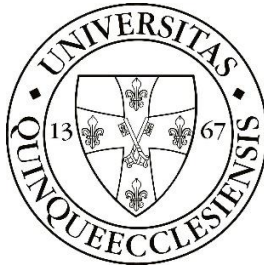


**Az elégtelen alvás lehetséges hatása az  
agyszerkezetre és a videójátékokhoz köthető  
hirtelen halálra**

**Doktori (Ph.D.) értekezés**



**Dr. Kuperczkó Diána**

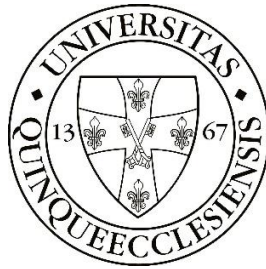
**Pécsi Tudományegyetem  
Általános Orvostudományi Kar  
Neurológiai Klinika**

**Pécs, 2023**

**Az elégtelen alvás lehetséges hatása az  
agyszerkezetre és a videójátékokhoz köthető  
hirtelen halálra**

**Doktori (Ph.D.) értekezés**

**Dr. Kuperczkó Diána**



**Klinikai Idegtudományok Doktori Iskola (D221)  
Doktori iskola vezető: Prof. Dr. Janszky József  
Klinikai és humán idegtudományok program (B-5/2014)  
Programvezető: Prof. Dr. Janszky József  
Témavezető: Prof. Dr. Janszky József**

**Pécsi Tudományegyetem  
Általános Orvostudományi Kar  
Neurológiai Klinika**

**Pécs, 2023**

# Tartalomjegyzék

<b>I. Rövidítések jegyzéke .....</b>	<b>2</b>
<b>II. Bevezetés .....</b>	<b>3</b>
II.1. Alvásszerkezet .....	4
II.2. Az alvás-ébrenlét szabályozás tényezői.....	4
II.3. Alvászavarok.....	6
II.4. Alvásszükséglet, short és long sleeper-ek .....	7
II.5. Az elégtelen alvás káros következményei.....	8
II.6. Alváshiány mint társadalmi probléma .....	8
<b>III. Alvási szokások és a hippocampusz mérete közötti kapcsolat.....</b>	<b>9</b>
III.1. Háttér .....	9
III.2. Alanyok és módszerek.....	10
III.2.1. Vizsgálati alanyok .....	10
III.2.2. MRI vizsgálatok.....	10
III.2.3. MR adatfeldolgozás és kiértékelés .....	11
III.2.4. Statisztikai elemzés .....	12
III.3. Eredmények .....	12
III.3.1. Egyváltozós elemzés .....	14
III.3.2. Többváltozós elemzés .....	16
III.4. Megbeszélés.....	16
III.5. Konklúzió .....	19
<b>IV. Videójátékokhoz köthető nem erőszakos, hirtelen halálesetek .....</b>	<b>19</b>
IV.1. Háttér .....	19
IV.2. Célkitűzések.....	20
IV.3. Módszerek.....	21
IV.4. Eredmények és megbeszélés .....	21
IV.4.1. Demográfiai és földrajzi jellemzők.....	25
IV.4.2. A játékokhoz köthető halálozások incidenciája .....	25
IV.4.3. A halálesetekhez kapcsolódó játékok .....	26
IV.4.4. Halálokok .....	26
IV.4.5. Alváshiány és halál .....	29
IV.4.6. Sport és hirtelen szívhalál .....	30
IV.4.7. e-Sportok .....	31
IV.4.8. Stressz és szívhalál.....	31

IV.5. Tanulmányunk potenciális limitációi .....	33
IV.6. Következtetés .....	34
IV.7. Függelék.....	34
IV.7.1. A halálesetek rövid leírása .....	34
IV.7.2. A videójátékok rövid leírása .....	39
<b>V. Új eredmények összefoglalása.....</b>	<b>41</b>
<b>VI. Köszönetnyilvánítás.....</b>	<b>41</b>
<b>VII. Publikációs lista.....</b>	<b>42</b>
<b>VIII. Irodalomjegyzék .....</b>	<b>45</b>

## **I. Rövidítések jegyzéke**

AC-PC vonal	anterior és posterior commissuralis vonal
ACTH	adrenokortikotrop hormon
ANOVA	analysis of variance (varianciaanalízis)
AV-csomó	atrioventricularis-csomó
DSM-5	Mentális Betegségek Diagnosztikai és Statisztikai Kézikönyve
EKG	elektrokardiográfia
FA	Flip-szög
FOV	látómező
FPS	first person shooter
GH	növekedési hormon
ICSD	International Classification of Sleep Disorders
IGD	internet gaming disorder
MCI	mild cognitive impairment (enyhe szellemi hanyatlás)
MP-RAGE	magnetisation-prepared rapid gradient echo
MRI	magnetic resonance imaging (mágneses rezonanciás képalkotás)
MOBA	multiplayer online battle arena

REM	rapid eye movement
RTS	real time strategy (valós idejű stratégiai játék)
RPG	role-playing game
SCN	nucleus suprachiasmaticus
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
SWS	slow wave sleep
TE	echo idő
TI	inverziós idő
TSH	tireoidea-stimuláló hormon (pajzsmirigyserkentő hormon)
TPS	third person shooter
TR	repetíciós idő

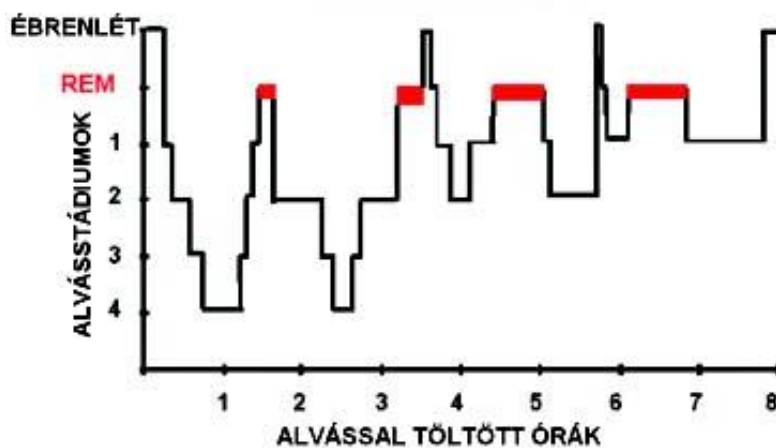
## II. Bevezetés

Az alvás az emberi test nyugalmi állapota. Alvás során regenerálódik a test, az alvás hatással van az immun- és idegrendszer működésére, befolyásolja a stressztűrő képességet, nélkülözhetetlen szerepet játszik a tanulás és az emlékezés folyamatában (a memóriakonzolidációban), valamint a szervezet homeosztázisának és anyagcsere-folyamatainak biztosításában [1,2,38]. Elengedhetetlen tehát a megfelelő mennyiségű alvás, ennek hiánya különböző szomatikus (például kardiovaszkuláris betegségek, daganatok) és mentális (például depresszió) betegségek kialakulásához vezethet [69,73].

A biológiai folyamatok cirkadián (24 óra körüli) ritmusa az élővilág általános jellemzője, közülük legszembetűnőbb a bifázisos ébrenlét-alvás ciklus. A ciklicitást az elülső hipotalamuszban található **nucleus suprachiasmaticus** (SCN) vezérli, melyet a cirkadián ritmusok pacemakerének, illetve biológiai órának is neveznek, és az alvás-ébrenlét mellett számos egyéb fiziológiai paraméter (maghőmérséklet, ACTH, kortizol vérszintje) cirkadián ritmusát is irányítja. A cirkadián ritmusok endogének, a környezet időhatározó tényezőinek (ún. Zeitgebereknek, pl. fény) kiiktatása esetén is fennmaradnak [3].

## II.1. Alvásszerkezet

Alvás alatt két fő alvófázis különíthető el, az ún. NREM (Non-Rapid Eye Movement, nem gyors szemmozgások) és a REM (Rapid Eye Movement, gyors szemmozgások) fázis. A NREM-alvás mélysége alapján további 4 stádiumra osztható. Az 1-2. stádiumot „felszínes” alvásnak is nevezzük, mely jól elkülönül a 3-4. stádiumot magában foglaló „mély” alvástól. Utóbbit a lassú delta hullámok túlsúlya jellemzi, innen az SWS (Slow Wave Sleep, lassú hullámú alvás) elnevezés. Fiziológias esetben elalvás után mélyülő, majd fokozatosan felszínessé váló sorrendben a NREM alvás stádiumain keresztül jutunk el az 1. REM-fázisig, így válik teljessé egy alvásciklus (**1. ábra**). Tartama átlagosan 90 perc, egy éjszakai alvás során 4-6 alkalommal ismétlődik. Az alvás első harmadára a mély alvófázisok dominanciája jellemző, a későbbiekben pedig a REM-fázisok gyakorisága és hossza nő. A felnőttek összalvásának 20-25 százaléka a REM alvás, melynek tartama jellegzetesen életkorfüggő. Egy újszülöttnél például a 17-18 óra alvás közel 50 százalékát teszi ki [4].



**1. ábra:** Az alvás fázisai (Halász P, Bódizs R: Az alvás és álmódás ideglettana. Hippocrates 3(3): 169-174 2001).

## II.2. Az alvás-ébrenlét szabályozás tényezői (2. ábra)

- *Homeosztatis* komponens

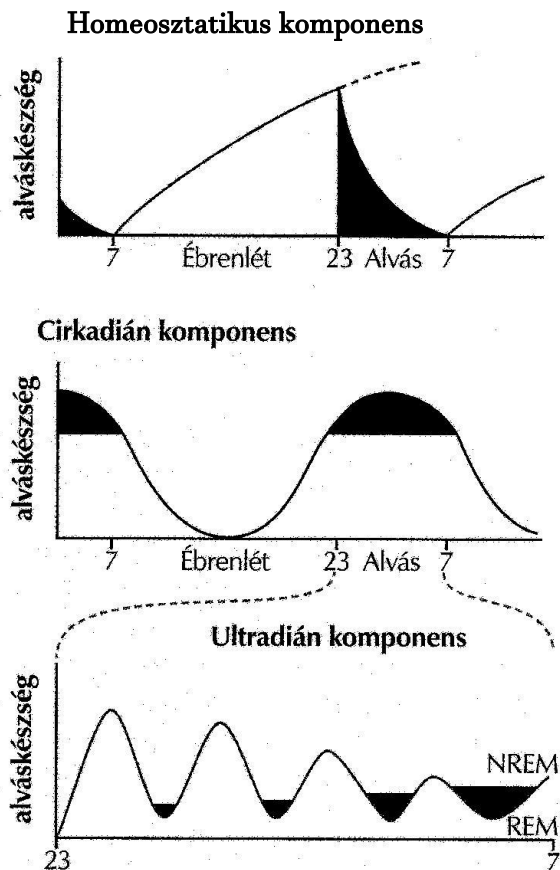
Az elalvás időpontját erősen befolyásolja az ébren töltött időszak; felnőtteknél átlag 16 óra ébrenlétet követően a szervezet jelzi igényét az alvásra. A homeosztatis komponens a mély NREM-alváshoz kötődik. Az ébrenlét tartamának és intenzitásának függvényében megnövelt lassú hullámú alvásmennyiséget biztosít a soron következő alvás során.

- *Cirkadián (és szemicirkadián) komponens*

Az SCN vezérlése endogén kb. 25 órás alvás-ébrenlét ciklust alakít ki, melyet a környezeti fény, az opticus afferentáció 24 órássá szinkronizál. Legkifejezettebb az alvaskészítés 24 és 4 óra (elsődleges alváskapu), illetve 14 és 17 óra (másodlagos alváskapu) között. A cirkadián ritmus egy összefüggő tömbbé igyekszik egységesíteni az alvást, mely embernél éjszakára esik. Speciális esetekben a délutáni csúcs jelenléte megfigyelhető (pl. gyermekek vagy idősek délutáni alvása, szabadság alatt délutáni szundizás), mely az ún. szemicirkadián komponens megnyilvánulása. Az alvás és egyéb cirkadián ritmusok között is kapcsolat figyelhető meg: az elsődleges alváskapu egybe esik a maghőmérséklet éjszakai mélypontjával, a másodlagos alváskapu pedig a maghőmérséklet délutáni átmeneti csökkenésével. Az alvástartam kapcsolata a maghőmérséklet görbéjével ellentétes, minél közelebb kezdődik az alvás az éjszakai maghőmérséklet mélypontjához, annál rövidebb ideig tart. Az ACTH és a kortizol vérszint cirkadián ritmusának mélypontja éjjél körül alakul ki, majd fokozatosan emelkedik az alvás második felében és csúcspontját az alvás-ébrenlét átmenetben, a korareggeli órákban éri el.

- *Ultradián komponens*

Az éjszakai alvás során általában 4-6 NREM + REM ciklus ismétlődik, egy ciklus kb. 90 perces. Az ultradián ritmus a két alvófázis közötti egyensúlyt szabja meg. Az alvás 1. harmadában a homeosztatisz NREM-igény jelentős lassú hullámú alvás túlsúlyt okoz, majd a REM túlsúly fokozatosan az alvás utolsó harmadában kerül előtérbe. Ennek vélhető oka, hogy a REM alatti folyamatok eredményességének feltétele a NREM-alvás alatti restoratív, energiamegőrző folyamatok megfelelő befejezése [4].



3.8. ábra Az alvás ébrenlét homeosztatisz, cirkadián és ultradián szabályozásának interferenciája

A homeosztatisz lassú hullámú szabályozásban jól látszik, hogy a delta aktivitás időben bekövetkezett alvás során exponenciális görbe mentén csökken, az elmaradt alvás esetén (meghosszabbított szaggatott vonal) alvásnyomás formájában tovább növekszik. A cirkadián komponens mintegy terminálja ezt a homeosztatisz profilt. Az ultradián szabályozás alvás során kerül előtérbe a lassú hullámú alvás és a REM-alvás ellentétes időbeli alakulásával.

2. ábra: Az alvás-ébrenlét szabályozása (Köves P, Szakács Z. Az alvásmedicina kézikönyve. Budapest: SpringMed; 2017. 75.o.)

### II.3. Alvászavarok

Az alvászavarok nemzetközi klasszifikációja (ICSD-3) alapján 6 fő kategóriát különböztetünk meg, az inszomniákat, a paraszomniákat (pl. alvajárás), az alvásfüggő légzészavarokat (pl. obstruktív alvási apnoe szindróma), az alvásfüggő mozgászavarokat (pl. nyugtalan láb szindróma), a centrális eredetű hiperszomniákat (pl. narkolepszia) és a cirkadián alvászavarokat. Ezeknek számos alcsoportja van, melyek alapján körülbelül 90 alvászavart különíthetünk el [5]. Az értekezés témájához a cirkadián alvászavarok két alcsoportja szorosabban kapcsolódik, így ezeket részletesebben tárgyalom.

Cirkadián alvászavarok [6]:

- *Késleltetett alvásfázis szindróma (Delayed Sleep Phase Disorder, DSPD)* jellemzői a következők: Az éjszakai alvásperiódus minimum 2 órát késik a



szociálisan elfogadottól. Az alvásidő viszonylag állandó, az alvásszerkezet nem mutat rendellenességet. A környezeti kényszer hatására krónikus elalvási nehezítettség és reggeli kialvatlanság képe alakulhat ki. Szabadon futó helyzetben (szabadság) a jellemző alvásperiódus pozíció visszaáll, a beteg kipihent lesz. A 24 órás ritmus fennmarad. Leginkább fiataloknál fordul elő, gyakran késői kávéfogyasztás, éjszakai tévézés/internetezés következménye. A maghőmérséklet görbe is későbbre tolódik.

- *Előretolt alvásfázis szindróma (Advanced Sleep Phase Disorder, ASPD)* során az éjszakai alvásperiódus minimum 2 órával előre tolódik. Az érintettek túl korán elálmosodnak és gyakran már az éjszaka folyamán felébrednek. Az alvás hossza itt is normális, az alvásszerkezet nem mutat rendellenességet. Főként az idősebb korosztályra jellemző. Az esetek döntő többségében familiaritást mutat (Per2 gén mutációja). A maghőmérséklet görbe is előre tolódik.

A későn nyugovóra térőket „*baglyok*”-nak, a korán kelőket pedig „*pacsirták*”-nak szokták nevezni [7]. Fényterápiával lehetőség nyílik az alvásciklus befolyásolására: esti kezelés késlelteti, reggeli kezelés előretolja az alvásperiódust, egyben fokozza a délelőtti vigilitást.

#### **II.4. Alvásszükséglet, rövid és hosszú alvók**

Az átlagos alvásidő 7-8 óra, az ennél lényegesen kevesebbet alvókat rövid alvóknak, a jelentősen többet alvókat pedig hosszú alvóknak nevezzük. A rövid alvókra jellemző, hogy alvásigényük nem hosszabb mint 5-6 óra. Alvásuk folyamatos, ébredésükkor frissek, kipihentek, napközben lendületesek, jó a közérzetük. A gyermek-, illetve fiatal felnőttkorban induló állapot a populáció 4 %-ára jellemző. Nőknél minimálisan gyakoribb, és családi halmozódást mutat. A hosszú alvók napi alvásigénye ezzel szemben 10-12 óra, mely után ébredésük friss, napi teljesítményük kedvező. A népesség 2 %-át érinti, gyermekkortól észlelhető, diszkrét férfi predominancia jellemző. Bár szubjektív panaszt nem okoznak, mindkét átlagtól eltérő alvásváltozat nehezen összeegyeztethető a mindennapi élettel, a társadalmi normákkal [8,9].

A fenti, ún. természetes rövid alvóktól el kell különíteni azokat az általában szintén keveset alvókat, akik valamilyen külső okból nem tudnak eleget aludni (pl.

feladataik miatt csak későn tudnak lefeküdni, s kénytelenek korán fel is kelni (iskola/munkakezdés miatt), s ezzel alváshiányt szenvednek el.

## **II.5. Az elégtelen alvás káros következményei**

Az akut vagy krónikus alváshiány kellemetlen hatásait mindannyian tapasztaltuk már; koncentrációs zavar, csökkent szellemi és fizikai teljesítőképesség, ingerlékenység, hangulat-ingadozások, hogy csak néhányat említsünk.

A pszichoszociális vonatkozások mellett az elégtelen alvás számos metabolikus és hormonális változást is előidézhethet. Kevés alvás mellett jelentősen csökkenhet az étvágyat csökkentő leptin koncentrációja, míg az étvágyfokozó ghrelin szintje nő, amelynek súlygyarapodás, hosszú távon elhízás lehet a következménye [10]. Az alváshiánnyal együtt jár a stresszhormon, kortizol szint emelkedése és a vegetatív idegrendszer szimpatikus túlsúlya is, melyek a szénhidrátanyagcsere zavarához vezethetnek, csökken a glükóztolerancia és az inzulin szenzitivitás [11]. Megfigyelték, hogy az SWS alvás visszaesésével a GH termelődése is jelentősen csökken, az alvás kezdetén megemelkedő TSH szintjének alvás alatti visszaesése ellenben elmarad. Míg egyszeri alvásmegvonás hormonális hatásai a következő pihentető alvás nyomán jórészt rendeződnek, a krónikus alváshiány következményei lényegesen súlyosabbak lehetnek, és szív- érrendszeri, gyomor-bél rendszeri megbetegedések, diabetes és rákos megbetegedések kockázatának emelkedésével társulnak [69,73].

Krónikus alváshiány esetén strukturális agyi anomáliák is kimutathatóak [12]. A dolgozat első felében az alvási szokások, az alvás jellemzőinek szerepét vizsgáltuk ilyen megközelítésben.

## **II.6. Alváshiány mint társadalmi probléma**

A korábbi évtizedekkel összehasonlítva, mind a felnőttek, mind a gyerekek kevesebbet alszanak. Az Y generáció tagjai (1981 és 1995 között születettek) többségükben már gyermekkorukban találkoztak az internettel, amely mára mindennapjaik részét képezi. A legfiatalabb, Z generáció tagjai (1995 és 2012 között születettek) már bármikor, bárhol hozzáférnek az internethez. A The National Sleep Foundation's 2006 Sleep in America Poll felmérése szerint csaknem minden serdülőkorú szobájában jellemzően legalább egy elektronikus médiaeszköz jelen van; ezeket még 21

óra után is rendszeresen használják. A szinte folyamatos online jelenlét, a stressz, az izgatottság, a megerőltető mentális aktivitás, sokszor a kávé, cigaretta használata, az alváshigiénés szabályok figyelmen kívül hagyása fokozza az arousalt, vagyis emeli az éberség szintet, mely inszomniához, illetve az alvás gyakori megszakításához, az alvási idő rövidüléséhez, elégtelenségéhez vezet [13,14].

Az elektronikus médiaeszközök túlhasználata miatti alváshiány néha ijesztő méreteket ölthet, és számos ilyen esethez súlyos egészségkárosodás, vagy halál társult. A dolgozat második felében ezt a témakört elemeztük.

### **III. Alvási szokások és a hippocampusz mérete közötti kapcsolat**

**A fejezetet megalapozó tudományos közlemény:**

Kuperczkó D\*, Perlaki G\* (\*megosztott első szerzők), Faludi B, Orsi G, Altbacker A, Kovács N, Dóczi T, Komoly S, Schwarcz A, Clemens, Zs, Janszky J. Late bedtime is associated with decreased hippocampal volume in young healthy subjects. Sleep and biological rhythms. 2015;13(1):68-75. **Impakt faktor: 0.628 Q3**

#### **III.1. Háttér**

A hippocampusz vulnerabilitását számos kórképben leírták, neurológiai és pszichiátriai betegségekben egyaránt, például epilepsziában [15], depresszióban [16], skizofréniában [17], poszttraumás stressz szindrómában [18]. Kimutatták, hogy ezek az állapotok gyakran társulnak az alvás megváltozásával. Maguk az alvászavarok is társulhatnak a hippocampusz méretének csökkenésével, melyet a krónikus hyperarousal (fokozott éberségi) állapottal és az alvás alatt megemelkedett hipotalamusz-hipofizis-mellékvese tengely hormonszintekkel magyaráznak [19,20,21]. Ezidáig csak egyetlen tanulmány vizsgálta az alvás és a hippocampusz méretének kapcsolatát egészségesekben. Ebben pozitív korrelációt írtak le az alvás időtartama és a kétoldali hippocampális volumen között egészséges gyermekekben [22]. Az alvás és meghatározott agyi volumenek közötti kapcsolatot vizsgáló tanulmányok rendszerint az alvástartamot vették alapul, és más alvási paramétereket nem. Mivel a lassú hullámú alvás (slow wave sleep=SWS) és a gyors szemmozgásos alvás (rapid eye movement=REM) különbözik élettani jellemzőiben és a cirkadián ciklusban elfoglalt idejében, így az alvás kezdetének

eltolódása megváltoztathatja az alvás szerkezetét, melynek negatív következményei lehetnek. Az alvási szokások, mint pl. a lefekvés vagy a felkelési idő egyénenként változó, de adott egyénnél meglehetősen állandó. Kísérletünkben fiatal egészséges egyetemistáknál vizsgáltuk, van-e kapcsolat az egyénenként változó lefekvés és felkelési idő, alvástartam, valamint a hippokampális volumen között.

