



Araştırma Makalesi / Research Article

İklim Değişikliği ve Diabetes Mellitus Arasındaki İlişki

The Relationship Between Climate Change and Diabetes Mellitus

Nurgül Güngör Tavşanlı¹, Funda Kosova²

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü, Manisa

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu,

Öz

Amaç: Bu çalışma, iklim değişikliği ve diyabet hastalığı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla planlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Araştırma tamamlayıcı tipte sistematik derlemedir. Araştırma, 2010-2022 tarihleri arasında PubMed, ISI Web of Science, Scopus, Google Scholar ve Cochrane Collaboration bilimsel arama motorlarında yayınlanmış insan çalışmaları "Diyabet, Diabetes Mellitus (DM), Tip 2 Diyabet", "Kan Glukozu", "Glukoz intoleransı", "HbA1c", "Mevsimsel Değişiklikler", "Hava Durumu", "Ortam Sıcaklığı", "İklim Değişikliği" anahtar kelimeler kullanılarak arama yapılmıştır. Anahtar kelimeler kullanılarak yapılan aramada 81 çalışmaya ulaşılmıştır. Dublike olan, hayvan çalışmaları, derlemeler ve analiz için oluşturulan formdaki soruların yanıtlarını içermeyen çalışmalar dışlanmıştır ve 17 çalışma analize alınmıştır. Verilerin analizi için araştırmacılar tarafından geliştirilen form kullanılmıştır ve elde edilen veriler SPSS 21.0 programında analiz edilmiştir.

Bulgular: Araştırma kapsamına alınan çalışmaların %58,8'i 2016-2021 yılları arasında, %41,2'si Avrupa kıtasında, %70,6'sı nüfus tabanlı, %35,3'ü Gestasyonel DM'li bireylerle, %70,6'sı retrospektif yöntemle yürütülmüştür. Çalışmaların %64,7'sinde sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde yükselme olduğu ve %70,6'sında sıcaklık değişiklikleriyle kan glukozu değerleri arasında ilişki olduğu saptanmıştır. Çalışmalara dâhil edilen hastaların DM tipi ile sıcak aylarda kan glukozu değerlerindeki değişim arasında anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir ($\chi^2=8,941$ $p<0,05$). Çalışmaların yöntemi ile sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu arasında anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir ($\chi^2=20,812$ $p<0,05$).

Sonuç: Çalışmamız sonucunda, sıcaklık değişiklikleriyle kan glukozu değerleri arasında ilişki olduğu ve sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde yükselme olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler İklim Değişikliği, Diyabet, Mevsimsel Değişiklik, HbA1c

Abstract

Aim: This study was planned to evaluate the relationship between climate change and diabetes mellitus (DM).

Material and Method: The research is systematic review in descriptive type. The research consists of human studies published in PubMed, ISI Web of Science, Scopus, Google Scholar and Cochrane Collaboration scientific search engines between 2010 and 2022, "Seasonal Changes", "Weather", "Ambient Temperature", "Climate Change" keywords were searched. A search using keywords resulted in 81 studies. Studies that were duplicated and that did not include answers to the questions in the form created for animal studies, reviews, and analysis were excluded and 17 studies were included in the analysis. For the analysis of the data, the form developed by the researchers was used and the data obtained were analyzed in the SPSS 21.0 program.

Results: 58.8% of the studies included in the research were between 2016-2021, 41.2% were in the European continent, 70.6% were population-based, 35.3% were individuals with Gestational DM, 70.6% of them were conducted with the retrospective method. It was determined that there was an increase in blood glucose values in hot months in 64.7% of the studies and a relationship between temperature changes and blood glucose values in 70.6% of the studies. It was determined that there was a significant relationship between the DM type of the patients included in the studies and the change in blood glucose values in the hot months ($\chi^2=8.941$ $p<0.05$). It was determined that there was a significant relationship between the method of the studies and the change in blood glucose values in hot months ($\chi^2=20.812$ $p<0.05$).

Conclusion: As a result of our study, it was determined that there is a relationship between temperature changes and blood glucose values, and there is an increase in blood glucose values in hot months.

