

DOI: 10.4274/atfm.galenos.2019.29591

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası 2019;72(1):29-33

Kısa Süreli Bellek Başarısının Kan Glukoz Değeriyle İlişkisi

The Relationship Between Short-term Memory And Fasting Blood Glucose

© Sertaç Üstün¹, © Selin Kurt², © Dilek Erdinli², © Yağmur Ekebil², © Erdeniz Eriş², © Sena Kesik², © Abdullah Arslan², © İrem Kar³
© Metehan Çiçek¹

¹Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Dönem IV Öğrencileri, Ankara, Türkiye

³Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Amaç: Sunulan çalışmada açlık kan glukozu normal sınırlar içerisinde olan sağlıklı genç erişkin bireylerden oluşan katılımcı grubunda, bilişsel işlevlerin kan glukozu seviyeleri ile ilişkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Araştırma, Şubat-Haziran 2018 tarihlerinde Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Nörofizyoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kriterlere uygun gönüllü katılımcılar en az sekiz saatlik açlık ile davranış testlerine katılmak üzere çağırılmışlardır. Testlerin uygulanmasının öncesinde ve sonrasında her bir katılımcının kan glukoz değerleri One Touch elektronik şeker ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Katılımcıların, bilişsel işlevlerini ölçen davranış testlerindeki doğruluk yüzdeleri ve reaksiyon zamanı bilgileri toplanmıştır. Veriler SPSS 11.5 programında değerlendirilmiştir.

Bulgular: Katılımcıların davranış deneyleri sonrasında ölçülen kan glukoz değerleriyle ilk ölçülen kan glukoz değerleri arasındaki fark, N-Geri testinde doğru sayısı ile negatif korelasyon göstermiştir ($r=-0,238$, $p<0,05$). Kan şekeri değerleri arasındaki fark Ebbinghaus testinde elde edilen süre ile pozitif korelasyon göstermiştir ($r=0,239$, $p=0,029$). Kan şekeri değerleri arasındaki farkın Posner testiyle ilişkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Katılımcıların açlık süreleri, ailelerinde diyabet varlığı, beslenme ve spor düzenleri, testlerde stresli olup olmadığı parametreleri, kan şekeri değerleri ve başarı oranlarıyla ilişkilendirilememiştir.

Sonuç: Bilişsel testlerin ardından kan glukoz seviyeleri düşen katılımcılar kısa süreli bellek görevlerinde anlamlı şekilde daha başarılı bulunmuştur. Bu bulgular, çalışma belleği veya kısa süreli belleğin başarılı kullanımı için daha fazla glukoz tüketimi gerektiğini düşündürmektedir. Açlık kan şekeriyle biliş üzerine yapılan çalışmaların kısıtlılığı göz önüne alındığında çalışmamız özgündür ve ileri araştırmalara ışık tutabilir.

Anahtar Kelimeler: Dikkat, Çalışma Belleği, Kısa Süreli Bellek, Açlık Kan Glukozu

Abstract

Objectives: This study aimed to correlate cognitive functions with fasting blood glucose through cognitive tests in young adults whose fasting blood glucose within the normal range.

Materials and Methods: Study accomplished in Ankara University School of Medicine Department of Physiology, Neurophysiology laboratory in February-June 2018. Subjects who are hungry at least for 8 hours before cognitive tests and match the criteria involved in the study. Blood glucose values were measured before and after tests with One Touch blood glucose meter. Subjects' reaction times and correct answer rates have collected. The outcomes have evaluated with SPSS 11.5 program.

Results: The difference between blood glucose levels after and before the cognitive tests were correlated negatively with correct answer ratios in N-Back test ($r=-0.238$, $p<0.05$). However, this difference was also correlated positively with reaction time ratios in Ebbinghaus test ($r=0.239$, $p<0.05$). But this difference was not correlated with any ratios in Posner test. Subjects' fasting hours, family history about diabetes, diet and sports routines, and their stress level in tests were not significantly correlated with fasting blood glucose levels or success ratios.