## **III.2. Alanyok és módszerek**

### *III.2.1. Vizsgálati alanyok*

A Pécsi Egyetem hirdetőtábláján 19 és 30 év közötti, egészséges, jobbkezes, kaukázusi rasszhoz tartozó, gyógyszert nem szedő, alkoholt nem fogyasztó, központi idegrendszeri és alvásbetegségben nem szenvedő egyetemistákat toboroztunk. Az alanyok egy kérdőívet töltöttek ki az egészségügyi problémáikról és az alvási szokásaikról (beleértve a szokásos lefekvés és felkelés időt). Az alváshoz kapcsolódó kérdések az elmúlt 12 hónapra fókuszáltak. 6 alanyt alvási problémák (krónikus/gyakori elalvási nehézség) vagy egyéb alvászavarra utaló jelek miatt kizártunk a vizsgálatból. További 8 alanynál az MR vizsgálatok rossz minőségűek voltak mozgási műtermékek miatt. Végül 90 alany (átlagos életkor  $23.1 \pm 2.7$  év), 37 férfi és 53 nő került bevonásra. Az alanyok a lefekvés és a felkelési időt kerek órákban adták meg. Az alvás időtartamát a kettő különbségként határoztuk meg. Mindegyik alvási paraméter esetében 3 kategóriát képeztünk az alábbiak szerint: lefekvés idő tekintetében a korai csoportba a 21 és 22 órákor, a középső csoportba a 23 és 24 órákor (átlagos időben), míg a késői csoportba az 1 órákor vagy még később lefekvők kerültek. Felkelési idő tekintetében a korai csoportot az 5 és 6 órákor, a középső csoportot a 7-9 órákor (átlagos időben), míg a későit a 10 vagy annál később kelők képezték. Az alvástartam esetében keveset (5-6 órát) alvó, közepes mennyiséget (7-9 órát) alvó és sokat (10-12 órát) alvó csoportokat különböztettünk meg. A cut-off pontokat úgy határoztuk meg, hogy az alanyok 15 %-a kerüljön a szélső kategóriákba. Kísérletünket a Pécsi Egyetem Etikai Bizottsága jóváhagyta, és az összes alany tájékoztatáson alapuló írásos beleegyezését adta a vizsgálatba.

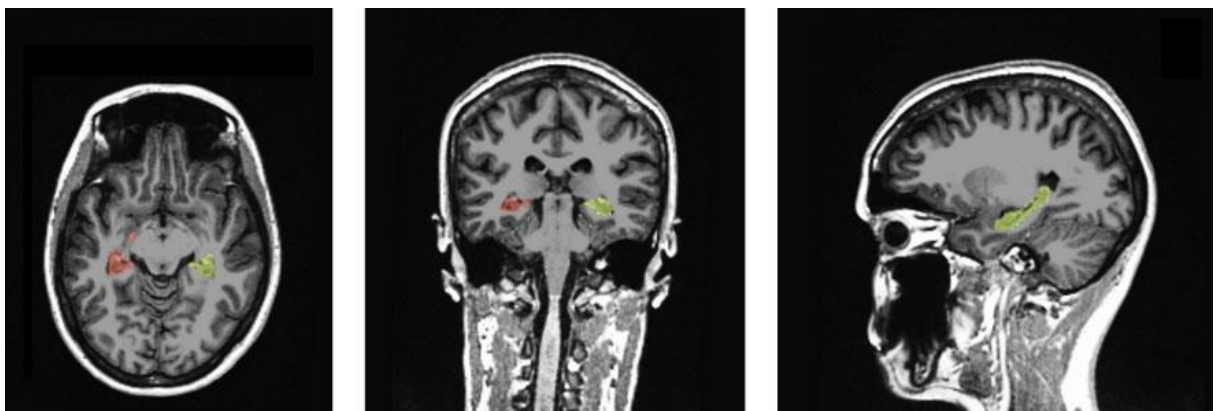
### *III.2.2. MRI vizsgálatok*

Valamennyi mérés a Pécsi Diagnosztikai Központ 3 Teslás Siemens Magnetom TRIO készülékével, 12 csatornás fejtekerccsel történt. A teljes mérési idő kb. 7 perc volt.

A volumetriás mérésekhez minden alany esetén egy T1 súlyozott axiális MPRAGE-szekvenciát használtunk a következő paraméterekkel: TR/TE/TI: 1900/3,41/900 ms, FOV: 240 mm, 256 x 256 mátrix, szelet-vastagság: 0,94 mm (0,94 x 0,94 x 0,94 síkfelbontásban), szeletek száma: 160, FA: 9°, sáv szélesség: 180 Hz/pixel, FOV fázis: 87,5 %. A standard és pontos axiális szelet pozicionáláshoz az anterior és posterior commissuralis vonalat (AC-PC vonal) használtuk referenciaként, melyeket a sagittális síkban mért T2-súlyozott turbo spin echo szekvencia analízisével határoztuk meg.

### III.2.3. MR adatfeldolgozás és kiértékelés

A teljes kiértékeléshez a Freesurfer 4.4.0 programot használtuk. Ez az egyik legmegbízhatóbb szoftver a subcorticalis struktúrák automatizált körülhatárolására, mely lehetővé teszi, hogy meghatározott agyi területek térfogatát nagyszámú alanynál megmérjük [23,24,25]. Minden alany adatait alávetettük a Freesurfer félautomata anatómiai elemzésének (**3. ábra**). Minden elemzés után manuális ellenőrzést és szükség szerinti korrekciót alkalmaztunk. A térfogat alapú feldolgozási folyamat (volume-based stream) arra szolgál, hogy előértékelje az MRI-térfogatokat és megjelölje a szubkortikális szöveteket. A számos lépésből álló folyamatot Fischl és mtsai írták le [23]. A végső szétválasztás részben egy atlaszon alapuló alany-független valószínűsítésen, részben az alanyra jellemző mért értékeken alapul. A különböző koponyaúri térfogatokból (intracraniális volumenekből) eredő torzítások elkerülésére a jobb és bal oldali hippocampusz volumenének összegét elosztottuk a teljes intracraniális volumennel, vagyis a relatív bilaterális hippocampális volument használtuk.



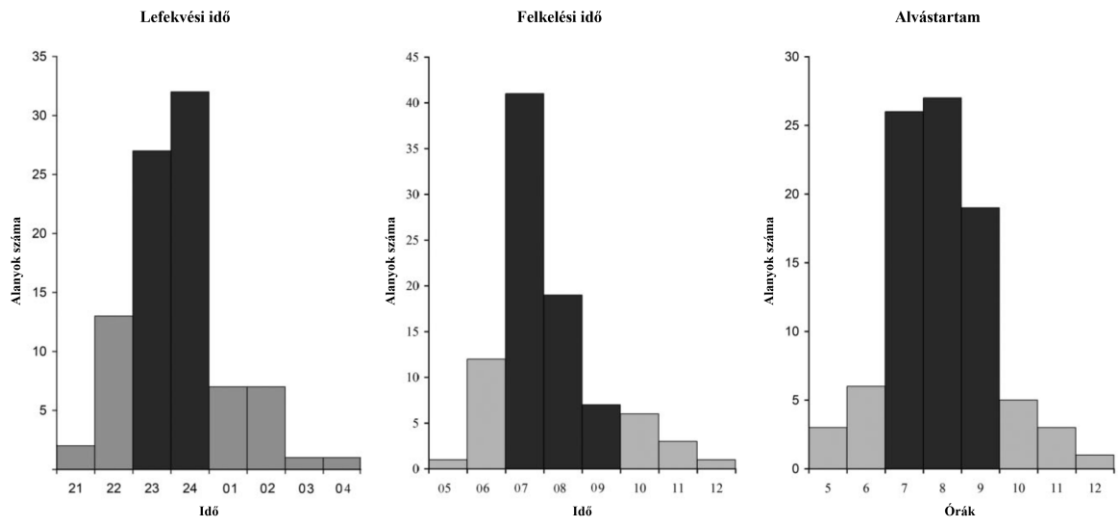
**3. ábra:** Egy alany hippocampuszának reprezentatív megjelölése félautomata MR volumetria során.

#### *III.2.4. Statisztikai elemzés*

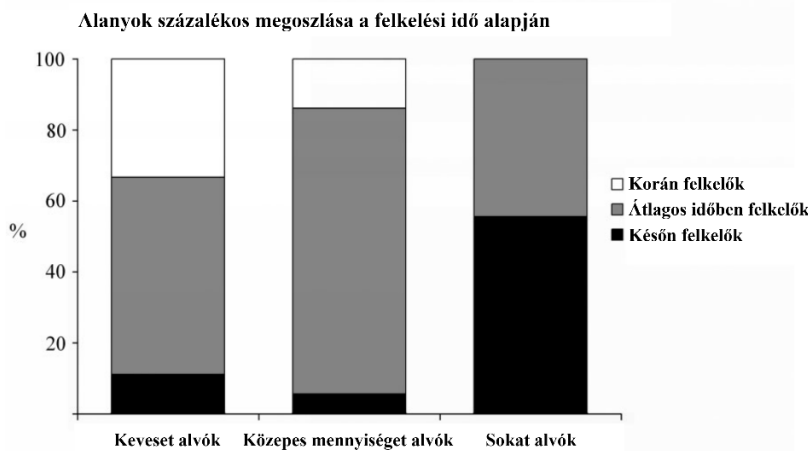
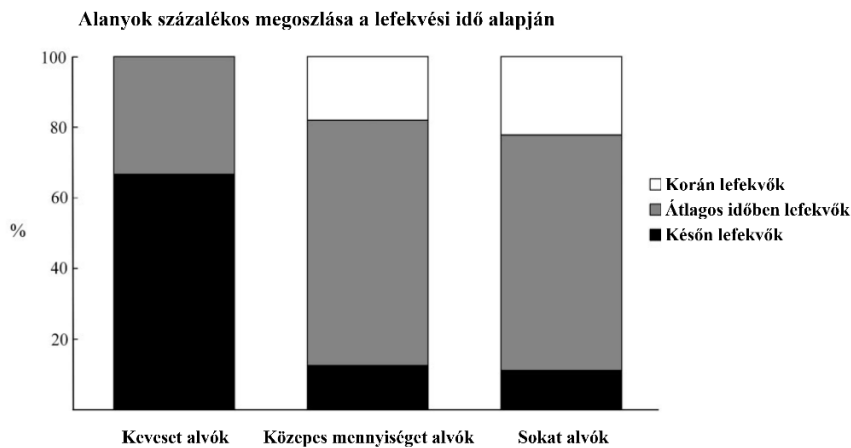
A statisztikai elemzést az SPSS 17.0 szoftver (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) segítségével végeztük. Az alvási változók és a relatív hippokampális volumen közötti kapcsolatot egyváltozós és többváltozós modellel is vizsgáltuk. Minden alvási paraméter esetében a csoportok közötti különbség kimutatására varianciaanalízist (ANOVA-t) és post-hoc t-próbákat végeztünk. Aztán többváltozós lineáris regressziós modellel vizsgáltuk a lefekvés és felkelési idő független hatását a hippokampális térfogatra. Következő lépésben a nemet és az életkort, mint további független változókat beléptettük a modellbe, hogy ezek potenciális zavaró hatását kiküszöböljük. Shapiro-Wilk teszt alapján a hippokampális térfogat normál eloszlású volt ( $P=0,91$ ).

### **III.3. Eredmények**

Az alvási paraméterek eloszlása a **4. ábrán** látható. A lefekvés és felkelési idő alvástartam kategóriák szerinti megoszlását az **5. ábra** mutatja. Látható, hogy a késői lefekvés a keveset alvóknál, míg a késői felkelés a sokat alvóknál fordul elő gyakrabban. A vizsgálatban több nő vett részt, mint férfi (37 ffi/53 nő); a nemek szerinti eloszlás egyenlőtlen volt az egyes csoportokban: a lefekvés idő szerint a férfiak aránya 20, 42 és 56 % volt a korai, a középső és a késői csoportokban. A felkelési idő szempontjából a férfiak aránya 15 % volt a korai, 40 % a középső és 80 % a késői csoportban. Az alvási időtartam tekintetében pedig a férfiak aránya 44 % volt a keveset, 39 % a közepes mennyiséget és 56 % a sokat alvók csoportjában. A nem szerinti inhomogén megoszlás miatt a többváltozós analízisben az eredményt nem szerint is korrigáltuk.



**4. ábra:** Az alanyok megoszlásának hisztogramos ábrázolása a lefekvési idő, a felkelési idő és az alvástartam alapján. A szélső csoportokat (korán és későn fekvők ill. felkelők, valamint keveset és sokat alvók) világosszürkével, a középső csoportokat sötétszürkével jelöltük.



**5. ábra:** Az alanyok megoszlása a lefekvési idő és felkelési idő szerint a különböző alvástartamú csoportokban.

### III.3.1. Egyváltozós elemzés

- Lefekvési idő

Az ANOVA szignifikáns különbségeket mutatott a lefekvési idő alapján képzett csoportok között ( $P = 0,007$ ). A hippokampális volumenben folyamatos csökkenés volt megfigyelhető a korai csoporttól a késői csoport irányába (**6. ábra**). T-teszt alapján a későn fekvők hippokampusza szignifikánsan kisebb volt, mint a középső csoporté ( $P=0,033$ ), illetve a korai fekvőké ( $P= 0,005$ ). A korai fekvők és a középső csoport közti különbség majdnem szignifikáns volt ( $P=0,058$ ). A relatív hippokampális térfogat és a lefekvési idő kapcsolatát mutató pontdiagram a **7. ábrán** látható.

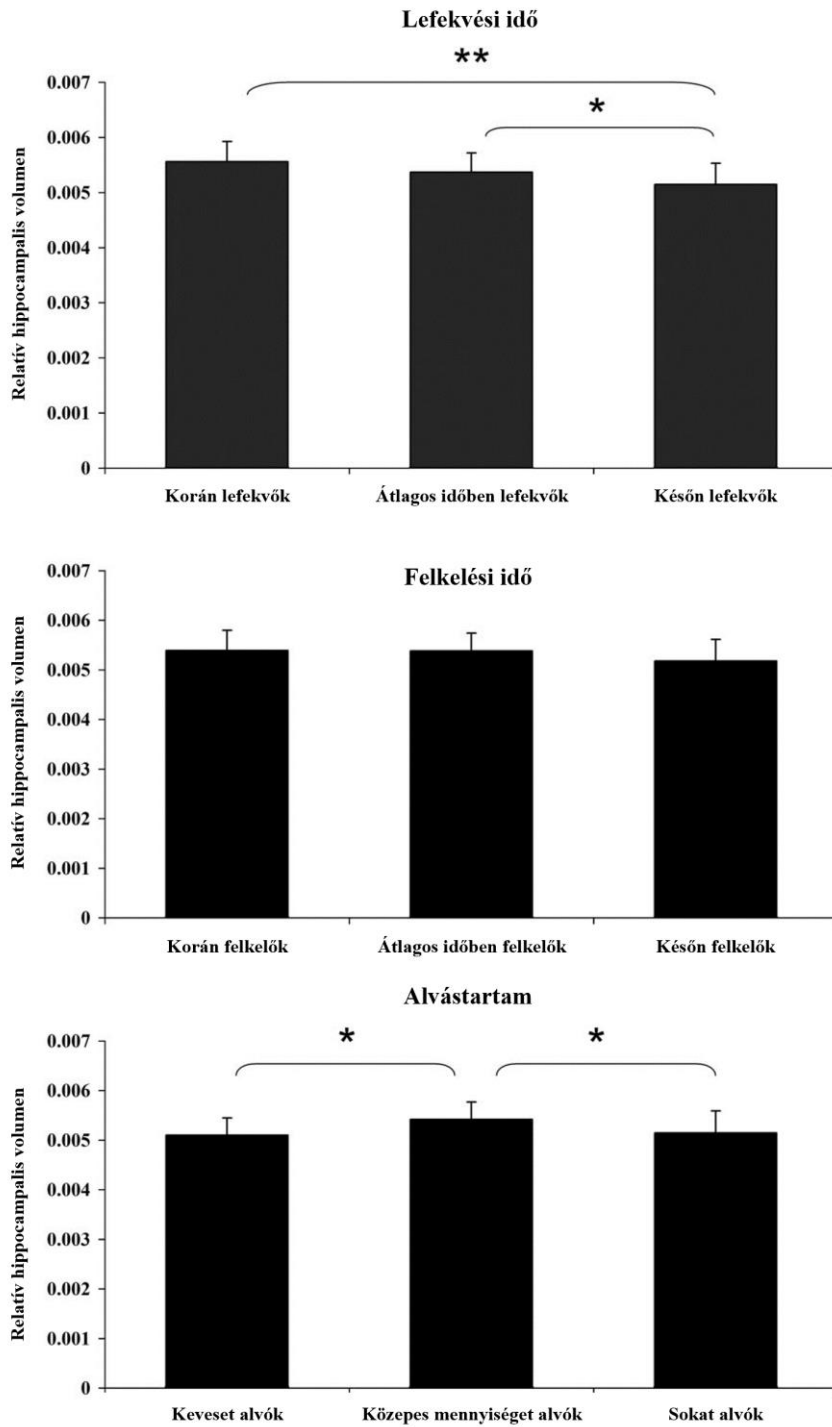
- Felkelési idő

Sem az ANOVA, sem a t-teszttel történő páronkénti összehasonlítás nem mutatott szignifikáns különbséget a 3 ébredési idő szerinti csoport között, de a későn kelők hippokampusza tendenciózusan kisebb volt, mint a közepes időben kelőké ( $P=0,12$ ) (**6. ábra**).

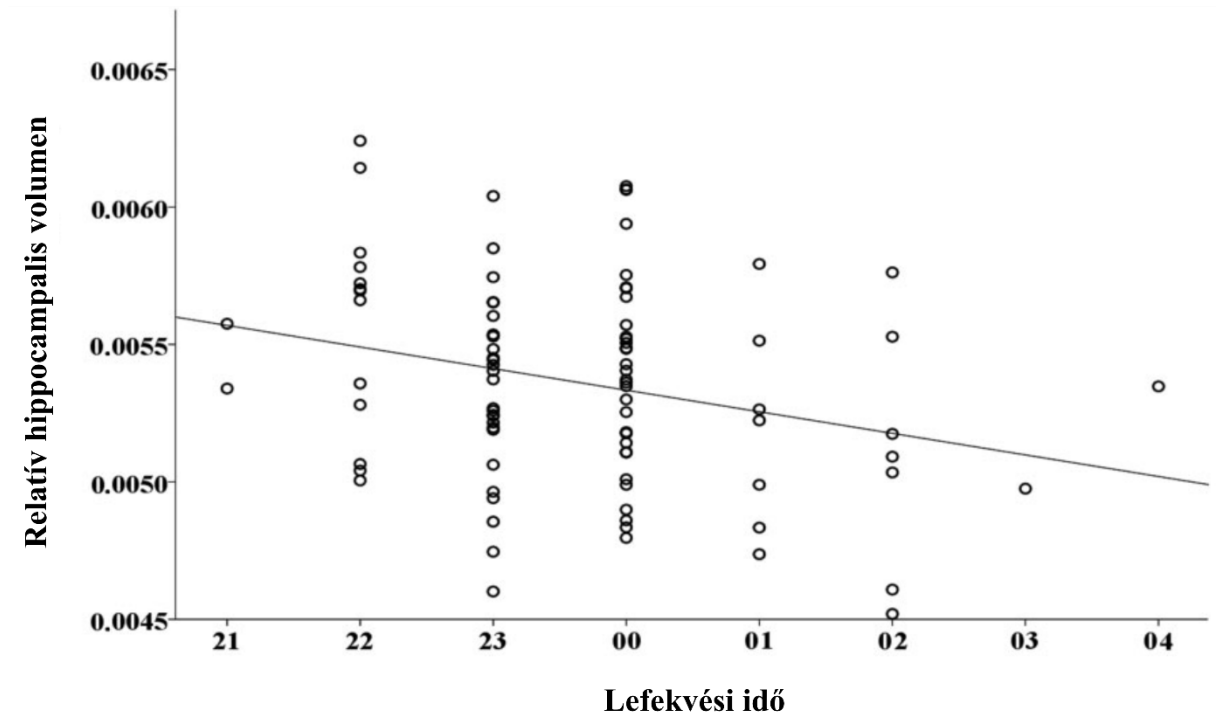
- Alvástartam

Az ANOVA a csoportok között szignifikáns különbséget jelzett ( $P=0,009$ ). A post-hoc t-teszt a közepes ideig alvóknál szignifikánsan nagyobb hippokampuszt mutatott, mind a keveset ( $P=0,013$ ), mind a sokat alvó ( $P=0,033$ ) csoporthoz képest (**6. ábra**). A keveset és sokat alvók hippokampális volumene nem különbözött szignifikánsan ( $P=0,836$ ).





**6. ábra:** A relatív hippocampális volumen (átlag ± szórás) a lefekvési idő, a felkelési idő és az alvástartam alapján képzett csoportokban. A csoportok közötti szignifikáns eltéréseket csillagokkal jelöltük (\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$ ).



**7. ábra:** A relatív hippocampális volumen és a lefekvési idő közötti kapcsolatot pontdiagramon ábrázolva (Pearson korreláció:  $r=0.269$ ,  $p=0.01$ ).

### III.3.2. Többváltozós elemzés

Többváltozós lineáris regresszióval vizsgáltuk a lefekvési és felkelési idő hatását a hippocampális volumenre. A modell szerint csak a lefekvési csoport befolyásolta szignifikánsan a hippocampusz méretét ( $\beta=-0,334$   $P=0,004$ ). A felkelési csoport hatása nem volt szignifikáns ( $\beta=0,017$   $P=0,878$ ). A nem és a kor, mint további független változók bevonása a modellbe, nem változtatta meg számottevően az eredményeket. A lefekvési csoport hatása szignifikáns maradt ( $\beta=-0,31$   $P=0,005$ ), a felkelési csoport hatása továbbra sem volt szignifikáns ( $\beta=0,097$   $P=0,39$ ). Ebben a modellben a nem is szignifikánsan hozzájárult a hippocampális volumen alakításához ( $\beta=0,377$   $P=0,0003$ ); a nők hippocampusza volt nagyobb. A kor nem bizonyult szignifikáns prediktornak ( $\beta=-0,118$   $P=0,238$ ).

### III.4. Megbeszélés

Tudomásunk szerint ez az első olyan vizsgálat, mely az alvás időzítése és az agyi struktúrák közötti kapcsolatot vizsgálja. A vizsgálat fő eredménye, hogy az alanyok által

megadott szokásos lefekvési idő és a hippocampális volumen között szignifikáns összefüggést találtunk, és ez az összefüggés fennállt akkor is, ha a felkelési idő, a kor és a nem hatását kiszűrtük. A felkelési idő és a hippocampális volumen között nem mutatkozott szignifikáns kapcsolat, mindazonáltal, a későn felkelők hippocampusza tendenciózusan kisebb volt. Érdekes módon az alvás időtartama és a hippocampális volumen között fordított U-alakú kapcsolat látszott: a keveset és a sokat alvó csoportokban egyaránt kisebb hippocampális volument találtunk, mint a közepes mennyiséget alvóknál. A korról ismeretes, hogy fordítottan arányos a hippocampális mérettel [26]. Jelen tanulmányban valószínűleg a viszonylag szűk tartomány miatt a kor nem bizonyult a hippocampális volumen szignifikáns meghatározójának.

