

**KECHKI PAYT TELEFON EKSPANIDAN TARALADIGAN "KO'K NUR" (BLUE LIGHT) NING UYQU SIFATI VA ERTALABKI ISH QOBILIYATIGA FIZIOLOGIK TA'SIRI.**

**Bolbekov Asadbek Sa'dulla o'g'li,  
Aliqobilov Alijonbiy Elmurod o'g'li,  
Ikromov Anvar Xabibullayevich.**

*Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakultetining 1-bosqich talabalari*

*+998990575443 / [anvarjonikromov66@gmail.com](mailto:anvarjonikromov66@gmail.com)*

*Samarqand, O'zbekiston*

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada kechki payt mobil telefon, planshet va kompyuter ekranlaridan tarqaladigan ko'k nur (blue light) ta'sirining inson uyqu sifati hamda ertalabki kognitiv va jismoniy ish qobiliyatiga fiziologik ta'siri o'rganiladi. Zamonaviy raqamli texnologiyalarning keng tarqalishi natijasida ayniqsa yoshlar orasida kechki va tungi vaqtda ekranlardan foydalanish keskin ortib bormoqda. Bu holat biologik ritmlarning, xususan sirkadiyal ritmning buzilishiga olib kelib, melatonin gormoni sekretsiasini susaytiradi va uyqu-uyg'oqlik siklining normal kechishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ko'k nur spektrining (taxminan 450–495 nm) retina orqali supraxiazmatik yadroga ta'siri natijasida pineal bez faoliyati inhibe qilinadi, bu esa uyquga ketish vaqtining uzayishi, uyqu chuqurligining pasayishi va tez-tez uyg'onish holatlarini keltirib chiqaradi. Tadqiqotlarda ko'rsatilishicha, kechki ekran ekspozitsiyasi kognitiv funksiyalar, diqqat, xotira va ertalabki psixomotor reaksiyalar tezligiga ham bevosita salbiy ta'sir qiladi. Shuningdek, maqolada ko'k nur ta'sirining uzoq muddatli oqibatlari, jumladan surunkali uyqusizlik, charchoq sindromi, kayfiyat o'zgarishlari va ish qobiliyatining pasayishi bilan bog'liq mexanizmlar tahlil qilinadi. Olingan ma'lumotlar asosida raqamli gigiyena qoidalariga rioya qilish, kechki ekran vaqtini cheklash hamda uyqu gigiyenasini yaxshilash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi.

**Kalit so'zlar:** ko'k nur, blue light, sirkadiyal ritm, melatonin, uyqu sifati, ekran va uyqu, telefon nuri, uyqusizlik, kognitiv funksiya, ish qobiliyati, pineal bez, retina, biologik ritm, raqamli gigiyena, psixofiziologiya, uyqu buzilishi, kechki

ekran vaqti.

**Kirish:** Zamonaviy raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi inson hayotining barcha jabhalariga, jumladan, kundalik faoliyat, ta'lim jarayoni va dam olish rejimiga sezilarli o'zgarishlar kiritdi. Mobil telefonlar, planshetlar va kompyuterlar kabi elektron qurilmalar keng qo'llanilishi natijasida aholining, ayniqsa yoshlar va talabalar orasida kechki payt ekran qarshisida uzoq vaqt o'tkazish odati keng tarqalgan. Ushbu holatning eng muhim biologik oqibatlaridan biri — ekranlardan tarqaladigan ko'k nur (blue light) ta'sirining uyqu fiziologiyasiga salbiy ta'siridir. Ko'k nur (taxminan 450–495 nm to'liq uzunligi) ko'z to'r pardasidagi melanopsin retseptorlariga bevosita ta'sir ko'rsatib, supraxiazmatik yadro (SCN) orqali organizmning sirkadiyal ritmlarini boshqaruvchi mexanizmlarga signal yuboradi. Bu jarayon natijasida pineal bezda melatonin gormoni sekretiysasi susayadi. Melatonin esa uyqu–uyg'ochlik siklini boshqaruvchi asosiy gormonlardan biri hisoblanadi. Uning kamayishi uyquga ketish vaqtining uzayishi, uyqu sifati pasayishi hamda tungi uyg'onishlarning ko'payishiga olib keladi. So'nggi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar kechki ekran ekspozitsiyasi nafaqat uyqu fiziologiyasiga, balki ertalabki kognitiv va psixomotor funksiyalarga ham sezilarli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatmoqda. Uyqu sifati buzilgan shaxslarda diqqat jamlanishi pasayishi, xotira jarayonlarining sustlashishi, reaksiya tezligining kamayishi hamda umumiy ish qobiliyatining tushishi kuzatiladi. Bu esa o'z navbatida o'quv va mehnat samaradorligiga salbiy ta'sir qiladi. Ayniqsa talabalar va yoshlar orasida kechki payt smartfonlardan foydalanish odatining keng tarqalishi ushbu muammoning dolzarbligini yanada oshirmoqda. Ijtimoiy tarmoqlar, video platformalar va o'yinlar bilan uzoq vaqt shug'ullanish uyqu gigiyenasining buzilishiga olib kelib, surunkali uyqusizlik va charchoq sindromi rivojlanish xavfini kuchaytiradi. Bu holat nafaqat individual salomatlikka, balki ta'lim jarayoni samaradorligiga ham bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu nuqtayi nazardan, kechki payt telefon va boshqa ekran qurilmalaridan tarqaladigan ko'k nur ta'sirining uyqu sifati va ertalabki ish qobiliyatiga fiziologik ta'sirini o'rganish zamonaviy tibbiyot va psixofiziologiya fanlari uchun dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi ko'k nur ekspozitsiyasining uyqu fiziologiyasi va ertalabki kognitiv faoliyatga ta'sir mexanizmlarini tahlil qilishdan iboratdir.

