

**ESTUDI DE LA INCIDÈNCIA DE LA LLUM
I LA SEVA RELACIÓ AMB EL RITME
SON/VIGÍLIA EN ANCIANS
INSTITUCIONALITZATS EN RESIDÈNCIES**

Estudi de la incidència de la llum i la seva relació amb el ritme son/vigília en ancians institucionalitzats en residències

José Ángel Rubiño Díaz
M. Lourdes Amer Forteza
Aurora Sales Balle
Cristina Nicolau Llobera

Resum

El procés d'envelliment comporta generalment alteracions del sistema circadiari. Això encara s'accentua més en persones grans institucionalitzades. La llum incident i el contrast de llum dia/nit actuen com un dels sincronitzadors més potents per intentar atenuar els problemes que ocasiona la cronodisrupció. L'objectiu d'aquest treball ha estat comparar la llum incident en institucions amb dissenys arquitectònics diferents sobre la influència en el sistema circadiari de la gent gran, fonamentalment en el ritme son/vigília, activitat i temperatura perifèrica, variables que defineixen la funcionalitat del sistema circadiari. L'anàlisi dels resultats obtinguts demostren que les diferències en la intensitat de la llum incident repercuteix en el ritme son/vigília dels ancians i permet una atenuació de la cronodisrupció.

Resumen

El proceso de envejecimiento comporta generalmente alteraciones del sistema circadiano. Esto todavía se acentúa más en personas mayores institucionalizadas. La luz incidente y el contraste de luz día/noche actúan como uno de los sincronizadores más potentes para intentar atenuar los problemas que ocasiona la cronodisrupción. El objetivo de este trabajo ha sido comparar la luz incidente en instituciones con diseños arquitectónicos diferentes sobre la influencia en el sistema circadiano de la gente mayor, fundamentalmente en el ritmo sueño/vigilia, actividad y temperatura periférica, variables que definen la funcionalidad del sistema circadiano. El análisis de los resultados obtenidos demuestran que las diferencias en la intensidad de la luz incidente repercute en el ritmo sueño/vigilia de los ancianos y permite una atenuación de la cronodisrupción.

1. Introducció

L'envelliment generalment comporta canvis en el funcionament del sistema circadiari. En redueix l'amplitud, n'augmenta la fragmentació i n'escurça el període del ritme, la qual cosa provoca l'avanç de fase i augmenta la tendència a la dessincronització (Ortiz-Tudela et al., 2012). Aquests canvis probablement són deguts a alteracions en l'organització i l'activitat dels nuclis supraquiasmàtics (NSQ), però també a la deterioració de la qualitat de les entrades sincronitzadores.

Hi ha diverses causes que provoquen la tendència a la dessincronització dels ritmes circadiaris amb la possibilitat de cronodisrupció en l'envelliment. Així, és important la disminució de la secreció de melatonina per part de la glàndula pineal, amb una disminució dràstica

que ja és molt marcada a partir dels 40 o 50 anys, la qual cosa constitueix un marcador d'envelliment del sistema circadiari (Karasek, 2004; Reiter, 2006). També és notable que amb l'edat aparegui debilitat dels *zeitgebers* o sincronitzadors biològics, a causa de l'escassa exposició a cicles de llum/foscor, alteracions en la funció visual, com la deterioració del senyal nerviós i la dificultat de la transmissió de la llum a través del cristal·lí, ja que es va fent més opac. També disminueix el diàmetre de la retina, la qual cosa que provoca que cada vegada sigui més ampli el llindar de llum necessària durant el dia (Turner et al., 2015).

Els ancians institucionalitzats generalment estan exposats a baixes intensitats de llum natural diürna o bé estan sotmesos a llum artificial de baixa intensitat. A més, els problemes de mobilitat i els canvis fisiològics de la còrnia i sistema circadiari poden comportar una falta d'acoblament del rellotge biològic amb la llum, com a sincronitzador més potent. Tan important com la llum diürna és l'obscuritat nocturna. Un bon contrast llum-dia / obscuritat-nit assegura una consolidació adequada dels ritmes.

Les conseqüències de la cronodisrupció amb l'envelliment solen reflectir-se en un augment de la latència i de la fragmentació de son, somnolència diürna i més producció d'orina a la nit i, per tant, altera la funcionalitat del sistema circadiari. No obstant això, aquestes conseqüències també afecten cognitivament, ja que s'ha vist que la dessincronització del ritme son/vigília afecta la memòria i el processament d'informació (Oosterman et al., 2009), per la qual cosa pot estar relacionada amb la demència senil.

2. Hipòtesi i objectius

Amb aquests antecedents es va dissenyar un estudi per a tres residències, localitzades a Mallorca, una de les quals com a residència tipus (R1), construïda el 1982 i dues residències del grup DomusVi: Can Carbonell (R2) i Costa d'en Blanes (R3), de construcció més recent, el 2007. Aquestes últimes van ser triades pel seu disseny arquitectònic, ja que aparentment presentaven una incidència de llum natural més elevada. Les residències tenien rutines generals i sanitàries semblants. Es pretenien observar les diferències del ritme son/vigília dels ancians que hi residien d'acord amb els objectius següents:

1. Comparar l'exposició a la llum natural de les dues residències pertanyents al grup DomusVi (R2 i R3) amb una residència tipus (R1).
2. Comparar la llum incident real a la qual estan exposats els ancians durant el període de registre a les tres residències.
3. Relacionar la incidència de llum i tots aquells paràmetres relacionats amb el ritme son/vigília, i les variables d'activitat i temperatura perifèrica, marcadors del ritme circadiari.