Számos fiziológias és kóros állapotban írtak le hippocampális méretcsökkenést, például alvászavarokban [19,20,21], neuropszichiátriai betegségekben [17], Cushing-szindrómában [27] és öregedés során is [28]. Ezen állapotokban közös, hogy megnő a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese tengely hormonok, például a kortizol aktivitása. Krónikus gyulladásos betegségek miatt kortikoszteroidot szedőknél is kimutatták a hippocampusz méretének csökkenését [29]. A hippocampusz vulnerabilitását piramissejtjeinek nagyszámú glukokortikoid receptoraival magyarázzák. A hippocampusz a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese tengely feedback-köreinek legfőbb szabályozója. Normál esetben a kortizol-szint markáns diurnális mintát mutat: minimális a koncentrációja az alvás első felében – melyet a kiterjedt SWS-szakaszok uralnak. Az ezt követő alvásciklusokban a kortizol-szintje növekszik, és a csúcát az ébredés körül éri el. Habár a kortizol maximális szupressziója az SWS-től függ, de a szupresszió mértékét tovább modulálja a cirkadián ritmus, és a leghatékonyabb csökkenés éjfél környékére esik [30,31]. Következésképpen a késői alváskezdés a maximális kortizol-szupresszió optimális idejének elmaradását eredményezheti, mely gátolja a hosszabb SWS szakaszok kialakulását. A fenti késés miatt szétválhat az endogén cirkadián pacemaker, a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese tengely hormonális aktivitása és az alvási stádiumok időzítése, melynek káros következményei lehetnek. Cushing-szindrómában például a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese tengely krónikus hiperaktivitása miatt a kora éjszakai kortizol-mélypont hiányzik, mely miatt csökkent a lassú hullámú alvás (SWS), a deklaratív memória károsodik és a hippocampális volumen csökken [27,28,29,30]. Hasonló strukturális és funkcionális eltérésekről számoltak be depresszióban [32], poszttraumás stressz szindrómában [33] és öregedés során [34]. Born és munkacsoportjának tanulmányai alátámasztják, hogy az éjszaka első felében helyet

foglaló SWS jótékony hatású a hippocampusfüggő deklaratív memória konszolidációjára. A korai, SWS-ben gazdag alvás során a kortizolszint kísérletes emelése a hippocampális memóriaformáció károsodásához vezetett [38].

Ezidáig egyetlen tanulmány vizsgálta az alvás és a hippocampus méretének kapcsolatát egészségesegekben: iskoláskorú gyermekekben a kétoldali hippocampális volumen korrelált az alvás hosszával [22]. Más alvási paramétereket, mint az alvás időzítését, nem vizsgálták. A reggeli fix iskolai kötelezettség miatt feltételezhető, hogy az alvástartammal való korreláció a lefekvés időhöz való viszonyt is tükrözi.

A korai, illetve a késői lefekvés alvástartamra gyakorolt hatásának vizsgálatához megnéztük ezen változók kapcsoltágát. Ennek során a lefekvés és felkelési idő egyenlőtlen eloszlását tapasztaltuk a 3 alvástartam csoport között. A kevés alvás gyakrabban társult késői lefekvéssel, míg a hosszabb alvás késői felkeléssel. Úgy tűnik, hogy az alvástartammal talált U-alakú kapcsolat valójában a lefekvés és a felkelési idő hatását tükrözi. A keveset alvók csökkent hippocampális volumenét valószínűleg a késői lefekvés magyarázza, míg a sokat alvók kisebb hippocampális térfogata a késői felkelésből származhat; azt, hogy az utóbbi különbség csak tendenciózus volt ( $P=0,12$ ), okozhatja a minta alacsony elemszáma.

Említést érdemel, hogy egészségi mutatókat (pl. kockázat a 2-es típusú diabetes [39], szív-érrendszeri betegségek [40] kialakulására vagy halálra [41]) vizsgáló korábbi tanulmányok U alakú összefüggést találtak az alvás időtartamával. Ezen tanulmányok általában figyelmen kívül hagyták az alvás időzítésének lehetséges hatását. Mindazonáltal, egy, a gyerekek optimális testsúlyának meghatározását vizsgáló újabb tanulmány az alvás megfelelő időzítésének (korai lefekvés és felkelés) fontosságát hangsúlyozta az alvás időtartama helyett [42]. Kognitív témájú tanulmányok szerint az esti („bagoly”) típusú alanyok a reggeli („pacsirta”) típusokhoz képest alulteljesítenek a tanulmányokban, amit az alacsonyabb iskolai jegyek tükröznek [43,44]. Idősebbekben az enyhe szellemi hanyatlás (mild cognitive impairment, MCI) gyakoribb azoknál, akiknek rossz az alvásminősége (Pittsburgh Alvásminőség Index  $> 5$ ), nehezen tudnak elaludni, vagy keveset alszanak ( $\leq 5$  óra) [45]. A mediális temporalis lebeny atrófiája is gyakoribb az alvás-ébrenlét ciklus fragmentációja esetén, és ez erősebb prediktornak bizonyult, mint a kor [46].

A hippocampális volumen átlagos különbsége a korán és későn fekvő csoportok között elérte a 9 %-ot, ami hasonló a depresszióban (~9 %) [47] és poszttraumás stressz szindrómában (~7 %) [18,48] találtakhoz. Ez meglepő lehet, figyelembe véve azt, hogy

neurológiai vagy pszichiátriai betegségektől és alvási problémáktól mentes egészséges egyetemistákat vizsgáltunk.

A jelen tanulmányban korrelációkat mutattunk ki, az ok-okozati kapcsolat irányának egyértelmű kijelentése azonban nem lehetséges. Mindazonáltal, tekintettel a széleskörű irodalomra, amely a neurohormonális moduláció és az alvás miatt bekövetkező agyi strukturális változásokat vizsgálja, valószínűtlennek tartjuk, hogy ez az ok-okozati kapcsolat fordítva lenne. A tanulmány egyik korlátja, hogy az alvási változók önbevalláson és nem objektív mérésen alapultak, de nincs okunk feltételezni, hogy a válaszadók valótlanul vagy pontatlanul határozták volna meg a lefekvés és felkelési idejüket. Mindazonáltal ezt a gyengéséget valószínűleg kompenzálja a vizsgálatban résztvevők viszonylag nagy száma.

### **III.5. Konklúzió**

Összefoglalva, kimutattuk, hogy a késői lefekvés, illetve a rövid alvástartam szignifikánsan kisebb hippocampális volumennel társul. Mivel a lefekvés idő az alvási szokások egy viszonylag állandó jellemzője, rendszeres késés az elalvásban a hippocampusz méretének kumulatív csökkenéséhez vezethet. A jelen tanulmány eredményei rávilágítanak az alvás megfelelő időzítésének, különösen a korai lefekvés fontosságára, valamint a megfelelő mennyiségű alvás szerepére.

## **IV. Videójátékokhoz köthető nem erőszakos, hirtelen halálesetek**

### **A fejezetet megalapozó tudományos közlemény:**

Kuperczko D, Kenyeres P, Darnai G, Kovacs N, Janszky J. Sudden gamer death: non-violent death cases linked to playing video games. BMC Psychiatry. 2022;22(1):824. **Impakt faktor: 4,144. Q1**

### **IV.1. Háttér**

Napjainkban a videójátékok emberek milliárdjainak nyújtanak kikapcsolódást és szórakozást, teljesítendő kihívásokkal, újabb tapasztalatok szerzésével és új határok felfedezésével. Azonban a játék iránti szenvedély időnként függőséggé fajulhat. Az

utóbbi két évtizedben évről-évre olvashatunk olyan esetekről, akik videójátékozás közben haltak meg, többségük fiatal volt, és extrém hosszú ideig játszott. Ugyancsak beszámolnak gyilkosságokról vagy öngyilkosságokról, melyek szintén a videójátékokkal hozhatók összefüggésbe. A baljós üzenet, miszerint a videójáték „beszipant”, és az „életedbe kerülhet”, megosztja a közvéleményt és akár túlzásokhoz vezethet.

1995 és 2017 között az internethasználat elterjedése kevesebb mint 1 %-ról 46 %-ra emelkedett a népesség körében, a fejlett országokban és a fiatalabb korosztályban ez még magasabb [49]. Az internethasználat elterjedésével az internetfüggőség is fokozódott. Függőség kialakulhat az internet számos területe (általános internet addikció) vagy egy adott internetes tevékenység, például az online videójátékok iránt. Utóbbit 2013-ban a Mentális Betegségek Diagnosztikai és Statisztikai Kézikönyvében (DSM-5) internetesjáték-zavarnak (Internet Gaming Disorder, későbbiekben IGD) nevezték el [50]. 1996 és 2018 között 31 ország 113 epidemiológiai vizsgálatából készített metaanalízis szerint az általános internet addikció átlagos prevalenciája 7 %, habár a különböző források nagyon eltérő (0,5 és 40 % közötti) adatokat közölnek, ami a különböző módszertanból és definícióból eredhet. Az évek során emelkedő tendencia látszik. Az IGD prevalenciája (2015 és 2018 közötti adatok alapján) 2,5 % (0,2-14,9 %) volt [51]. A prevalencia nagyban függ az internet elérhetőségétől és az internet kultúrától, sokkal magasabb Délkelet-Ázsiában, ahol a serdülőknél egy 2014-es forrás szerint körülbelül 5 %, és 7-szer magasabb a férfiak körében [52]. Egy IGD-s naponta gyakran több órát tölt játékkal, extrém esetekben akár napokat is, folyamatosan, minimális megszakításokkal (evés, ivás, kevés alvás), mely egészségkárosodáshoz vagy halálhoz vezethet [53].

## **IV.2. Célkritikák**

Bár a témáról terjedelmes viták olvashatók az interneten, az orvosi irodalomban nem találtunk ezzel kapcsolatos szisztematikus áttekintést, tanulmányt vagy akár esetismertetést. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk a videójátékozáshoz köthető halál problémakörének valódi méretét, azt, hogy ezek az alanyok valóban függők voltak-e, mint ahogyan általában megbélyegezték őket, a játék és a halál közti kapcsolatot, valamint a halálhoz vezető lehetséges okokat.

### **IV.3. Módszerek**

Megpróbáltuk az összes olyan esetet összegyűjteni, ahol a videójátékozáshoz köthető a játékos halála. A keresést internetes böngészőprogram (Google) segítségével, az angol „halál”, „meghalt”, „videójáték” kulcsszavakkal kezdtük. Számos esetet és esetgyűjteményt találtunk online újságokban, blogokban és videóportálokon. Az egyes esetekhez köthető speciális kulcsszavakkal további adatok után kutattunk, előnyben részesítve a megbízható online újságcikkeket. A források gyakran utaltak más esetekre is, amelyek mentén tovább tudtunk haladni. Végül viszonylag kisszámú, jól leírt esetet tudtunk összegyűjteni, melyre számos online újság és esetgyűjtemény hivatkozott, valamint még néhány rövid, nem túlzottan részletezett esetet találtunk, amelyeket már nem tudtunk megfelelő mélységben felderíteni. Nem vettük figyelembe a játékokhoz egyéb okból köthető haláleseteket (baleset, öngyilkosság vagy gyilkosság), amelyek hirtelen felindulásból, dühből, bosszúból, frusztrációból, hanyagságból vagy óvatlanságból következtek be, csak azokat vizsgáltuk, ahol maga a játékos a játéktevékenységhez köthetően halt meg. Tudományos szakirodalom keresése (Pubmed, Google Scholar) nem adott releváns eredményt.

### **IV.4. Eredmények és megbeszélés**

A fenti módszerek használatával 24 releváns esetet találtunk 2021 végéig, kronológiai sorrendben számoztuk őket. Az áldozatokat nem anonimizáltuk, mivel a nevük nyilvánosan elérhető. Az eseteket az **1. táblázat**ban foglaltuk össze, a későbbiekben részletezett jellemzők kiemelésével. Az esetek részletes leírása a Függelékben érhető el. Ugyan egy izolált eset az 1980-as évek elejéről származik, de a megfelelően részletezett esetek 2002 utániak, minden évben vagy második évben 1-2 eset volt, érdemi növekvő tendencia nélkül.

Eset száma	0. eset	1. eset	2. eset	3. eset	4. eset	5. eset	6. eset	7. eset	8. eset
Név	Jeff Dailey	Peter Burkowski	Kim Kyung-Jae	Seung Seop Lee	Zhang	"Kínai férfi"	Tim Eves	"Kínai férfi"	Chris Stamforth
Halál dátuma	1981. január	1982.04.03.	2002. október	2005.08.05.	2007.02.24.	2007.09.15.	2009.03.04.	2011. február	2011 május
Ország (város)	USA (Chicago)	USA (Chicago)	Dél-Korea (Gwangju)	Dél-Korea (Taegu)	Észak-Kína (Jinzhou)	Dél-Kína (Guangzhou)	Egysült Királyság (Hopton-on-Sea)	Kína (Peking külvárosa)	Egysült Királyság (Sheffield)
Kor	19	18	24	28	26	30	25	30	20
Nem	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi
Játék neve	Berzerk	Berzerk	Mu	StarCraft	World of Warcraft	ismeretlen	Wii Fit	ismeretlen	Halo
Folyamatos játék?	nem	nem	igen	igen	igen	igen	nem	igen	igen
Játék hossza	ismeretlen	kevesebb mint 30 perc	86 óra	50 óra	7 nap	3 nap	néhány óra?	3 nap	gyakran 12 órák
A játék alatt felállt?	álva játszott	álva játszott	csak cigarettát venni és mosdóba ment ki	csak mosdóba ment ki, nagyon keveset evett és ivott, rövid szundikat tartott	csak enni és vécézni állt meg, csak néhány órát aludt	érdemi szünet nélkül játszott	a játék közben aktívan mozgott	evés és alvás nélkül játszott	ismeretlen
Kihagyott alvást?	nem	nem	igen	igen (2 napot)	igen, csak néhány órát aludt	igen, minimális szüneteket tartott	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen
Játszott, amikor meghalt?	ismeretlen	játék után halt meg	igen	igen	igen	igen	igen	igen	nem
Evett/ivott?	ismeretlen	ismeretlen	igen	nagyon keveset	igen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen
Milyen platformon játszott?	játéktermi gép	játéktermi gép	PC	PC	PC	PC	Wii Fit játékkonzol	ismeretlen	Xbox
Halál körülményei	ismeretlen	Felállt a játékban két top 10-es rekordot, majd, amikor egy másik géphez lépett, összeesett.	ismeretlen	A székeről a padlóra esett. Csukott szemmel, de tudatánál volt. Orakkal később meghalt a kórházban.	A szülei látták, ahogy rángatózik és a monitor elé zuhan. Az újraélesztési sikertelenül.	Elájult. A mentők próbálták újraéleszteni, sikertelenül.	Néhány óraja tért vissza Portugáliából. Miközben a Wii Fit-en kocogott, hirtelen összeesett és meghalt.	Eszméletét veszítette.	Összeesett egy interjú után a munkatáyi központban. Előző éjjel „fureca észre a mellkasában” riadt fel.
Halál vélt oka	ismeretlen	szívroham	tüdőembólia	szívegégtelenség	túlterhelés és elhízás	kimertültség	hirtelen aritmia halál szindróma	ismeretlen	mélyvénás trombozís és tüdőembólia
Halál helye	játékterem	játékterem	internet kávézó	internet kávézó	othon	internet kávézó	othon	internet kávézó	munkatáyi központ
Játékfüggő volt?	nem	nem	igen	igen	igen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	igen
Rizikófaktorok a hirtelen halálra	ismeretlen (néhány forrás szerint elhízás)	nem volt alkohol vagy drog	dohányzás	ismeretlen	extrém elhízás (kb. 150 kg)	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	elhízás
Kórtörténet	ismeretlen	a boncolás két hétnél régebbi hegyszövetet talált a szívén	ismeretlen	szemüveges volt	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	nincs



Eset száma	9. eset	10. eset	11. eset	12. eset	13. eset	14. eset	15. eset	16. eset	17. eset
Név	Anna-Lee Kehoe	Chen Rong-Yu	Chuang	Chang	Wang	Chu	Hsieh	Wu Tai	Rustam
Halál dátuma	2011.07.22.	2012.02.01.	2012.07.15.	2013. augusztus	2014. február	2015.01.01.	2015.01.08.	2015. március	2015.09.01.
Ország (város)	Egyesült Királyság (Bridport)	Tajvan (New Taipei City)	Tajvan (Tainan)	Tajvan (Hualien City)	Tajvan (Greater Kaohsiung)	Tajvan (New Taipei)	Tajvan (Kaoshiung)	Kína (Shanghai)	Oroszország, Bashkortostan
Kor	13	23	18	35	40	38	32	24	17
Nem	nő	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi
Játék neve	ismeretlen	League of Legends	Diablo III	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	harc játékok	World of Warcraft	Defence of the Ancients
Folyamatos játék?	nem ismert	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen
Játék hossza	ismeretlen	23 óra	40 óra	10 óra	13 óra	5 nap	3 nap	19 óra	22 nap
A játék alatt felállt?	igen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	igen	ismeretlen	nem	igen
Kihagyott alvást?	ismeretlen	keveset aludt a monitor előtt	igen	ismeretlen	ismeretlen	igen	igen, csak rövid szundikat tett a székben vagy az asztalra hajolva	ismeretlen	ismeretlen
Játszott, amikor meghalt?	igen	igen	nem	valószínűleg	igen	nem	igen	igen	igen
Evet/ivott?	ismeretlen	ismeretlen	nem	ismeretlen	ismeretlen	igen	ismeretlen	nem	igen
Milyen platformon játszott?	Xbox	PC	PC	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	PC	PC
Halál körülményei	Felállt a játék elől, és azt mondta „Anyá, nem kapok levegőt!”, majd összeesett. Ujra fellesztették, de agyhalott maradt.	Egy alkalmazott próbálta felébreszteni, de holtan találta, kezeivel még mindig a billentyűzetet fogta.	Az asztalán pihent. Amikor a személyzet felkelte, felállt, és néhány lépés után összeesett. A kórházba szállítás után röviddel meghalt.	ismeretlen	A személyzet holtan találta. Szemcse nyitva voltak és a monitor „nézte”, mintha még mindig játszana.	Holtan találták a létesítmény mosdójában.	A biztonsági kamera felvétele szerint Hsieh mellkasi fájdalommal küzdött, mielőtt összeesett.	Erősen köhögni kezdett, vért köhögött fel, majd hátra hanyatlott.	ismeretlen
Halál vélt oka	szívroham, amit asztma okozott	szívmegállás	tromboembólia	ismeretlen	ismeretlen	az alaphetősége és fizikai kimerülés	szívmegállás	valószínűleg tüdőembólia	törött láb miatti tromboembólia
Halál helye	oththon	internet kávézó	internet kávézó privát szobája	internet kávézó	internet kávézó	internet kávézó	internet kávézó	internet kávézó	oththon
Játékfüggő volt?	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	igen	igen	igen
Rizikófaktorok a hirtelen halálra	nincs	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	dohányzás	ismeretlen	ismeretlen	törött láb
Kórtörténet	asztma	előző évben szívroham miatt kezelték	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	májbetegsége, epékőre szedett gyógyszereket	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen

Eset száma	18. eset	19. eset	20. eset	21. eset	22. eset	23. eset	24. eset
Név	Brian Vigneault	Bogdan Akh	Fahad Fayyaz	Natsupon Arunrat	Piyawat Harikun	Muhammad	Dharshan
Halál dátuma	2017.02.19.	2018.10.29.	2019.02.05.	2019.04.27.	2019.11.04.	2020. október	2021.02.01.
Ország (város)	USA (Virginia)	USA (San Jose) (de a játékos svéd volt)	Pakisztán (Lahor)	Thaiföld (Samut Prakan)	Thaiföld (Udon Thani)	Egyiptom	India (Puducherry)
Kor	35	21	11	32	17	12	16
Nem	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi	férfi
Játék neve	World of Tanks	Fortnite	Fortnite	ismeretlen	harci játékok	PlayerUnknown's Battlegrounds	Fire Wall
Folyamatos játék?	igen	nem	igen	igen	igen	nem ismert	nem ismert
Játék hossza	22 óra	napi több óra az elmúlt 2 hónapban	néhány óra	valószínűleg 12 óra	egész éjszakai játék, amit nappal folytatott	ismeretlen	4 óra
A játék alatt alvást?	igen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	igen	ismeretlen	ismeretlen
Kihagyott alvást?	ismeretlen	ismeretlen	valószínűleg nem	ismeretlen	igen	ismeretlen	valószínűleg nem
Játszott, amikor meghalt?	nem	nem	igen	igen	igen	igen	igen
Evet/ivott?	ismeretlen	igen	ismeretlen	ismeretlen	igen (az asztalán ételes dobozok voltak)	ismeretlen	ismeretlen
Milyen platformon játszott?	PC	PC	PC/Xbox?	PC	PC	mobiltelefon	mobiltelefon
Halál körülményei	Egy 24 órás jötekonysági közvetítést tartott. Kiment cigarettázni, de nem tért vissza.	Alvás közben halt meg egy verseny után, amire 2 hónapig intenzíven gyakorolt.	A szülei eszméletlenül találtak a szobájában kontrollrel a kezében.	Holtan találtak, valószínűleg 4 órával a halála után. A székben hátra dőlve feküdt, szája véres volt, nyelvét elharapta.	Édesapja találta meg a padlón, kiesve a székéből a számítógéphezának dőlve.	Szülei eszméletlenül találtak, a mobilján ment a játék. A kórházba érkezés előtt meghalt.	Összeesett a játék közben. Kórházba szállították, de nem sikerült újradeszteni.
Halál vélt oka	bizonyított fenteml-túladagolás	ismeretlen	szívroham	szívmegállás	sztrók	szívmegállás	agyvérzés
Halál helye	otthon	egy hotelben	otthon	internet kávézó	otthon	otthon	otthon
Játékfüggő volt?	prof. játékos volt	ismeretlen	igen	igen	igen	igen	ismeretlen
Rizikófaktorok a hirtelen halálra	lánecodhányzás	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	elhízás	ismeretlen
Kórtörténet	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen	szívbetegség és magasvérnyomás	ismeretlen	ismeretlen	ismeretlen

#### *IV.4.1. Demográfiai és földrajzi jellemzők*

Az esetek között egyetlen nő volt (8. eset), azonban az ő játékának hosszáról és intenzitásáról nincs információnk. Nőknél általában a közösségi média iránti internet addikció jellemző, az IGD viszont 7-szer gyakoribb serdülő férfiakban, mint nőkben [52]. Úgy tűnik, a halálesetek az akciódús játékokkal (ld. lejjebb) hozhatók összefüggésbe, melyek a nők körében kevésbé népszerűek. A játékokban való versengés jóval gyakoribb a férfiak között, mely hosszabb időre a játékhoz köti őket, anélkül, hogy szünetet tartanának.

Az áldozatok főként serdülők vagy fiatal felnőttek voltak (11 és 40 év közöttiek). Az első néhány eset a 20-as éveiben halt meg; ez volt az a korosztály, mely leginkább találkozott a videójátékokkal és akiknél az IGD növekvő probléma lett. A következő években az áldozatok korosztálya kiszélesedett. A korábbi tinédzser és 20-as korosztály a 30-as éveibe lépett. A számítógépek további terjedése, az internet és a játékok elérték a nagyon fiatal korosztályt is, így napjainkban a gyerekek gyakran előbb játszanak videójátékokat, minthogy megtanulnának olvasni és általában 10 éves koruk előtt megkapják első, játékra alkalmas okostelefonjukat [54].