Conclusion: Subjects whose blood glucose levels decreased after tests were significantly more successful in short-term memory tests. These findings could mean that successful usage of working memory and short time memory requires more glucose consumption. There is not enough study which investigates the relation between fasting blood glucose levels and cognition. In this point of view, our study is distinctive and open to further investigations.

Key Words: Attention, Working memory, Short-Term Memory, Fasting Blood Glucose

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Sertaç Üstün

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 554 176 06 57 E-posta: sustun@ankara.edu.tr ORCID ID: orcid.org/0000-0002-4353-1683

Geliş Tarihi/Received: 26.01.2019 Kabul Tarihi/Accepted: 20.03.2019

©Telif Hakkı 2019 Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

Yayınlanan tüm içerik CC BY-NC-ND lisansı altındadır.



Giriş

Basit bir monosakkarit olan glukoz hem bitkiler hem de hayvanlar için gerekli olan enerjinin en önemli kaynağını oluşturur (1). Dokuların önemli bir bölümü glukoz yokluğunda enerji üretimi için yağlara ve proteinlere yönelebilmese rağmen, beyin ve sinir sistemi tarafından kullanılan tek enerji kaynağı glukozdur. Bu sebeple kan glukoz düzeyinin belirli aralıklar içerisinde tutulması insan fizyolojisinin ve beyin işlevlerinin sürdürülebilmesi açısından önem arz eder (2). Kandaki glukoz değerleri açlık ve tokluk durumlarına göre değişkenlik gösterir. En az 8 saat açlıktan sonra ölçülen kan glukozu değerine açlık kan şekeri denir ve normal değerleri 70-100 mg/dL arasındadır. Öğün başlangıcından 2 saat sonra ölçülen kan glukoz miktarı değerine ise tokluk kan şekeri denir ve 140 mg/dL'nin altında olması gerekir (3). Kan glukoz değerinin normal kabul edilen aralıkta bulunmaması başta diyabet olmak üzere birçok sistemik hastalığa neden olabilmektedir. Bu durumun başta beyin olmak üzere sinir sistemine olan etkisi literatürde araştırılmış ve özellikle demans ile ilişkili olduğu bulunmuştur (4).

Normal aralıktaki yüksek açlık plazma glukoz değerlerinin erken metabolik bozukluklarla ilişkili olduğu ve prediyabetik bir gösterge olarak kullanılabileceğini tartışan çalışmalar yapılmıştır (5,6). Bu değerler, sağlıklı insanlarda diyabetten önce artmış kardiyovasküler hastalık risklerini tanımlamada kullanılmakta ve non-diyabetik yaşlı bireylerde, özellikle kadınlarda koroner kalp hastalıklarıyla yakından ilişkilendirilmektedir (7,8).

Plazma glukoz değerinin sinir sistemine etkisi de literatürde çok sayıda çalışmayla gösterilmiştir. Yüksek açlık plazma glukoz değerlerinin bellek problemlerinin bir ön habercisi olabileceği de düşünülmüş; hipokampus, striatum, amigdala gibi subkortikal yapılarda nörodejeneratif bozulmayla ilişkilendirilmiş ve tüm beyinde gri-beyaz madde volümü azalmasıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir (9-14). Buradan hareketle prefrontal korteks ve sensorimotor korteksin birlikte aktivesiyle ortaya çıkan bilişsel işlevlerde de azalma olabileceği öngörülebilir.