3. Material i mètodes

3.1. Subjectes

Els subjectes d'estudi es varen seleccionar entre aquells ancians que feia més d'un any que estaven institucionalitzats en cadascuna de les residències i seguint els criteris d'inclusió i exclusió següents:

Inclusió

- Subjectes més grans de 70 anys, institucionalitzats des de feia més d'un any, a les residències R1, R2 i R3.
- Subjectes sense alteracions visuals i auditives perceptibles.
- Subjectes amb MMSE > 26 segons criteris establerts a partir del Mini-Mental State Examination (Eidsofer, 1992).
- Subjectes que signaren el consentiment informat.

Exclusió

- Subjectes que participaven en algun altre assaig clínic.
- Subjectes que prenen medicació que pogués afectar la sincronització del cicle son/vigília.

Es van seleccionar un total de 28 subjectes, 3 dels quals es varen descartar durant el desenvolupament de l'estudi, perquè es van llevar els sensors en algun moment. Els 25 subjectes participants eren d'ambdós sexes i > 70 anys ($76 \pm 5,6$), 15 institucionalitzats a les residències R2 i R3 i 10 a la residència R1.

L'estudi va comptar amb l'aprovació del Comitè Ètic de Recerca Clínica (CEIC) de les Illes Balears (IB 1409/10 PI).

3.2. Mètode

Es van utilitzar tres tipus de sensors per enregistrar les tres variables que van permetre estudiar el ritme circadiari son/vigília dels subjectes: llum, activitat i temperatura perifèrica (TP) (figura 1). Els sensors utilitzats estan validats per a registres de son en adults (Ortiz-Tudela et al., 2010; Sarabia et al., 2008), i són fiables per a l'avaluació de ritmicitat circadiària:

- Sensors de llum HOBO® Pendant Temperature/*Light (Onset Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, EUA), que registren la intensitat de la llum. Els sensors es deixaven a les diferents estances de les tres residències durant un període de dues setmanes, tenint en compte, únicament, els registres de dilluns a divendres. Els sensors també els portaven els ancians a manera de penjoll al coll per enregistrar la intensitat de llum real a la qual estaven exposats.
- Sensor Hobo® Pendant G Acceleration i sensor Ibutton (Termochron® iButton®; MaximIntegrated T, San José, CA, O.S.), per als registres d'activitat i TP respectivament dels subjectes. En el cas de l'activitat, es col·locava al braç i en el cas de la temperatura perifèrica al canell, al costat de l'artèria radial, i novament es tenien en compte només els dies laborables (figura 1).



Figura 1. Esquema dels sensors emprats per a la determinació dels diferents paràmetres: activitat (braç), TP (canell) i llum (penjoll)

L'estudi es va dividir en dues parts:

1. Es va fer una anàlisi comparativa de la intensitat de la llum d'exposició de les tres residències. Es col·locaren els sensors de llum als llocs comuns, oberts i tancats, i a les habitacions representatives, de diferents plantes, durant un període de 2 setmanes (excepte els caps de setmana pels canvis de rutina).
2. Es va analitzar la intensitat de la llum, l'activitat i la TP dels subjectes durant el mateix període de 2 setmanes (excepte els caps de setmana) a partir dels tres sensors que portaven el subjectes (figura 1) durant tot el dia, exceptuant-ne els moments de la higiene diària. El sensor de llum es llevava durant el període de son i es deixava al costat del subjecte.

Els sensors eren programats per enregistrar i emmagatzemar les dades cada 10 minuts.

3.3. Anàlisi de dades

La informació emmagatzemada a partir dels sensors va ser sotmesa a un filtratge automàtic per poder eliminar possibles artefactes, per exemple, quan els ancians es llevaven els sensors a l'hora de la higiene, i es descartaven els valors que es desviessin més de 3 vegades la desviació estàndard de la mitjana (± 3 sobre la desviació estàndard abasta el 99,7% de

la distribució normal de les dades) (Ortíz-Tudela et al., 2010). També es van descartar els valors registrats durant el cap de setmana per canvi d'hàbits.

Per caracteritzar els ritmes d'activitat i TP dels subjectes es van dur a terme proves paramètriques i no paramètriques: 1. Mètode de Cosinor (mètode d'anàlisi propi de la cronobiologia) que calcula els paràmetres rítmics principals: el MESOR o Midline Estimating Statistics of Rhythm (mitjana de tots els valors de la variable estudiada durant un període complet), l'acrofase (hora del dia en què la variable és màxima) i l'amplitud (diferència entre el MESOR i el valor màxim que s'ha obtingut de la variable) (Díez-Noguera, 2006). 2. Test de Rayleigh, que calcula el grau d'homogeneïtat de fase del període analitzat, i és un indicador de l'estabilitat de la sincronització del ritme.

Sovint, els ritmes circadiaris de l'espècie humana no apareixen sinusoïdals. Per aquest motiu també es varen analitzar amb tècniques no paramètriques (Carvalho-Bos et al., 2007), i es va determinar l'índex de funció circadiària (CFI), que mesura la robustesa de la ritmicitat circadiària dels subjectes (Ortíz-Tudela et al. 2010) i proporciona, entre altres, dos paràmetres importants: variabilitat interdiària o VI (paràmetre que indica el nivell de fragmentació del ritme) i l'estabilitat interdiària o EI (similitud entre els diferents cicles de 24 hores).

Totes les anàlisis paramètriques i no paramètriques es van calcular mitjançant el programari Circadianware v7.1.1. (Campos et al., 2010) i els resultats es presenten com a mitjana \pm l'error estàndard de la mitjana (SEM).