Az esetek több mint fele Délkelet-Ázsiából (Tajvan, Kína, Dél-Korea, Thaiföld) származik, és a legtöbb (12 eset) internetkávézóban történt. Ez nem olyan meglepő, figyelembe véve ezen helyek népszerűségét [56]. A játékorák olcsók, és jóval megfizethetőbb alternatíva a fiatal játékos számára, mint egy saját PC-hez, szélessávú internethez és magukhoz a játékokhoz való hozzájutás [55]. Emellett az internetkávézók olcsón kínálnak ételt, italt, sőt néhány közülük pihenőszobát is. A 0-24 órás nyitvatartás lehetővé teszi, hogy a játékos akár napokig ott maradjon. A fiatalok felügyelet nélkül távol lehetnek szüleiktől, kiszakadhatnak a való élet problémáiból és zavartalanul el tudnak merülni a játékban, megfeledkezhetnek az iskolai vagy a munkahelyi nyomásról [55]. Ezzel szemben a nyugati országokban inkább otthon játszottak, mivel az internet kávézók nem voltak ennyire népszerűek az otthoni e-mail és internet hozzáférés elterjedtsége miatt [56]. Az utóbbi években az okostelefonok gyors terjedésével az internetezés és a játék is átalakult, és megjelentek az első okostelefonos játékokhoz köthető halálesetek is.

#### *IV.4.2. A játékokhoz köthető halálozások incidenciája*

A fent említett adatokat felhasználva, megpróbáltunk egy nagyon durva becslést adni a játékokhoz köthető halálozások incidenciájáról. Az internetet használók száma

folyamatosan nő, körülbelül 2 milliárd (7 milliárd ember 28%-a 2010-ben) és 3 milliárd (7,38 milliárd ember 41 %-a 2015-ben) [57,144]. A rizikópopulációt a 15-40 év közötti férfiak jelentik, vagyis kb. 360-540 millió ember, mi egy 450 milliós átlagot használtunk a további számoláshoz.

A 2014-es ázsiai adatokat felhasználva, az IGD prevalenciáját serdülők között 5 %-ra becsülték, de mivel többségük férfi volt, így mi a férfiaknál 10 %-kal számoltunk. A kockázatnak kitett populáció (IGD-s, fiatal férfiak) körülbelül 45 millióra tehető. Ez durván 1 halálesetet jelent 2 millió játékosra 15 év alatt vagy évi 1 halálesetet 30 millió játékosra. A legmegszállottabb játékosok esetén ez a szám valószínűleg magasabb.

#### *IV.4.3. A halálesetekhez kapcsolódó játékok*

A legtöbb esetben az áldozat által játszott játék neve (vagy kategóriája) ismert. Az egyes kategóriák részletes leírása a Függelékben olvasható. Ezekben a játékokban az a közös, hogy mindegyik erőteljes és kimerítő szellemi koncentrációt igényel. A játékos kizárhatja a zavaró külvilágot, megfeledkezik az idő múlásáról, és alig figyel fel éhségre, szomjúságra, fáradtságra vagy bármilyen kellemetlen érzésre, melyeknek aztán káros következményei lehetnek. Nem történt haláleset Sandbox játék (például The Sims, Minecraft) [150] mellett, ahol a játékos a kreativitását használja az akció helyett; nem számoltak be kalandjátékozás [151] közbeni halálesetről sem, amelyekben egy történetet kell felderíteni és végigjátszani (meghintve akció- és ügyességi elemekkel) egy élvezhetően lassú tempóban, a fentebb említett „rohanás” helyett. A halálesetknél előforduló játékok bizonyítottan vagy feltehetően többszereplős valós idejű játékok voltak, ahol a versengés vagy a versenytársakhoz való alkalmazkodás gyorsabb tempót követel meg, és nem lehet megállni. Ezzel szemben az egyszereplős játékokban az egyén a saját tempójában haladhat.

#### *IV.4.4. Halálok*

Tíz áldozatnak voltak társbetegségei vagy rizikófaktorai a hirtelen/korai halálra: extrém elhízás (4. eset), túlsúly (8. és 23. eset), asztma (9. eset), korábbi szívroham (10. eset) vagy szívprobléma (21. eset), magas vérnyomás (21. eset), májbetegség/epekövesség (14. eset), törött láb (17. eset), dohányzás (2., 14., 18. eset), a többi esetben hasonló kockázati tényezők nem ismertek.

Öt hirtelen haláleset hátterében **tüdőembólia** igazolódott. Egy kellően nagy vérrög hemodinamikai összeomláshoz, sokkhoz és halálhoz vezethet az esetek kb. 10 %-

ában [58]. A boncolás egyértelműen bizonyíthatja vagy kizárhatja az embolizációt, de a megelőző tünetek (hirtelen kezdet, szűró mellkasi fájdalom, fulladás, vérköpés, duzzadt láb) is felvethetik a gyanúját. A tartós immobilizáció, ágynyugalom vagy hosszas ülés és a dehidráció jól ismert rizikófaktora az alsó végtagi mélyvénás trombózisnak.

A „turista osztály szindróma” kifejezés a légiutasok mélyvénás trombózisára utal, ahol a hosszantartó ülés vénás pangáshoz, a vénák endoteliumának károsodásához vezethet, míg a száraz levegő vagy a csökkent folyadékbevitel miatti dehidráció ugyancsak növeli a trombusképződés kockázatát. Az említett játékosok hasonlóan sokat ültek és keveset mozogtak. A játékra koncentrálni kevésbé vették észre az elgémberedést és a szomjúságot. Az elhízás és a dohányzás további fontos rizikófaktora. A vérrögképződés után a tüdőembólia jelentkezhet később vagy felléphet hullámokban, mint Chris Staniforth (8. eset) esetében, aki előző éjszaka „furcsa érzés”-ről számolt be a mellkasában, és következő napon halt meg a Munkaügyi Központban. A 22 napon át tartó ülő játék mellett Rustam (17. eset) lába el is volt törve, amely önmagában 10-szeresére növeli a mélyvénás trombózis rizikóját [59]. Az embólia kiterjedése mellett a túlélést az is befolyásolja, hogy a szervezet mennyire tudja kompenzálni a pulmonális keringés megnövekedett ellenállását, amelyhez jó jobb kamra funkció, megfelelő preload és autonóm szabályozás szükséges. Fiataloknál jobb esélyek várhatók, mint az idősebbeknél. Az autonóm diszfunkció (ld. később) és a dehidráció miatti hypovolaemia hozzájárulhatott a játékosok halálához.

Halálokként egy esetben (22. eset) **sztrókról**, egy másikban (24. eset) **agyvérzésről** számoltak be. A sztrókot nem részletezték. Lehetett iszkémiás sztrók, mely gyakran okoz mozgáskorlátozottságot, de ritkán hirtelen halált, és nagyon nehezen magyarázható ebben a korban. Valószínűbb, hogy vérzéses sztrók vagy szubarachnoideális vérzés lehetett. Hemorrhágiás sztrókot fiatalokban hipertenzió, érmalformáció, drogabúzus, vénás szinusztrombózis vagy hematológiai betegségek okozhatnak. A vérzés helyétől és nagyságától függően beékelődéshez, kómához és halálhoz vezethet. A szubarachnoideális vérzés az esetek több mint felében bogyóaneurizma ruptúrája miatt történik. Ezen betegek negyede 24 órán belül meghal, többen azelőtt, hogy kórházba érnének. Rizikófaktora a magas vérnyomás és a vérnyomás akut emelkedése, valamint a dohányzás [60].

Számos esetben (1., 3., 6., 9., 10., 15., 20., 21., 23. eset) a „**szívelégtelenség**”, „**szívroham**” vagy „**szívmegállás**” kifejezéseket nevezték meg halálokként, bár ezeket vélhetően nem az orvosi nomenklatúrának megfelelően használták. Más esetekben

egyértelmű halálokat nem részleteztek vagy csak spekulációk voltak (mint például „túlterhelés és elhízás” vagy „kimerültség”). Az ilyen rapidan kialakuló hirtelen szívhalál csaknem mindig malignus kamrai ritmuszavar (kamrafibrilláció, extrém gyors kamrai tachicardia), illetve hirtelen fellépő pótrimus nélküli szinusz- vagy AV-csomó diszfunkció miatt jön létre. Egyéb lehetséges specifikus okok (mint például extrém kiterjedésű szívinfarktus és pumpafunkció-vesztés vagy rapid vérzéshez, pericardiális tamponádhoz vezető aortadisszekció) valószínűtlenek, és könnyen azonosíthatóak boncolással. Ezzel szemben a ritmuszavarok hátterében gyakran nincs nyilvánvaló strukturális eltérés. Mindazonáltal csak kevés esetben álltak rendelkezésre boncolási eredmények vagy orvosi háttérinformációk, s azok is főként a nyugati országokból. Az ázsiai eseteknél ezt vagy nem végezték el, vagy a nemzetközi hírügynökségek nem számoltak be második cikkben annak eredményéről. Számos esetben a szívhalálhoz hozzájáruló tényezőként említették az izgalmat, a fáradtságot, a fizikai kimerültséget, az alvásmegvonást, a dehidrációt és a mozgáshiányt.

Néhány eset nem illeszkedik ebbe a mintába. Tim Eves (6. eset) Wii Fiten játszott, ahol a játékos valójában mozog és ugrál, mely a játékot egy enyhe-megerőltető aerob edzéssé teszi. A körülmények sem utaltak semmi szokatlanra. Halála inkább sporthoz, mint játékhoz köthető. Anna-Lee Kehoe (9. eset) tünetei sem hasonlítottak egy asztmás rohaméhoz, még egy teljes légúti elzáródás is hosszabb agóniát eredményezett volna. A tünetei inkább egy masszív tüdőembólia gyanúját keltik, és a források nem említenek ezt kizáró vizsgálatokat vagy boncolást. Ugyanakkor trombózis ebben a fiatal életkorban trombofilia jelenléte nélkül valószínűtlen. Bár nyilvánvaló provokáló faktorokat nem említettek, ritmuszavarhoz köthető halál (szívroham) lehetséges bizonyos alapbetegségek mellett (mint például aritmogén jobb kamrai kardiomiopátia vagy ioncsatorna-betegség). Hasonlóképpen Burkowski esetében (1. eset) a fél órás játék biztosan nem volt túlzottan megterhelő vagy túl stresszes a tapasztalt játékosnak (aki két top 10-es rekordot is beállított). A boncolási adatok alapján a szívén talált heg, mely vélhetően hozzájárult a letális ritmuszavarhoz, ismeretlen eredetű: kardiomiopátia, peri/miokarditisz, mechanikus sérülés vagy egy valószínűtlen szívinfarktus? Valószínűleg bármilyen más stresszhatás vagy izgalom is okozhatta volna a halálát. Hasonlóan más esetekben is (20., 21., 24. eset), ahol bár az áldozatok ismertén játékfüggők voltak, az utolsó játékkal kapcsolatban nem tettek említést szélsőségekről. Ha van egy nagyon kicsi esély a halálra egy játék során, akkor aki ezt rendszeresen végzi, annak nagyobb lesz erre a kumulatív esélye.

Bogdan Akh (19. eset) halála nem féktelen játékhoz kapcsolható, hanem egy ütemezett versenyre való felkészüléshez, s így az első e-sporthoz köthető halálesetnek tarthatjuk (ld. lejjebb). Extrém kimerültség valószínűtlen, ezt vélhetően a versenyen való legjobb teljesítmény érdekében elkerülték. Furcsa módon a halál nem a felkészülés vagy a verseny alatt történt, hanem utána, pihenés közben, amikor már elmúlt a stressz. Kérdés, vajon ez az állapotváltozás lehetett-e a kiváltó faktor, vagy valami más is történt, például a verseny utáni ünneplés során?

#### *IV.4.5. Alváshiány és halál*

18 esetben a halál előtti játék időtartama extrém hosszú (körülbelül egy nap vagy akár több nap is) volt, minimális pihenéssel, mely akut alváshiányt eredményezett, vagy az áldozat ismétlődően játszott hosszabb időtartamokat, ami krónikus alváshiányt valószínűsít.

Az alvás egy természetes nyugvó állapot a regenerációhoz [61]. Az akut vagy krónikus alváshiány kellemetlen hatásait mindannyian tapasztaltuk már; koncentráciogyengeség, csökkent szellemi és fizikai teljesítőképesség, hangulat-ingadozások, ingerlékenység, hogy csak néhányat említsünk. Ezeknek indirekt módon fatális következményei lehetnek, mint például elaludni vezetés közben és balesetet okozni. Az egy másik kérdés, hogy tud-e és hogy mikor tud az alváshiány önmagában halálhoz vezető biológiai sokkot okozni, úgy, mint az említett videójátékosokban. Egy állatkísérletben akut alvásmegvonás hatására minden patkány elpusztult 2-6 héten belül a folyamatos vagy paradox alvásdepriváció következtében [62]. Az állatok fogytak a megnövelt ételbevitel ellenére, termoregulációjuk megváltozott, de az agyi morfológiában és funkcióban nem látszott szembetűnő eltérés. Hasonló drasztikus alvásmegvonásos kísérlet emberben nem történt. Egy tanulmányban egy éjszakás alvásmegvonás után (még mindig átlagosan 1,7 óra alvás mellett) az alanyoknál a QT-idő megnyúlását és QT-diszperziót (még a normál tartományon belül) írtak le, mely halálos kamrai szívritmuszavarokra hajlamosíthat [63]. Egy esetismertetésben spontán koronária disszekcióról és szívinfarktusról számoltak be túlórázás miatti 72 órás alváshiányt követően [64].

Extrém alváshiány figyelhető meg egy nagyon ritka, autoszomális domináns öröklődésű prionbetegség, a fatális familiáris inszomnia kapcsán. A betegség vezető tünetei közé tartozik a progresszív inszomnia, a REM és a lassú hullámú alvás súlyos csökkenésével, az alvás-ébrenlét ciklus felborulásával. Az alváshiány pszichiátriai

tüneteket (fóbiákat, pánikrohamokat, hallucinációkat) okoz, későbbi stádiumban autonóm zavarok (tachikardia, hipertónia, hiperhidrózis), demetálódás jelentkezik, végül a tünetek kezdetétől számítva átlagosan 18 hónapon belül a betegek meghalnak. A betegség hátterében a prion protein gén mutációja áll [65].

Számos hosszmetzeti humán tanulmányban U-alakú kapcsolatot igazoltak az alvástartam és az összhálalozás között; mind a keveset, mind a sokat alvók körében magasabbnak találták a mortalitást, az optimális alvási idő naponta kb. 7 órának adódott [66,67,68,69,70]. Az alváshiány direkt hatásai mellett a kevés alvás olyan állapotok kialakulásához is hozzájárulhat, melyek növelik a mortalitást, pl. szív- és érrendszeri megbetegedés, sztrók, diszlipidémia, diabétesz, hipertónia, obezitás, daganatos megbetegedés, stressz, megváltozott gyulladási citokinszintek, károsodott immunválasz [71,72,73]. A játékosok pontos alvásszokásai nem ismertek, de feltételezhető, hogy akiket játékfüggőnek tartottak és akik rendszeresen játszottak több napig tartó vagy 10 óránál hosszabb játékmáratonokat, az alvásidőből is lefaragtak a játék kedvéért, és a görbe keveset alvó szárába estek. A fenti eredmények főként középkorúakra és idősebbekre vonatkozik, a fiatal videójátékosokra való alkalmazhatóságuk kérdéses. Ugyanakkor a krónikus kevés alvás ezekben az egyénekben már szubklinikus károsodásokat okozhatott, melyek fogékonyabbá teheték őket egy akut eseményre.

#### *IV.4.6. Sport és hirtelen szívhalál*

Időnként bekövetkező váratlan, hirtelen szívhalál esetekről egy másik területen is hallhatunk: a sportolónknál. Megpróbáltuk alkalmazni ezeket a tapasztalatokat a mi populációnknál. Az ilyen események nagy nyilvánosságot és orvosi figyelmet kapnak, az esetek és az okok általában mélyrehatóan kivizsgáltak. Széleskörű regiszterek sokkal megbízhatóbb adatokat kínálnak, mint ami a videójátékosok esetében elérhető. Az eltérő definíciók használata miatt az incidenciája széles határok között mozog: 1/3000 és 1/1.000.000 évente [74]. Magasabb volt az incidencia a férfiak (3-5x) és a feketék (3x) körében. Halál leggyakrabban a csapatsportokban fordult elő [76]. Egy tanulmány szerint a médiában szereplő adatok az összes hirtelen szívhalál eset 70 %-át azonosították, mely az érintett fiatal sportolók váratlan halálának nagy médiaérdeklődésére utal [75]. Számos esetben strukturális rendellenességeket (hipertrófiás kardiomiopátiát vagy idiopátiás bal kamra hipertrófiát, dilatatív vagy restriktív kardiomiopátiát, aritmogén jobb kamrai kardiomiopátiát, kongenitális koronária anomáliát, Marfan szindróma miatti aortaruptúrát, miokarditist, billentyű-betegséget, szívzúzódást) tártak fel, de gyakran



morfológiailag normális szívet találtak, utóbbi esetekben hirtelen aritmia halál szindrómát (sudden arrhythmic death syndrome, SADS) feltételeztek. Néhánynál közülük elektromos vezetési rendellenességek vagy ioncsatorna-betegségek (pl. Brugada-szindróma, Wolff-Parkinson-White szindróma, hosszú-QT szindróma) voltak azonosíthatók, de körülbelül 30 % megmagyarázatlan maradt.

#### *IV.4.7. e-Sportok*

A kimagasló teljesítményre a számítógépes játékokban is kíváncsiak az emberek; ez a jelenség mára 1 milliárdos közönséggel bíró ágazattá vált, amit e-sportnak hívunk [77], olyan játékosokkal, akik ezt teljes munkaidős hivatásként végzik. Egy átlagos e-sportoló naponta kb. 5 és fél órát gyakorol, versenyek előtt akár napi 10 órát is. 15 %-uk 3 órán át vagy annál is többet ül és játszik, anélkül, hogy szünetet tartana. Ez az órákon át tartó ülés, a képernyőre való folyamatos fókuszálás, közben percnként többszáz kattintás és gombnyomás krónikus túlterheléses sérüléseket (szemfáradtság, nyak- vagy hátfájdalom, csukló- és kézfájdalom) eredményez, melyek néha a karrier végét is jelentik. Egy esetben mélyvénás trombózist is igazoltak [77]. Tudomásunk szerint ezidáig e-sporthoz köthető halálozás nem történt. Ugyanakkor az e-sport közösség jóval kisebb, és rövidebb ideje is létezik, mint az általános játékos vagy az IGD-s populáció, és ennél az alacsonyabb számnál eddig még nem következett be haláleset.

#### *IV.4.8. Stressz és szívhalál*

Chen Rong-Yu (10. eset) halála egy jól kivizsgált, de megmagyarázatlan eset, melyről a „Death by video game” című könyvben orvosával, Dr. Ta-Chen Su-val történt interjúból olvashatunk [78]. Rong-Yu-nak 3 hónappal korábban szívrohama volt. Kiterjesztett kardiológiai vizsgálatok (EKG, szívultrahang, 24 órás EKG, koronarográfia, elektrofiziológiai vizsgálat) nem jeleztek rendellenességet. Implantálható kardioverter defibrillátor beültetést javasoltak, melyet a beteg elutasított. Dr. Su-nak több elmélete volt Rong-Yu halálával kapcsolatban:

*Akut autonóm diszfunkció.* A legtöbb szervünk a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer által szabályozott, ezek egyensúlya és az egyes ingerekre adott válasza révén alkalmazkodnak az élettani funkciók (pl. vérnyomás, szívfrekvencia, légzés, anyagcsere) az aktuális igényekhez. Tartós vagy extrém ingerek ezt az egyensúlyt felboríthatják, a szervek funkcionális és időnként morfológiai eltéréseihez, úgynevezett akut autonóm diszfunkcióhoz vezethetnek, melynek ritkán fatális következményei

lehetnek. Ilyen manifesztációk a szívnél a különböző ritmuszavarok, a szívinfarktus, a takotsubo kardiomiopátia és a hirtelen halál [79].

Az alvásmegvonás a szimpatikus tónus emelkedésével társul, azért, hogy az ébrenlélet fenntartsa és hogy kivédje a testet relaxáló, regeneratív állapotba vezető paraszimpatikus impulzusokat [80], mely végül az említett egyensúly felborulását és autonóm diszfunkciót eredményez. Ez része vagy kiváltója lehet az akut vagy krónikus stresszreakciónak is.

Maga a játék is stresszt okoz Robert S. Eliot (University of Nebraska Medical Center orvosa) szerint, aki a Pong nevű videójátékot használta stresszes szituációk modellezésére több mint 1000 betegnél. A játék megkezdése után egy percen belül gyakran észleltek 60/perc-es szívfrekvencia-emelkedést és 220 Hgmm feletti vérnyomásértékeket is, anélkül, hogy annak a beteg tudatában lett volna [78]. Hasonlóképpen, szívfrekvencia és vérnyomásemelkedést figyeltek meg e-Sportolóknál is [81,82], habár ilyen jelentős kiugrást nem említettek. Egyes esetekben az akut vérnyomásemelkedés halálos ritmuszavart provokálhat [83]. A stressz jelenléte az e-Sportok közben a stresszhormonok szintjének emelkedésével is kimutatható [84], csakúgy, mint a fizikai sportoknál [85].

Akut érzelmi megrázkódtatás (különösen a dűhszerű stressz) is provokálhat kamrai ritmuszavart és szívinfarktust is [86,87], de beszámoltak már támadás [88] vagy természeti katasztrófa okozta stresszhez köthető hirtelen szívhalálról is [89]. A hirtelen szívhalálesetek 20-40 %-át provokálhatja akut emocionális stressz. Egy játékos erős szorongást érezhet egy ismeretlen helyzetben, pánikot nagy rizikó-nagy tét szituációban, frusztrációt, amikor elbukik egy kihívást, és elveszti addigi eredményét, vagy dühöt, amikor folyton legyőzik.

*Túlmunka.* Még ha a játék nem is különösen stresszes, az extrém hosszú játék akkor is a munkahelyi túlórázáshoz hasonlít és kimerüléshez vezethet. Japánban több száz olyan esetről számoltak be, amikor az emberek ismétlődő túlórázás miatt haltak meg (a jelenséget karoshinak nevezték el) [90,91].

*Légszennyezettség.* Tajvan levegőjének relatív páratartalma általában 60-90 % között van, ami segíti a gombák, baktériumok, poratkák szaporodását zárt térben. A tajvani internetkávézók abban az időben kimondottan zsúfoltak voltak, és a dohányzási szabályok is liberálisabbak voltak; a gyenge szellőzés és a légkondicionálás ugyan hűtötte a levegőt, de nem javította annak minőségét [78]. Az internetkávézókban a légszennyezettségi index gyakran túllépte a biztonságos szintet. Kimutatták, hogy a súlyos légszennyezettség trombózist provokálhat, növeli a szívfrekvenciát és csökkenti a

szívfrekvencia-variabilitást, endoteliális diszfunkciót, arteriális vazokonstriktiót, apoptózist és hipertenziót okoz. Ezek tartós fennállás esetén hozzájárulhatnak az ateroszklerózis progressziójához, de az akut behatások is az autonóm idegrendszer egyensúlyának felborulásához, plakkinstabilitáshoz vezethetnek, akut kardio- és cerebrovaszkuláris eseményeket (miokardiális iszkémiát és infarktust, szívelégtelenséget, szívritmuszavarokat, hirtelen szívhalált és sztrókot) okozhatnak [92]. A légszennyezettség még hozzájárulhat az akut autonóm diszfunkcióhoz is, csakúgy, mint az alváshiány, az akut és a krónikus, az emocionális és a fizikai stressz, melyek magyarázhatják a játékosok hirtelen váratlan/megmagyarázatlan halálát.