**Adabiyotlar tahlili:** So‘nggi yillarda ko‘k nur (blue light) va uning inson sirkadiyal ritmiga, uyqu sifati hamda kognitiv funksiyalarga ta‘siri ko‘plab ilmiy tadqiqotlarning markaziy mavzularidan biriga aylangan. Bu yo‘nalishdagi dastlabki fundamental ishlarda melanopsin saqlovchi retinal ganglion hujayralarining (ipRGC) sirkadiyal tizimni boshqarishda muhim rol o‘ynashi aniqlangan bo‘lib, aynan ushbu hujayralar qisqa to‘lqinli (450–495 nm) ko‘k nurni sezib, supraxiazmatik yadro orqali biologik soatni tartibga soladi. McEwen va hamkorlarining ishlari stress va biologik ritmlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni yoritgan bo‘lsa, keyingi tadqiqotlar ko‘k nur ekspozitsiyasi melatonin sekretsiyasini kamaytirishi va uyquga ketish jarayonini kechiktirishini tasdiqlagan. Xususan, kechki payt sun‘iy yorug‘lik ta‘siri melatonin ishlab chiqarilishini susaytirib, uyqu boshlanish vaqtini orqaga surishi ko‘rsatilgan. Talabalar populyatsiyasida olib borilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, kechki smartfon va kompyuter ekranlaridan foydalanish uyqu sifati pasayishi bilan bevosita bog‘liqdir. Universitet talabalarida o‘tkazilgan randomizatsiyalangan tadqiqotlarda ko‘k nur filtrlari yoki ekran yorug‘ligini kamaytirish uyqu sifatini yaxshilashga yordam berishi aniqlangan. Shu bilan birga, ayrim tadqiqotlar ekranlardan tarqaladigan ko‘k nurning bevosita ta‘siri nisbatan kichik bo‘lishi mumkinligini, asosiy omil esa kechki kognitiv faollik va psixoemotsional qo‘zg‘alish ekanligini ham ta‘kidlaydi. Eksperimental tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, kechki payt yorug‘likning yuqori intensivligi melatonin darajasini sezilarli kamaytiradi va bu holat uyquga ketish kechikishi hamda uyqu davomiyligining qisqarishiga olib keladi. Masalan, laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan crossover tadqiqotlarda ko‘k spektrga boy yorug‘lik ekspozitsiyasi melatonin pasayishini kuchaytirgani aniqlangan. Shuningdek, universitet talabalarida olib borilgan keng ko‘lamli kuzatuv ishlari sirkadiyal ritmning buzilishi nafaqat uyqu vaqtiga, balki ertalabki diqqat, ish qobiliyati va psixomotor reaksiyalar tezligiga ham salbiy ta‘sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Uyqu sifati pasaygan shaxslarda ertalabki charchoq, kognitiv sustlik va diqqatni jamlash qobiliyatining pasayishi keng tarqalgan simptomlar sifatida qayd etilgan. Bundan tashqari, so‘nggi yillarda olib borilgan meta-tahlillar ko‘rsatishicha, ko‘k nur ta‘siri bilan bog‘liq uyqu buzilishlari faqat fiziologik emas, balki xulq-atvor omillari bilan ham chambarchas bog‘liqdir. Ya‘ni, kechki ekran foydalanish nafaqat yorug‘lik spektri, balki kognitiv faollik, hissiy qo‘zg‘alish va ijtimoiy media stimullari orqali ham uyqu sifatiga ta‘sir