4. Resultats

4.1. Intensitat de llum incident

Les característiques de disseny de les residències R2 i R3, quant a l'exposició a la llum natural, són molt diferents a les de l'R1, una residència molt més antiga i amb un disseny que impossibilita en moltes de les plantes de què consta l'exposició a la llum solar. Per tant, ja partíem de la premissa que la diferència quant a l'exposició a la llum incident era significativament diferent en els dos tipus de residències, premissa que es va confirmar després dels resultats obtinguts.

Per dur a terme aquesta anàlisi col·loquem els sensors de llum en diferents sales i espais comuns (oberts i tancats) i habitacions representatives, per orientació i per planta, durant un període de dues setmanes. Ens interessava el registre de llum a les sales comunes durant les hores del dia, que era on els ancians passaven la major part del temps, i el registre de llum a les habitacions durant el període nocturn, on els ancians dormien. Partíem d'horaris i rutines similars a les tres residències.

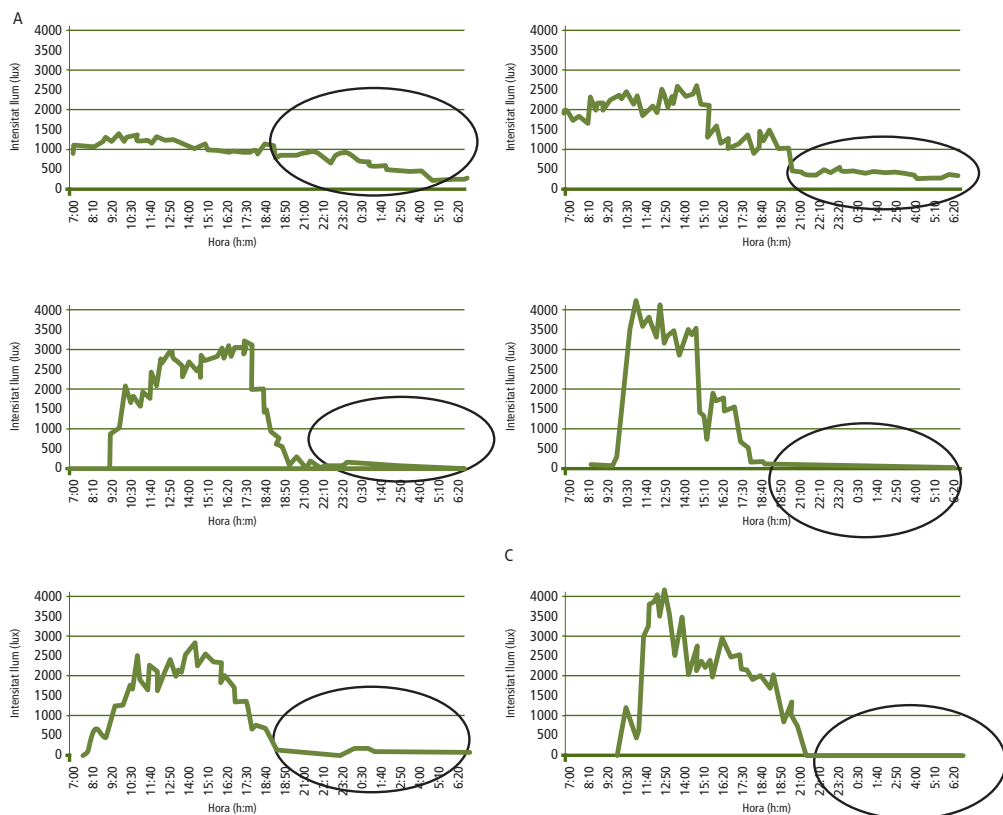
Les estances analitzades van ser habitacions de les plantes superior i inferior de cada residència (representatives per orientació) i els llocs comuns (sales de teràpies, menjadors, terrasses, gimnàs, sales de descans i cafeteries).

La disponibilitat de llum de les residències es va calcular d'acord amb intensitat mitjana de llum (IM) al llarg d'un període circadiari (24 hores).

De tots els resultats, presentem, en primer lloc, els corresponents a l'enregistrament de les habitacions de les diferents plantes (gràfic 1):

Gràfic 1 | *D. Mitjana de la incidència de llum al llarg de 24 h, a les diferents habitacions de les tres residències*

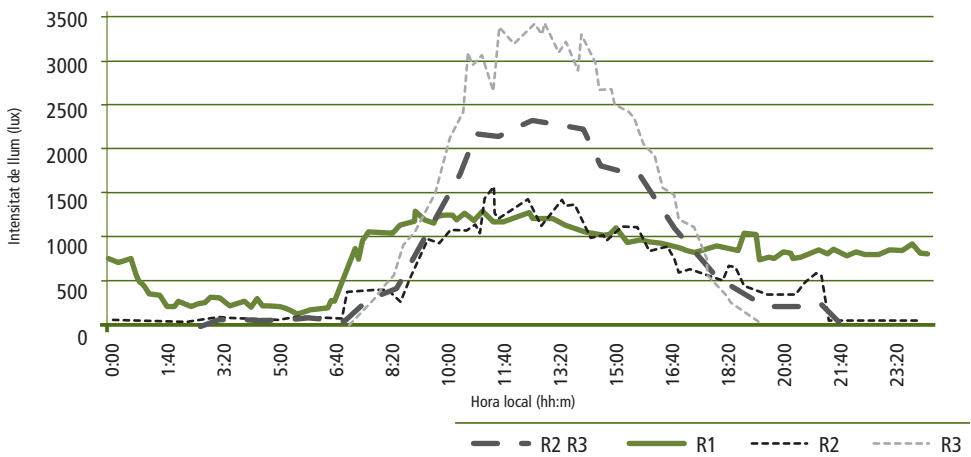
Les figures de l'esquerra corresponen a les plantes inferiors i les de la dreta a les plantes superiors: A) R1; B) R2; C) R3. Els cercles corresponen a la llum del període nocturn