#### **IV.5. Tanulmányunk potenciális limitációi**

Bizonytalan, hogy mennyire volt teljes a keresésünk. Valószínűbb, hogy beszámolnak egy olyan halálesetről, mely nyilvános helyen vagy egy hírességgel történik, vagy valami extremitás jellemzi. Az otthon történt halálesetknél a rokonok döntése volt, hogy adtak-e információt (például, ha ezzel üzeni akartak a közösség felé). Ugyanakkor lehetséges, hogy egyesek inkább magukban akartak gyászolni és visszautasították a médiaszereplést. Egy forrás említette, hogy „2006 során 10 dél-koreai ember halt meg vérrög miatt, amit az okozott, hogy hosszú ideig játszottak ülve internet kávézóban” [97], jóllehet, mi nem találtunk konkrét információt ezekről a névtelen esetekről. Mindazonáltal csak angol nyelvű forrásokból, például nemzetközi elektronikus újságokból tudtunk tájékozódni, és elképzelhető, hogy ha egy eset nem volt elég érdekes a nemzetközi médiának, és csak helyi nyelven jelentették, akkor azt elveszítettük. A felsorolt esetekről számos hírportál és különféle gyűjtemények is beszámoltak. Ezek a „túlhájpot” esetek az internetes keresés első oldalaira kerültek, és ezek azok, amik gyakorlatilag láthatóak. Azok, amelyekre ritkán kattintanak, kiszorulnak az első pár ezer helyről, és elvesznek a több száz millió találat között.

A forrásadatok minősége néha vitatható volt. Az eltérő forrásokból származó információk lényegében ugyanazok voltak, és alig tartalmaztak újdonságot. A források bizonyára átvették egymástól az információkat, vagy ugyanazokból a szűkszavú sajtóközleményekből dolgoztak. A részletek gyakran szegényesek voltak, a pontos halálok általában nem bizonyított vagy spekulatív volt, a boncolások eredményét ritkán közzölték.

## IV.6. Következtetés

A videójátékozás folyamatához közvetlenül köthető haláleseteket tekintettük át. Számos esetben az ülő helyzetben végzett extrém hosszú játék mélyvénás trombózishoz és halálos kimenetelű tüdőembóliához vezetett. Ugyancsak gyakori halálokként feltételezzük a végzetes szívritmuszavart, melyet a stressz és az alvásmegvonás által előidézett akut autonóm diszfunkció okozhatott. Főként fiatal férfiakat érintett, akik akciódús játékokat játszottak. Sokan közülük valószínűleg IGD-sek voltak. Magához, a játékhoz köthető halálozás incidenciája viszonylag alacsonynak tűnik, jóval alacsonyabb, mint a sporthoz köthető halálozása a rizikócsoportjában; de vegyük figyelembe, hogy a közvetlen életveszélyen túl a játékfüggőségnek káros bűnügyi és gazdasági következményei is vannak, ezért oda kell figyelni erre a problémára és erősíteni a prevenciót.

## IV.7. Függelék

### IV.7.1. A halálesetek rövid leírása

#### 0-1. eset

Az első, videójátékhoz köthető halálesetként **Jeff Dailey**-t (19 éves férfi) és **Peter Burkowski**-t (18 éves férfi) tartják számon 1981-ben, illetve 1982-ben, halálukkor mindketten „Berzerk”-et játszottak egy játékteremben, Chicagóban. Burkowski haláláról több adat érhető el: jó tanuló volt, nem ivott, nem drogozott, látszólag egészséges volt. Két top tízes eredményt állított fel a játékban 15 percen belül, aztán egy másik játékgép felé fordult, összeesett és meghalt – a terembe érkezését követő 30 percen belül. A boncolás hegszövetet talált a szíven, és a játék okozta stressz szerepet játszhatott halálában. Dailey-ről jóval kevesebb és ellentmondásos információ áll rendelkezésünkre, lehet, hogy az ő esete csak egy városi legenda [93,94,95].

#### 2. eset

Egyes források szerint **Kim Kyung-Jae** (24 éves férfi) az első ember, aki a túlzásba vitt videójátékozás miatt halt meg. 2002 októberében egy internetkávézóban, Gwangjuban (Dél-Korea) hunyt el mélyvénás trombózis és tüdőembólia következtében, miután a „MU” nevű videójátékon 86 órán keresztül játszott, közben csak cigarettát venni, és mosdóba menni állt meg [96,97,98].

3. eset

**Seung Seop Lee** (28 éves férfi) 2005. augusztus 5-én egy internetkávészóban halt meg Taeguban (Dél-Korea). Játékfüggőnek tartották (gyakran napi 14-18 órát játszott), akkortájt vesztette el a munkáját és szakított barátnőjével. Lee StarCraftot játszott 50 órán át, rövid szünetekkel, állítólag nagyon keveset (vagy egyáltalán nem) evett és ivott, és számítógépét csak WC-szünetekre hagyta ott. Székéből a padlóra esett, egy szemtanú szerint csukott szemmel, de tudatánál volt. A közeli kórházba szállították, ahol néhány órával később elhunyt kimerültség és dehidráció okozta szívelégtelenség miatt [99,100,101].

4. eset

**Zhang** (26 éves férfi) videójátékfüggő Jinzhou-ból (Észak-Kína) 2007. február 24-én halt meg. Otthonában World of Warcraftot játszott 7 napon keresztül a Holdújév ünnepe alatt, csak étkezésre, WC-szünetre és kevés alvásra hagyta abba. Szülei látták, ahogy rángatózik, és a monitor elé zuhant. Az újraélesztési kísérlet sikertelen volt. Feltételezések szerint halála az elhízás (kb. 150 kg volt), a túl hosszú ülésből eredő gyenge vérkeringés és oxigénhiány miatt kialakult szívelégtelenség következménye [102,103].

5. eset

Egy 30 éves **Kínai férfi** 2007. szeptember 15-én holtan esett össze egy internetkávészóban Guangzhou-ban (Kína), miután 3 napon keresztül játszott online, érdemi szünet nélkül. A mentők megpróbálták újraéleszteni, de sikertelenül. További információkat nem közöltek [104,105].

6. eset

25 éves, „fitt és egészséges” férfi, **Tim Eves** összeesett és meghalt, miközben a Nintendo Wii Fit játékkonzolon kocogott 2009. március 4-én Hopton-on-Sea-ben (Egyesült Királyság). Néhány órával előtte tért vissza Portugáliából. A vélhető halálok hirtelen aritmia halál szindróma (sudden arrhythmic death syndrome, SADS) volt [106,107].

7. eset

2011 februárjában egy 30 éves **Kínai férfi** halt meg egy internetkávészóban, Peking külvárosában egy 3 napos online játéksorozatot követően, alvás és evés nélkül [108,109].

8. eset

**Chris Staniforth** (20 éves férfi), Sheffieldben (Egyesült Királyság) saját Xboxán gyakran játszott „Halo” nevű játékot akár 12 órán keresztül. 2011 májusában egy állásinterjút követően halt meg egy munkaközvetítőben (lehajolt a földre esett csomag rágóért, majd összeesett és rángatózni kezdett). Előző éjszaka „furecsa érzés”-re ébredt mellkastájékon. A halálok mélyvénás trombózis és tüdőembólia volt. Feltehetően a mozgásszegény életvitel provokáló tényező lehetett [110,111].

9. eset

2011. július 22-én **Anna-Lee Kehoe** (13 éves lány) Bridportban (Egyesült Királyság) Xboxon játszott otthonában, amikor felállt, légszomjról panaszkodott és összeesett. Előtte 10 perccel még kiment WC-re, és jól volt. A források szerint újraélesztették, de sikertelenül. A lány ismertén asztmás volt, egyebekben teljesen egészséges. Halálokként asztma okozta szívrohamot feltételeztek [112,113,114].

10. eset

**Chen Rong-Yu** (23 éves férfi) 2012. február 1-jén egy internetkávézóban halt meg New Taipei City-ben (Tajvan). 23 órán át csaknem folyamatosan „League of Legends”-et játszott, időnként megpihentette a fejét a monitor előtt, majd folytatta tovább a játékot. 9 órával az egyik ilyen megpihenés után egy alkalmazott megpróbálta felébreszteni, de holtan találta, úgy, hogy még mindig fogja a billentyűzetet. Az első jelentések szerint a hideg hőmérséklet, a kimerültség és a mozgás hiánya miatt kialakult szívleállás okozhatta halálát. Családja állítása szerint szívbetegség miatt kezelték előző évben [109,115,116].

11. eset

**Chuang** (18 éves férfi) 2012. július 15-én halt meg Tajvanon. 40 órán át játszott evés és alvás nélkül „Diablo III” játékkal egy internetkávézó privát szobájában. Az asztalon pihenve találtak rá. Amikor az alkalmazottak felébresztették, felállt, néhány lépést tett, majd összeesett. Röviddel a kórházba kerülést követően elhunyt. A feltételezett halálok a hosszas ülés következtében kialakult tromboembólia lehetett [108,117,118].

12. eset

**Chang**-ot (35 éves férfi) 2013 augusztusában holtan találták egy internetkávézóban a székében, miután 10 órán át játszott Hualien City-ben (Tajvan) [119].

13. eset

**Wang** (40 éves férfi) 2014 februárjában 13 órán át tartó játék után halt meg egy internetkávézóban Greater Kaohsiungban (Tajvan). Az alkalmazottak holtan találták, szemei nyitva voltak, és mereven nézte a képernyőt, mintha még mindig játszana [119].

14. eset

**Chu**-t (38 éves férfi) holtan találták egy New Taipei-i (Tajvan) internetkávézó mosdójában 2015. január 1-jén, egy 5 napig tartó számítógépes játékmaraton után. Cigaretta- és WC-szünet, valamint alkalmanként egy gyors étkezés kivételével nem hagyta el az ülőhelyét. Holmijai között májbetegsége és epekövességre használt gyógyszereket találtak. A rendőrök szerint alapbetegsége vezetett halálához, melyet az 5 napos játék okozta fizikai kimerültség súlyosbíthatott [119].

15. eset

**Hsieh** (32 éves férfi) Kaohsiungban (Tajvan) hosszabb ideje volt munkanélküli, rendszeresen töltött egész napokat játékkal internetkávézóban. Székében ülve vagy az asztalra feküdve szokott szundítani egyet. 2015. január 8-án a billentyűzetre dőlve öntudatlan állapotban találták. Több órája halott lehetett, miután 3 napon át folyamatosan harci játékokkal játszott. A biztonsági kamerafelvétel szerint mielőtt elájult mellkasi fájdalommal küzdött. Halálokként szívmegállást gyanítottak, melyhez a hideg hőmérséklet, a mozgáshiány és a sok órás játék okozta kimerültség hozzájárulhatott [120,121,122,123,124].

16. eset

2015 márciusában **Wu Tai** (24 éves férfi) Sanghaiban (Kína) egy internetkávézóban halt meg, miután 19 órán keresztül szünet nélkül World of Warcraftot játszott. A képernyő előtt ült, amikor erősen köhögni kezdett. Szemtanúk sápadtnak látták, vért köhögött fel, majd székébe roskadt. A mentők megpróbálták újraéleszteni, sikertelenül [125,126].

17. eset

**Rustam** (17 éves fiú) Bashkortostanban (Oroszország) 2015. szeptember 1-jén halt meg. A fiú az elmúlt másfél évben 2000 órát játszott a „Defence of the Ancients” nevű játékkal. Miután eltörte a lábát, és otthon maradt, 22 napig játszott szinte folyamatosan, csak nassolni és szundizni állt meg egy kicsit. Haláluként trombembóliát valószínűsítettek, melyet a törött láb és a mozgás hiánya okozott [127,128].

18. eset

**Brian Vigneault** (művésznevén Poshybrid, 35 éves férfi) 2017. február 19-én halt meg Virginiában (USA). Rendszeresen tartott maratoni játékközvetítéseket a Twitchen. Ezúttal egy jótékonyági célú 24 órás stream-et hirdetett meg. „World of Tanks”-et játszott, a vége felé többször elbóbiskolt. 22 óránál tartott egy cigaretta-szünetet (ismerten láncdohányos volt), de sohasem tért vissza. A találgatásokkal szemben halálát fentanil-túladagolás okozta [129,130,131].

19. eset

A svéd, profi „Fortnite” játékos és streamer, **Bogdan Akh** (21 éves férfi) 2018. október 29-én álmában halt meg egy hotelszobában, miután 18. helyen végzett a TwiThCon őszi bajnokságán San Joseban (USA). Csapattársa reggel holtan találta. Az elmúlt két hónapban intenzíven játszottak minden egyes napon Fortnite-ot, hogy a TwitchConra gyakoroljanak. Halálának okát nem hozták nyilvánosságra [132,133,134].

20. eset

**Fahad Fayyaz** (11 éves fiú) 2019. február 5-én Lahorban (Pakisztán) halt meg, miután „Fortnite”-ot játszott. Megelőzően jó hangulatban ment haza az iskolából, nem látszott stresszesnek. Szülei később eszméletlenül találták a szobájában kontrollerrel a kezében. A barátaival akart játszani, de egy közülük nem tudott csatlakozni, mire Fahad azt mondta, „Ha elveszítem ezt a játékot, én szívrohamot kapok!” Állítólag játékfüggő volt, s annak ellenére, hogy szülei próbálták megállítani, még mindig órákon át játszott. A feltételezett halálok szívroham volt [135,136].

21. eset

**Natsupon Arunrat** (32 éves férfi) 2019. április 27-én halt meg egy internetkávézóban Samut Prakanban (Thaiföld). Hajnali 4-kor kezdett játszani, és este találtak rá, akkor már



kb. 4 órája halott lehetett, hátradőlve feküdt a székben, véres szájjal, mivel elharapta a nyelvét. Rendszeresen töltötte ott az egész napot. Édesanyja szerint szívbetegségben és magas vérnyomásban szenvedett évek óta, nem tudott dolgozni, számítógépes játékfüggő volt. A halál okaként szívmegállást feltételeztek [137].

22. eset

**Piyawat Harikunt** (17 éves férfi) Udon Thani-ban (Észak-Thaiföld) számítógépes székéből a padlóra esve holtan találták. Az iskolai szünet alatt a fiú egész éjjel többszereplős harci játékokkal játszott, melyet aztán nappal is folytatott, míg holtan nem találták 2019 november 4-én délután. A mentők szerint sztróokban halt meg, melyet az éjszakán át tartó folyamatos játék okozhatott [138,139,140,141].

23. eset

2020 októberében **Muhammad**-ot (12 éves fiú) Egyiptomban eszméletlenül találták (és meghalt mielőtt a kórházba került volna), miután órákon át „PlayerUnknown’s Battlegrounds”-ot játszott a mobiltelefonján. A fiú elhízott volt és játékfüggő. Előzetes boncolási vélemény szerint halálát hirtelen vérnyomás-emelkedés talaján kialakult szívmegállás okozta [142].

24. eset

**Dharshan**, 16 éves magántanuló fiú 2021. február 1-jén Puducherry-ben (India) összeesett és meghalt, miután „Fire Wall”-t játszott okostelefonján kb. 4 órán át iskola után. Az újraélesztés sikertelen volt. A boncolás agyvérzést fedett fel. Egy sztrók specialista professzor véleménye szerint valószínűtlen, hogy a videójátékba való belemerülés volt a halálok, habár a játék okozta adrenalinfröccs megemelheti a pulzust és vérnyomást, csakúgy, mint bármilyen túlzott megerőltetés és ez halálos lehet egy meghúzódó érmalformáció esetén [143].

#### *IV.7.2. A videójátékok rövid leírása*

A World of Warcraft egy szerepjáték (role-playing game, RPG) [145], ahol a játékos egy avatárt irányít és küldetéseket teljesít, tárgyakat gyűjt, készít és ellenfeleket győz le, hogy a játékban jobb, erősebb, gazdagabb legyen. Egy hatalmas, felfedezendő világ és a számtalan teendő végtelen órákra leköti a játékost. A játék egy jelentős része a harcról szól, ahol a játékosnak használnia kell a támadó

képességeit/képzetségeit/varázslatait, hogy legyőzze az ellenfelét, és ugyancsak használnia kell a védekező képességét, hogy életben tartsa magát és társait. A harc lehet intenzív és igazi kihívás a vezérszörnyek és más játékosok ellen, mely teljes figyelmet és összpontosítást igényel, az ellenfél lépéseire adandó gyors reakcióért, a megfelelő időzítésért, hogy használja a képességeit és precízen végrehajtsa a mozdulatokat. Az akció-szerepjátékok (action RPGs), mint például a Mu és a Diablo a szerepjátékok (RPG) erőteljesen harcközpontú változatai. A Defence of the Ancients és a League of Legends online többjátékos csatamező (Multiplayer online battle arena, MOBA) [146] játékok, ahol két csapat egyedi képességekkel küzd azért, hogy lerombolja az ellenség bázisát és megvédje a sajátját. A rövid és intenzív összecsapások mellett a játékosoknak fel kell ismerniük a lehetőségeket, kicselezniük, levadászniuk vagy hátráltatniuk az ellenfelet, kihasználva a környezetet, megtalálni a gyenge pontokat és az időablakot a csapásméréshez, felosztani a feladatokat több frontra vagy éppen összegyűlni egy ponton való áttöréshez. A harci képességei mellett a játékosnak gyorsan kell gondolkodnia és terveznie, alkalmazkodnia a csapat, illetve az ellenfél stratégiájához, egy pillanatnyi szünet nélkül a játék végéig.

A Starcraft egy valós idejű stratégiai (real time strategy, RTS) játék [147], ahol a játékosnak létre kell hoznia és felfejleszteni egy bázist, terjeszkedni, hogy kiépíthessen egy gazdaságot, melyből felállíthatja a hadseregét, amivel le kell rombolnia az ellenfél bázisát. A jó játékosnak folyamatosan fel kell derítenie az ellenfelét, hogy kiszámíthassa a következő lépését és ennek megfelelően alakítsa az arzenálját. Több fronton kell támadnia és átmanővereznie a védelmen, néha akár feláldoznia az egységeit az ellenfél gazdaságának meggyengítése érdekében, mellyel előnyre tehet szert; mindeközben meg kell ugyanezt akadályoznia az ellenfél részéről. A csatákban célszerű mikromenedzselni az egységeit is, hogy minél hatékonyabbak legyenek. És mindezt párhuzamosan, valós időben kell végeznie, mely hihetetlen mértékű multitaszkolást, gyors döntéseket és végrehajtást igényel. Ezekben a gyors ütemű játékokban a felső kategóriás játékosok átlag 300-350-es percenkénti akciószámot (mint kijelölés, vagy parancs kiadása) végeznek, mely intenzív összecsapásoknál még magasabbra ugorhat.

Számos harci játékban a játékos az avatár szemszögébe helyezkedik (first person shooters, FPS [148], például Halo, Firewall) vagy annak háta mögül irányít (third person shooters, TPS [149], például PlayerUnknown's Battlegrounds, Fortnite). A cél, hogy megölje az ellenséges játékos-avatárt, vagy ezt meg kell tennie, hogy elérje a fő célját (elfoglalni/megvédeni a bázist, megszerezni a zászlót stb.). A villámgyors reflexeken és

precíz célzáson kívül a játékosnak folyamatosan fókuszálnia kell, hogy észrevegye az ellenfelet a behatárolt látóterében, hogy ismerje és kihasználja a környezetet a rajtaütéshez, meneküléshez, manőverezéshez.

## V. Új eredmények összefoglalása

Alvási szokások és a hippocampusz mérete közötti kapcsolat:

- Szignifikáns összefüggést találtunk a késői lefekvés és a kisebb hippocampális volumen között.
- Szignifikánsan kisebb hippocampális méret mutatkozott mind a keveset, mind a sokat alvókban az átlagos mennyiséget (7-9 órát) alvókhoz képest.

Videójátékokhoz köthető nem erőszakos, hirtelen halálesetek:

- Az áldozatok általában fiatal férfiak voltak.
- A játékosok jellemzően akciódús játékot játszottak.
- A halál előtti játék hossza az esetek többségében extrém hosszú volt.
- A leggyakoribb halálok fatális szívritmuszavar lehetett, melyet akut és krónikus alváshiány, kimerültség, stressz okozta ún. akut autonóm diszfunkció provokálhatott.
- A 2. leggyakoribb halálok a tüdőembólia volt.

## VI. Köszönetnyilvánítás

Hálásan köszönöm az irányítást és a folyamatos támogatást témavezetőmnek, a Neurológiai Klinika igazgatójának, a Doktori Iskola vezetőjének, Prof. Dr. Janszky József egyetemi tanárnak, aki szakmai tapasztalatával felbecsülhetetlen segítséget nyújtott értekezésem és publikációim elkészültében.

Szeretném köszönetemet kifejezni a Neurológiai Klinika korábbi igazgatójának, a Doktori Iskola korábbi vezetőjének, Prof. Dr. Komoly Sámuel egyetemi tanárnak, aki mindvégig támogatta klinikai és tudományos előremeneteletemet.

Az „Alvási szokások és a hippocampusz mérete közötti kapcsolat” című vizsgálatban nyújtott folyamatos segítségéért, útmutatásáért hálás köszönet illeti Dr. Clemens Zsófiát, a Neurológiai Klinika korábbi tudományos munkatársát, valamint a

Pécsi Diagnosztikai Központ dolgozóit, Nagy Szilvia Anettet, Perlaki Gábort és Orsi Gergelyt, akik az MR vizsgálatok tervezésében, kivitelezésében segítettek; hozzáértésük és szakmai tudásuk nélkül ez a munka nem valósulhatott volna meg.

A „Videójátékokhoz köthető nem erőszakos, hirtelen halálesetek” című tanulmányban nyújtott munkájáért és türelméért köszönettel tartozom Férjemnek és szerzőtársamnak, Dr. Kenyeres Péternek, aki a témával kapcsolatos személyes tapasztalataival és szakmai tudásával nagyban hozzájárult a munka elkészüléséhez. Külön köszönet illeti Dr. Darnai Gergelyt, a Neurológiai Klinika tudományos főmunkatársát értékes észrevételeiért.

Köszönettel tartozom a Neurológiai Klinika valamennyi munkatársának, támogatásukért.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm Családomnak a sok biztatást, támogatást.

Az „Alvási szokások és a hippocampus mérete közötti kapcsolat” című vizsgálat a „SROP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0002” pályázat támogatásával valósulhatott meg.

## VII. Publikációs lista

### Az értekezés alapjául szolgáló közlemények:

1. Kuperczkó D\*, Perlaki G\* (\*megosztott első szerzők), Faludi B, Orsi G, Altbacker A, Kovács N, Dóczy T, Komoly S, Schwarcz A, Clemens, Zs, Janszky J. Late bedtime is associated with decreased hippocampal volume in young healthy subjects. Sleep and biological rhythms. 2015;13(1):68-75. doi: 10.1111/sbr.12077. **IF: 0,628 Q3**
2. Kuperczko D, Kenyeres P, Darnai G, Kovacs N, Janszky J. Sudden gamer death: non-violent death cases linked to playing video games. BMC Psychiatry. 2022;22(1):824. doi: 10.1186/s12888-022-04373-5. **IF: 4,144 Q1**

### Az értekezés témájához kapcsolódó tudományos előadások és posztterek:

1. Kuperczkó D, Faludi B, Janszky J. Alvási szokások és a hippocampus morfológiája: A Magyar Alvástársaság VII. Kongresszusa, Pécs, 2010.11.05-06.
2. Kuperczko D, Clemens Zs, Perlaki G, Orsi G, Kalmar Zs, Schwarz A, Kovacs N, Faludi B, Janszky J. Sleeping habits and brain structure: the volume of the

hippocampus is smaller in “owls” than “larks”. 16th Congress of the European Federation of Neurological Societies, 2012.09.08-11., EUROPEAN JOURNAL OF NEUROLOGY 2012;19(1):403-403. Paper: P1837.