Keywords: Climate Change, Diabetes, Seasonal Change, HbA1c

İletişim adresi/Address for Correspondence:

Nurgül Güngör Tavşanlı  <https://orcid.org/0000-0002-1831-2171>

Adres: Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Uncubozköy Sağlık Kampüsü Yunusemre / Manisa E-mail: nurgul.gungor@hotmail.com

Telefon: +90 236 2330904 (5861)

Faks: +90 236 2337169

Geliş Tarihi/Received: 15 Nisan 2022. Kabul Tarihi/Accepted: 10 Temmuz 2022. Çevrimiçi Yayın: Published Online: 30 Aralık 2022

GİRİŞ

Günümüzde diabetes mellitus (DM) önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır.

Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF), 2045 yılına kadar 18-99 yaş arası 693 milyon kişinin veya 20-79 yaş arası 629 milyon kişinin DM ile yaşayacağını tahmin etmektedir¹.

İklim değişikliği, temel olarak, karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarını havaya salan fosil yakıtların (petrol ve kömür) insan kullanımına bağlı olarak, tüm dünyadaki ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışı ifade etmektedir. Bu tür iklim değişikliği, temiz hava, güvenli içme suyu, besleyici gıda temini ve güvenli yaşam koşulları üzerinde etki yaratarak insan yaşamını ve sağlığını çeşitli şekillerde etkilemektedir^{2,3}.

İnsanlar dahil memelilerin yaşamı sürekli olarak çevreden etkilenmektedir. Biyolojik işlevlerdeki sirkadiyen ritim gibi zamana bağlı değişikliklerin fizyolojimiz üzerinde etkisi bulunmaktadır⁴⁻⁸. İnsanlarda da glukoz metabolizmasında ısı değişikliklerine bağlı olarak glisemik varyasyonlar gözlenmiştir.

Hemoglobin molekülünün enzimatik olmayan glikasyonunun ürünü olan ve önceki 2-3 aydaki ortalama plazma glukoz konsantrasyonlarını yansıtan Hemoglobin A1c'nin (HbA1c), hem Tip 1 DM hem de Tip 2 DM'da çevre ısısına bağlı olarak değişiklikler gösterdiği bildirilmiştir⁹.

Bu çalışma, iklim değişikliği ve DM arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla planlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmamız tanımlayıcı tiptedir. Araştırma, 2010-2022 tarihleri arasında PubMed, ISI Web of Science, Scopus, Google Scholar ve Cochrane Collaboration bilimsel arama motorlarında yayınlanmış insan çalışmaları "Diyabet, Diabetes Mellitus, Tip 2 Diyabet", "Kan Glukozu", "Glukoz intoleransı", "HbA1c", "Mevsimsel Değişiklikler", "Hava Durumu", "Ortam Sıcaklığı", "İklim Değişikliği" anahtar kelimeleri kullanılarak arama yapılmıştır. Anahtar kelimeler kullanılarak yapılan aramada 81 çalışmaya ulaşılmıştır. Dublike olan, hayvan çalışmaları ve analiz için oluşturulan formdaki soruların yanıtlarını içermeyen çalışmalar dışlanmıştır ve 17 çalışma analize alınmıştır⁴⁻²⁰. Verilerin analizi için araştırmacılar tarafından geliştirilen form kullanılmıştır.

Veri Toplama Formu: Anahtar kelimeler kullanılarak yapılan aramada ulaşılan 26 çalışmanın analiz edilmesi için araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Formda, çalışmanın yayın yılı, çalışmanın yapıldığı yer/bölge, çalışmaya dahil edilen hasta sayısı, çalışmaya dahil edilen DM hastalarının hastalık tipi, çalışmanın yöntemi, tipi, veri toplama süresi, HbA1c değerleri, DM tedavi tipi, sıcak/soğuk aylardaki HbA1c değerlerindeki değişiklik değerleri, sıcaklık değişiklikleriyle HbA1c değerleri arasındaki ilişki gibi bilgiler yer almaktadır.

İstatistiksel Analiz

Araştırmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesi bilgisayar ortamında SPSS for Windows 21.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde ise sayı ve yüzdelik, ortalama ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler için anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Tablo 1. Araştırma Kapsamındaki Çalışmaların Tanıtıcı Özelliklerinin Dağılımını göstermektedir.

