropatisi gelişen hastalarda egzersize kalp hızı yanıtı etkilendiği için kalp hızından ziyade efor kapasitesi fiziksel aktivitenin yoğunluğunu belirlemede kullanılmalıdır. Yürüyüş en uygun düşük eforlu egzersiz formu olsa da periferik nöropati ve/veya ayak problemleri olan hastalarda yük bindirme egzersizleri uygun olmayabilir<sup>20</sup>.

Prediyabetik ve tip 2 DM hastalarda yaşam stili ile ilgili önlemler pek çok araştırmamanın konusu olmuştur, buna rağmen 1. basamak sağlık hizmetine henüz dönüştürülmemiştir. Linman ve arkadaşlarının<sup>19</sup> prediyabetik ve diyabetik hastaların dahil edildiği çok merkezli retrospektif çalışmada yaşam stili modifikasyonu yapan grup ile geleneksel tedavilerin verildiği grup egzersiz düzeyi, hemoglobin A1c (HbA1c), açlık glikozu, sistolik ve diastolik kan basıncı, kan lipid düzeyleri 1 yıl ara ile karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Tartışmaya açık olmakla birlikte bu hasta grubunda yaşam stili modifikasyonu 1. basamak sağlık hizmetinde önemli bir yere sahiptir sonucuna varılmıştır.

Egzersiz uzun süreden beri tip 2 DM'lu hastaların tedavisinde köşe taşı olarak değerlendirilmektedir. Aerobik egzersiz de en uygun egzersiz modeli olarak önerilmektedir. Tip 2 DM'li hastalardaki insülin duyarlılığı ve glisemik kontrole egzersizin olumlu etkisi birkaç çalışmada gösterilmiştir. Sonuçların çoğu heterojen olmakla birlikte bazı alt gruplar (55 yaş altı, tip 2 DM, diyet ile regüle DM, iyi metabolik kontrollü DM)'da egzersizin glisemik kontrol üzerine olumlu etkisi gösterilmiştir. Bu hastalarda özellikle kombine tip egzersizler hasta uyumunu artırmaktadır<sup>20,21</sup>.

DM tedavisinde egzersizin açlık kan glikozu, insülin seviyeleri veya glikoz toleransına faydalı etkisi yapılan çalışmaların bir kısmında tam olarak gösterilememiştir ve egzersiz programlarının yeterliliği ise tartışmaya açıktır. Son yıllardaki çalışmalarda uzun süreli, yüksek enerji gerektiren egzersiz programlarında daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir<sup>4</sup>.

İnsülin direnci verilen bir miktar insüline kan glikozundaki yetersiz düşme; obez, DM'lu hastalara ve ileri yaştaki hastalarda görülebilen bir klinik durumdur. İnsülin direncinin gelişmesinde altta yatan mekanizma çok faktörlüdür. İleri yaşla birlikte vücut ağırlığının ve yağ kitlesinin artması insülin direnci ile ilişkilendirilmiştir. Diyet, yaşam modifikasyonları ve egzersiz ile vücut kompozisyonu değiştirilip insülin direncinin önünde geçilebilir<sup>21-23</sup>. Çeşitli çalışmalarda kilo verimi ve egzersizin insülin duyarlılığını artırdığı ve glikoz toleransına olumlu etkide bulunduğu gösterilmiştir. Orta ve ileri yaş kadın ve erkeklerde aerobik egzersizin uzun vadede glikoz metabolizmasına olumlu etkisi gösterilmiştir. Bu etki vücut total ve santral yağ kitlesinde azalmayı da içeren vücut kompozisyonundaki değişimlere bağlanmaktadır. Ek olarak egzersiz ile iskelet kasındaki değişiklikler, kan akımı değişimleri ve insülin direncini modifiye edecek diğer mekanizmalar ile etki etmektedir. İleri yaştaki tip 2 DM'lu hastalarda insülin duyarlılığını artırmak ve glikoz intoleransını önlemek amacı ile kilo vermek, diyet ve egzersizi içeren yaşam stili modifikasyonlarına ihtiyaç vardır<sup>24,25</sup>.