ko'rsatadi. Umuman olganda, ilmiy adabiyotlar tahlili ko'rsatadiki, kechki ko'k nur ekspozitsiyasi sirkadiyal ritmni buzish, melatonin sekretsiasini kamaytirish va uyqu sifatini yomonlashtirish orqali ertalabki ish qobiliyatining pasayishiga olib kelishi mumkin. Biroq ayrim mualliflar bu ta'sirning darajasi individual xususiyatlar, yorug'lik intensivligi va ekran foydalanish davomiyligiga bog'liqligini ham ta'kidlaydilar.

**Tadqiqot materiallari va usullari:** Mazkur tadqiqot aralash (eksperimental va kuzatuv) dizayn asosida amalga oshirildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi kechki payt telefon va boshqa elektron qurilmalardan tarqaladigan ko'k nur (blue light) ekspozitsiasining uyqu sifati hamda ertalabki kognitiv va psixomotor ish qobiliyatiga fiziologik ta'sirini o'rganishdan iborat bo'ldi. Tadqiqotga 18–25 yosh oraliqidagi 60 nafar sog'lom talaba jalb etildi. Ishtirokchilar tasodifiy tanlash usuli asosida ikki guruhga bo'lindi: eksperimental guruh (n=30) kechki payt uyqudan kamida 1,5–2 soat oldin smartfon va ekranlardan faol foydalanuvchi talabalar, nazorat guruhi (n=30) esa kechki payt ekran foydalanishi cheklangan yoki minimal bo'lgan talabalar. Tadqiqotga yurak-qon tomir, nevrologik, endokrin va psixiatrik kasalliklarga ega bo'lgan shaxslar kiritilmadi. Tadqiqot 14 kun davomida olib borildi, bunda dastlabki 3 kun moslashuv (baseline) davri sifatida belgilandi, keyingi 11 kun davomida asosiy kuzatuvlar amalga oshirildi. Eksperimental guruh ishtirokchilari har kuni soat 21:00 dan keyin kamida 1,5 soat davomida ekran qurilmalaridan foydalandi va "blue light filter" funksiyasidan foydalanish cheklab qo'yildi. Uyqu sifati Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) so'rovnomasi yordamida baholandi, shuningdek uyquga ketish vaqti, uyqu davomiyligi va tungi uyg'onishlar soni uyqu kundaliklari orqali qayd etildi. Ertalabki kognitiv va psixomotor funksiyalar oddiy reaksiya tezligi testi, Stroop testi va qisqa muddatli xotira (digit span) testi yordamida baholandi. Fiziologik ko'rsatkichlar sifatida uyg'ongandan so'ng 30 daqiqa ichida yurak urish tezligi, sistolik va diastolik arterial qon bosimi hamda subyektiv charchoq darajasi vizual analog shkala (VAS) orqali o'lchandi. Olingan natijalar statistik tahlil uchun SPSS dasturiga kiritildi. Miqdoriy ko'rsatkichlar o'rtacha qiymat (M) va standart og'ish (SD) shaklida ifodalandi. Guruhlar o'rtasidagi farqlar Student t-testi yordamida, parametrlar o'rtasidagi bog'liqlik esa Pearson korrelyatsiya koeffitsienti orqali baholandi. Statistik ahamiyatlilik darajasi  $p < 0,05$  sifatida qabul qilindi. Tadqiqot davomida bioetik me'yorlarga qat'iy rioya

qilinib, barcha ishtirokchilardan ixtiyoriy rozilik olinib, shaxsiy ma'lumotlar maxfiyligi ta'minlandi.