Tanıtıcı Özellikler	N	%	
Çalışma Yılı	2010-2015 yılları arasında	7	41,2
	2016-2021 yılları arasında	10	58,8
Çalışmanın Yürütüldüğü Ülkenin Yer Aldığı Kıta	Amerika Kıtası	2	11,8
	Avrupa Kıtası	7	41,2
	Asya Kıtası	5	29,4
	Avustralya Kıtası	3	17,6
Çalışmanın Yürütüldüğü Ülke İklimi	Soğuk İklim	7	41,2
	Sıcak İklim	4	23,5
	İlman İklim	6	35,3
Çalışma kapsamı	Nüfus Tabanlı	12	70,6
	Örneklem seçimli	5	29,4
DM hastalarının hastalık tipi	Tip 1 DM	2	11,8
	Tip 2 DM	4	23,5
	Gestasyonel DM	6	35,3
	Hepsi	5	29,4
Çalışmanın yöntemi	Deneysel	1	5,9
	Tanımlayıcı	2	11,8
	Kesitsel	12	70,6
	Retrospektif	1	5,9
	Prospektif	1	5,9
Çalışma Tipi	Retrospektif	12	76,5
	Prospektif	5	23,5
Veri toplama süresi	1-5 yıl arası	13	76,5
	6 yıl ve üzeri	4	23,5
TOPLAM		17	100,0

Tablo 1’de araştırma kapsamına alınan çalışmaların tanıtıcı özelliklerinin dağılımı incelendiğinde; çalışmaların %58,8’i 2016-2021 yılları arasında, %41,2’si Avrupa kıtasında, %29,4’ü Asya kıtasında, %41,2’si soğuk iklimdeki ve %35,3’ü ılıman iklimdeki ülkelerde yürütülmüştür. Çalışmaların %70,6’sı nüfus tabanlı, %35,3’ü Gestasyonel DM’lu bireylerle, %76,5’i 1-5 yıl arası ve retrospektif yöntemle yürütülmüştür (Tablo 1).

Tablo 2. Araştırma Kapsamındaki Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçlar Doğrultusunda İklim Değişikliğinin Kan Glukozu Değerlerine Etkisi

Çalışmalarda Sıcaklığın Kan Glukoz Değerlerine Etki Sonuçları		N	%
Sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu	Değişmedi	1	5,9
	Yükselme var	11	64,7
	Düşme var	5	29,4
Soğuk aylardaki kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu	Değişmedi	1	5,9
	Yükselme var	5	29,4
	Düşme var	11	64,7
Sıcaklık değişiklikleriyle kan glukozu değerleri arasındaki ilişki	İlişki belirsiz	4	23,5
	İlişki var	12	70,6
	İlişki yok	1	5,6
TOPLAM		17	100,0

Tablo 2’de araştırma kapsamındaki çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda iklim değişikliğinin kan glukozu değerlerine etkisi incelenmiştir. Çalışmaların %64,7’sinde sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde yükselme olduğu ve daha fazla diyabet tanısı saptandığı, bu sonucun tersi olacak şekilde soğuk aylarda kan glukozu değerlerinde %64,7’sinde düşme olduğu ve sıcak aylara oranla daha az diyabet tanısı saptandığı tespit edilmiştir. Çalışmaların %70,6’sında sıcaklık değişiklikleriyle kan glukozu değerleri arasındaki ilişki olduğu saptanmıştır.

Tablo 3’te araştırma kapsamındaki çalışmalardan elde edilen sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu sonucu ile çalışmalara dâhil edilen hastaların DM hastalık tipi ve çalışmanın yöntemi arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmalara dâhil edilen hastaların DM tipi ile sıcak aylarda kan glukozu değerlerindeki değişiklik durumu arasında anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir ($\chi^2=8,941$ $p<0,05$). Tip 2 DM olan hastaların %62,5’nin⁵ ve Gestasyonel DM olan hastaların %83’ nün⁵ dâhil edildiği çalışmaların

Tablo 3. Sıcak Aylarda Kan Glukozu Değerlerinde Değişiklik Durumu Sonucu ile Çalışmalara Dâhil Edilen Hastaların DM Tipi ve Çalışmanın Yöntemi Arasındaki İlişki

		Sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu		Satır	χ^2	P
		Yükselme var	Düşme var	Toplamı		
Çalışmalara dâhil edilen hastaların DM tipi	Tip 1 DM	%25,0 (1)	%75,0 (2)	%100 (3)	8,941	0,01*
	Tip 2 DM	%62,5 (5)	%37,5 (3)	%100 (8)		
	Gestasyonel DM	%83,4 (5)	%16,6 (1)	%100 (6)		
		Sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu		Satır	χ^2	P
		Yükselme var	Düşme var	Toplamı		
Çalışmanın yöntemi	Prospektif	%80,0 (4)	%20,0 (1)	%100 (5)	20,812	0,00*
	Retrospektif	%66,6 (8)	%33,4 (4)	%100 (12)		

Fisher’s exact ki-kare testi, χ^2 : ki-kare değeri, * $p<0,05$ düzeyinde anlamlıdır.

sonuçlarında sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde belirgin yükselme olduğunu söyleyebiliriz.

Çalışmaların yöntemi ile sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde değişiklik durumu arasında anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir ($\chi^2=20,812$ $p<0,05$). Retrospektif çalışmaların %66,6’sının⁸ sonuçlarına göre sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde yükselme olduğunun tespit edildiğini söyleyebiliriz.

TARTIŞMA

1950’lerin sonlarından beri 0.6 °C’lik küresel bir ortalama sıcaklık artışının meydana geldiği bildirilmiştir²¹. Sıcaklıktaki bu artış, tarımda verimlilik kaybı, toprak bozulması, çölleşme, ekosistemin bozulması, okyanusların asitlenmesi, tatlı su kaynaklarının azalması, biyolojik çeşitliliğin azalması ve ozon tabakasının incelenmesi gibi farklı etkilere yol açmıştır. Bu artış, gezegenimizin hayatta kalması, ekosistemleri ve dolayısıyla insan sağlığı içinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. İklimdeki değişiklik ayrıca, diyabet dahil olmak üzere yaygın bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklanan bir dizi sağlık riskini, morbidite ve mortaliteyi şiddetlendirmektedir¹. İklim değişikliğinin insan fizyolojisi ile ilişkisine baktığımızda Kahverengi yağ dokusu (KYD), insanın normal biyolojik bileşiminin bir parçasını oluşturur ve soğuk ortamda aktive olmaktadır. Bu doku, çoğunlukla lipidleri yakmasının yanı sıra ısı üretmek için sempatik sinir sistemini uyarmaktan da sorumludur²². KYD tarafından lipid kullanımı glukozun iskelet kaslarına akışını

arttırmaktadır ve bundan dolayı da insülin duyarlılığını iyileştirmektedir²². Orta derecede soğuk bir ortamda sadece 10 gün geçiren diyabet hastalarının belirgin bir insülin duyarlılığına sahip olduğu bildirilmektedir²³.

Vücut yağından bağımsız olarak, soğuğa maruz kalmanın ardından yüksek KYD aktivitesi ile kan glukozu ve HbA1C seviyeleri arasında ters bir ilişki gözlenmektedir²³. Bu nedenle, küresel ısınma ile glukoz homeostazındaki KYD'nun fizyolojik rolü engellenecektir ve tüm dünyada diyabet duyarlılığının artması gözlemlenecektir. Artan her bir °C için, obeziteye bağlı diyabet insidansının %0,29 arttığı, diyabet prevalansının ise %0,17 arttığı bildirilmiştir²⁴. Çalışmamızda da Tip 2 DM olan hastaların %62,5'nin⁵ ve Gestasyonel DM olan hastaların %83,4'nün⁵ dâhil edildiği çalışmaların sonuçlarında sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde belirgin yükselme olduğu görülmektedir (Tablo 3). Yine araştırmaya dahil edilen çalışmaların %64,7'sinde sıcak aylarda kan glukozu değerlerinde yükselme olduğu ve %70,6'sında sıcaklık değişiklikleriyle kan glukozu değerleri arasındaki ilişki olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Diyabetli hastalarda, bozulmuş termoregülatuar mekanizmalar ve yüksek sıcaklıklarda elektrolit dengesizlikleri, otonom sinir sistemi tepkilerinin ve böbrek fonksiyonunun hızlı bozulması nedeniyle özellikle diyabet komplikasyonlarına sahip bireylerde hem morbidite hem de mortalitenin arttığı bildirilmiştir²³⁻²⁴. İklim değişikliğine bağlı olarak küresel sıcaklıklar artmaya devam ettikçe, bu yükün gelecekte daha da artması beklenmektedir.