Biliş (cognition); öğrenme, dikkat, kısa süreli bellek veya çalışma belleği gibi sinir sistemi yeteneklerini kapsayan süreçlerin bütününe verilen isimdir (15). Dikkat, eşzamanlı olarak duyu organları tarafından algılanan çok sayıda enformasyondan, ilgilenilen enformasyonun seçilerek işlenebilmesi durumudur ve insanın bilişsel yeteneklerinin en önemlilerinden bir tanesi olarak kabul edilir. Çevredeki uyaranların tümünün beyin tarafından işlenebilmesi çok fazla nöral kaynak tüketecek ve sistemin etkin işlev göstermesinin önüne geçecektir. Dikkat süreci, diğer bir ifadeyle bazı enformasyonların işlenirken bazılarının elenebilmesi bilişsel sistemlerin efektif bir şekilde çalışabilmesi açısından elzemdir (14,15). Çalışma belleği, davranışsal

ihtiyaçların karşılanabilmesi için duyuşsal enformasyonun işlenirken kısa süre için zihinde tutulmasını sağlayan bilişsel bir işlemdir. Uzun süreli hafızanın aksine, çalışma belleğinin kapasitesi oldukça düşüktür (15). Tüm bu zihinsel süreçler nöronal mekanizmalar ile gerçekleştirilir ve nöronların çalışması sırasında glukoz tüketilir (9,16). Bu bağlamda biliş ile kan glukoz değerlerinin yakından ilişkili olduğu söylenebilir.

Yapılan çalışmalarda kan glukozunun kognisyon üzerindeki uzun ve kısa vade etkileri ile ilgili tartışmalı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca normal sınırlar içerisindeki açlık kan glukozunun bilişsel işlevlerle ilişkilendirilmesi üzerine yapılan yeterli araştırma bulunmamaktadır.

Sunulan çalışmada, açlık kan glukozu normal sınırlar içerisinde olan sağlıklı genç erişkin bireylerden oluşan katılımcı grubunda, bilişsel testler ışığında değerlendirilen bilişsel işlevlerin kan glukozu seviyeleri ile ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Bu temel amaca ek olarak kognisyon için ideal bir açlık kan glukoz değeri aralığının varlığının sorgulanması da hedeflenmiştir.

Gereç ve Yöntem

Katılımcılar

Araştırma, Şubat-Haziran 2018 tarihlerinde Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Nörofizyoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi öğrencileri arasından 5 kadın, 5 erkek olmak üzere 10 kişilik grup üzerinde yapılmıştır. Pilot çalışma verilerine göre $r=0,30$ alındığında %80 güç, 0,05 anlamlılık düzeyinde korelasyon testi sonucuna göre 84 kişilik (47 kadın, ortalama yaş: $20,79 \pm 0,95$; 37 erkek, ortalama yaş $20,59 \pm 0,89$) örneklem oluşturulmuştur.

Araştırmaya dahil olma kriterleri; sağ el baskınlığı, 18-22 yaş aralığı, 20-25 kg/m² aralığında vücut kitle indeksi şeklinde belirlenmiştir. Araştırmaya dahil olmama kriterleri ise, bilişsel işlevleri etkileyebilecek nörolojik hastalık, kronik metabolik hastalık (tip 1/2 diyabet, hipertiroidi, hipotiroidi vb.), bilinç kaybıyla seyreden travma öyküsü, epilepsi, antidepresan kullanımı, dikkat arttırıcı ilaç, >6 bardak kahve/gün, >10 adet sigara/gün, >50 g/alkol/gün ve keyif vericilerin kullanımı olacak şekilde belirlenmiştir.

Çalışmayla ilgili Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır. Tüm katılımcılara araştırma ile ilgili gerekli bilgiler verilerek onamları alınmıştır.

Prosedür

Belirlenen kriterlere uygun gönüllü katılımcılar en az sekiz saatlik açlık ile gelecek şekilde davranış testlerine katılmak üzere çağırılmışlardır. Testlerin uygulanmasının öncesinde ve sonrasında her bir katılımcının kan glukoz değerleri One Touch elektronik şeker ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Katılımcıların,