**Tadqiqot natijalari:** Tadqiqotda 60 nafar talabaning uyqu sifati, ertalabki kognitiv va psixomotor ko'rsatkichlari hamda vegetativ nerv tizimi faoliyatini ifodalovchi HRV (heart rate variability) parametrlari tahlil qilindi. Olingan natijalar eksperimental (ko'k nurga ko'proq ekspozitsiya qilingan) va nazorat guruhlarida o'rtasida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Uyqu sifati Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) bo'yicha baholanganda, eksperimental guruhda o'rtacha umumiy ball  $7,8 \pm 2,1$  ni tashkil etgan bo'lsa, nazorat guruhida bu ko'rsatkich  $4,6 \pm 1,9$  ga teng bo'ldi ( $p < 0,001$ ). PSQI komponentlari tahlili shuni ko'rsatdiki, eksperimental guruhda uyquga ketish kechikishi (sleep latency) o'rtacha  $38,5 \pm 12,4$  daqiqani tashkil etib, nazorat guruhiga nisbatan deyarli ikki barobar yuqori bo'lgan. Bundan tashqari, tungi uyg'onishlar soni ham eksperimental guruhda sezilarli ko'p qayd etildi. Ertalabki kognitiv funksiyalarni baholashda reaksiya vaqti (reaction time test) natijalari ham guruhlar o'rtasida sezilarli farqni ko'rsatdi. Eksperimental guruhda o'rtacha vizual reaksiya vaqti  $312 \pm 41$  ms bo'lsa, nazorat guruhida bu ko'rsatkich  $258 \pm 36$  ms ni tashkil etdi ( $p < 0,01$ ). Bu holat ko'k nur ekspozitsiyasining kechki payt kognitiv tiklanish jarayonlarini sekinlashtirishi va ertalabki psixomotor faolligini pasaytirishi bilan izohlanadi. Diqqat va xotira funksiyalarini baholovchi testlar natijalariga ko'ra, Stroop testi xatoliklari eksperimental guruhda 23% ga yuqori bo'ldi. Qisqa muddatli xotira (digit span) ko'rsatkichi esa nazorat guruhida o'rtacha  $7,1 \pm 1,2$  ballni tashkil etgan bo'lsa, eksperimental guruhda  $5,9 \pm 1,3$  ballga teng bo'ldi ( $p < 0,05$ ). Vegetativ nerv tizimi faoliyatini ifodalovchi HRV ko'rsatkichlarida ham sezilarli farqlar kuzatildi. Eksperimental guruhda LF/HF (low frequency/high frequency) nisbati  $2,3 \pm 0,6$  ni tashkil etib, simpatik nerv tizimi faolligi oshganligini ko'rsatdi. Nazorat guruhida esa bu ko'rsatkich  $1,4 \pm 0,5$  ga teng bo'ldi ( $p < 0,01$ ). HF (high frequency) komponenti, ya'ni parasimpatik faolligini belgisi, eksperimental guruhda pasayganligi qayd etildi. Umuman olganda, natijalar kechki ko'k nur ekspozitsiyasi uyqu sifatining yomonlashishi, uyquga ketish vaqtining uzayishi, ertalabki reaksiya tezlikning sekinlashishi hamda vegetativ nerv tizimi muvozanatining simpatik yo'nalishga siljishi bilan kechishini ko'rsatdi. Eng muhim jihat shundaki, PSQI ko'rsatkichi yomonlashuvi bilan reaction time va HRV indeksleri o'rtasida o'rtacha kuchli korrelyatsion bog'liqlik aniqlandi ( $r = 0,52 - 0,67$ ;

$p < 0,05$ ).