Observant la figura, el que més crida l'atenció no és tan sols la intensitat de la llum incident durant el dia, molt elevada a les residències R2 i R3, sinó sobretot la intensitat de la llum incident a la nit, donada la importància que té el contrast dia/nit en la ritmicitat circadiària. Les residències R2 i R3 tenen una incidència de llum en el període nocturn molt baixa, i sovint gairebé nul·la, la qual cosa assegura un descans nocturn adequat (B, C) i pot incidir en la consolidació del ritme son/vigília; en canvi, pot observar-se que en l'R1 els llums durant la nit romanen encesos, sigui a les mateixes habitacions o als passadissos que hi donen. Pot veure's en el gràfic corresponent (A) que a altes hores de la matinada encara se segueixen registrant intensitats superiors als 400 lux.

Donats els resultats anteriors, es va procedir a reunir les dades per comparar les tres residències i es van passar de nou els resultats a 24 hores (figura 3). Pel que fa al període diürn (7-21 h), corresponen a les àrees comunes i exteriors, on els ancians es mouen generalment durant el dia. A partir de les 21 h corresponen als sensors de les habitacions, on els ancians dormen. La separació de les franges horàries dels dos períodes es va fer en relació amb els horaris rutinaris de les residències, que en totes era similar. Al gràfic 2 també es representa la mitjana de la intensitat de llum R2 i R3.

Gràfic 2 | Comparació de la mitjana d'exposició a la llum en les diferents residències al llarg de 24 hores



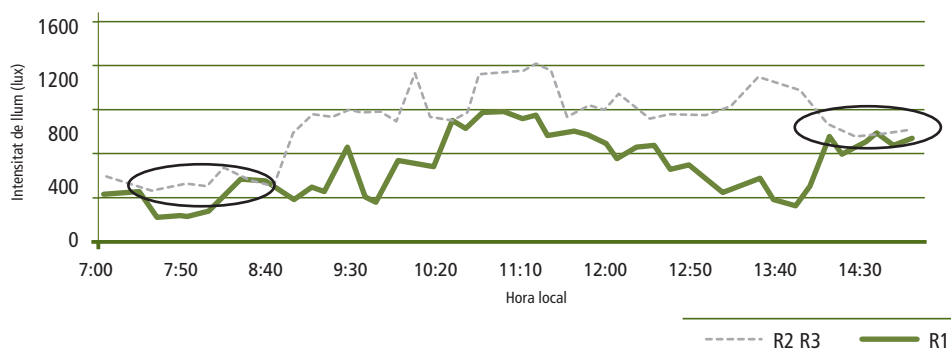
La quantitat d'intensitat de la llum registrada a les residències del grup va ser molt elevada durant el dia. Cal observar principalment les intensitats de llum de les residències R2 i R3 juntes, amb intensitats de llum que gairebé arriben a 2500 lx al migdia. En contrast, la llum a l'R1 mai va excedir 1.400 lx. Durant el període nocturn els nivells de llum eren molt

baixos a les residències R2 i R3 i no mostraven canvis a partir de les 21 h. En canvi, a l'R1 la foscor total (< 20 lx) mai va ser aconseguida durant tota la nit, amb valors que van oscil·lar al voltant de 200 lx.

4.2. Comparació de la intensitat de llum rebuda pels subjectes

Una vegada establertes les diferències de llum entre les residències, l'interessant era comparar les intensitats de llum real rebuda per cadascuna i, de mitjana, de tots els subjectes a partir dels registres dels sensors que portaven els ancians a manera de penjoll en un període circadiari (24 hores). Les figures 5 i 6 representen aquests resultats en dues franges horàries importants; la llum del matí, que és la que pot influir més en el sistema circadiari (gràfic 3) i la llum del vespre per observar el contrast dia/nit (gràfic 4).

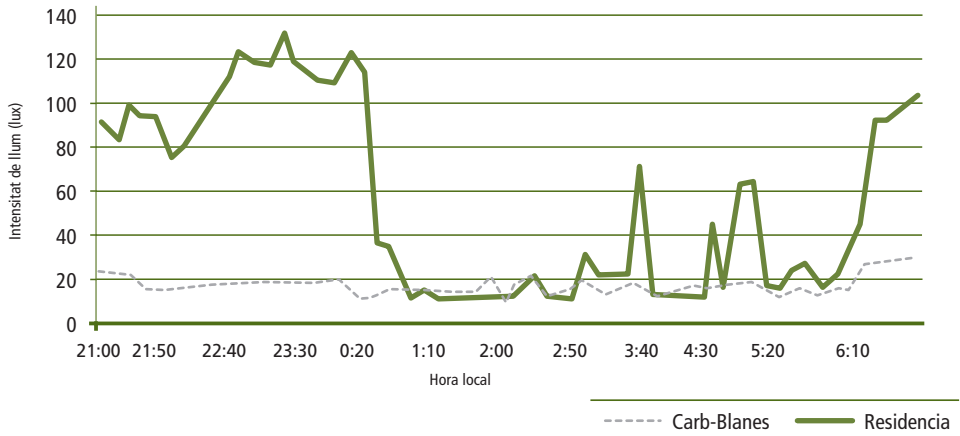
Gràfic 3 | *Comparació de la intensitat de llum percebuda pels ancians durant la franja horària del matí (de 7 a 15 h)*



El gràfic 3 mostra, novament, que la llum percebuda pels subjectes entre les 9 i les 14 h és consistentment més gran a les residències R2 i R3. Els moments en els quals desapareix la diferència (cercles negres en la figura) coincideixen amb els moments en els quals els ancians han d'estar sotmesos a llum artificial similar, per exemple, durant les hores del menjar o l'hora de despertar-se.