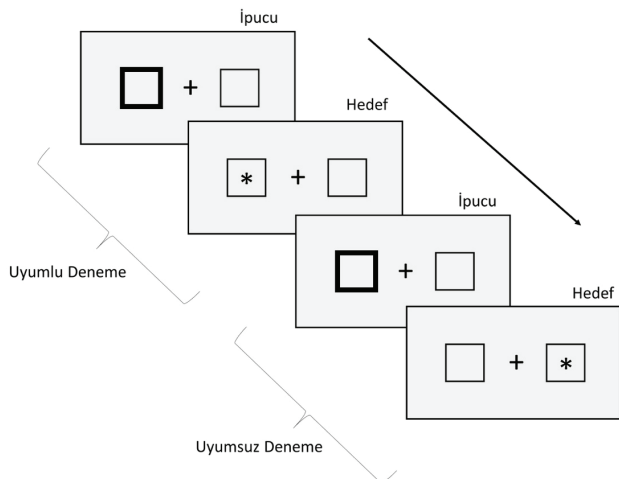
bilişsel işlevlerini ölçen davranış testlerindeki doğruluk yüzdeleri ve reaksiyon zamanı bilgileri toplanmıştır. Veriler SPSS 11.5 programında; Pearson, Spearman's rho, Student's t-test, Mann-Whitney U, Paired-t ve Wilcoxon T testleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Araştırmaya dahil olma kriterlerini sağlayan katılımcıların açlık saatleri, karbonhidrat ağırlıklı beslenip beslenmediği, düzenli spor yapıp yapmadığı, aile öyküsünde diyabet bulunup bulunmadığı ve testlerden sonra stres seviyeleri sorgulanmış ve toplanan veriler istatistiksel olarak incelenmiştir.

Davranış Deneyleri

Araştırmaya dahil olma kriterlerini sağlayan katılımcılar öğleden önce 8.00-10.00 zaman aralığındaki saatlerde aç şekilde deneylere alınmıştır. Çalışma kapsamında deneklerin açlık kan glukozu ölçüldükten sonra belirlenen bilişsel işlevlerin test edilebilmesi için 3 ayrı görev uygulanmıştır. Deneylere başlamadan önce deneklere alıştırmaya amaçlı kısa bir deneme uygulanmıştır. Testlerin uygulanmasının ardından katılımcıların kan glukozu değerleri tekrar ölçülmüş ve ilk ölçülen değerlerle kıyaslanmıştır.

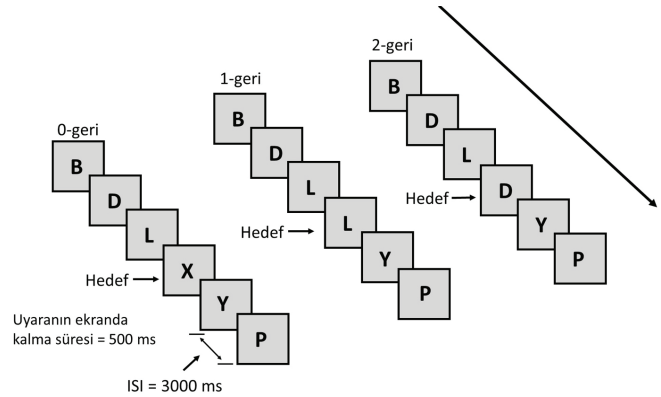
Davranış deneylerinden birincisi dikkati ölçmek üzere tasarlanmış Posner testi (17) bilgisayar üzerinden MATLAB programı aracılığıyla uygulanmıştır. Posner testi, dikkatin bir uyarana önceden yönlendirilmesinin reaksiyon süresine etkisini ölçmek üzere tasarlanmıştır. Bu testte ekranın sağında ve solunda olmak üzere iki kare ve merkezde "+" işareti bulunmaktadır ve katılımcıdan "+" işaretine bakması istenir. İpucu olarak iki kareden bir tanesi daha belirgin hale gelerek katılımcıların dikkatinin bir kareye yönlendirilmesi sağlanır. İpucundan sonra yıldız şeklindeki uyarın, ipucundan bağımsız olarak sağ veya sol karenin içinde belirir. Kişiden yıldızın hangi karede belirdiğini seçmesi istenir (Şekil 1). Deneklerin mümkün olduğunca hızlı cevap vermeleri ancak doğru cevap vermenin deney sonucu için daha önemli olduğu belirtilmiştir.