Diyabetik kasta egzersizin etkisinin araştırıldığı deneysel fare modelinde, tip 2 DM gelişimde iskelet kasındaki redoks-duyarlı stres kinazlar ve ısı şok protein 72 (Hsp72) ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte egzersizin tip 2 DM'lu fare modellerinde kas düzeyindeki etkisi tam olarak bilinmemektedir. Egzersizin stres kinazlarda değişime yol açmadan, bazal glikoz metabolizmasını düzenlediği ve diyabetik kasta nükleer faktör beta (NF-B) aktivitesinin bağımsız veya sitozolik yolak ile regüle edilebileceği, egzersiz bağımlı Hsp 72'nin iskelet kasında koruyucu özellik gösterebileceği düşünülmektedir<sup>26</sup>.

Tip 2 DM'lu 16 hastada kombine aerobik ve dirençli egzersizlerin açlık kan şekere etkisinin araştırıldığı Maiorana ve arkadaşlarının<sup>27</sup> yaptığı çalışmada 8 haftalık programın sonunda hastalarda tepe oksijen alımı, egzersiz test süresi, HbA1c düzeyi ve açlık kan şekeri düzeyinde azalma tespit edilmiş, sonuçta tip 2 DM'lu hastalarda egzersizin glisemik kontrole olumlu etkisi vurgulanmıştır.

Su içi aerobik egzersizlerin abdominal obeziteli orta ve ileri yaş grubundaki kadınlarda etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada 3 aylık egzersiz programının sonunda açlık

kan şekeri, kan lipid düzeyi ve insulin düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı düşme gözlenmiştir<sup>28</sup>. Su içi aerobik programının lipid metabolizması, insülin direnci indeksi, açlık insulin ve glikoz düzeylerine pozitif etkisi bulunmaktadır<sup>29</sup>.

Van Dijk ve arkadaşlarının<sup>30</sup> yaptığı çalışmada tip 2 DM'lu hastalarda orta yoğunluklu egzersizin 24 saatlik glisemik kontrolü iyileştirdiği gözlenmiştir. Bakılan parametrelerden sadece HbA1c'nin egzersize yanıtın miktarı ile ilişkili olduğu saptanmış ve sonuçta iyi kontrollü diyabetik hastaların bile günlük egzersizin kan glikoz düzeyini düşürücü etkisinden faydalanabileceği sonucuna varılmıştır. Tip 2 DM'lu hastalarda glisemik instabilite ciddi anlamda gözden kaçan bir problemdir. Terapötik ajanların hedefi postprandial kan glikozundaki sapmaları düzeltmek olmalıdır. Egzersizin tip 2 DM'lu hastalarda egzersiz sonrası 24 saatlik periyotta hiperglisemi sıklığını da azalttığı saptanmıştır<sup>31</sup>.

Hollanda Sağlık Araştırma ve Geliştirme Birliği'nin bozulmuş glikoz toleranslı, insuline bağımlı ve bağımlı olmayan tip 2 DM'lu hastalarda dayanıklılık ve direnç egzersizlerinin 24 saatlik glisemik kontrole olumlu yönde etkisi gösterilmiştir<sup>32</sup>. Bizim ülkemizde de diyabete egzersizin etkisi ile ilgili geniş çaplı çalışmalar yapılmalı, egzersiz başta önleyici olmak üzere diyabetin tüm aşamalarında tedavide yerini almalıdır.

## **Tip 2 Diyabet Hastalarında Egzersizin Olası Risk ve Komplikasyonları**

Fiziksel aktivite yapan her bireyin uygun ve yeterli beslenmesi şarttır. Oksijen, sıvı, enerji kaybına bağlı yorgunluk gelişebilir. 1 saat ve/veya daha uzun süren egzersizlerde kas glikojen deposunu yerine koymak için karbonhidrata ihtiyaç vardır. Nadir olarak sulfonilüre ve/veya insülin tedavisi alan hastalarda hipoglisemik reaksiyon gelişebilmektedir. Bu nedenle egzersiz eğitimine yeni başlayan hastalarda kan glikoz izlemi önerilmektedir<sup>33</sup>.