#### **Egyéb közlemények:**

1. Kuperczko D, Csécei P, Komáromy H, Szapáry L, Fehér G. A hypertonia drasztikus csökkentésének veszélyei. [Unfavorable outcome of aggressive lowering of high blood pressure. Case report]. Orvosi Hetilap 2014;155(42):1685-9. doi: 10.1556/OH.2014.30011.
2. Kuperczko D, Janszky J. Epilepszia és obesitas. Neurológiai Praxis. 2018;1(1):15-16.
3. Toth M, Papp KS, Gede N, Farkas K, Kovacs S, Isnard J, Hagiwara K, Gyimesi C, Kuperczko D, Doczi T, Janszky J. Surgical outcomes related to invasive EEG monitoring with subdural grids or depth electrodes in adults: A systematic review and meta-analysis. Seizure. 2019;70:12-19. doi: 10.1016/j.seizure.2019.06.022. **IF: 2,522 Q2**
4. Tóth M, Barsi P, Tóth Z, Borbély K, Lückl J, Emri M, Repa I, Janszky J, Dóczi T, Horváth Z, Halász P, Juhas V, Gyimesi C, Bóné B, Kuperczko D, Horváth R, Nagy F, Kelemen A, Jordán Z, Újvári Á, Hagiwara K, Isnard J, Pál E, Fekésházy A, Fabó D, Vajda Z. The role of hybrid FDG-PET/MRI on decision-making in presurgical evaluation of drug-resistant epilepsy. BMC Neurology. 2021;21(1):363. doi: 10.1186/s12883-021-02352-z. **IF: 2,903 Q2**

#### **Egyéb előadások és poszterek:**

1. Horvath R, Fogarasi A, Kuperczko D, Feher N, Toth V, Schulz R, Gyimesi C, Ebner A, Janszky J. Evaluation of ictal vocalization in temporal lobe epilepsy. A Magyar Epilepszia Liga IX. Kongresszusa, Miskolc, 2008.05.22-24.
2. Kuperczko D, Csécei P, Fehér G, Komáromy H, Szapáry L. Az ún. hypertenzív krízis drasztikus kezelésének veszélyei. A Magyar Stroke Társaság X. konferenciája, Miskolc, 2011.09.29-10.01.
3. Benkovics B, Kuperczko D, Loibl Cs, Szenohradszky K, Csontos Cs. Víz vitalis? Intenzív terápiás kezelést igénylő állapot extrém vízfogyasztást követően: A

Magyar Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Társaság XXXX. Kongresszusa, MAITT Továbbképző Nap, Siófok, 2012.05.02-04.

4. Kuperczkó D, Lovadi E, Bosnyák E, Csécsei P, Deli G, Horváth R, Kőszegi E, Sebők Á, Mike A, Szapáry L. Arteria vertebralis disszekció előfordulása fiatalkori agyi ischaemiás esemény kapcsán. A Magyar Stroke Társaság XI. Konferenciája, Nyíregyháza, 2013.09.05-07.
5. Kuperczkó D, Pfund Z. Krónikus, féloldali, szteroid-reszponzív fejfájás esete. Magyar Fejfájás Társaság XXIII. Kongresszusa, Siófok, 2016.05.06.
6. Kuperczkó D, Dóczi T, Komáromy H, Trauninger A, Pfund Z. A nervus trigeminus microvascularis kontaktusának igazolása T2-SPACE vizsgálattal. Magyar Fejfájás Társaság XXIV. Kongresszusa, Siófok, 2017.05.05.
7. Rajda C, Polyák H, Kelemen J, Dobner S, Liptai Z, Török T, Horváth R, Kuperczkó D, Bóné B, Bereg E, et al. Tapasztalataink anti-MOG ellenanyag pozitív páciensekkel. A Magyar Neuroimmunológiai Társaság (MANIT) IV. kongresszusa, Visegrád, 2017.09.28-30.
8. Tóth Márton, Horváth Zsolt, Dóczi Tamás, Kuperczkó Diána, Pál Endre, Barsi Péter, Vajda Zsolt, a PET/MR Epilepszia Multi-Diszciplináris Team tagjai, Janszky József Vladimir. A Pécsi Tudományegyetemen elvégzett első sztereotaxiás EEG monitor tapasztalatai - esettanulmány. A Magyar Neuroradiológiai Társaság XXV. Jubileumi Kongresszusa és Továbbképző Kurzusa, Visegrád, 2017.11.09-11.
9. Fajtai Dániel, Tóth Zoltán, Csóka Ádám, Takács Aliz, Aranyi Sándor Csaba, Repa Imre, Emri Miklós, Bajtek Gyöngyvér, Bajzik Gábor, Balogh Orsolya, Barsi Péter, Bóné Beáta, Borbély Katalin, Csorba Eszter, Dóczi Tamás, Erőss Loránd, Fabó Dániel, Fekesházy Attila, Halász Péter, Horváth Réka, Horváth Zsolt, Janszky József, Jordán Zsófia, Kelemen Anna, Kuperczkó Diána, Lőrincz Katalin, Lückl János, Moizs Mariann, Nagy Csaba, Nagy Ferenc, Nagy Zoltán, Szász Krisztina, Szóts Mónika, Tóth Márton, Vajda Zsolt, Zádori Péter. PET/MRI funkcionális képek térbeli standardizálásának optimalizálása. Neuroimaging Workshop, előadás absztraktok. 2017; Paper: 26.
10. Kuperczkó D, Tóth M, Janszky J. Invazív intracraniális EEG-technikák (SDG, SEEG) szövődményei: metaanalízis nemzetközi irodalomból. Epileptológiai Továbbképző Munkakonferencia, Győr, 2018.10.11-13.

11. Kuperczkó D, Dóczy T, Komáromy H, Pfund Z. Magas grádiensű T2-súlyozott vékonyseleteres felvételek symptomás trigeminovascularis kontaktok kimutatására. Országos Neurológiai Esetbörze (ONEB), Szekszárd, 2019.03.01-02.

**Kumulatív impakt faktor: 10,197**

## VIII. Irodalomjegyzék

1. Irwin MR. Why sleep is important for health: a psychoneuroimmunology perspective. *Annu Rev Psychol.* 2015;66:143-72. doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115205.
2. Leproult R, Van Cauter E. Role of sleep and sleep loss in hormonal release and metabolism. *Endocr Dev.* 2010;17:11-21. doi: 10.1159/000262524.
3. Bódizs R. Alvás, álom, bioritmusok. Budapest: Medicina; 2000. pp. 47-49.
4. Köves P, Szakács Z. Az alvásmedicina kézikönyve. Budapest: SpringMed; 2017. pp. 73-76.
5. Sateia M. International Classification of Sleep Disorders. 3rd ed. (ICSD-3). Darien, USA: American Academy of Sleep Medicine; 2014.
6. Köves P, Szakács Z. Az alvásmedicina kézikönyve. Budapest: SpringMed; 2017. pp. 302-307.
7. Radics J. Alváskönyv. Budapest: Oriold és Társai; 2019. pp. 75-76.
8. Eric Suni. Short Sleepers. Sleep Foundation. 2022. <https://www.sleepfoundation.org/how-sleep-works/short-sleeper-syndrome>. Accessed 31 Jan 2023.
9. Eric Suni. Long Sleepers. Sleep Foundation. 2022. <https://www.sleepfoundation.org/how-sleep-works/long-sleeper>. Accessed 31 Jan 2023.
10. Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. *PLoS Med.* 2004;1(3):e62. doi: 10.1371/journal.pmed.0010062.

11. Spiegel K, Knutson K, Leproult R, Tasali E, Van Cauter E. Sleep loss: a novel risk factor for insulin resistance and Type 2 diabetes. *J Appl Physiol.* 2005;99(5):2008-19. doi: 10.1152/jappphysiol.00660.2005.
12. Cheng W, Rolls E, Gong W, Du J, Zhang J, Zhang XY, Li F, Feng J. Sleep duration, brain structure, and psychiatric and cognitive problems in children. *Mol Psychiatry.* 2021;26(8):3992-4003. doi: 10.1038/s41380-020-0663-2.
13. Owens J, Adolescent Sleep Working Group, Committee on Adolescence. Insufficient sleep in adolescents and young adults: an update on causes and consequences. *Pediatrics.* 2014;134(3):e921-32. doi: 10.1542/peds.2014-1696.
14. Calamaro CJ, Mason TB, Ratcliffe SJ. Adolescents living the 24/7 lifestyle: effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics.* 2009;123(6). Available at: [www.pediatrics.org/cgi/content/full/123/6/e1005](http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/123/6/e1005).
15. Theodore WH, Bhatia S, Hatta J, et al. Hippocampal atrophy, epilepsy duration, and febrile seizures in patients with partial seizures. *Neurology.* 1999;52:132–6. doi: 10.1212/wnl.52.1.132.
16. Sheline YI, Wang PW, Gado MH, Csernansky JG, Vannier MW. Hippocampal atrophy in recurrent major depression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1996;93:3908–13. doi: 10.1073/pnas.93.9.3908.
17. Sim K, DeWitt I, Ditman T, et al. Hippocampal and parahippocampal volumes in schizophrenia: a structural MRI study. *Schizophr. Bull.* 2006;32:332–40. doi: 10.1093/schbul/sbj030.
18. Karl A, Schaefer M, Malta LS, Dörfel D, Rohleder N, Werner A. A meta-analysis of structural brain abnormalities in PTSD. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2006;30:1004–31. doi: 10.1016/j.neubiorev.2006.03.004.
19. Riemann D, Voderholzer U, Spiegelhalder K, et al. Chronic insomnia and MRI-measured hippocampal volumes: a pilot study. *Sleep.* 2007;30:955–8. doi: 10.1093/sleep/30.8.955.
20. Riemann D, Kloepfer C, Berger M. Functional and structural brain alterations in insomnia: implications for pathophysiology. *Eur. J. Neurosci.* 2009;29:1754–60. doi: 10.1111/j.1460-9568.2009.06721.x.
21. Macey PM, Richard CA, Kumar R, et al. Hippocampal volume reduction in congenital central hypoventilation syndrome. *PLoS ONE.* 2009;4:e6436. doi: 10.1371/journal.pone.0006436.



22. Taki Y, Hashizume H, Thyreau B, et al. Sleep duration during weekdays affects hippocampal gray matter volume in healthy children. *Neuroimage*. 2012;60:471–5. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.11.072.
23. Fischl B, Salat DH, Busa E, et al. Whole brain Segmentation: automated labeling of neuroanatomical structures in the human brain. *Neuron*. 2002;33:341–55. doi: 10.1016/s0896-6273(02)00569-x.
24. Morey RA, Petty CM, Xu Y, et al. A comparison of automated segmentation and manual tracing for quantifying hippocampal and amygdala volumes. *Neuroimage*. 2009;45:855–66. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.12.033.
25. Pardoe HR, Pell GS, Abbott DF, Jackson GD. Hippocampal volume assessment in temporal lobe epilepsy: how good is automated segmentation? *Epilepsia*. 2009;50:2586–92. doi: 10.1111/j.1528-1167.2009.02243.x.
26. Du AT, Schuff N, Chao LL, et al. Age effects on atrophy rates of entorhinal cortex and hippocampus. *Neurobiol. Aging*. 2006;27:733–40. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2005.03.021.
27. Starkman MN, Gebarski SS, Berent S, Scheingart DE. Hippocampal formation volume, memory dysfunction, and cortisol levels in patients with Cushing's syndrome. *Biol. Psychiatry*. 1992;32:756–65. doi: 10.1016/0006-3223(92)90079-f.
28. Driscoll I, Hamilton DA, Petropoulos H, et al. The aging hippocampus: cognitive, biochemical and structural findings. *Cereb Cortex*. 2003;13:1344–51. doi: 10.1093/cercor/bhg081.
29. Brown ES, Woolston DJ, Frol A, et al. Hippocampal volume, spectroscopy, cognition, and mood in patients receiving corticosteroid therapy. *Biol. Psychiatry*. 2004;55:538–45. doi: 10.1016/j.biopsych.2003.09.010.
30. Born J, Fehm HL. Hipotalamusz-pituitary-adrenal activity during human sleep: a coordinating role for the limbic hippocampal system. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*. 1998;106:153–63. doi: 10.1055/s-0029-1211969.
31. Fehm HL, Späth-Schwalbe E, Pietrowsky R, Kern W, Born J. Entrainment of nocturnal pituitary-adrenocortical activity to sleep processes in man – a hypothesis. *Exp. Clin. Endocrinol*. 1993;101:267–76. doi: 10.1055/s-0029-1211243.

32. Colla M, Kronenberg G, Deuschle M, et al. Hippocampal volume reduction and HPA-system activity in major depression. *J. Psychiatr. Res.* 2007;41:553–60. doi: 10.1016/j.jpsychires.2006.06.011.
33. Yehuda R. Post-traumatic stress disorder. *N. Engl. J. Med.* 2002;346:108–14. doi: 10.1056/NEJMra012941.
34. Lupien SJ, de Leon M, de Santi S, et al. Cortisol levels during human aging predict hippocampal atrophy and memory deficits. *Nat. Neurosci.* 1998;1:69–73. Erratum in: *Nat. Neurosci.* 1:329. doi: 10.1038/271.
35. Gais S, Plihal W, Wagner U, Born J. Early sleep triggers memory for early visual discrimination skills. *Nat. Neurosci.* 2000;3:1335–9. doi: 10.1038/81881.
36. Gais S, Born J. Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learn. Mem.* 2004;11:679–85. doi: 10.1101/lm.80504.
37. Marshall L, Helgadóttir H, Mölle M, Born J. Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature.* 2006;444:610–13. doi: 10.1038/nature05278.
38. Born J, Wagner U. Memory consolidation during sleep: role of cortisol feedback. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2004;1032:198–201. doi: 10.1196/annals.1314.020.
39. Yaggi HK, Araujo AB, McKinlay JB. Sleep duration as a risk factor for the development of type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2006;29:657–61. doi: 10.2337/diacare.29.03.06.dc05-0879.
40. Cappuccio FP, Cooper D, D’Elia L, Strazzullo P, Miller MA. Sleep duration predicts cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur. Heart J.* 2011;32:1484–92. doi: 10.1093/eurheartj/ehr007.
41. Gallicchio L, Kalesan B. Sleep duration and mortality: a systematic review and meta-analysis. *J. Sleep Res.* 2009;18:148–58. doi: 10.1111/j.1365-2869.2008.00732.x.
42. Olds TS, Maher CA, Matricciani L. Sleep duration or bedtime? Exploring the relationship between sleep habits and weight status and activity patterns. *Sleep.* 2011;34:1299–307. doi: 10.5665/SLEEP.1266.
43. Randler C, Frech D. Correlation between morningness – eveningness and final school leaving exams. *Biol. Rhythm Res.* 2006;37:233–9. <https://doi.org/10.1080/09291010600645780>.

44. Preckel F, Lipnevich AA, Boehme K, et al. Morningness-eveningness and educational outcomes: the lark has an advantage over the owl at high school. *Br. J. Educ. Psychol.* 2013;83:114–34. doi: 10.1111/j.2044-8279.2011.02059.x.
45. Brachem C, Winkler A, Tebrügge S, Weimar C, Erbel R, Jöckel KH, et al. Associations between self-reported sleep characteristics and incident mild cognitive impairment: The Heinz Nixdorf Recall Cohort Study. *Sci Rep.* 2020;10(1):6542. doi: 10.1038/s41598-020-63511-9.
46. Van Someren EJW, Oosterman JM, Van Harten B, Vogels RL, Gouw AA, Weinstein HC, et al. Medial temporal lobe atrophy relates more strongly to sleep-wake rhythm fragmentation than to age or any other known risk. *Neurobiol Learn Mem.* 2019;160:132-138. doi: 10.1016/j.nlm.2018.05.017.
47. Videbech P, Ravnkilde B. Hippocampal volume and depression: a meta-analysis of MRI studies. *Am. J. Psychiatry.* 2004;161:1957–66. doi: 10.1176/appi.ajp.161.11.1957.
48. Smith ME. Bilateral hippocampal volume reduction in adults with post-traumatic stress disorder: a metaanalysis of structural MRI studies. *Hippocampus.* 2005;15:798–807. doi: 10.1002/hipo.20102.
49. Mihajlov M, Vejmelka L. Internet Addiction: A Review of the First Twenty Years. *Psychiatr Danub.* 2017;29(3):260-272. doi: 10.24869/psyd.2017.260.
50. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. DSM-5. Washington DC: American Psychiatric Publishing; 2013.
51. Pan YC, Chiu YC, Lin YH. Systematic review and meta-analysis of epidemiology of internet addiction. *Neurosci Biobehav Rev.* 2020;118:612-622. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.08.013.
52. Cheng C, Li AY. Internet addiction prevalence and quality of (real) life: a meta-analysis of 31 nations across seven world regions. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2014;17(12):755-60. doi: 10.1089/cyber.2014.0317.
53. Chen KH, Oliffe JL, Kelly MT. Internet Gaming Disorder: An Emergent Health Issue for Men. *Am J Mens Health.* 2018;12(4):1151-1159. doi: 10.1177/1557988318766950.
54. Media Use by Tweens and Teens 2019: Infographic. Common Sense Media. 2019. <https://www.commonsensemedia.org/Media-use-by-tweens-and-teens-2019-infographic>. Accessed 31 Jan 2023.

55. Parkin S. Death by gaming: an investigation into the Taiwan café fatalities. Eurogamer. 2012. <https://www.eurogamer.net/articles/2012-09-19-death-by-gaming-why-taiwans-cafe-culture-is-killing-gamers>. Accessed 31 Jan 2023.
56. Internet café. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_caf%C3%A9](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_caf%C3%A9). Accessed 31 Jan 2023.
57. Individuals using the Internet (% of population). The World Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS>. Accessed 31 Jan 2023.
58. Phillippe HM. Overview of venous thromboembolism. *Am J Manag Care*. 2017;23(20 Suppl):S376-S382.
59. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Respir J*. 2019;54(3):1901647. doi: 10.1093/eurheartj/ehz405.
60. Mumenthaler M, Mattle H, Taub E. *Neurology*. 4th revised and enlarged ed. New York: Thieme; 2004. pp. 208-220.
61. Nollet M, Wisden W, Franks NP. Sleep deprivation and stress: a reciprocal relationship. *Interface Focus*. 2020;10(3):20190092. doi: 10.1098/rsfs.2019.0092.
62. Rechtschaffen A, Bergmann BM. Sleep deprivation in the rat: an update of the 1989 paper. *Sleep*. 2002;25(1):18–24. doi: 10.1093/sleep/25.1.18.
63. Ozer O, Ozbala B, Sari I, Davutoglu V, Maden E, Baltaci Y, et al. Acute sleep deprivation is associated with increased QT dispersion in healthy young adults. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2008;31(8):979-84. doi: 10.1111/j.1540-8159.2008.01125.x.
64. Suh SY, Kim JW, Choi CU, Kim EJ, Rha SW, Park CG, et al. Spontaneous coronary dissection associated with sleep deprivation presenting with acute myocardial infarction. *Int J Cardiol*. 2007 Feb 7;115(2):e78-9. doi: 10.1016/j.ijcard.2006.07.230.
65. Khan Z, Bollu PC. Fatal Familial Insomnia. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. PMID: 29489284.
66. Liu TZ, Xu C, Rota M, Cai H, Zhang C, Shi MJ, et al. Sleep duration and risk of all-cause mortality: A flexible, non-linear, meta-regression of 40 prospective

- cohort studies. *Sleep Med Rev.* 2017 Apr;32:28-36. doi: 10.1016/j.smr.2016.02.005.
67. Ikehara S, Iso H, Date C, Kikuchi S, Watanabe Y, Wada Y, et al. Association of sleep duration with mortality from cardiovascular disease and other causes for Japanese men and women: the JACC study. *Sleep.* 2009;32(3):259–301. doi: 10.1093/sleep/32.3.295.
  68. Wang YH, Wang J, Chen SH, Li JQ, Lu QD, Vitiello MV, et al. Association of Longitudinal Patterns of Habitual Sleep Duration With Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality. *JAMA Netw Open.* 2020;3(5):e205246. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.5246.
  69. Khan H, Kella D, Kunutsor SK, Savonen K, Laukkanen JA. Sleep Duration and Risk of Fatal Coronary Heart Disease, Sudden Cardiac Death, Cancer Death, and All-Cause Mortality. *Am J Med.* 2018;131(12):1499-1505.e2. doi: 10.1016/j.amjmed.2018.07.010.
  70. Gallicchio L, Kalesan B. Sleep duration and mortality: a systematic review and meta-analysis. *J Sleep Res.* 2009;18(2):148-58. doi: 10.1111/j.1365-2869.2008.00732.x.
  71. Grandner MA, Hale L, Moore M, Patel NP. Mortality associated with short sleep duration: The evidence, the possible mechanisms, and the future. *Sleep Med Rev.* 2010;14(3):191-203. doi: 10.1016/j.smr.2009.07.006.
  72. Pan A, De Silva DA, Yuan JM, Koh WP. Sleep duration and risk of stroke mortality among Chinese adults: Singapore Chinese health study. *Stroke.* 2014;45(6):1620-5. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.005181.
  73. Cappuccio FP, Miller MA. Sleep and Cardio-Metabolic Disease. *Curr Cardiol Rep.* 2017;19(11):110. doi: 10.1007/s11886-017-0916-0.
  74. Wasfy MM, Hutter AM, Weiner RB. Sudden Cardiac Death in Athletes. *Methodist Debaquey Cardiovasc J.* 2016;12(2):76–80. doi: 10.14797/mdcj-12-2-76.
  75. Emery MS, Kovacs RJ. Sudden Cardiac Death in Athletes. *JACC: Heart Fail.* 2018;1(6):30-40. doi: 10.1016/j.jchf.2017.07.014.
  76. Halabchi F, Seif-Barghi T, Mazaheri R. Sudden Cardiac Death in Young Athletes; a Literature Review and Special Considerations in Asia. *Asian J Sports Med.* 2011; 2(1): 1–15. doi: 10.5812/asjasm.34818.

77. DiFrancisco-Donoghue J, Balentine J, Schmidt G, Zwibel H. Managing the health of the eSport athlete: an integrated health management model. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2019;5(1):e000467. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000467.
78. Parkin S. *Death by video game* (ebook). Main ed. Chapter I: Chronoslip. London: Serpent's Tail; 2015.
79. Esler M. Mental stress and human cardiovascular disease. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017;74(Pt B):269-276. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.10.011.
80. Castro-Diehl C, Roux AV, Redline S, Seeman T, McKinley P, Sloan R, et al. Sleep duration and quality in relation to autonomic nervous system measures: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Sleep* 2016;39(11):1927–1940. doi: 10.5665/sleep.6218.
81. Valladão SP, Middleton J, Andre TL. Esport: Fortnite Acutely Increases Heart Rate of Young Men. *Int J Exerc Sci.* 2020;13(6):1217-1227.
82. Sousa A, Ahmad SL, Hassan T, Yuen K, Douris P, Zwibel H, et al. Physiological and Cognitive Functions Following a Discrete Session of Competitive Esports Gaming. *Front Psychol.* 2020;11:1030.
83. Sutherland GR. Sudden cardiac death: the pro-arrhythmic interaction of an acute loading with an underlying substrate. *Eur Heart J.* 2017;38(40):2986-2994. doi: 10.1093/eurheartj/ehw449.
84. Schmidt SCE, Gnam JP, Kopf M, Rathgeber T, Woll A. The Influence of Cortisol, Flow, and Anxiety on Performance in E-Sports: A Field Study. *Biomed Res Int.* 2020;2020:9651245. doi: 10.1155/2020/9651245.
85. Papacosta E, Nassis GP, Gleeson M. Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition. *J Sports Sci.* 2016;34(13):1281-7. doi: 10.1080/02640414.2015.1111521.
86. Vlastelica M. Emotional stress as a trigger in sudden cardiac death. *Psychiatr Danub.* 2008;20(3):411-4.
87. Schwartz BG, French WJ, Mayeda GS, Burstein S, Economides C, Bhandari AK, et al. Emotional stressors trigger cardiovascular events. *Int J Clin Pract.* 2012;66(7):631-9. doi: 10.1111/j.1742-1241.2012.02920.x.
88. Palmiere C, del Mar Lesta M, Vanhaebost J, Mangin P, Augsburger M, Vogt P. Early repolarization, acute emotional stress and sudden death. *J Forensic Sci.* 2014;59(3):836-40. doi: 10.1111/1556-4029.12362.