Şekil 1: Posner'in dikkat testi

İkinci deneyde, PEBL 2.0 (The Psychology Experiment Building Language) bilgisayar programı içerisinde yer alan, kısa süreli bellek veya çalışma belleğini değerlendiren N-geri (N-Back) testi uygulanmıştır (18). Test literatürde uzun yıllardır kullanılan bir görevdir. Görevde bir uyarın sekansı sırayla ekrana gelir (Şekil 2). Kişi "n" basamak önce gördüğü uyarını tekrar gördüğünde tuşa basarak yanıt oluşturur. Görevin zorluk seviyesine göre 2 ya da 3 basamak önce gördüğü uyarın sorulabilir. Görevde "n" değeri 2 ya da daha fazla olduğunda gösterilen uyarınların akılda tutulması ve yanıt için gerekli karşılaştırılmanın yapılabilmesi için sekansı çalışma belleğinde tutmak ve uyarınlar devam ettikçe bu bilgiyi güncellenmek gerekmektedir. Bu görevi yerine getirmek çalışma belleğinin aktif bir şekilde kullanımına yol açtığından çalışma belleği çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Üçüncü deneyde, PEBL 2.0 bilgisayar programı içerisinde yer alan ve kısa süreli belleği değerlendiren Ebbinghaus testi kullanılmıştır. Bu görevde öncelikle ekrana, anlamsız 3 harften oluşan 8 adet hece gelir ve katılımcılardan bu hecelerin sıralamasını ezberlemesi beklenir (Şekil 3). Ardından gelen sayfada heceler karışık olarak sıralanır ve katılımcı heceleri sırasına göre hatırlamaya çalışır. Doğru sıralamaya ulaşana kadar program aynı heceleri göndermeye devam eder. Doğru sıralama bulunduktan sonra ikinci bir dizin daha verilir. Katılımcının en kısa sürede heceleri hatırlayıp sıralamayı yapabilmesi önemsenir (19).



Şekil 2: N-geri testi



Şekil 3: Ebbinghaus testi

Bulgular

Açlık Kan Şekeri-Bilişsel İşlev İlişkisi

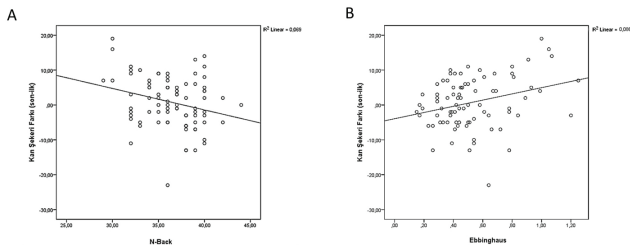
Katılımcıların davranış deneyleri sonrasında ölçülen kan şekeri değerleriyle ilk ölçülen kan şekeri değerleri arasındaki fark, N-Geri testinde doğru sayısı ile negatif korelasyon göstermiştir ($r=-0,238$, $p<0,05$). Başka bir deyişle, kan şekeri değeri N-geri testi uygulaması sonrasında daha fazla düşenler, daha yüksek çalışma belleği başarıları göstermiştir (Şekil 4A).

Kan şekeri değerleri arasındaki fark Ebbinghaus testinde elde edilen süre ile pozitif korelasyon göstermiştir ($r=0,239$, $p=0,029$). Bu test sonucunda artmış süre başarıyla ters orantılıdır. Dolayısıyla, kan şekeri değeri testin uygulaması sonrasında daha fazla azalanlar Ebbinghaus testini daha kısa sürede bitirmiş, diğer bir deyişle kısa süreli bellek performansları yüksek bulunmuştur (Şekil 4B).

