

İŞIĞIN BEDEN SAATİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Beynin derinliklerine gömülü biyolojik beden saati, ne zaman uyuyup ne zaman kalkacağımızı bize bildiren, beden ısıymızı ve hormonların salgılanmasını düzenleyen güçlü bir mekanizmadır.

James WATERHOUSE

Gece çalışanlarının sorunu olan süregen yorgunluk ve düşük performans, beden saatinin sınırlayıcı rolünü göstermektedir. Saatin nasıl kontrol edildiği günümüze dek bir soru işareti olarak kalmış ve kronobiyoloji olarak bilinen fizyoloji dalını 1970'lerden bu yana gündemde tutmuştur. Şu günlerde araştırmacılar en önemli çevresel etken olan "gün ışığı" üzerinde durmaktadır.

Uzun zamandan beri gündüz uzunluğundaki mevsimsel değişikliklerin, hayvanların biyolojik ritmi üzerinde etkileri bilinmektedir. 1980'li yılların ortalarından beri "Mevsimsel Davranış Bozuklukları" Seasonal Affectif Disorder (SAD) adı altında, daha çok kışın görülen hafif tipteki bir depresyon tanımlanmaktadır. Fakat halen hastalığın sebepleri, etkilediği insan kitlesi (bazı çalışmalara göre 20 insandan 1'ini etkilemektedir) ve en iyi biçimde nasıl tedavi edileceği konusunda çelişkili düşünceler vardır.

En çok kabul gören teoriye göre sebep, biyolojik beden saati ritmindeki değişikliklerdir. Sonbaha-

rın başlamasıyla birlikte günlerin aniden kısalması ile biyolojik beden saati kontrolünü kaybeder. SAD'li hastaların parlak yapay ışığa son derece olumlu yanıt verdikleri, birçok psikiyatrist tarafından doğrulanmaktadır. Ancak şu ana kadar beden saatiyle, ışık arasındaki ilişkiyi belirleyen kesin bir delil bulunamamıştır.

Fakat bu yılın başlarında ABD'deki Harvard Üniversitesi biyologları, yapay ışık kullanarak beden saatinin yeniden düzenlemeyi başarmışlardır. Çalışmaları, ışığın biyolojik ritm üzerindeki dramatik etkisini göstermekle kalmamış, aynı zamanda ışığın mevsimsel depresyonlarda ve gece çalışanlarındaki performans düşüklüğünde, tedavi amacıyla kullanılabilceği düşüncesini de desteklemiştir. Bu durumda biyolojik saatteki en önemli düzenleyici, gece-gündüz döngüsüdür. Ancak bu döngüyü tek faktör olarak ele almak çok yanıltır. Çünkü temelde çok kompleks mekanizmalar vardır.



Beden saati bir döngüyü yaklaşık 24 saate tamalamakta ve çevremizdeki birçok faktörden etkilanmaktadır. Bu faktörler Alman kronobiologlarınca "zeitgebers" olarak bilinmektedir. Beden saati gün ışığı döngüsüyle eş zamanlı çalışmaktadır. Gün ışığı bu çevresel faktörlerden sadece biridir. Diğerleri ise fizikî aktivite, diyet ve sosyal etkenlerdir. Ancak bunların biyolojik saat üzerine ne derece etkili oldukları kesin olarak bilinmemektedir. Aralarında ki etkileşimlerden dolayı da ayrı ayrı her birinin etkisini çözmek çok güçtür. Örneğin uyku ve aktivite düzenimiz, yeme zamanımızı, sosyal ilişkilerimizi ve gün ışığında kalma süremizi etkiler. Biyolojik düzenimizin uyku miktarından etkilendiği bulunmuştur. Ancak bu, uykunun bir "zeitgeber" olduğunu kanıtlamaz, uyku gün ışığında kalma miktarını değiştirerek de etki gösteriyor olabilir.

Yüzyıllar boyunca insanlar bu biyolojik düzeni de yalnız kalmamış, hayvan davranışları ve bitki fizyolojileri de günlük ritmlerle belirlenmiştir. Birçok tek hücreli organizma da, Gonyolox algleri gibi, biyolojik saate sahiptir. Biyolojik saat düzeninin bu denli yaygın olması, evrimsel süreçte canlıları avantaj sağladığı şeklinde yorumlanabilir. Bu saatle yalnızca hava karaması gibi günlük olaylara uyum sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda olayları önceden tahmin de edebilmekteyiz. Saat sanki günlük çevre değişikliklerini önceden haber veren vücut içi bir mekanizma gibi davranmaktadır. Bu tip değişiklikleri kendi bedenimizde kolaylıkla farkedebiliriz.