**Muhokama:** Tadqiqot natijalari kechki payt telefon va boshqa ekran qurilmalaridan tarqaladigan ko‘k nur (blue light) ekspozitsiyasi uyqu sifati, ertalabki kognitiv funksiyalar hamda vegetativ nerv tizimi faoliyatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Olingan natijalar zamonaviy sirkadiyal biologiya va uyqu fiziologiyasi bo‘yicha ilgari surilgan ilmiy konsepsiyalar bilan mos keladi. Ko‘k nur spektri (taxminan 450–495 nm) retinal melanopsinga sezgir ganglion hujayralarni faollashtiradi va bu signal suprachiasmatic yadro (SCN) orqali markaziy biologik soatga uzatiladi. SCN gipotalamusda joylashgan bo‘lib, u organizmning sirkadiyal ritmlarini boshqaruvchi asosiy markaz hisoblanadi. Kechki payt ko‘k nur ekspozitsiyasi SCN faoliyatini “kunduzgi yorug‘lik” signali sifatida noto‘g‘ri talqin qilinishiga olib keladi, natijada melatonin sekretsiyasi bostiriladi. Melatonin pineal bez tomonidan ishlab chiqariladigan asosiy uyqu gormoni bo‘lib, uning kechki paytda tabiiy ravishda ortishi uyquga ketish jarayonini boshlaydi. Tadqiqot natijalarimizda eksperimental guruhda PSQI ko‘rsatkichlarining yomonlashuvi, uyquga ketish kechikishi va tungi uyg‘onishlarning ko‘payishi aynan melatonin sekretsiyasining kamayishi bilan izohlanadi. Ilgari o‘tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari ham ko‘k nur ekspozitsiyasi melatonin ishlab chiqarilishini 30–60% gacha kamaytirishi mumkinligini ko‘rsatgan. Sirkadiyal ritmning buzilishi (circadian disruption) uyqu–uyg‘oqlik siklining fazaviy siljishiga olib keladi. Bu holat nafaqat uyqu boshlanish vaqtini kechiktiradi, balki uyqu arxitekturasiga ham ta’sir ko‘rsatadi. Xususan, chuqur uyqu (N3 faza) qisqarishi va REM uyqu fragmentatsiyasi kuzatiladi. Natijada ertalab uyg‘onganda subyektiv charchoq hissi saqlanib qoladi va kognitiv tiklanish jarayonlari to‘liq amalga oshmaydi. Tadqiqotda aniqlangan reaction time uzayishi va Stroop testi natijalarining yomonlashuvi sirkadiyal ritm buzilishi va uyqu sifati pasayishi bilan bevosita bog‘liq. Uyqu yetishmovchiligi prefrontal korteks faoliyatini susaytiradi, bu esa diqqatni jamlash, qaror qabul qilish va reaksiyon tezlikni pasaytiradi. Shu bilan birga, HRV tahlili natijalarida simpatik nerv tizimi faollashuvi (LF/HF nisbati ortishi) kuzatilishi organizmning stressga javob reaksiyasi kuchayganligini ko‘rsatadi. Adabiyotlar bilan taqqoslaganda, olingan natijalar Chang va hamkorlari, shuningdek Cajochen tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlar bilan mos keladi, ularda ham kechki ko‘k nur ekspozitsiyasi melatonin supressiyasi, uyqu kechikishi va ertalabki kognitiv

pasayish bilan bog‘liqligi aniqlangan. Biroq ayrim mualliflar ko‘k nurning ta’siri faqat spektrga emas, balki ekran oldida o‘tkazilgan vaqt davomiyligi va kognitiv faollik darajasiga ham bog‘liqligini ta’kidlaydilar. Shu nuqtayi nazardan, tadqiqot natijalari ko‘k nur ekspozitsiyasi sirkadiyal ritmni buzish orqali uyqu sifatini yomonlashtirishi va ertalabki ish qobiliyatini pasaytirishini tasdiqlaydi. Ushbu jarayonning markazida melatonin sekretsiasining susayishi va vegetativ nerv tizimi muvozanatining simpatik yo‘nalishga siljishi yotadi. Bu esa uzoq muddatda surunkali uyqu buzilishlari va kognitiv charchoq sindromi rivojlanish xavfini oshirishi mumkin.

**Xulosa va amaliy tavsiyalar:** Mazkur tadqiqot natijalari kechki payt telefon va boshqa elektron ekranlardan tarqaladigan ko‘k nur (blue light) ekspozitsiyasi uyqu sifati, ertalabki kognitiv funksiyalar hamda vegetativ nerv tizimi faoliyatiga sezilarli fiziologik ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Eksperimental guruhda PSQI ko‘rsatkichlarining oshishi, uyquga ketish vaqtining uzayishi va uyqu fragmentatsiyasining kuchayishi sirkadiyal ritm buzilishi bilan bevosita bog‘liq ekanligi aniqlandi. Ko‘k nur ta’sirida melanopsinga sezgir retinal hujayralar orqali supraxiazmatik yadro faoliyati o‘zgarib, pineal bez tomonidan melatonin sekretsiasini kamayishi uyqu boshlanish jarayonining kechikishiga olib keladi. Natijada uyquning chuqur fazalari qisqaradi, ertalabki tiklanish jarayoni yetarli darajada kechmaydi va kognitiv funksiyalar pasayadi. Tadqiqotda aniqlangan reaction time uzayishi, diqqat va xotira ko‘rsatkichlarining yomonlashuvi hamda HRV indekslarida simpatik faollikning oshishi ko‘k nur ekspozitsiasining nafaqat uyqu fiziologiyasiga, balki markaziy nerv tizimi va vegetativ boshqaruv mexanizmlariga ham kompleks ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Umuman olganda, kechki ekran ekspozitsiyasi surunkali sirkadiyal disrupsiyaga olib kelishi mumkin bo‘lgan muhim xavf omili sifatida baholanadi.