89. Kloner RA. Lessons learned about stress and the heart after major earthquakes. *Am Heart J.* 2019;215:20-26. doi: 10.1016/j.ahj.2019.05.017.
90. Ke DS. Overwork, stroke, and karoshi-death from overwork. *Acta Neurol Taiwan.* 2012;21(2):54-9.
91. Miao Q, Li J, Pan YP, Yu YG, Zhang F, Xiao N, et al. Three Cases of Karoshi Without the Typical Pathomorphological Features of Cardiovascular/Cerebrovascular Disease. *Am J Forensic Med Pathol.* 2020;41(4):305-308. doi: 10.1097/PAF.0000000000000600.
92. Nogueira JB. Air pollution and cardiovascular disease. *Rev Port Cardiol.* 2009;28(6):715-33.
93. Kiesling S. Death of a video gamer. *Video Games.* 1982. p. 14-15. <http://home.hiwaay.net/~lkseitz/cvg/death.html>. Accessed 31 Jan 2023.
94. VGChartz Staff. This week in gaming hystory (Jan 17-23). *News.* 2010. <https://www.vgchartz.com/article/6598/this-week-in-gaming-history-jan-17-23/>. Accessed 31 Jan 2023.
95. Dauber. Any more details about Jeff Dailey's Berzerk death? *AtariAge.* 2012. <https://atariage.com/forums/topic/207011-any-more-details-about-jeff-daileys-berzerk-death/>. Accessed 31 Jan 2023.
96. Byung-hee L. Computer dies, world's first case. *SBS News.* 2004. [https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news\\_id=N0311617389](https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N0311617389). Accessed 31 Jan 2023.
97. Watkins SC. *The Young and the Digital. Chapter 6: Hooked. Rethinking the internet addiction debate.* Beacon Press. 2010. <https://books.google.hu/books?id=dhXhUs4Zh08C&pg=PT131&pg=PT131&dq=Kim+Kyung-Jae+died+2002&source=bl&ots=o0mgIgYtnB&sig=ACfU3U01WQZEPElQTJJ9Izas1iHE7popMg&hl=hu&sa=X&ved=2ahUKEwj2utWAsfP0AhUN26QKHXPqAr8Q6AF6BAgWEAM#v=onepage&q=Kim%20Kyung-Jae%20died%202002&f=false>. Accessed 31 Jan 2023.
98. Gluck C. South Korea's gaming addicts. *BBC news.* 2002. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/2499957.stm>. Accessed 31 Jan 2023.

99. Naughton P. Korean drops dead after 50 hour gaming marathon. The Times. 2005. <https://www.thetimes.co.uk/article/korean-drops-dead-after-50-hour-gaming-marathon-skdc0w7hbm>. Accessed 31 Jan 2023.
100. S Korean dies after games session. BBC News. 2005. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/4137782.stm>. Accessed 31 Jan 2023.
101. Xallium. Lee Seung Seop. Starcraft Wiki. 2007. [https://starcraft.fandom.com/wiki/Lee\\_Seung\\_Seop](https://starcraft.fandom.com/wiki/Lee_Seung_Seop). Accessed 31 Jan 2023.
102. Spencer R. Man dies after 7-day computer game session. The Telegraph. 2007. <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/1544131/Man-dies-after-7-day-computer-game-session.html>. Accessed 31 Jan 2023.
103. Yong W. Obese online gamer dies playing. China Daily. 2007. [http://www.chinadaily.com.cn/china/2007-02/28/content\\_815396.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2007-02/28/content_815396.htm). Accessed 31 Jan 2023.
104. Chinese Man Drops Dead After 3-Day Gaming Binge. Fox News. 2015. <https://www.foxnews.com/story/chinese-man-drops-dead-after-3-day-gaming-binge>. Accessed 31 Jan 2023.
105. Reuters Staff. Man in China dies after three-day Internet session. Internet News. 2007. <https://www.reuters.com/article/us-china-internet-death/man-in-china-dies-after-three-day-internet-session-idUST16999720070917>. Accessed 31 Jan 2023.
106. 'Fit and healthy' 25-year old died using Nintendo Wii Fit game. Telegraph. 2009. <https://www.telegraph.co.uk/news/uknews/5074714/Fit-and-healthy-25-year-old-died-using-Nintendo-Wii-Fit-game.html>. Accessed 31 Jan 2023.
107. Daily Mail Reporter. Healthy man, 25, collapses and dies playing Wii Fit game. Daily Mail. 2009. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-1165796/Healthy-man-25-collapses-dies-playing-Wii-Fit-game.html>. Accessed 31 Jan 2023.
108. Rudd A. Diablo death: Teenager dies after playing video game for 40 hours without eating or sleeping. Mirror. 2012. <https://www.mirror.co.uk/news/world-news/diablo-iii-death-teenager-dies-1147472>. Accessed 31 Jan 2023.
109. Parkin S. The sometimes fatal attraction of video games. The Guardian. 2015. <https://www.theguardian.com/technology/2015/aug/09/who-killed-the-video-gamers-simon-parkin-taiwan>. Accessed 31 Jan 2023.
110. Twomey R. Xbox addict, 20, killed by blood clot after 12-hour gaming sessions. Daily Mail. 2016. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2020462/Xbox->



- addict-20-killed-blood-clot-12-hour-gaming-sessions.html. Accessed 31 Jan 2023.
111. Gamer Chris Staniforth's death blamed on DVT. BBC News. 2011. <https://www.bbc.com/news/uk-england-south-yorkshire-14350216>. Accessed 31 Jan 2023.
  112. Coles J. Anna-Lee, 13, dies as she plays Xbox. The Sun. 2011. <https://www.thesun.co.uk/archives/news/686460/anna-lee-13-dies-as-she-plays-xbox/>. Accessed 31 Jan 2023.
  113. Nguyen L. 15 People Who Have Died Playing Video Games. The Gamer. 2017. <https://www.thegamer.com/15-people-who-have-died-playing-video-games/>. Accessed 31 Jan 2023.
  114. Daily Mail Reporter. 'Mum, I can't breathe': Tragic last words of 13-year-old girl who suffered heart attack as she played Xbox. Daily Mail. 2011. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2019370/Mum-I-breathe-Tragic-words-13-year-old-girl-suffered-heart-attack-played-XBox.html>. Accessed 31 Jan 2023.
  115. Fahey M. Gamer Dies in Taipei Internet Cafe, Nine Hours Later Someone Notices. Kotaku. 2012. <https://kotaku.com/gamer-dies-in-taipei-internet-cafe-nine-hours-later-so-5881944>. Accessed 31 Jan 2023.
  116. Cooper R. Gamer lies dead in internet cafe for 9 hours before anyone notices. Daily Mail. 2012. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2096128/Gamer-lies-dead-Taiwan-internet-cafe-9-HOURS-notices.html>. Accessed 31 Jan 2023.
  117. Taiwan teen dies after gaming for 40 hours. News.com.au. 2012. <https://www.news.com.au/world/breaking-news/taiwan-teen-dies-after-gaming-for-40-hours/news-story/dd352da6751e7d9812c8278a138ef6f6>. Accessed 31 Jan 2023.
  118. Neagle C. Teenager dies after 40-hour video game binge. Network World. 2012. <https://www.networkworld.com/article/2222807/teenager-dies-after-40-hour-video-game-binge.html>. Accessed 31 Jan 2023.
  119. Pan J. Man dies after five-day gaming binge. Taipei Times. 2015. <http://www.taipeitimes.com/News/front/archives/2015/01/03/2003608347>. Accessed 31 Jan 2023.

120. Hunt K. Man dies in Taiwan after 3-day online gaming binge. CNN World. 2015. <https://edition.cnn.com/2015/01/19/world/taiwan-gamer-death/index.html>. Accessed 31 Jan 2023.
121. Feeney N. Man Found Dead in Taiwan After Multi-Day Video Game Binge. Time. 2015. <https://time.com/3673534/taiwan-video-game-death/>. Accessed 31 Jan 2023.
122. Ryall J. Online gamer dies after three-day binge. The Telegraph. 2015. <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/taiwan/11354383/Online-gamer-dies-after-three-day-binge.html>. Accessed 31 Jan 2023.
123. Holley P. Taiwanese man dies after three days of nonstop gaming. The Washington Post. 2015. <https://www.washingtonpost.com/news/morning-mix/wp/2015/01/18/taiwanese-man-dies-after-three-days-of-nonstop-gaming/>. Accessed 31 Jan 2023.
124. Pan J. Man dies following marathon Internet cafe gaming binge. Taipei Times. 2015. <http://www.taipetimes.com/News/taiwan/archives/2015/01/17/2003609460>. Accessed 31 Jan 2023.
125. Roberts G. Tragedy as computer gamer dies after 19-hour session playing World of Warcraft. Mirror. 2015. <https://www.mirror.co.uk/news/world-news/tragedy-computer-gamer-dies-after-5263046>. Accessed 31 Jan 2023.
126. Crawley D. Man dies after 19-hour World of Warcraft session. VentureBeat. 2015. <https://venturebeat.com/2015/03/05/man-dies-after-19-hour-world-of-warcraft-session/>. Accessed 31 Jan 2023.
127. McCrum K. Tragic teen gamer dies after 'playing computer for 22 days in a row'. Mirror. 2015. <https://www.mirror.co.uk/news/world-news/tragic-teen-gamer-dies-after-6373887>. Accessed 31 Jan 2023.
128. Morrow M. Russian teenager dies after playing online computer game 'Defence of the Ancients' for 22 days in a row. News Corp Australia Network. 2015. <https://www.news.com.au/world/europe/russian-teenager-dies-after-playing-online-computer-game-defence-of-the-ancients-for-22-days-in-a-row/news-story/7f178341c80c5896a9c8c315b8e5c9b6>. Accessed 31 Jan 2023.
129. Devlin K. The mysterious death of a live-streaming gamer. BBC News. 2017. <https://www.bbc.com/news/blogs-trending-39232620>. Accessed 31 Jan 2023.

130. Guarino B. Prominent gamer died during live-streamed attempt to play ‘World of Tanks’ for 24 hours. The Washington Post. 2017. <https://www.washingtonpost.com/news/morning-mix/wp/2017/02/23/va-man-died-during-marathon-attempt-to-play-video-game-for-24-hours/>. Accessed 31 Jan 2023.
131. Crane K. Gaming and fentanyl: How one addiction may feed into the other. WYDaily. 2017. <https://wydaily.com/health/2017/05/28/gaming-and-fentanyl-how-one-addiction-may-feed-into-the-other-health/>. Accessed 31 Jan 2023.
132. Cruz E. Fortnite pro-gamer Bogdan Akh passed away after participating in the game’s Fall Skirmish. Blasting News US. 2018. <https://us.blastingnews.com/gaming/2018/11/fortnite-pro-gamer-bogdan-akh-passed-away-after-participating-in-the-games-fall-skirmish-002766595.html>. Accessed 31 Jan 2023.
133. James, F. Bogdanakh, a professional Fortnite player competing in the Fall Skirmish at TwitchCon last month, passed away in his sleep during the tournament. Twin Galaxies. 2018. [https://www.twingalaxies.com/feed\\_details.php/3648/pro-fortnite-player-bogdanakh-passed-away-during-twitchcon-fall-skirmish](https://www.twingalaxies.com/feed_details.php/3648/pro-fortnite-player-bogdanakh-passed-away-during-twitchcon-fall-skirmish). Accessed 31 Jan 2023.
134. Vanni. Fortnite: Professional Bogdan dies at age 21. Game Guides. 2018. <https://games-guides.com/fortnite-professional-bogdan-dies-at-age-21/>. Accessed 31 Jan 2023.
135. Craig N. 11 Year Old Pakistani Kid Dies while playing Fortnite. Research Snipers News. 2019. <https://www.researchsnipers.com/11-year-old-pakistani-kid-dies-while-playing-fortnite/>. Accessed 31 Jan 2023.
136. Pakistani 11 Year Old Kid Died Of Heart Attack While Playing Fortnite. The Islamic Information. 2019. <https://theislamicinformation.com/news/pakistani-kid-died-heart-attack-fortnite/>. Accessed 31 Jan 2023.
137. Aldersley M. Gamer drops dead from a heart attack at his keyboard in Thai internet cafe - but nobody notices for four hours. Mail Online. 2019. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-6972673/Gamer-dies-heart-attack-keyboard-Thai-internet-cafe-notices-four-hours.html>. Accessed 31 Jan 2023.
138. Fahey R. Video game addict, 17, is found slumped dead on his computer after suffering a stroke as he played at night in Thailand. Daily Mail. 2019.

- <https://www.dailymail.co.uk/news/article-7650671/Video-game-addict-17-slumped-dead-computer-Thailand.html>. Accessed 31 Jan 2023.
139. Piriyaopol A. Teenage gaming addict dies from stroke 'caused by all-night sessions' at computer. *Mirror*. 2019. <https://www.mirror.co.uk/news/world-news/teenager-dies-suddenly-stroke-caused-20813891>. Accessed 31 Jan 2023.
  140. Lockett J. KILLER ADDICTION. Gaming addict, 17, collapses and dies after frenzied all-night session as devastated dad finds his body next morning. *The Sun*. 2019. <https://www.thesun.co.uk/news/10282260/gaming-addict-dies-all-night-session-thailand/>. Accessed 31 Jan 2023.
  141. Miller JR. Teen video game addict dies after marathon session: report. *New York Post*. 2019. <https://nypost.com/2019/11/05/teen-video-game-addict-dies-after-marathon-session-report/>. Accessed 31 Jan 2023.
  142. Ibrahim M. KILLER ADDICTION. Egypt issues fatwa banning video game PUBG after boy, 12, dies of heart attack during hours-long session. *The Sun*. 2020. <https://www.the-sun.com/news/1567023/egypt-fatwa-pubg-video-game-boy-dies/>. Accessed 31 Jan 2023.
  143. Puducherry teen collapses after playing video game for hours, brought dead to hospital. *The Hindu*. 2021. <https://www.thehindu.com/news/cities/puducherry/puducherry-teen-collapses-after-playing-video-game-for-hours-brought-dead-to-hospital/article33738661.ece>. Accessed 31 Jan 2023.
  144. Current World Population. *Worldometer*. 2022. <https://www.worldometers.info/world-population/>. Accessed 31 Jan 2023.
  145. Role-playing video game. *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Role-playing\\_video\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Role-playing_video_game). Accessed 31 Jan 2023.
  146. Multiplayer online battle arena. *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Multiplayer\\_online\\_battle\\_arena](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiplayer_online_battle_arena). Accessed 31 Jan 2023.
  147. Real-time strategy. *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time\\_strategy](https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_strategy). Accessed 31 Jan 2023.
  148. First-person shooter. *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/First-person\\_shooter](https://en.wikipedia.org/wiki/First-person_shooter). Accessed 31 Jan 2023.
  149. Third-person shooter. *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Third-person\\_shooter](https://en.wikipedia.org/wiki/Third-person_shooter). Accessed 31 Jan 2023.

150. Sandbox game. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Sandbox\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Sandbox_game).  
Accessed 31 Jan 2023.
151. Adventure game. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Adventure\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Adventure_game).  
Accessed 31 Jan 2023.



## ORIGINAL ARTICLE

# Late bedtime is associated with decreased hippocampal volume in young healthy subjects

Diána KUPERCZKÓ,<sup>1\*</sup> Gábor PERLAKI,<sup>1,2,3\*</sup> Béla FALUDI,<sup>1</sup> Gergely ORSI,<sup>1,2,3</sup> Anna ALTBACHER,<sup>1</sup> Norbert KOVÁCS,<sup>1,3</sup> Tamás DÓCZI,<sup>3,4</sup> Sámuel KOMOLY,<sup>1</sup> Attila SCHWARCZ,<sup>3,4</sup> Zsófia CLEMENS<sup>1,5\*</sup> and József JANSZKY<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Neurology, <sup>2</sup>Department of Neurosurgery, University of Pécs, <sup>3</sup>Pécs Diagnostic Centre, <sup>4</sup>MTA-PTE Clinical Neuroscience MR Research Group, Pécs and <sup>5</sup>National Institute of Neuroscience, Budapest, Hungary

## Abstract

Hippocampal volume loss has been described in several pathological conditions including sleep disorders. Whether differences in normal sleep are associated with differences in hippocampal volume is unknown. Here we designed a study to assess volume of the hippocampus with regard to bedtime, wake up time and sleep duration in 90 healthy university students. To assess hippocampal volumes we applied semi-automatic user-independent magnetic resonance volumetry. We found a significant association between delayed bedtime and smaller hippocampal volumes, a non-significant tendency for smaller hippocampal volumes in the late wake up time group and significantly smaller hippocampal volumes for both short and long sleepers. These results suggest the importance of adequate sleep timing and especially bedtime in determining hippocampal volume.

**Key words:** bedtime, hippocampus, sleep duration, sleep, slow wave sleep.

## INTRODUCTION

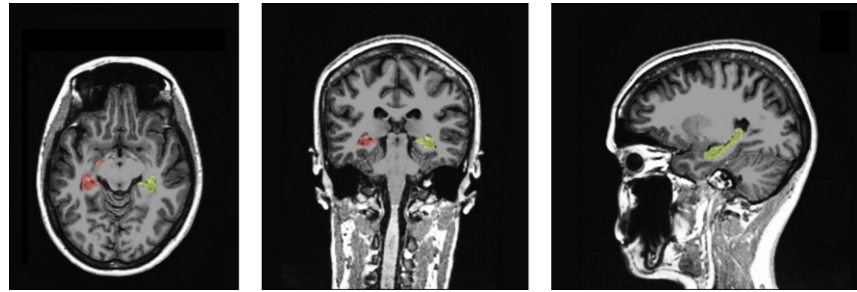
Hippocampal vulnerability has been demonstrated in several medical conditions including neurological and psychiatric disorders such as epilepsy,<sup>1</sup> depression,<sup>2</sup> schizophrenia<sup>3</sup> and post-traumatic stress disorder.<sup>4</sup> These conditions are also shown to be associated with multiple sleep alterations. Sleep disorders themselves may also be associated with decreased hippocampal volumes, a finding generally explained by chronic hyperarousal and associated elevations in the hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA) axis-related hor-

mones during sleep.<sup>5–7</sup> So far only a single study has assessed the relation between sleep and hippocampal volumes in a non-clinical sample. This study<sup>8</sup> demonstrated a positive correlation between sleep duration and bilateral hippocampal volume in healthy children. Studies investigating the relationship between sleep and specific brain volumes typically examine sleep duration but not other sleep measures. Since slow wave sleep (SWS) and rapid eye movement (REM) sleep differ in their physiological correlates and timing within the circadian cycle, a delay in sleep onset may alter sleep structure, which may have negative consequences. Sleep habits, such as timing of going to bed and waking up are known to be rather invariable within but variable between subjects. Here we sought to examine whether individual differences in regular bedtime, wake up time and sleep duration are associated with differences in hippocampal volumes in young healthy university students.

Correspondence: Dr Zsófia Clemens, Department of Neurology, University of Pécs, Rét u. 2, H-7623 Pécs, Hungary. Email: clemenszsofia@gmail.com

\*Diána Kuperczkó, Gábor Perlaki, Zsófia Clemens and József Janszky are equally contributing authors.

Accepted 8 July 2014.



**Figure 1** Representative labels of hippocampi on a single subject resulting from semi-automatic magnetic resonance (MR) volumetry.

## METHODS

### Subjects

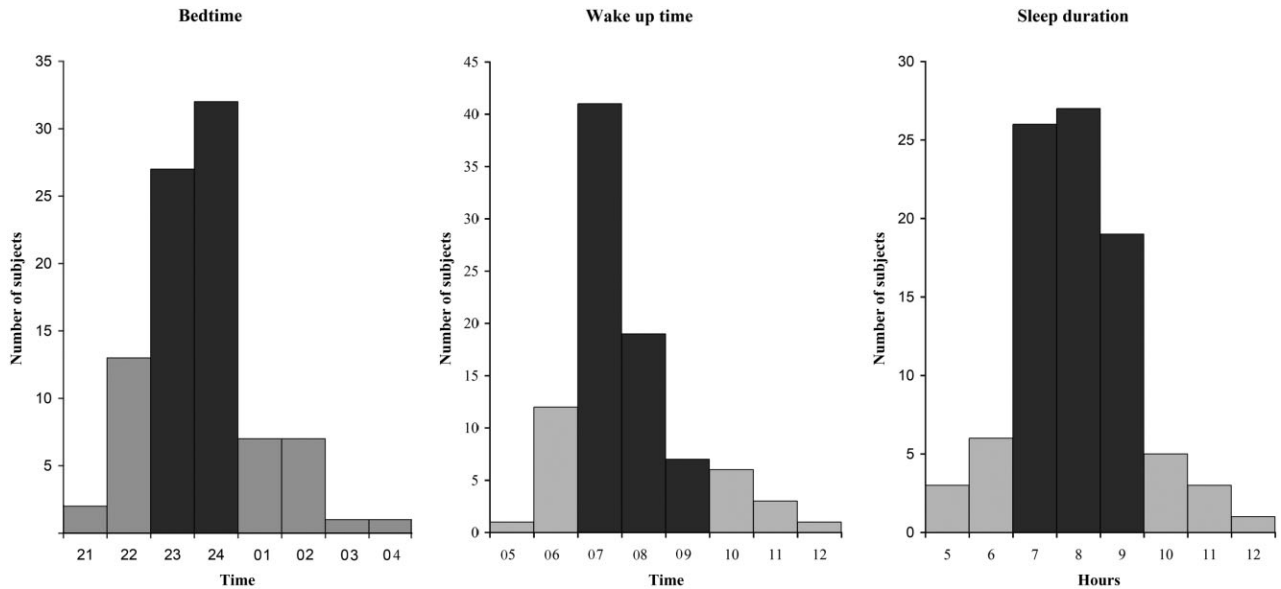
Based on an advertisement placed on notice boards at the University of Pécs, healthy right-handed, Caucasian university students without history of brain or sleep disorders, drug/alcohol abuse between age of 19 and 30 were recruited. Subjects completed a questionnaire about health issues and sleeping habits including regular bedtimes and wake up times. Sleep-related questions were focused on the last 12 months. Six subjects with sleeping complaints (chronic/frequent difficulties in falling asleep) or signs/history of sleep disorders were excluded from the present analysis. Another eight subjects were excluded because of poor quality of magnetic resonance imaging (MRI) images due to excessive head movements. The final sample thus contained 90 subjects (mean age  $\pm$  SD:  $23.1 \pm 2.7$  years), 37 males and 53 females. Subjects reported bedtime and wake up time in rounded hours. Sleep duration was calculated as a difference between the two. For each sleep variable we created three categories to include the extreme and medium values. For bedtime the early group included subjects going to bed at 21.00 or 22.00 hours, the medium group those going to bed at 23.00 or 00.00 hours while the late group included those going to bed at or later than 01.00 hours. For waking up the early group included those subjects waking up at 05.00 or 06.00 hours, the medium group those at 07.00, 08.00 or 09.00 hours, while the late group included those waking up at or later than 10.00 hours. For sleep duration the short sleeper group contained those with sleep duration of 5 or 6 h, the medium group those with 7, 8 or 9 h, while the long sleeper group contained those with 10, 11 or 12 h of sleep. Cut-offs for creating these categories were determined to include about 15% of the subjects for the extreme categories. The study was approved by the Ethics Committee of the University Pécs and all subjects gave written informed consent before each examination.