Kan şekeri değerleri arasındaki farkın Posner testiyle ilişkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca, ilk ölçülen kan şekeri değerleriyle tüm testlerdeki başarı oranları arasında net bir ilişki gösterilememiştir. Bilişsel testlerden önce ölçülen kan şekeri değerlerinin tüm grup için ortalaması $88,73\pm 8,5$ mg/dL; testlerden sonra ölçülen kan şekeri değerleri ortalaması $89,46\pm 7,3$ mg/dL olarak bulunmuştur. Kan şekerinin testler öncesi ve sonrası arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Diğer Etmenlerin Bilişsel İşlevlerle İlişkisi

Katılımcıların açlık süreleri 8-15 saat arasında değiştiğinden, testlere bu farklılığın da bir etkisinin olup olmayacağı başarı oranları üzerinden değerlendirilmiş ancak anlamlı bir istatistiksel sonuca ulaşılmamıştır. Katılımcıların genel beslenme ve spor düzenleri testlerdeki başarı oranlarıyla ilişkili bulunmamıştır. Testlerde strese girdiğini söyleyen katılımcılarla söylemeyenler arasındaki başarı oranlarında da istatistiksel bir anlamlılık saptanmamıştır. Son olarak diyabet aile öyküsü olan katılımcılarla olmayanlar arasında da verilerde istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir.



Şekil 4: A) N-geri testi doğru sayısı ve kan şekeri farkı (mg/dL) grafiği
B) Ebbinghaus testi süre oranı (saniye) ve kan şekeri farkı (mg/dL) grafiği

Tartışma

Sunulan çalışmada, açlık kan glukozu normal sınırlar içerisinde olan sağlıklı genç erişkin katılımcılarda bellek ve dikkat işlevleri davranışsal bir deney değerlendirilmiştir. Bulgular kısa süreli bellek testlerinde daha yüksek performans gösteren katılımcılarda, testlerin uygulaması sonrasında açlık kan şekeri değerlerinin daha fazla düştüğüne işaret etmektedir.

Kan Şekeri Kısa Süreli Bellek İlişkisi

Kan şekeri ve bilişsel işlev üzerine yapılan çalışmalarda, ölçülen düşük glukoz değerleri ile anlık glukoz yüklemesi ardından ölçülen yüksek glukoz değerleri karşılaştırıldığında düşük glukozun daha zayıf dikkat kontrolüne yol açtığına ilişkin çeşitli kanıtlar elde edilmiştir. Uzun dönem glukoz yüksekliğinin etkisini inceleyen çalışmalar da tam tersi olacak şekilde, glukoz seviyesinin bilişsel işlevlere olumsuz etkilerine işaret etmektedir (10,21-25). Yapılan bir çalışmada sağlıklı bireylerde hem uzun dönem hem de kısa dönem kan glukozu işaretleyicilerinin yüksekliği belirgin şekilde zayıf bellek performansı ile ilişkili bulunmuştur. Bu yüksekliğin aynı zamanda hipokampusteki volüm azalmasıyla korelasyon gösterdiği ortaya çıkarılmıştır (13). Bununla birlikte normal sınırlar içerisindeki açlık kan glukozunun kognisyon üzerine etkisi literatürde yeterince netlik kazanamamıştır.

Sunulan çalışmada bilişsel işlevler açlık ve tokluk değerleri karşılaştırması üzerinden değil, normal değerlerdeki açlık kan glukozu değerleri üzerinden incelenmiştir. Kan şekeri değerleri davranışsal testler sonrasında daha fazla azalanlar, Ebbinghaus ve N-geri testlerinde daha başarılı bulunmuştur. Bu bulgular, çalışma belleği ve kısa süreli bellek işlevlerinde daha yüksek başarı için beyin daha fazla glukoz tüketimine ihtiyaç duyduğunu düşündürür. Fakat dikkati değerlendiren Posner testinde de benzer bir sonuç çıkması beklenmesine rağmen, istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmamıştır. Bu durum Posner testinin katılımcılara diğer testlere göre daha kolay gelmesine ve dolayısıyla kan şekerinde anlamlı bir düşüş yaratmamasına bağlı olabilir.