Akşam olduğunda biyolojik saat, vücudu ısı kaybını artırması ve ısı üretimin azaltması için uyarır. Böylece vücut ısısı düşer ve uyuşukluk meydana gelir. Sabahın erken saatlerinde ise biyolojik saat vücut ısısını artırarak bedeni günlük aktiviteleri için hazırlar. Sonuçta beden ısısında öğleden sonra maksimum, gece yarısı ise minimum düzeye ulaşan ritmik değişiklikler vardır.

Fakat bütün beden ritimlerinde maksimum nokta gündüz gerçekleşmez. Prolaktinde olduğu gibi, bazı hormonların kan konsantrasyonları geceleyin en yüksektir. Bunun sebebi kesin olarak anlaşılmış değildir. Ancak bu hormonların uyku sırasında vücudun yeniden yapılanmasında rol oynadığı düşünülebilir. Bir diğer hormon olan kortizolün kan düzeyi, uyanma saatlerinde en yüksek düzeye ulaşır. Kortizolün uyanma sırasındaki strese karşı vücudu bilinmeyen bir şekilde koruduğuna inanılmaktadır.

Biyolojik saatte kontrol edilen hormonların arasında en çok bilinen pineal bezden geceleri salgılanan melatonindir.

İLK ÇALIŞMALAR

Yaklaşık 15 yıl önce melatonin çalışmaları ışığın biyolojik ritmdeki etkisi hakkında ilk ipuçlarını verdi. Birçok araştırmacı memelilerdeki melatonin düzeyinin gece uzunluğundaki değişimlere paralel olarak yıl boyunca değiştiğini gösterdi. Bugün bu varyasyonların mevsimsel üreme aktivitesi ile de bağlantılı olduğunu biliyoruz.

Aynı yıllarda mevsimsel biyolojik saat düzeni de araştırılmaya başlandı. İlk etapta vücut içinde çalışan böyle bir saatin varlığı kanıtlanmak istendi. Bunu ispatlamak için zaman kavramından bağımsız bir çevre yaratılmaya çalışıldı. İlk deneyler 1970'lerin sonu ve 1980'lerin başında ABD ve Avrupa'da gönüllüler üzerinde yapıldı. Özel olarak yapılmış izolasyon bölmelerinde gönüllü kişiler istedikleri zaman yemek yemiş ve istedikleri zaman uyumuşlardı; fakat vakit hakkında kendilerine hiçbir bilgi verilmemiş, televizyon radyo gibi kitle iletişim araçları kullanmalarına müsaade edilmemiş, kimseyle görüştürülmemiş ve ayrıca saat kullanmalarına da izin verilmemiştir.

Kısa sürede bu bireylerin gelişigüzel hareket etmedikleri, belli bir düzene uydukları farkedildi ve böylece güçlü bir delil elde edilmiş oldu. Fakat diğer araştırmacılar bu sonucu kazanılmış alışkanlıkların devam ettilmesi olarak yorumladılar ve biyolojik saat olmasa dahi, zaman kavramından bağımsız böyle bir ortamda ritmik düzenin devam edeceğini savundular. Bu düşünce pek rağbet görmedi; çünkü deney için kişiler, özel zevkleri, iş hayatı, yatıp kalkma düzeni ne olursa olsun, rastgele seçilmişlerdi.

İzolasyon bölmesiyle elde edilen önemli bir sonuç da, biyolojik saatin daha yavaş çalıştığı ve bir döngüyü yaklaşık 25 saatte tamamladığıydı. 25 saatlik bu döngü, elbetteki günlük çevre değişikliklerini önceden sezme için yeterli değildi. Ve bu yüzden "zeitgeber" araştırmaları başladı. Işığın hayvan biyolojik saati düzenindeki önemi bilindiğinden, ilk araştırmalarda bu konu ele alındı. 1980 yılında Almanyalı araştırmacı Rutger Wewer gündüz gece döngüsünün insan vücut ısısı üzerindeki etkilerini inceledi. Wewer, deney grubunu gündüz gece döngüsü 21 ve 28 saat olan izolasyon bölmelerine yerleştirdi. Parlak ışık verildiğinde, deney grubundaki



Biyolojik Saat Nasıl Çalışır?