El gràfic 4, pot observar-se que els ancians de l'R1 van rebre intensitats de llum elevades en la primera meitat de la nit, si ho comparem amb les residències del grup, amb augments sobtats de llum durant la nit. D'altra banda, la llum en aquest període sempre va començar a una hora més primerenca (6 h) en comparació amb les residències del grup (7 h). La llum de nit a les R2 i R3 mai va superar els 30 lx.

Gràfic 4 | Comparació de la intensitat de llum percebuda pels ancians durant la franja nocturna (de 21 a 7 h)

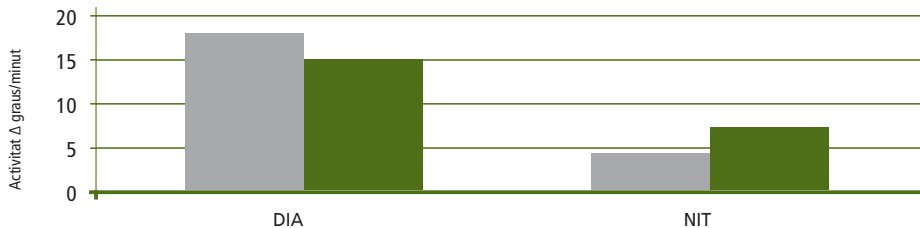


4.3. Variables relacionades amb el ritme son/vigília: activitat i TP comparant residències

4.3.1. Registre de l'activitat diària

Va ser interessant observar si apareixien canvis en l'activitat diürna i nocturna dels subjectes (a partir de la informació dels sensors d'activitat). Els resultats es presenten al gràfic 5.

Gràfic 5 | Comparació del registre de l'activitat diària dels subjectes separant les dues franges horàries (dia i nit)



Estadística t Student, mitjanes relacionades (R1/R2-R3, dia $p = 0,000$; R1/R2-R3, nit $p = 0,000$)

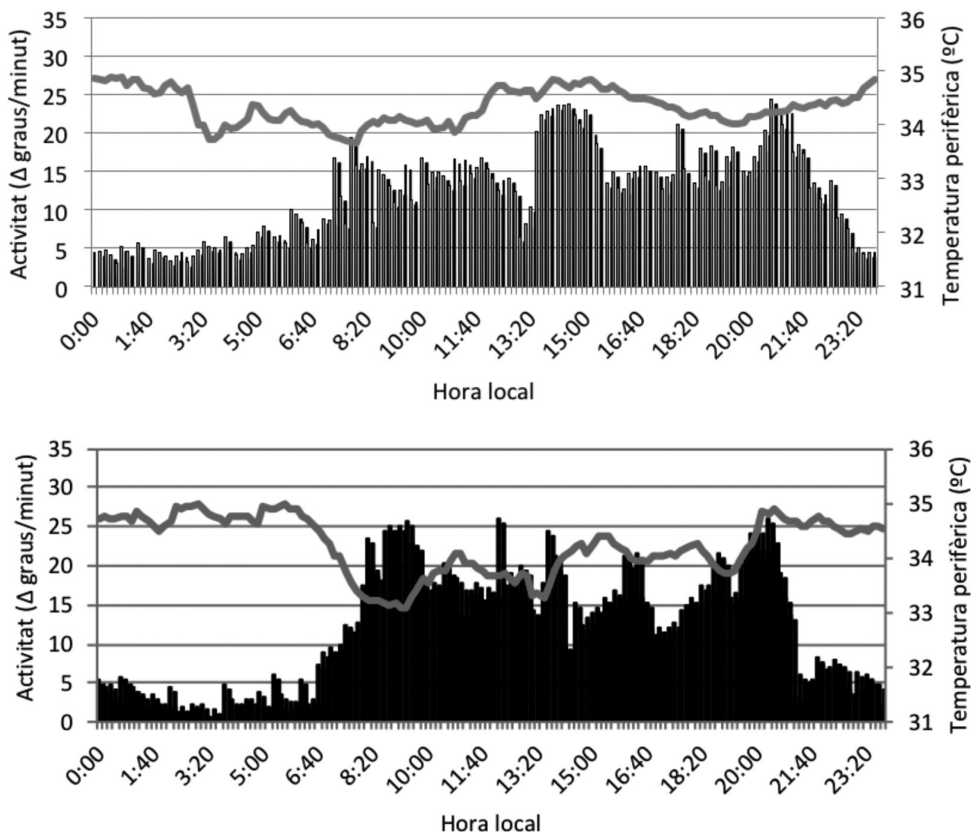
El gràfic 5 mostra diferències significatives entre l'activitat de les residències del grup i la residència 1. Una quantitat de llum més gran rebuda pels subjectes durant el dia

(gràfic 3), com ocorre a les residències del grup, es tradueix en una activitat més elevada. La relació s'inverteix, com podíem esperar, a la nit. Una activitat disminuïda a la nit implica un descans nocturn més important i una fragmentació del son més reduïda, que en els ancians és un problema freqüent. El contrast entre dia i nit a les residències del grup afavoreix aquesta fragmentació més petita.

4.3.2. Comparació del ritme d'activitat - TP dels subjectes

Com s'ha dit anteriorment, l'anàlisi de la TP juntament amb la de l'activitat és un bon sistema per avaluar l'estat del sistema circadiari humà en condicions normals.