Uzun dönemde egzersiz sırasında kas hasarı ve makro/mikrovasküler komplikasyonlar gelişebilmektedir. Bu nedenle egzersiz öncesi stres elektrokardiyogram testi yapılmalı ve kardiyovasküler, solunum sistemleri değerlendirilmelidir. Ek olarak tip 2 DM hastalarında egzersize bağlı hipertansif yanıt gelişebileceğini unutmamak gerekir<sup>34</sup>.



## Sonuç

İnsülin direnci ve tip 2 DM son yılların en önemli sağlık sorunlarından. Hastaya ve sağlık harcamalarına yükü fazladır. Tip 2 DM tedavisinde asıl hedef 1. basamak tedavi yaklaşımı olmalıdır. Egzersizin tip 2 DM'lu hastalardaki insülin duyarlılığı ve glisemik kontrole etkisi son yıllarda pek çok araştırmanın konusu olmakla birlikte birkaç çalışmada olumlu etki gösterilmiştir. Ayrıca uygulanan egzersiz programları ile ilgili görüş birliği yoktur. Kombine tip egzersizlerde hasta uyumunun yüksek olduğu ve yüksek yoğunluklu aerobik egzersiz ile ise başarılı sonuçlar saptanmıştır. Egzersiz, kilo vermek ve diyeti içeren yaşam stili modifikasyonları tip 2 DM'lu hastaların 1. basamak tedavisinde yer almalı ve egzersiz programları standardize edilerek günlük hayata geçirilmelidir.

## Kaynaklar

1. Harris MI. Classification, diagnostic criteria, and screening for diabetes. In: Diabetes in America, sponsored by the National Data Group. NIH, NIDDK, Publication No. 95-1468, 1995.
2. Peinado AB, Rojo-Tirado MA, Benito PJ. Sugar and exercise: its importance in athletes. *Nutr Hosp.* 2013;28:48-56.
3. Karolkiewicz J, Michalak E, Pospieszna B, Deskur-Smielecka E, Nowak A, Pilaczynska-Szczesniak L. Response of oxidative stress markers and antioxidant parameters to an 8-week aerobic physical activity program in healthy, postmenopausal women. *Arch Gerontol Geriatr.* 2009;49:67-71.
4. Ivy JL. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Sports Med.* 1997;24:321-36.
5. Nyholm B, Mengal A, Nielsen S. Insulin resistance in relatives of NIDDM patients: the role of physical fitness and muscle metabolism: *Diabetologia* 1996;39:813-22.
6. Reaven GM. Syndrome X. *Clin Diabetes.* 1994;12:336.
7. Kjaer M, Hollenbeck CB, Frey-Hewitt B, Galbo H, Haskell W, Reaven GM. Glucoregulation and hormonal responses to maximal exercise in non-insulin-dependent diabetes. *J Appl Physiol.* 1990;68:2067-74.
8. Koivisto VA, DeFronzo RA. Exercise in the treatment of type 2 diabetes. *Acta Endocrinol.* 1984;2:107-11.
9. American Diabetes Association. Diabetes: 1996 Vital Statistics. Alexandria, VA ADA, 1996.
10. Caro JF, Dohm WJ, Pories WJ, Sinha MK. Cellular alterations in liver, skeletal muscle, and adipose tissue responsible for insulin resistance in obesity and type 2 diabetes. *Diabetes Metab Rev.* 1989;5:665-89.