Sunulan çalışmanın bulguları beslenme/egzersiz düzeni, aç kalınan süre gibi etmenlerin kan glukoz düzeyine anlamlı etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu bulgular açlık kan şekeri ile bellek işlevleri arasında gözlenen ilişkinin karıştırıcı olabilecek diğer faktörlerden etkilenmediğini göstermesi açısından önemlidir. Ancak 84 kişilik örneklem genel toplumdaki olası etkilerin ortaya konulması açısından kısıtlı olabilir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmada bilişsel durumu etkilemesi mümkün bozukluklara sahip katılımcılar dışlanmıştır. Bununla birlikte tanı almayan depresyon hastalarını tespit edebilmek amacıyla bir depresyon ölçeğinin uygulanmamış olması çalışmanın kısıtlılıklarındandır. İleriki çalışmalarda depresyon ölçeklerinin kullanılması daha

homojen bir örnekleme ulaşmayı sağlayabileceği gibi, depresyon gibi bilişsel işlevleri etkileyen bir bozuklukta glukozun beyin fonksiyonları üzerinde etkisini incelemeye olanak sağlayabilir.

Sonuç

Sunulan çalışma kısa süreli bellek testlerinde daha yüksek başarı gösteren katılımcıların açlık kan şekeri değerlerinin daha fazla düştüğüne işaret etmektedir. Bu bulgu davranışsal bir çıktı olan bellek başarısı ile beyin metabolizmasının göstergesi olabilecek kan glukoz düzeyi arasında doğrudan ilişki göstermesi açısından önemlidir.

Literatürde bilişsel işlevleri açlık kan glukozu üzerinden araştıran yeterli çalışma bulunmadığı dikkate alındığında, çalışmamızın bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacağı ve ileride yapılabilecek daha kapsamlı çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Dikkat ve bellek işlevlerinin insanın hayatta kalabilmesi için önemi düşünüldüğünde, kan glukozunun bu işlevlere etkisinin araştırılması anlamlıdır. Bu sayede elde edilen bulgular kan glukoz seviyesinin nörolojik, psikiyatrik hastalıklarla ilişkisi üzerine ek bilgiler verebilir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Karar No: 04-229-18).

Hasta Onayı: Tüm katılımcılara araştırma ile ilgili gerekli bilgiler verilerek onamları alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: S.K., D.E., E.E., Y.E., S.K., A.A., Konsept: S.Ü., S.K., D.E., E.E., Y.E., S.K., A.A., M.Ç., Dizayn: S.Ü., S.K., D.E., E.E., Y.E., S.K., A.A., M.Ç., Veri Toplama veya İşleme: S.K., D.E., E.E., Y.E., S.K., A.A., İ.K., Analiz veya Yorumlama: S.Ü., S.K., D.E., E.E., Y.E., S.K., A.A., M.Ç., Literatür Arama: S.Ü., S.K., D.E., E.E., Y.E., S.K., A.A., M.Ç., Yazan: S.Ü., S.K., M.Ç.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynakça

1. Tortora GJ & Grabowski SR (2003) Principles of Anatomy and Physiology, 10th ed. San Diego, USA: John Wiley and Sons Inc.
2. Smith C., Marks A., Lieberman M., Marks. Temel Tıbbi Biyokimyası Klinik Yaklaşım (M.Erden İnal, U. Atik, N. Aksoy, A. Haşimi, Çev), 2. baskı, 2007, 3.bölüm, sf.31.