Gràfic 6 | *Comparació de mitjanes de ritme circadiari d'activitat - TP dels subjectes (activitat en barres i temperatura en línia contínua)*



En el gràfic 6 pot observar-se que els ritmes són diferents en els subjectes de les diferents residències. En els subjectes de les residències del grup hi ha un ritme d'activitat i TP més

marcat que en els de la residència tipus. Així, la TP apareix clarament elevada durant la nit i baixa durant el dia, amb un clar descens cap a les 7 h del matí, propi del moment de despertar-se i, per contra, hi ha un augment que s'observa al voltant de les 21 h, propi del moment d'anar-se'n a dormir. En el cas de la residència tipus, els increments i descensos apareixen de forma molt més feble, i fan que el ritme sigui molt més aplanat. De la mateixa manera, els nivells d'activitat apareixen més baixos i constants durant la nit a les residències del grup, la qual cosa indica més qualitat del repòs en comparació amb els subjectes de la residència tipus, en què l'activitat a la nit és molt més elevada, la qual cosa pot indicar, com ja s'ha dit anteriorment, un son alterat i més fragmentat.

Per analitzar totes aquestes observacions a partir dels gràfics, es va dur a terme l'anàlisi de les dues variables mitjançant proves paramètriques i no paramètriques, que van permetre caracteritzar els ritmes d'activitat i TP dels subjectes en 24 hores. El programari Circadianware v7.1.1. (vist anteriorment) ens va proporcionar les dades de l'amplitud, acrofase, constant de Rayleigh, el valor de CFI i l'estabilitat (EI) diària (VI) dels dos ritmes, TP i activitat. Els resultats apareixen en la taula 1.

Taula 1 | *Paràmetres circadiaris del ritme de TP i activitat dels subjectes.*

TEMPERATURA						
	Amplitud	Acrofase	Rayleigh	CFI	EI	VI
R2-3	1,77 ± 0,17	1.23	0,97 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,56 ± 0,04	0,13 ± 0,015
R1	na	na	0,79 ± 0,04	0,52 ± 0,04	0,51 ± 0,04	0,17 ± 0,04
p valor R1 /R2-R3	--	--	0,001	ns	0,05	0,00
ACTIVITAT						
	Amplitud	Acrofase	Rayleigh	CFI	EI	VI
R2-3	6,79 ± 0,7	14.38	0,79 ± 0,05	0,54 ± 0,01	0,46 ± 0,02	0,79 ± 0,09
R1	6,56 ± 0,8	1.45	0,74 ± 0,06	0,48 ± 0,04	0,32 ± 0,02	0,94 ± 0,05
p valor R1 /R2-R3	ns	0,01	0,05	0,03	0,03	0,00

Els índexs estan expressats en mitjana ± SEM. Estadística t de Student, comparació de mitjanes relacionades. Ns: no significatiu; na: no aplicable

Podem observar una sèrie de diferències: l'amplitud, que és indicativa de la ritmicitat, a l'R1 no es va poder valorar per la falta de ritme de TP. L'activitat apareix més elevada en els subjectes de R2-R3. L'acrofase, hora del dia en què la variable és màxima, per la falta de ritme, no es va poder valorar a R1; en el cas de l'activitat, està més retardada en els ancians de R2-R3 mima. Això és important si pensem que en el cas dels ancians l'avançament de fase és una de les alteracions més freqüents. A les residències del grup també es va registrar un ritme més estable de TP que es reflecteix amb un test de Rayleigh proper a la

unitat (0,97), també caracteritzat per un lleuger increment de l'estabilitat interdiària (EI) i variabilitat interdiària més baixa (VI) respecte a la residència tipus. En canvi, no apareixen diferències entre els índexs CFI de les dues residències. Respecte als paràmetres d'activitat, novament el ritme es mostra més marcat a les residències del grup, amb una acrofase més retardada. El test de Rayleigh, el CFI i l'EI també són més elevats a les residències del grup, la qual cosa demostra un ritme més accentuat i estable, alhora que la variabilitat disminueix.

5. Discussió i conclusions

Els resultats apunten al fet que l'estructura arquitectònica triada per al disseny de centres futurs resultarà crucial per contribuir a mantenir el ritme de son/vigília dels ancians institucionalitzats, per la qual cosa també cal tenir en compte la seva repercussió en una bona salut i en una millora de la qualitat de vida. Per exemple, les conclusions de nombrosos estudis defensen que l'exposició a la llum brillant durant el dia millora de manera substancial l'estat de diferents patologies com la depressió estacional o la malaltia d'Alzheimer (Satlin et al., 1992), i alhora contribueix a augmentar els nivells de melatonina secretada durant la nit (Ortiz-Tudela et al., 2012). D'altra banda, millorar la robustesa de ritme circadiari és crucial per reduir la fragmentació del son, ja que aquesta es relaciona amb dèficits cognitius més importants que es caracteritzen per una memòria reduïda i menys velocitat de processament (Oosterman et al., 2009).

A més, l'exposició a la llum durant el dia no només afecta físicament, sinó també emocionalment. Mitjançant nombrosos estudis s'ha demostrat que una bona exposició a la llum brillant durant el dia ajuda a mantenir millors estats emocionals, caracteritzats sobretot per un increment de l'activació del sistema de recompensa que potencia la motivació (Murray et al., 2009; Dumont et al., 2007). També s'ha vist que els nivells de síntesi i alliberament de la majoria de neurotransmissors implicats en la regulació de l'estat d'ànim, incloent-hi la serotonina, la noradrenalina i la dopamina, incrementen o disminueixen en l'organisme seguint un ritme circadiari (McClung, 2007). Un exemple dels efectes de la llum en l'estat afectiu és el cas del trastorn afectiu estacional (SAD), incident sobretot a les regions temperades, que implica episodis depressius durant els mesos de tardor-hivern, quan es reben menys hores de llum (Dumont et al., 2007). Així, el cicle de llum/fosc al qual es vegin sotmeses les persones grans determinarà en gran manera el seu estat de motivació i la qualitat de vida.