Biyologlar ışığın insan beden saati üzerindeki etkilerini incelerken, saatin hücrel ve moleküler düzeyde nasıl çalıştığı da merak konusu olmuştur. Şu anki bilgiler tam olmamakla birlikte özellikle deniz sülüşü ve meyva sineğinin biyolojik saatleri bir takım sorulara cevap vermektedir.

Üç yıl önce insan beden saatinin hipotalamustaki suprakiazmatik çekirdek (SCN) olarak bilinen bölgelerde olduğunu gösterilmesi bir dönüm noktası olmuştur. Biyolojik saat ritmiyle çok yakından ilişkili olan melatonin hormon reseptörlerinin, SCN içinde bulunması, ilk ipuç-

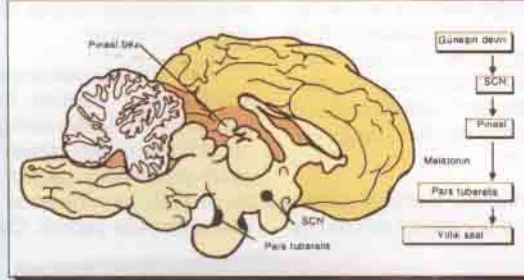
larını vermiştir. Her biri kum tanesi büyüklüğünde olan SCN beyin tabanında optik sinirin çok yakınında bulunmaktadır.

SCN yakınında tümörü olan hastalar beden saati ritimlerini yitirmektedirler. Hatta, SCN'lerinde bozukluk bulunan yetişkin sıçanlara, sıçan fetüsü SCN'ü transplante edildiğinde normal ritme döndükleri gözlenmiştir. Tüm bu veriler, SCN'nin memelilerde beden saati olarak görev yaptığını göstermektedir.

Memelilerde başka biyolojik saatlerin olup olmadığı konusunda kesin delilimiz yoktur. Fakat Peter Morgan (Rowett Araştırma Enstitüsü, Aberdeen), ikincil saatlerin varlığına dikkat çekmiştir.

Morgan ve arkadaşları, koyunlardaki ikincil ritimler üzerinde çalışmaktadırlar. Mevsimsel üreme dön-

güleri sıkı kontrol altında bulunan koyun, dağ gelinciği gibi hayvanlarda ikinci bir saatin olduğuna inanılmaktadır. Bu saat, döngüsünü bir günde değil, bir yılda tamamlamakta, sonbaharda günlerin kısalmasıyla birlikte saat, hayvanları aktif üreme dönemine sokmaktadır.



Bu yıllık saatin nerede lokalizasyonu gösterildiği bilinmemekle birlikte, günlük beden saatinde olduğu gibi, melatoninin anahtar rolü oynadığı düşünülebilir.

Morgan ve arkadaşları, melatonin salınımıyla meydana gelen biyokimyasal olayları çözerek yıl-

lık saati bulmaya çalışmaktadırlar.

Son zamanlarda koyun hipofiz bezinde "pars tüberalis" olarak bilinen, melatonin reseptörlerine zengin ve melatonine biyokimyasal olarak cevap veren bölgenin anahtar rolünün olabileceği düşünülmektedir. Araştırmacılar "pars tüberalisin" melatonine bir başka hormon vasıtasıyla cevap verdiğine inanmaktadır. Bu hormonun yapısı da bilinmemektedir.

Araştırmacıların şu anki amacı, koyunların üreme döngülerini değiştirecek bir metot bulmaktır. Normal döngü ile belli mevsimde piyasada lüzumundan fazla et bulunmaktadır. Bu da hayvan yetiştiricileri tarafından istenmeyen bir durumdur. Üremenin yıl içine dağılması daha avantajlı görünmektedir. Rowett Enstitüsü'nde yapılan testlerde, melatonin kapsülü kul-

vücut ısı ritmi bu anormal döngüye hemen adapte oldu. Fakat normal şiddetteki ışıkla benzer sonuçlar elde edilemedi.

1987 yılında ABD'de Al Lewy ve arkadaşları mevsimsel davranış bozukluğu (SAD) olan hastalara şiddetli, güneş doğduktan bir saat sonraki ışık şiddetine eşit olan parlak ışık verdiler. Sonuçta hastaların depresyonları tedavi edilirken melatonin ritimlerinin de değiştiği bulundu. Ve bu ikisi arasında bir bağlantı olabileceği düşünüldü.