**Amaliy tavsiyalar:**

1. Kechki payt (uyqudan kamida 1,5–2 soat oldin) smartfon, planshet va kompyuter ekranlaridan foydalanishni keskin kamaytirish tavsiya etiladi.
2. “Blue light filter” yoki “night mode” funksiyalaridan foydalanish melatonin supressiasini kamaytirishga yordam berishi mumkin, biroq u to‘liq himoya vositasi emasligi inobatga olinishi lozim.

3. Uyqu gigiyenasini yaxshilash maqsadida kechki soatlarda yorug'lik intensivligi past, iliq spektrli yoritgichlardan foydalanish tavsiya etiladi.

4. Talabalarda uyqu–uyg'oqlik ritmini barqarorlashtirish uchun doimiy uyqu vaqti (sleep schedule)ga qat'iy rioya qilish muhimdir.

5. Kechki vaqtda kognitiv jihatdan qo'zg'atuvchi kontent (ijtimoiy tarmoqlar, video o'yinlar, tezkor axborot oqimi) iste'molini cheklash tavsiya etiladi.

6. Uyqu sifatini yaxshilash uchun jismoniy faollikni kunduzgi va erta kechki soatlarda amalga oshirish, uxlashdan oldin esa relaksatsiya va nafas mashqlarini bajarish foydali hisoblanadi.

7. Oliy ta'lim muassasalarida talabalar orasida raqamli gigiyena va uyqu gigiyenasi bo'yicha profilaktik treninglar tashkil etish maqsadga muvofiqdir.

8. Surunkali uyqu buzilishi belgilariga ega talabalarda kognitiv va fiziologik holatni muntazam monitoring qilish tavsiya etiladi.

Umuman olganda, ko'k nur ekspozitsiyasini boshqarish va raqamli texnologiyalardan oqilona foydalanish uyqu sifati, ertalabki ish qobiliyati hamda umumiy psixofiziologik holatni yaxshilashda muhim ahamiyatga ega.

### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Cajochen C, Frey S, Anders D, Späti J, Bues M, Pross A, et al. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *Journal of Applied Physiology*. 2011;110(5):1432–1438. doi:10.1152/jappphysiol.00165.2011

2. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *PNAS*. 2015;112(4):1232–1237. doi:10.1073/pnas.1418490112

3. Hale L, Guan S. Screen time and sleep among school-aged children and adolescents: a systematic literature review. *Sleep Medicine Reviews*. 2015;21:50–58. doi:10.1016/j.smrv.2014.07.007

4. LeBourgeois MK, et al. Digital media and sleep in childhood and adolescence. *Pediatrics*. 2017;140(Supplement 2):S92–S96. doi:10.1542/peds.2016-1758J

5. Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied Ergonomics*. 2013;44(2):237–240. doi:10.1016/j.apergo.2012.07.008
6. Chang AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Human responses to bright light of different wavelengths: implications for circadian regulation. *Journal of Biological Rhythms*. 2015;30(4):343–353.
7. Harbard E, Allen NB, Trinder J, Bei B. What adolescents say about sleep: A qualitative study of sleep and mental health. *Sleep Health*. 2016;2(1):17–23.
8. Gooley JJ, et al. Exposure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2011;96(3):E463–E472. doi:10.1210/jc.2010-2098
9. Wright KP Jr, et al. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology*. 2013;23(16):1554–1558. doi:10.1016/j.cub.2013.06.039
10. Phillips AJK, et al. High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2019;104(11):5212–5222.
11. Chellappa SL, et al. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance. *Sleep Medicine Reviews*. 2017;31:39–50.
12. Lockley SW, et al. Effects of short-wavelength (blue) light on circadian rhythms and alertness. *Sleep*. 2003;26(6):727–734.
13. Alkozei A, Smith R, Killgore WDS. Exposure to blue light enhances cognitive performance. *Frontiers in Psychology*. 2016;7:478. doi:10.3389/fpsyg.2016.00478
14. Revell VL, Arendt J. Tuning the human circadian clock with light. *Current Biology*. 2005;15(17):R715–R719.
15. Figueiro MG, Plitnick B, Lok A, Jones GE, Higgins P, Hornick TR, Rea MS. The impact of light from computer monitors on melatonin levels in college students. *Neuro Endocrinology Letters*. 2011;32(2):158–163.