En resum, la deterioració del sistema circadiari que es dona amb l'envelliment implica que hagi de donar-se encara més importància a l'exposició als sincronitzadors externs. Com que el cicle de llum/fosc és el sincronitzador més potent, fàcil i assequible de manera regular, és important que adquireixi més rellevància entre les prioritats de les persones

grans. No obstant això, no s'ha d'oblidar que existeixen altres sincronitzadors que ajuden a mantenir un ritme de son/vigília correcte, com el contacte social, l'activitat física durant el dia i mantenir horaris regulars de menjars.

Basant-nos en tot això, de l'estudi dut a terme, podem concloure el següent:

- I. La comparació entre les tres residències quant a incidència de llum natural ha demostrat que un bon disseny arquitectònic unit a mesures adoptades per facilitar el contrast de llum dia/nit incrementa molt la intensitat de llum real rebuda pels subjectes durant el dia i assegura un repòs nocturn en foscor gairebé plena.
- II. Les conseqüències de l'anterior es comproven quan s'analitza el ritme son/vigília dels subjectes que hi estan institucionalitzats. Hem pogut comprovar que les residències R2 i R3, de mitjana, asseguren un ritme sincronitzat son/vigília demostrat per un ritme d'activitat - TP robust, la qual cosa disminueix o atenua la cronodisrupció.
- III. D'altra banda, millorar la robustesa de ritme circadiari és crucial per reduir la fragmentació del son, i millorar alguns paràmetres que hi estan relacionats, com els dèficits cognitius, que es caracteritzen per alteracions de determinats tipus de memòria i de la velocitat de processament (Oosterman et al., 2009).

Referències bibliogràfiques

Berson, D. M., Dunn, F. A. i Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295(5557), 1070-1073.

Cagnacci, A., Elliott, J. A. i Yen, S. S. (1992). Melatonin: a major regulator of the circadian rhythm of core temperature in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 75(2), 447-452.

Cajochen, C., Munch, M., Kobińska, S., Kräuchi, K., Steiner, R., Oelhafen, P., Orgül, S. i Wirz-Justice, A. (2005). High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(3), 1311-1316.

Campos, M., Marín-Morales, R., Madrid, J. A., Rol, M. A., Sosa, J., Sosa, M., Sarabia, J. A., Ortiz-Tudela, E., Martínez-Nicolás, A., Mondéjar, A. T. i Baño, O. B. (2010). Circadianware. Spain Patent 08/2010/183.

Carvalho-Bos, S. S., Riemersma-van der Lek, R. F., Waterhouse, J., Reilly, T. i Van Someren, E. J. (2007). Strong association of the rest-activity rhythm with well-being in demented elderly women. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 15(2), 92-100.

Cassone, V. M., Warren, W. S., Brooks, D. S. i Lu, J. (1993). *Melatonin, the pineal gland, and circadian rhythms*. Texas A and M Univ., College Station Dept. of Biology.

McClung, C. A. (2007). Circadian genes, rhythms and the biology of mood disorders. *Pharmacology & therapeutics*, 114(2), 222-232.

Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., Ronda, J. M., Silva, E. J., Allan, J. S., Emens, J. S., Dijk D. J. i Kronauer R. E. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177-2181.

Díez-Noguera, A. (2006). Representación gráfica y análisis de datos en Cronobiología. *Cronobiología básica y clínica*. Madrid: Editec@ red SL, 102-107.

Dumont, M., i Beaulieu, C. (2007). Light exposure in the natural environment: relevance to mood and sleep disorders. *Sleep Medicine*, 8(6), 557-565.

Eisdofer et al. (1992). An empirical evaluation of the global deterioration scale for staging Alzheimer's. *American Journal Psychiatry*, 149, 190-194.

- Folstein, M. F., Folstein, S. E. i McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198.
- Gronfier, C., Wright, K. P., Kronauer, R. E. i Czeisler, C. A. (2007). Entrainment of the human circadian pacemaker to longer-than-24-h days. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(21), 9081-9086.
- Karasek, M. (2004). Melatonin, human aging, and age-related diseases. *Experimental Gerontology*, 39(11-12), 1723-1729.
- Khalsa, S. B. S., Jewett, M. E., Cajochen, C. i Czeisler, C. A. (2003). A phase response curve to single bright light pulses in human subjects. *The Journal of Physiology*, 549(3), 945-952.
- Kräuchi, K., Cajochen, C., Werth, E., i Wirz-Justice, A. (2000). Functional link between distal vasodilation and sleep-onset latency? *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278(3), R741-R748.
- Madrid, J. A. i de Lama, Á. R. (2006). *Cronobiología básica y clínica*. Editec@ red.
- Martínez-Nicolás, A., Ortiz-Tudela, E., Madrid, J. A. i Rol, M. A. (2011). Crosstalk between environmental light and internal time in humans. *Chronobiology International*, 28(7), 617-629.
- Martínez-Nicolás, A., Ortiz-Tudela, E., Rol, M. A. i Madrid, J. A. (2013). Uncovering different masking factors on wrist skin temperature rhythm in free-living subjects. *PLoS One*, 8(4), e61142.
- Middleton, B., Stone, B. M. i Arendt, J. (2002). Human circadian phase in 12: 12 h, 200: <8 lux and 1000: < 8 lux light-dark cycles, without scheduled sleep or activity. *Neuroscience Letters*, 329(1), 41-44.
- Minors, D. S., Waterhouse, J. M. i Wirz-Justice, A. (1991). A human phase-response curve to light. *Neuroscience Letters*, 133(1), 36-40.
- Most, E. I., Scheltens, P. i Van Someren, E. J. (2010). Prevention of depression and sleep disturbances in elderly with memory-problems by activation of the biological clock with light-a randomized clinical trial. *Trials*, 11(1), 19.
- Murray, G., Nicholas, C. L., Kleiman, J., Dwyer, R., Carrington, M. J., Allen, N. B. i Trinder, J. (2009). Nature's clocks and human mood: The circadian system modulates reward motivation. *Emotion*, 9(5), 705.