VÜCUT ISI DÖNGÜSÜ

1991'in başlarında Harvard Üniversitesi'nden Charles Czeisler ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada gönüllüler üç gün boyunca her gün parlak ışığa maruz bırakıldı ve beden saatlerindeki değişiklikler gözlemlendi. Işık her seferinde 5 saatlik sürelerle verilmiş ve vücut ısı döngüsündeki belirli bir noktaya çakışmasına dikkat edilmişti. Araştırmacılar beden saatindeki safhaları belirlemek için, vücut ısısının en



lanılarak yavrulama mevsiminin birkaç ay geri alınabileceği bulunmuştur. Ancak melatonin kapsüllerinin uzun süre kullanılması gerekmektedir ki, bu da yetiştiriciler için pek pratik bir yol değildir.

Kalp atımlarından, uzun hormonal döngülere kadar tüm biyolojik ritimler, temelde hücre ritimlerinden kaynaklanır. Örneğin, tavuktan çıkarılmış bir pineal bez ritmik melatonin sekresyonuna devam etmektedir. Parçalara bölündüğünde bile bu fonksiyonunu sürdürmektedir. Benzer şekilde bir memeli SCN'sinden alınan nöronlar da kültür ortamında ritmik peptid salgılamaktadırlar.

Hücre ritimlerin gece-gündüz döngüsüyle nasıl senkronize olduğu hakkında çeşitli spekülasyonlar vardır. Asıl problem, SCN'nin bir değil bir çok fonksiyonunun bulunması ve bu binlerce hücreden hangilerinin biyolojik saat olarak görev yaptığının bilinmesidir.

Melatoninin SCN içindeki elektriksel aktiviteyi bastığı bilinmektedir. Ancak etkilenen hücrelerin yapısı halen belirsizdir. Benzer şekilde sıçan deneyleriyle, ışığın, SCN içindeki nöron aktivasyonunu sağladığı ve belirli genleri uyardığı gözlenmiştir. Burada optik sinirin görev yaptığı düşünülebilir.

Diğer bazı canlılar için tablo daha belirgindir. Aplysia gibi gastropodların (deniz sülüklerinin) göz kürelerinin içinde "pacemaker" nöron grupları vardır. Gastropod sinir sisteminin daha ilkel yapıda olması, araştırmacılara bu nöronlardaki elektriksel aktivite ritimlerini tespit etme olanağı sağlamaktadır. Memellilerde böyle bir çalışma yapmak, şu an için imkânsızdır.

Gastropod gözlemlerinde çıkarılan "pacemaker" nöronlar, ritmik elektriksel aktivite göstermeğe devam

etmekte ve bu aktivite yapay ışıkla düzenlenebilmektedir. Aplysia üzerinde yapılan araştırmalar, ritimlerin günlük döngünün belirli noktalarında, nöron içindeki protein senteziyle oluştuğunu göstermektedir. Protein sentezini bloke eden bileşikler, ritimde sapmalara yol açmakta ve döngüyü uzatmaktadır.

Jon Jacklet (New York State Üniversitesi, Albany), deniz sülüklerinin günlük biyolojik saatlerini 20 yıl önce bulmuştu. O dönemden beri de bu konu üzerinde çalışmaktadır. Jacklet gen aktivasyonu ve protein sentezi gibi kompleks hücre içi olaylar yüzünden günlük biyolojik ritimlerin diğer biyokimyasal olaylara nazaran daha yavaş işlediğini söylüyor. Jacklet, deniz sülüklerindeki hücresel olayların insanlar dahil diğer tüm hayvanlarda da benzer şekilde işlediğine inanmaktadır.

Genlerin ve proteinlerin, aplysia pacemaker nöronlarındaki elektriksel aktiviteyi nasıl düzenlediği şu günlerdeki merak konusudur. Stoplazmadaki kalsiyum konsantrasyonu, nöron ateşleme hızındaki major etkenlerden biridir. Bu yüzden günlük biyolojik döngü sırasındaki aktivasyon ile kalsiyum iyonlarını kontrol eden hücresel olaylar arasındaki bağlantı bulunmaya çalışılmaktadır.