SONUÇ

Çalışmamız sonucunda, sıcaklık değişiklikleriyle kan glukozu değerleri arasında ilişki olduğu ve sıcak aylarda kan glukoz değerlerinde yükselme olduğu saptanmıştır. İklim değişikliğine bağlı olarak küresel ısınma devam ettiği sürece tüm dünyadaki diyabet hastalarının hem morbidite hem de mortalitesinde artış olması beklenmektedir.

Etik Onay: Araştırma tanımlayıcı tipte sistematik derlemedir. Bu çalışmada bilimsel arama motorlarında yayınlanmış çalışmalar kullanıldığı için etik onay alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek: Bu çalışma için herhangi bir kurum ya da firmadan maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Ethical Approval: The research is systematic review in descriptive type. Ethical approval was not obtained in this study, since studies published in scientific search engines were used.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest regarding this study.

Financial Support: No financial and/or moral support was received from any institution or company for this study.

KAYNAKLAR

1. IDF International Diabetes Federation- Diabetes Atlas, 8. baskı, 2017 <https://feofaniya.org/wp-content/uploads/2019/11/Atlas-8e-Global-factsheet.pdf> (Erişim Tarihi 05.08.2022).
2. Cuschieri S, Calleja Agius J. The interaction between diabetes and climate change - A review on the dual global phenomena. *Early Hum Dev.* 2021, Apr;155:105220. doi:10.1016/j.earlhumdev.2020.105220.
3. Vallianou NG, Geladari EV, Kounatidis D, Geladari CV, Stratigou T, Dourakis SP, Andreadis EA, Dalamaga M. Diabetes mellitus in the era of climate change. *Diabetes Metab.* 2021 Jul;47(4):101205. doi: 10.1016/j.diabet.2020.10.003.
4. Kim YJ, Park S, Yi W, Yu KS, Kim TH, Oh TJ, Choi J, Cho YM. Seasonal variation in hemoglobin a1c in korean patients with type 2 diabetes mellitus. *J Korean Med Sci.* 2014 Apr;29(4):550-5. doi: 10.3346/jkms.2014.29.4.550.
5. Mianowska B, Fendler W, Szadkowska A, Baranowska A, Grzelak-Agaciak E, Sadon J, Keenan H, Mlynarski W. HbA(1c) levels in schoolchildren with type 1 diabetes are seasonally variable and dependent on weather conditions. *Diabetologia.* 2011 Apr;54(4):749-56. doi: 10.1007/s00125-010-2013-4.
6. Pereira, Maria Teresa Rocha e Pinho et al. Seasonal variation of haemoglobin A1c in a Portuguese adult population. *Archives of Endocrinology and Metabolism [online].* 2015, v. 59, n. 3, pp. 231-235. doi.org/10.1590/2359-3997000000043.
7. Higgins T, Testere S, Sikaris K, et al. Seasonal variation in hemoglobin A1c: Is it the same in both hemispheres? *J Diabetes Science Technology.*2009; 3 :668-671.
8. Gomez-Huelgas R, Santamaria-Fernandez S, Guijarro-Merino R, Navajas-Luque F, Tinahones FJ, San Roman-Teran CM, et al. Seasonal variability of glycated hemoglobin in a diabetic population from Southern Europe. *J Diabetes Complications.*2013;27:618-20.
9. Hawkins RC. Annual change in glycohemoglobin in Singapore. *Clin Chim Acta.* 2010;411(1-2):18-21.
10. Chiefari E, Pastore I, Puccio L, Caroleo P,