Oosterman, J. M., Van Someren, E. J., Vogels, R. L., Van Harten, B. i Scherder, E. J. (2009). Fragmentation of the rest-activity rhythm correlates with age-related cognitive deficits. *Journal of Sleep Research*, 18(1), 129-135.

Ortiz-Tudela, E., De los Ángeles Bonmatí-Carrión, M., De la Fuente, M. i Mendiola, P. (2012). La cronodisrupción como causa de envejecimiento. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 47(4), 168-173.

Ortiz-Tudela, E., Martinez-Nicolas, A., Campos, M., Rol, M. Á. i Madrid, J. A. (2010). A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans. *PLoS Computational Biology*, 6(11), e1000996.

Phipps-Nelson, J., Redman, J. R., Schlangen, L. J. i Rajaratnam, S. M. (2009). Blue light exposure reduces objective measures of sleepiness during prolonged nighttime performance testing. *Chronobiology International*, 26(5), 891-912.

Reiter, R. J. (2006). Contaminación lumínica: supresión del ritmo circadiano de melatonina y sus consecuencias para la salud. *Cronobiología Básica y Clínica*, 269-289.

Rosenthal, N. E., Sack, D. A., Gillin, J. C., Lewy, A. J., Goodwin, F. K., Davenport, Y., Mueller, P. S., Newsome, D. A. i Wehr, T. A. (1984). Seasonal affective disorder: a description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. *Archives of General Psychiatry*, 41(1), 72-80.

Sarabia, J. A., Rol, M. A., Mendiola, P. i Madrid, J. A. (2008). Circadian rhythm of wrist temperature in normal-living subjects: A candidate of new index of the circadian system. *Physiology and Behavior*, 95(4), 570-580.

Satlin, A., Volicer, L., Ross, V., Herz, L. i Campbell, S. (1992). Bright light treatment of behavioral and sleep disturbances in patients with Alzheimer's disease. *The American Journal of Psychiatry*, 149(8), 1028.

Tang, I. H., Murakami, D. M. i Fuller, C. A. (1999). Effects of square-wave and simulated natural light-dark cycles on hamster circadian rhythms. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 276(4), R1195-R1202.

Turner, P. L. i Mainster, M. A. (2008). Circadian photoreception: ageing and the eye's important role in systemic health. *British Journal of Ophthalmology*, 92(11), 1439-1444.

Autors

JOSÉ ÁNGEL RUBIÑO DÍAZ

Motril, Granada (1978). Núm. de col.: B-01648. Llicenciat en Psicologia per la Universitat de Granada. Expert en Neuropsicologia Clínica i Demències (ISEP i UOC). Diploma d'Estudis Avançats (UNED). Màster en Neurociències. Doctorand en Neurociències, amb la tesi: «Atenuació de la cronodisrupció en poblacions d'ancians institucionalitzats». Membre del Grup d'Investigació de la UIB en Neurofisiologia del Son i dels Ritmes Biològics (UIB-IdISBa). Ha publicat diferents treballs científics en els àmbits de la psicogerontologia, neuropsicologia i cronobiologia.

M. LOURDES AMER FORTEZA

Llicenciada en Dret per la Universitat de les Illes Balears, el 1993, curs superior de Direcció de Centres de Serveis Socials per la Cambra de Comerç de les Illes Balears, el 2006. Comença la seva carrera laboral com a advocada i, el 2003, ocupa el càrrec de directora gerent de l'Institut Balear d'Afers Socials del Govern de les Illes Balears. El 2004, passà a dirigir el Departament Jurídic del Consorci de Recursos Sociosanitaris i Assistencials de Mallorca. Finalment, l'any 2006 s'incorporà a SARquavitae amb el càrrec de directora territorial de les Illes Balears. Actualment, ocupa el mateix lloc a DomusVi.

AURORA SALES BALLE

Palma (1987). Diplomada en Treball Social per la Universitat de les Illes Balears (UIB). Titulació d'Expert Universitari en Atenció Geriàtrica i Gerontològica, títol propi de la UIB. Des de 2013, ha desenvolupat la seva carrera professional en diferents organismes tant públics com privats, des de 2016, en serveis sociosanitaris i d'atenció a la dependència, en centres residencials del Grup DomusVi, amb funcions de treballadora social. Actualment, és coordinadora del Centre de Dia Son Dureta, gestionat pel mateix grup.

CRISTINA NICOLAU LLOBERA

Palma (1960). Doctora en Biologia per la Universitat de les Illes Balears. Professora titular de la UIB. Cap del grup d'investigació de la UIB-IUNICS- IdISBa Neurofisiologia del Son i dels Ritmes Biològics. Les seves línies d'investigació són els estudis del son i dels ritmes circadianis, la neurofisiologia del comportament i la neurofisiologia de l'envelliment.

Des de fa cinc anys aproximadament la seva investigació està centrada en l'envelliment i l'estudi dels ritmes circadianis, principalment el ritme son-vigília. Ha publicat 57 articles en revistes indexades nacionals i internacionals i ha dirigit tres tesis i nou treballs de fi de màster. Actualment, dirigeix la tesi de José Rubiño sobre l'atenuació de la cronodisrupció en poblacions d'ancians institucionalitzats.