Günlük biyolojik ritimler genetik düzeyde en iyi meyve sineği olan Drosophila da anlaşılmıştır. 1980'li yıllarda Michael Young ve arkadaşları (Rockefeller Üniversitesi, New York), meyva sineklerinin günlük ritmiyle görevli geni bulmuşlardır. Bu gendeki mutasyonlar, anormal ritmlere yol açmaktadır. Fakat gen tarafından kodlanan proteinin fonksiyonu bilinmemektedir. Bu proteinin nöronlararası iletişimasyonu etkileyerek veya diğer genleri devreye sokarak fonksiyon gördüğünü düşünenler vardır.

düşük olduğu sabahleyin saat 4-5 aralığını kullanmışlardır. Ve vücut ısısı ritimlerinin aktivite ve yemekle bozulmaması için, grup bireylerinin en az 30 saat uyanık olarak yataкта istirahat etmelerini ve düzenli olarak bir şeyler atıştırmalarını sağlamışlardır.

Sonuç olarak, bireyin biyolojik saatindeki değişikliklerin ışık verilme saatleriyle bağlantılı olduğu bulundu. Bu kritik nokta vücut ısısının en düşük olduğu sabah saat 5 civarındaydı. Bu noktadan sonra ışık verildiğinde saat ilerlemekte, önce verildiğinde ise geri kalmakta idi. Vücut ısısının maksimal noktaya ulaştığı 16-17 saatleri arasında ise, ışığın çok az etkili olduğu bulundu.

Elde edilen sonuçlar gün ışığının "zeitgeber" olduğunu göstermektedir. Biyolojik saat yavaş işler; bu yüzden çevresel faktörler olmadığı takdirde vücut ısısının minimal olduğu saat 5'ten sabahın daha ileri saatlerine kayar. Ancak güneşin doğmasıyla birlikte biyolojik saat çevresel olarak düzenlenir ve kayma önlenmiş olur.

Işığın biyolojik saatle etkileşimi tam olarak bilinmemekle birlikte iki teori ortaya atılmıştır. Birinci teoriye göre, ışık retina ile bağlantılı bir sinir aracılığıyla direkt olarak saati ayarlar. İkinci teoriye göre ise, ışık melatonin sekresyonunu azaltarak dolaylı yoldan etkili olur (1987'de Lewy'nin yaptığı çalışmada, yapay parlak ışığın melatonin sekresyonunu azalttığı bulunmuştur). Melatonin, biyolojik saati ters yönde etkilemekte ve sabahleyin melatonin sekresyonu devam ettiği takdirde biyolojik saatin geri kalmasına sebep olmaktadır. İnsanlar özellikle kış aylarında gün ışığından fazlaca yararlanamamakta ve günün büyük bir bölümünü yapay ışık altında geçirirler. Bu durumda biyolojik saatimiz uyku, aktivite, sosyal ilişkiler gibi diğer çevresel faktörlerle düzenlenmektedir.

Jet lag (jet uçuşları sırasında beden saatinin geri kalması) tedavisinde ışık kullanımından beklenen nedir? Jet lag oluşmasının nedeni beden saatinin rutin değişikliklere yavaş ayarlanmasındandır. Normal-

88 MB'LİK DİSKİ CEBİNİZDE TAŞIYABİLİRSİNİZ

Bilgisayar cihazının sistem parametrelerinde hiçbir değişiklik yapmadan üstelik cihazınıza kart eklemeye gerek kalmadan 44 MB veya 88 MB'ye kadar sabit disk ekleme olanağı sunan DISCXCHANGE ünitesi taşınabilir ve her tür bilgisayara uyumludur.

Basit bir bağlantı sistemiyle bu cihazı sıradan bir PC sabit disk gibi kullanabilirsiniz.



Artık disket saklama kutularınızı atıp, disk saklama kutularını almanız gerekecek. Çünkü istediğiniz kadar sabit diskiniz olabilir.

Kısacası teknoloji bize 44 veya 88 MB'lik yeni disketler sunuyor.

PCEXPERT Haziran 1992'den çev.:
Yavuz ATIL

de bu bir avantajdır. Zira gündüz kısa bir süre uyku kestirmek veya gece kısa bir süre mutfağa kaçmak yapmak normalde bedensel ritmimizi bozmaz. Oysaki tüm gece boyu çalışanlarda ciddi problemlerle karşıma çıkan "jet lag" oluşur. Duyarlı kişilerde sıklıkla ülserler ve kardiyovasküler (kalp-damar) bozukluklarla ilgili kronik sağlık problemleri ortaya çıkar.