11. Burstein RY, Esptein Y, Shapiro Y, Cahruzi I, Karnieli E. Effect of an acute bout of exercise on glucose disposal in human obesity. *J Appl Physiol*. 1990;69:299-304.
12. Blair SN, Kohl H.W, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA*. 1989;262:2395-401.
13. Koivisto VA, Yki-Jarvinen H, Defronzo RA. Physical training and insulin sensitivity. *Diabetes Metab. Rev*. 1986;1:445-81.
14. Barnard RJ, Ugianskis EJ, Martin DA. The effects of an intensive diet and exercise program on patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *J Cardiopulm Rehabil*. 1992;12:194-201.
15. Arias EB, Gosselin LE, Cartee GD. Exercise training eliminates age-related differences in skeletal muscle insulin receptor and IRS-1 abundance in rats. *J Gerontology*. 2001;56: 449-55.
16. Blair S, Cheng Y, Holder J. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33:379-99.
17. Chakravarthy MV, Joyner MJ, Booth FW. An obligation for primary care physicians to prescribe activity to sedentary patients to reduce the risk of chronic health conditions. *Mayo Clin Proc*. 2002;77:165-73.
18. Roberts CK, Little JP, Thyfault JP. Modification of insulin sensitivity and glycemic control by activity and exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45:1868-77.
19. Linmans JJ, Spigt MG, Deneer L, Lucas AE, de Bakker M, Gidding LG et al. Effect of lifestyle intervention for people with diabetes or prediabetes in real-world primary care: propensity score analysis. *BMC Fam Pract*. 2011;12:95.
20. Eriksson JG. Exercise and the treatment of type 2 diabetes mellitus. an update. *Sports Med*. 1999;27:381-91.
21. Ryan AS. Insulin resistance with aging: effects of diet and exercise. *Sports Med*. 2000;30:327-46.
22. Lee H, Chang H, Park JK, Kim SY, Choi KM, Song W. Exercise training improves basal blood glucose metabolism with no changes of cytosolic inhibitor B kinase or c-Jun N-terminal kinase activation in skeletal muscle of Otsuka Long-Evans Tokushima fatty rats. *Exp Physiol*. 2011;96:689-98.
23. Cortright RN, Dohm GL. Mechanism by which insulin and muscle concentration stimulate glucose transport. *Can J Appl Physiol*. 1997;22:519-30.
24. Dela F, Mikines KJ, Sonne B, Galbo H. Effect of training on interaction between insulin and exercise in human muscle. *J Appl Physiol*. 1994;76:2386-93.
25. Dylewicz P, Bieńkowska S, Szcześniak Ł, Rychlewski T, Przywarska I, Wilk M et al. Beneficial effect of short-term endurance training on glucose metabolism during rehabilitation after coronary bypass surgery. *Chest*. 2000;117:47-51.
26. Farese RV. Function and dysfunction of aPKC isoforms for glucose transport in insulin-sensitive and insulin resistance states. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;283:1-11.

27. Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2002;56:115-23.
28. Kasprzak Z, Pilaczynska-Szczesniak L. Effects of regular physical exercises in the water on the metabolic profile of women with abdominal obesity. *J Hum Kinet.* 2014;41:71-9.
29. Nowak A, Pilaczynska-Szczesniak L, Sliwicka E, Deskur-Smielecka E, Karolkiewicz J, Piechowiak A. Insulin resistance and glucose tolerance in obese women: the effects of a recreational training program. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008;48:252-8.
30. Van Dijk JW, Manders RJ, Canfora EE, Mechelen WV, Hartgens F, Stehouwer CD et al. Exercise and 24-h glycemic control: equal effects for all type 2 diabetes patients? *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45:628-35.
31. Manders RJ, Van Dijk JW, van Loon LJ. Low-intensity exercise reduces the prevalence of hyperglycemia in type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:219-25.
32. Van Dijk JW, Manders RJ, Tummers K, Bonomi AG, Stehouwer CD, Hartgens F et al. Both resistance- and endurance-type exercise reduce the prevalence of hyperglycaemia in individuals with impaired glucose tolerance and in insulin-treated and non-insulin-treated type 2 diabetic patients. *Diabetologia.* 2012;55:1273-82.
33. Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BS, Martin WH, Ehsani AA, Holloszy JO. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol.* 1983;55:230-5.
34. Gordon N. The exercise prescription. In: *The Health Professional's Guide to Diabetes and Exercise* (Ed. ADA):71-82. Alexandria, VA, American Diabetes Association, 1995.

**Correspondence Address / Yazışma Adresi**

Tuba Tülay Koca  
Şehir Devlet Hastanesi  
Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Kliniği  
Malatya, Turkey  
e-mail: tuba\_baglan@yahoo.com