3. T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu. Erişkin Diyabetli Bireyler İçin Eğitimi Rehberi. 2015; sf.4.
4. Umegaki H. Type 2 Diabetes as A Risk Factor For Cognitive Impairment: Current Insights, Dovepress J: Clinical Interventions in Aging, 2014 June, 1011-1019.
5. Tirosh A, Shai I, Tekes-Manova D, Israeli E, Pereg D, Shochat T, et al. Normal fasting plasma glucose levels and type 2 diabetes in young men. N Engl J Med. 2005;353:1454-62.
6. Wright SR, Levy SA, Katznel LI, Rosenberger WF, Manukyan Z, Whitfield KE, et al. Fasting glucose and glucose tolerance as potential predictors of neurocognitive function among nondiabetic older adults. J Clin Exp Neuropsychol. 2015;37:49-60.
7. Shaye K, Amir T, Shlomo S, Yechezkel S. Fasting Glucose Levels Within the High Normal Range Predict Cardiovascular Outcome, Am Heart J. 2012;164:111-6.
8. Simons LA, Friedlander Y, McCallum J, Simons J. Fasting plasma glucose in non-diabetic elderly women predicts increased all-causes mortality and coronary heart disease risk. Aust N Z J Med. 2000;30:41-7.
9. Mortby ME, Janke AL, Anstey KJ, Sachdev PS, Cherbuin N. High "normal" blood glucose is associated with decreased brain volume and cognitive performance in the 60s: the PATH through life study. PLoS One. 2013;8:e73697.
10. Zhang T, Shaw M, Humphries J, et al. Higher fasting plasma glucose is associated with striatal and hippocampal shape differences: the 2sweet project. BMJ Open Diabetes Res Care. 2016;4:e000175.
11. Convit A, Wolf OT, Tarshish C, de Leon MJ. Reduced glucose tolerance is associated with poor memory performance and hippocampal atrophy among normal elderly. Proc Natl Acad Sci U S A. 2003;100:2019-22.
12. Casey BJ, Tottenham N, Liston C, Durston S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? Trends Cogn Sci. 2005;9:104-10.
13. Kerti L, Witte A. V, Winkler A, et al. Higher glucose levels associated with lower memory and reduced hippocampal microstructure. Neurology. 2013;81:1746-52.
14. <https://en.oxforddictionaries.com/definition/cognition> 15.12.2017 tarihinde erişilmiştir.
15. Bear M. F, Connors B. W, Paradiso M A. Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd edition, Lipincott Williams & Wilkins.
16. Mattson MP. Energy intake and exercise as determinants of brain health and vulnerability to injury and disease. Cell Metab. 2012;16:706-22.
17. Zhang T, Shaw M, Walsh E, et al. Higher fasting plasma glucose is associated with smaller striatal volume and poorer fine motor skills in a longitudinal cohort. Psychiatry Res Neuroimaging. 2018;278:1-6.
18. Mueller, ST. The Psychology Experiment Building Language 2013, (Version 0.13) [Software]. Available from <http://pebl.sourceforge.net>.
19. Ebbinghaus H. Memory. A Contribution to Experimental Psychology. New York: Teachers College, Columbia University; 1913.
20. Bear M. F, Connors B. W, Paradiso M A. Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd edition, Lipincott Williams&Wilkins.
21. Gailliot MT, Baumeister RF. The physiology of willpower: Linking Blood Glucose to Self Control, Pers Soc Physcol Rev, 2007;11:303
22. Scholey AB, Harper S, Kennedy DO. Cognitive demand and blood glucose. Physiol Behav. 2001;73:585-92.
23. Riby LM, McLaughlin J, Riby DM et al. Lifestyle, glucose regulation and the cognitive effects of glucose load in middle-aged adults. Br J Nutr. 2008;100:1128-34.
24. Dunn-Meynell AA, Sanders NM, Compton D, et al. Relationship among brain and blood glucose levels and spontaneous and glucoprivic feeding. J Neurosci. 2009;29:7015-22.
25. Lieberman HR, Caruso CM, Niro PJ, et al. A double-blind, placebo-controlled test of 2 d of calorie deprivation: effects on cognition, activity, sleep, and interstitial glucose concentrations. Am J Clin Nutr. 2008;88:667-76.