- Oliverio R, Vero A, Foti DP, Vero R, Brunetti A. The effect of seasonality on gestational diabetes mellitus. *Endoc Metab Immune Disorders. Drug Targets* 2017,17:246–252. <https://doi.org/10.2174/18715303176661708155526>
11. Dumke CL, Slivka DR, Cuddy JS, Hailes WS, Rose SM, Ruby BC. Effect of ambient temperature on glucose and insulin after oral glucose tolerance test in healthy young men. *Wilderness Environ Med* 2015, 26:335–342. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2015.03.002>
 12. Katsarou A, Claesson R, Ignell C, Shaat N, Berntorp K. Seasonal pattern in the diagnosis of gestational diabetes mellitus in southern Sweden. *J Diab Res*, 2016,1–6. doi.org/10.1155/2016/8905474
 13. Meek CL, Devoy B, Simmons D, Hasta C, Aiken AR, Murphy HR, Aiken CE. Seasonal variations in incidence and maternal-fetal outcomes of gestational diabetes. *Diabetic Med* 2020, 37:674–680
 14. Molina-Vega M, Gutiérrez-Repiso C, Muñoz-Garach A, Lima-Rubio F, Morcillo S, Tinahones FJ, Picón-César MJ. The relationship between environmental temperature and diagnosis and treatment of gestational diabetes mellitus: an observational retrospective study. *Sci Total Environ* 2020, 744:140994. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140994
 15. Moses RG, Wong VC, Lambert K, Morris GJ, San Gil F. Seasonal changes in the prevalence of gestational diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2016, 39:1218–1221. doi.org/10.2337/dc16-0451
 16. Vasileiou V, Kyratzoglou E, PASCHOU SA, Kyprianou M, Anastasiou E. The effect of environmental temperature on the diagnosis of gestational diabetes mellitus. *European journal of endocrinology* 2018, 178:209–214. <https://doi.org/10.1530/EJE-17-0730>
 17. Verburg PE, Tucker G, Scheil W, Erwich JJH, Dekker GA, Roberts CT. Seasonality of gestational diabetes mellitus: a South Australian population study. *BMJ Open Diab Res Care* 2016,4(1):e000286. <https://doi.org/10.1136/bmj-drc-2016-000286>
 18. Lam HCY, Chan JCN, Luk AOY, Chan EYY, Goggins WB. Short-term association between ambient temperature and acute myocardial infarction hospitalizations for diabetes mellitus patients: A time series study. *PLoS Med*. 2018 Jul 17;15(7):e1002612. [doi: 10.1371/journal.pmed.1002612](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002612).
 19. Blauw LL, Aziz NA, Tannemaat MR, Blauw CA, de Craen AJ, Pijl H, Rensen PC. Diabetes incidence and glucose intolerance prevalence increase with higher outdoor temperature. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2017 Feb 20;5(1):e000317. [doi:10.1136/bmj-drc-2016-000317](https://doi.org/10.1136/bmj-drc-2016-000317).
 20. Waernbaum, I., Dahlquist, G. A low average temperature instead of a few sundials is associated with an increased incidence of type 1 diabetes in children. *Eur J Epidemiol* 2016, 31, 61–65. <https://doi.org/10.1007/s10654-015-0023-8>
 21. J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Nogueira, P.J. Van Der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson. Climate Change. The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change <http://www.cambridge.org> 2001, (Erişim Tarihi 10.08.2022)
 22. M.E. Symonds, G. Farhat, P. Aldiss, M. Pope, H. BudgeBrown adipose tissue and glucose homeostasis—the link between climate change and the global rise in obesity and diabetes. *Adipocyte.*, 8 2019, pp. 46–50, [10.1080/21623945.2018.1551689](https://doi.org/10.1080/21623945.2018.1551689)
 23. M.J.W. Hanssen, J. Hoeks, B. Brans, A.A.J.J. Van Der Lans, G. Schaart, J.J. Van Den Driessche, J.A. Jörgensen, M.V. Boekschoten, M.K.C. Hesselink, B. Havekes, S. Kersten, F. Mottaghy, W.D. Van Marken Lichtenbelt, P. Schrauwen Short-term cold acclimation improves insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes mellitus *Nat. Med.*, 21 2015, pp. 863–865, [10.1038/nm.3891](https://doi.org/10.1038/nm.3891)
 24. L.L. Blauw, N.A. Aziz, M.R. Tannemaat, C.A. Blauw, A.J. de Craen, H. Pijl, P.C.N. Rensen Diabetes incidence and glucose intolerance prevalence increase with higher outdoor temperature *BMJ Open Diabetes Res. Care*, 5 2017, Article e000317, [doi:10.1136/bmj-drc-2016-000317](https://doi.org/10.1136/bmj-drc-2016-000317)