"Jet lag" için ışık tedavisi ilk kez 1984'te Serge Daan tarafından Hollanda'da Groningen Üniversitesi'nde denendi. Daan, ışığın beden saati üzerindeki etkileri henüz hipotez halindeyken Lewy ile birlikte çalıştı ve yolculuk yapan kişilerin belirli sürelerde doğal ışıktan yoksun bırakıldıklarında kontrol grubuna göre yeni zaman dilimine daha çabuk adapte olduklarını buldu.

O zamandan beri çalışmalar parlak yapay ışığın terapötik etkisi üzerinde yoğunlaştı. Czeisler ve arkadaşları, geçtiğimiz senenin sonunda tamamladıkları araştırmalarında, gündüz ışıktan yoksun bırakılıp gece parlak ışık altında oturan kişilerin gece çalışmalarında daha iyi performans gösterdiğini buldular.

Araştırmacılar bir grup gönüllüye üst üste dört gece boyunca parlak ışık vermiş, gündüz saatlerinde ise gönüllülerin özel olarak karartılmış bir odada 8 saat uyumalarını, en azından uyumaya çalışmalarını istemişlerdi. Sonuç olarak günlük vücut ısı ritminde yaklaşık 8 saatlik bir kayma tespit edilmiş; idrar akımı ve kandaki kortizol ritimlerinde de benzer sapmalar gözlenmişti. Bireylerin bilişsel gece performanslarında da artma tespit edilmişti. Gece boyunca normal şiddetteki ışık altında çalışan ve istedikleri zaman belirli bir düzenleme yapılmamış bir odada uyumalarına izin verilen kontrol grubunda ise, bu tip sonuçlar elde edilmemişti.

Josphine Arendt (Surrey Üniversitesi, Antarktika) ve arkadaşları aynı konu üzerinde çalışmalar yaptılar. Antarktika kışındaki uzun geceler bölge çalışanları için ideal ortam sağlamıştı. Son çalışmaların birinde kış karanlığı ile beden saatleri bozulan kişi-

lere sabah ve öğleden sonra olmak üzere iki kez birer saatlik parlak ışık verildiğinde melatonin ritminin yaz mevsimindeki düzenine döndüğü görüldü.

YORGUNLUĞU AZALTMAK

Şüphesiz beden saati bozukluklarının tek tedavisi parlak ışık değildir. Araştırmacılar çevresel faktörlerin yanı sıra melatonin bir çeşit kimyasal faktör olarak incelemeye devam etmektedir. Birçok çalışmada da gece melatonin kapsül kullanımının gece çalışanlarındaki performans düşüklüğünü azalttığı, gündüz uykusunu ise uyardığı bulunmuştur.

Fiziki aktivitenin ve diyetin beden saati düzenindeki rolü hâlâ belirsizdir. Özel diyet uygulamasının getirebileceği faydalar hakkında da pek bilgimiz yoktur. Amino asitlerin rolüne özel önem verilmiştir. Beden saatindeki nöronların ritmik ateşlenmesi amino asitlerden oluşmuş nörotransmitterlere bağlıdır. Beyine amino asit akımını düzenleyerek ritmin değiştirilebileceği ve buna bağlı olarak amino asit desteğiyle gece çalışanlarındaki performans düşüklüğünün önlenilebileceği düşünülmüştür. Fakat şu ana dek bu düşüncelerden hiçbiri kanıtlanmış değildir.

Bir diğer olasılık ise, benzodiazepinlerdir. Beden saatinin bu tip bileşiklerin reseptörleriyle ilgili vardır. Benzodiazepinlerin hipnotik (uyku oluşturu) etkileri iyi bilinmesine rağmen, insan beden saati üzerine etkileri kesin değildir. Zaten kanıtlamak da güçtür. Çünkü uyku aktivite döngüsündeki herhangi bir aksaklık vücudun diğer "zeitgeber"lerle karşılaşmasını sağlayacak ve belki de ilacın beden saati üzerindeki etkisini maskeleyecektir.

Işığın beden saatindeki günlük düzenlemeleri yaptığının anlaşılmasıyla dikkatler beden saati bozukluklarının üzerinde yoğunlaşmıştır. Sadece kiş depresyonu değil, gece çalışanlarının sorunları da incelenmiştir. Parlak ışık, modern yaşantımızın hoş olmayan sorunlarına karşı bugün için en önemli silahımızdır.

New Scientist, Ekim 1991'den çev.:
Şenol ÇAVUŞOĞLU