### MRI examinations

All measurements were performed on a 3T Magnetom TRIO human whole-body MRI scanner (Siemens AG, Erlangen, Germany) with a 12-channel head coil. The total measurement time was approximately 7 min. For volumetric analysis, T1-weighted axial MPRAGE sequence was used to measure with the following parameters: TR/TE/TI:1900/3.41/900 ms, FOV: 240 mm,  $256 \times 256$  matrix, slice thickness: 0.94 mm, ( $0.94 \times 0.94 \times 0.94$  mm in plane resolution), slice number: 160, FA:  $9^\circ$ , bandwidth: 180 Hz/pixel, FOV Phase: 87.5%. For standardized and accurate axial slice positioning the anterior and posterior commissural line (AC-PC line) was used as a reference determined by analysis of a T2-weighted turbo spin echo sequence measured in sagittal plane.

### MR data processing evaluation

Freesurfer 4.4.0 was used for the whole evaluation. This software provides one of the most reliable automated brain segmentation methods for subcortical structures and allows us to assess the volume of the pre-defined brain structures in a large number of subjects.<sup>9–11</sup> Freesurfer's semi-automatic anatomical processing scripts were executed on all subjects' data (Fig. 1). Manual verifications were performed after each script and manual adjustments were applied where it was necessary. The volume-based stream is designed to preprocess MRI volumes and label subcortical tissue classes. The stream consists of several stages fully described by Fischl *et al.*<sup>9</sup> The final segmentation is based on both a subject-independent probabilistic atlas and subject-specific measured values. To avoid bias due to differences in intracranial volumes, the volumes of right and left hippocampus was summed and divided by total intracranial volume. Thus, we used relative bilateral hippocampal volumes.



**Figure 2** Histograms showing number of subjects according to bedtime, wake up time and sleep duration (number of hours of sleep). Extreme categories within each sleep variable (early and late categories in bedtime and wake up times as well as short and long sleeper categories) are indicated in light grey while the medium categories are denoted with dark grey.

## Statistical analysis

Statistical analyses were performed using SPSS 17.0 software (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). The relation between sleep variables and relative volume of the hippocampus was investigated using both univariate and multivariate models. First each sleep variable was analyzed in a separate analysis of variance (ANOVA) model with post-hoc *t*-tests to assess specific differences between groups. Then we constructed a multiple linear regression model to assess the independent contribution of bedtime and wake up time to hippocampal volumes. In the next step we entered sex and age as additional independent variables into the model to control for these potential confounders. Distribution of hippocampal volumes was not different from normal distribution according to the Shapiro–Wilk test ( $P = 0.91$ ).

## RESULTS

Number of subjects for each hour of the sleep variables is presented in Figure 2. Distribution of subjects with early, medium and late bedtimes and wake up times among the three sleep duration categories are shown in Figure 3. As can be seen the main difference between the sleep duration groups is that late bedtime occurs more frequently in the short sleeper group (as compared

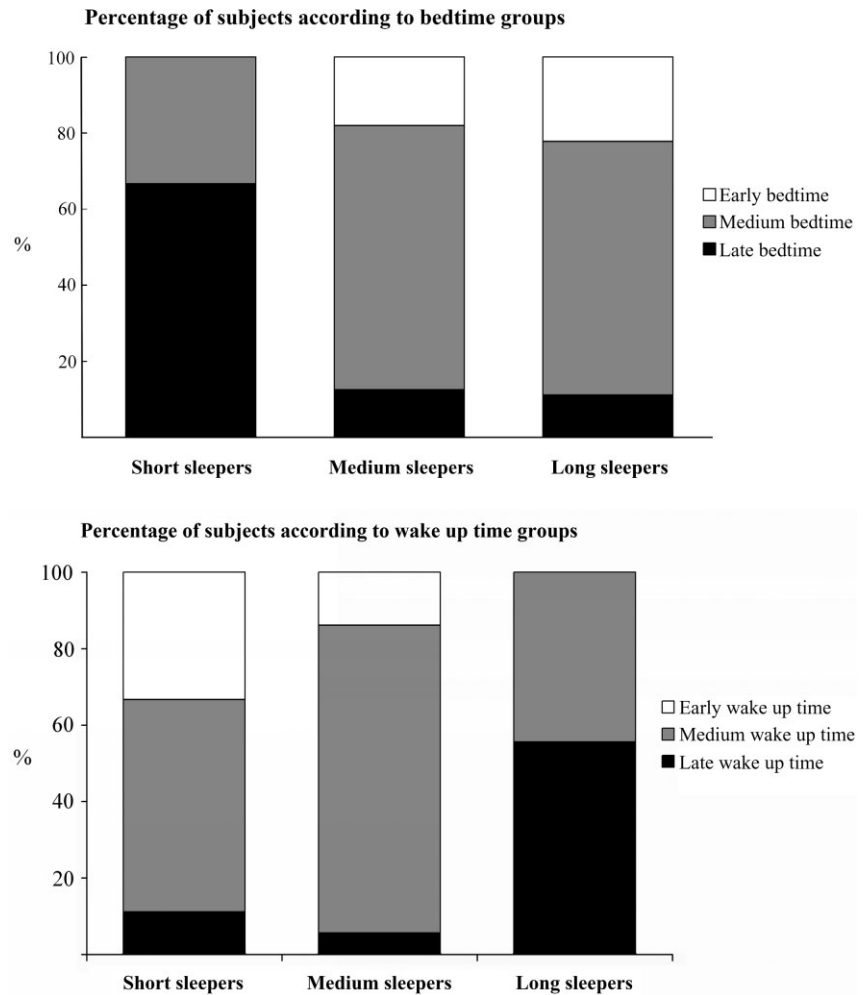
with the two other sleep duration groups) while late wake up is most frequent among long sleepers. There were more females than males in the study (37M/53F) and distribution according to sex was unequal according to the sleep variable groups: in the bedtime groups the ratio of males was 20, 42 and 56% in the early, medium and late groups, respectively. In the wake up groups male ratio was 15, 40 and 80% across early, medium and late groups. In the sleep duration groups male ratio was 44, 39 and 56% in the short, medium and long sleeper groups, respectively. Given the inhomogeneous distribution of genders among groups results were controlled also for gender effects in the multivariate analysis.

## Univariate analyses

### Bedtime

ANOVA indicated significant group differences for bedtime ( $P = 0.007$ ). Comparison of means indicated a progressive decrease in hippocampal volumes across the three groups from early to late (Fig. 4). *T*-tests revealed significantly smaller hippocampal volumes for the late bedtime subjects as compared with the medium bedtime ( $P = 0.033$ ) as well as the early bedtime subjects ( $P = 0.005$ ). Difference between the early bedtime and medium bedtime groups was marginally insignificant ( $P = 0.058$ ). A scatterplot representing the relationship





**Figure 3** Histograms showing the distribution of subjects (as percentage) according to bedtime, wake up time groups across the sleep duration categories.

between relative hippocampal volumes and bedtime for each subject is presented in Figure 5.

### Wake up time

Neither ANOVA ( $P = 0.287$ ) nor pairwise comparisons with  $t$ -test revealed significant differences between the three wake up time groups but there was a non-significant tendency for the late wake up group having smaller hippocampus as compared to the medium wake up group ( $P = 0.12$ ; Fig. 4).

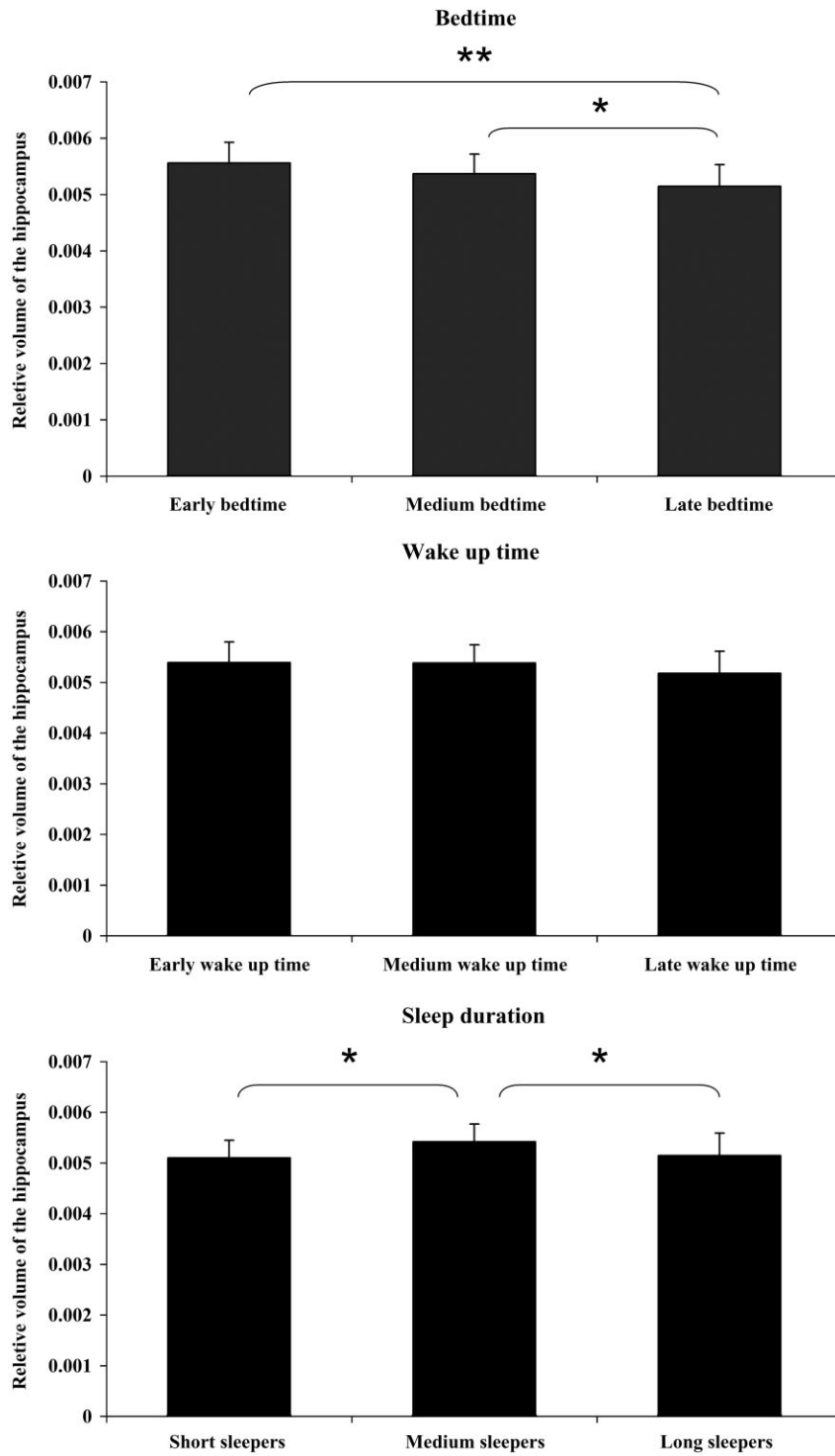
### Sleep duration

ANOVA indicated a significant difference between groups ( $P = 0.009$ ). Post-hoc  $t$ -test showed significantly larger hippocampal volumes for the medium sleep length group as compared with both short sleeper ( $P =$

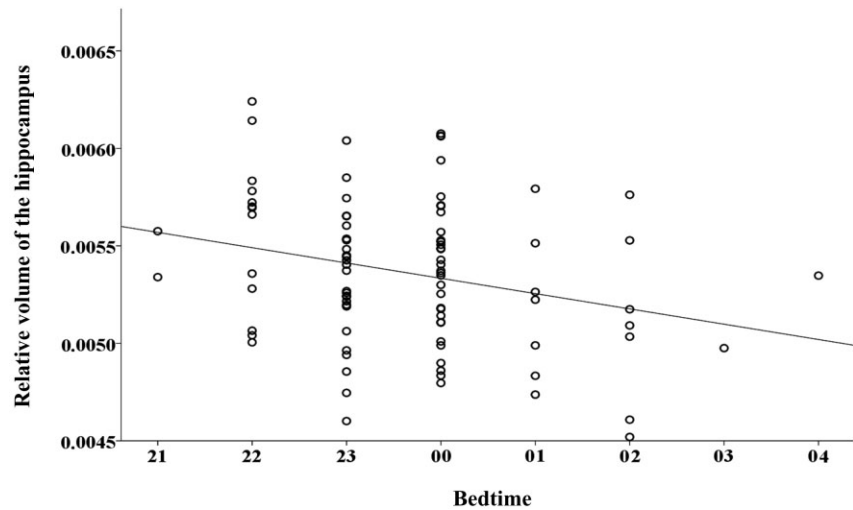
$0.013$ ) and long sleeper ( $P = 0.033$ ) groups (Fig. 4). Short sleepers and long sleepers did not significantly differ in hippocampal volume ( $P = 0.836$ ).

### Multivariate analysis

A multiple linear regression model was created to assess the independent contribution of bedtime and wake up time variables to hippocampal volume. This model showed that only the bedtime group membership contributed significantly to hippocampal volumes ( $\beta = -0.334$ ,  $P = 0.004$ ). Statistical contribution of wake up time membership remained non-significant ( $\beta = 0.017$ ,  $P = 0.878$ ). Entering sex and age into the model as additional independent variables did not essentially change results: the contribution of bedtime group membership remained significant ( $\beta = -0.31$ ,  $P = 0.005$ ) and the wake time membership remained non-significant



**Figure 4** Mean  $\pm$  SD of relative hippocampal volumes in the three groups according to bedtime, wake up time and sleep duration. Asterisks indicate significant differences for pairwise comparisons (\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.005$ ).



**Figure 5** Scatterplot representing the relationship between the relative hippocampal volume and bedtime for each subject (Pearson correlation:  $r = 0.269$ ,  $P = 0.01$ ).

( $\beta = 0.097$ ,  $P = 0.39$ ). In this model sex was revealed to significantly contribute to hippocampal volume differences ( $\beta = 0.377$ ,  $P = 0.0003$ ) with females having larger hippocampal volumes. Age did not prove to be a significant predictor ( $\beta = -0.118$ ,  $P = 0.238$ ).

## DISCUSSION

To our knowledge this is the first study assessing the relationship between sleep timing and brain structure. The main finding from the study is that self-reported regular bedtime is significantly associated with the volume of the hippocampus even when wake up time, age and sex are controlled. Wake up time was not significantly related to hippocampal volumes; however, there was a non-significant tendency for smaller hippocampal volumes in the late rising group. Interestingly sleep duration exhibited an inverted U-shaped relationship with hippocampal volumes: short sleepers as well as long sleepers showed smaller hippocampal volumes as compared to those with medium sleep length. Our finding of females having larger relative hippocampal volumes is well-known from previous studies.<sup>12</sup> Age is known to be inversely related to hippocampal size.<sup>13</sup> Presumably due to the relatively narrow age range in the present study age did not prove to be a significant factor determining hippocampal volume.

Hippocampal volume loss has been reported in numerous clinical and non-clinical conditions including sleep disorders,<sup>5-7</sup> neuropsychiatric disorders,<sup>3</sup> Cushing syndrome<sup>14</sup> and aging.<sup>15</sup> These conditions share a common feature of increased activity of the HPA axis hormones including cortisol. Administration of

corticosteroids in patients with chronic inflammatory diseases has also been shown to decrease hippocampal volume.<sup>16</sup> This vulnerability is due to large quantities of glucocorticoid receptors in hippocampal pyramidal cells. The hippocampus has also been proposed as the main regulator of HPA system feedback loops.<sup>17</sup> Under physiological conditions cortisol levels exhibit a robust diurnal pattern with minimal concentrations during the first half of the night predominated with extended epochs of SWS.<sup>17</sup> Across subsequent sleep cycles cortisol levels are increasing and reach their peak around awakening. Although maximal suppression of cortisol depends on SWS the magnitude of this suppression is further modulated by the phase of the circadian rhythm with most efficient suppression taking place around midnight.<sup>17,18</sup> Delaying sleep onset may thus result in missing the optimal time window for maximal cortisol suppression, which in turn inhibits development of prolonged SWS episodes. Delay may lead to dissociations between the endogenous circadian pacemaker, HPA axis hormonal activity and timing of sleep stages, which may have adverse consequences. In Cushing syndrome, for example, chronic hyperactivity of the HPA axis is associated with the absence of early night cortisol nadir, reduced slow wave sleep, declarative memory impairment and hippocampal volume loss.<sup>14,17</sup> A similar cluster of structural and functional abnormalities have been reported in depression,<sup>19</sup> post-traumatic stress disorder<sup>20</sup> and aging.<sup>21</sup> A series of studies carried out by the group of Born<sup>22-24</sup> are in support of a beneficial influence of SWS placed in the first half of the night with regard to the consolidation of hippocampus-dependent declarative memories. Impairment of hippocampal

memory formation was also shown by experimental increase of cortisol during early SWS-rich periods of nocturnal sleep.<sup>25</sup>

So far only a single study has assessed the relationship between sleep and hippocampal volumes in a non-clinical sample. This study was carried out in a large cohort of school-aged children and revealed bilateral hippocampal volumes to be correlated with sleep length.<sup>8</sup> Other sleep variables such as timing of sleep were not assessed. However, assuming children's fixed morning school obligations we suppose that the correlation found with sleep duration in that study may also reflect an association with bedtime.

To examine the contribution of early and late bedtime and wake up time to differences in sleep duration we examined how they are linked. Doing this we found an uneven distribution of bedtimes and wake up times among the three sleep duration groups: short sleep was more frequently associated with late bedtime while long sleep with late wake up time. Thus it seems that the U-shaped association found with sleep duration actually reflects the influence of bedtime and wake up time. The significant decrease in hippocampal volume found for short sleepers likely results from delayed bedtime, while smaller hippocampal volumes in long sleepers results from delayed wake up times although the latter was revealed as a non-significant tendency ( $P = 0.12$ ) only possibly due to the relatively small number of subjects in this group.

Of note, previous studies typically found a U-shaped association for sleep duration when assessing a number of health parameters such as risk for developing type 2 diabetes<sup>26</sup> cardiovascular diseases<sup>27</sup> and mortality.<sup>28</sup> These studies generally overlooked the possibility of sleep timing in determining these results. However, a recent study stressed the importance of adequate sleep timing (early bedtime and early wake up time) instead of sleep duration in determining optimal weight in children.<sup>29</sup> From the cognitive viewpoint, the studies that are of importance are those indicating that evening-type subjects (also called "owls" in the chronotype literature) as compared to morning-type subjects ("larks") exhibit lower academic performance, as reflected in lower school grades.<sup>30,31</sup>

Mean difference in hippocampal volumes between early and late bedtime groups achieved 9% an effect size similar to that previously found for depression (~9%)<sup>32</sup> and post-traumatic stress disorder (~7%).<sup>4,33</sup> This may surprise given that we investigated healthy young university students without neurological or psychiatric diseases and self-reported sleep problems.

Since the present study is of correlative nature a formal conclusion regarding the direction of causality is not possible. However, given the extensive literature on brain structural changes in response to neurohumoral modulation – also in the context of sleep – an opposite causal relation seems unlikely. A limitation of the study is that the sleep variables used in the present study were self-reported and not confirmed by objective measurements. However this weakness is likely compensated by the relatively large number of subjects in the study.

In sum we demonstrated that delayed bedtime is significantly associated with smaller hippocampal volumes. Since bedtime preference is known to be a rather invariable trait of sleep behavior a regular delay in sleep onset may result in a cumulative loss of hippocampal volume. Results from the present study highlight the importance of adequate sleep timing and especially that of going to bed early in preventing hippocampal volume loss.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by a grant "Developing Competitiveness of Universities in the South Transdanubian Region (SROP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0002)". JJ, AS, NK were supported by the Bolyai Scholarship of the Hungarian Academy of Science.

## REFERENCES

- 1 Theodore WH, Bhatia S, Hatta J *et al.* Hippocampal atrophy, epilepsy duration, and febrile seizures in patients with partial seizures. *Neurology* 1999; **52**: 132–6.
- 2 Sheline YI, Wang PW, Gado MH, Csernansky JG, Vannier MW. Hippocampal atrophy in recurrent major depression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1996; **93**: 3908–13.
- 3 Sim K, DeWitt I, Ditman T *et al.* Hippocampal and parahippocampal volumes in schizophrenia: a structural MRI study. *Schizophr. Bull.* 2006; **32**: 332–40.
- 4 Karl A, Schaefer M, Malta LS, Dörfel D, Rohleder N, Werner A. A meta-analysis of structural brain abnormalities in PTSD. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2006; **30**: 1004–31.
- 5 Riemann D, Voderholzer U, Spiegelhalder K *et al.* Chronic insomnia and MRI-measured hippocampal volumes: a pilot study. *Sleep* 2007; **30**: 955–8.
- 6 Riemann D, Kloepfer C, Berger M. Functional and structural brain alterations in insomnia: implications for pathophysiology. *Eur. J. Neurosci.* 2009; **29**: 1754–60.

- 7 Macey PM, Richard CA, Kumar R *et al.* Hippocampal volume reduction in congenital central hypoventilation syndrome. *PLoS ONE* 2009; **4**: e6436.
- 8 Taki Y, Hashizume H, Thyreau B *et al.* Sleep duration during weekdays affects hippocampal gray matter volume in healthy children. *Neuroimage* 2012; **60**: 471–5.
- 9 Fischl B, Salat DH, Busa E *et al.* Whole brain Segmentation: automated labeling of neuroanatomical structures in the human brain. *Neuron* 2002; **33**: 341–55.
- 10 Morey RA, Petty CM, Xu Y *et al.* A comparison of automated segmentation and manual tracing for quantifying hippocampal and amygdala volumes. *Neuroimage* 2009; **45**: 855–66.
- 11 Pardoe HR, Pell GS, Abbott DF, Jackson GD. Hippocampal volume assessment in temporal lobe epilepsy: how good is automated segmentation? *Epilepsia* 2009; **50**: 2586–92.
- 12 Szabó CA, Lancaster JL, Xiong J, Cook C, Fox P. MR imaging volumetry of subcortical structures and cerebellar hemispheres in normal persons. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2003; **24**: 644–7.
- 13 Du AT, Schuff N, Chao LL *et al.* Age effects on atrophy rates of entorhinal cortex and hippocampus. *Neurobiol. Aging* 2006; **27**: 733–40.
- 14 Starkman MN, Gebarski SS, Berent S, Schteingart DE. Hippocampal formation volume, memory dysfunction, and cortisol levels in patients with Cushing's syndrome. *Biol. Psychiatry* 1992; **32**: 756–65.
- 15 Driscoll I, Hamilton DA, Petropoulos H *et al.* The aging hippocampus: cognitive, biochemical and structural findings. *Cereb Cortex* 2003; **13**: 1344–51.
- 16 Brown ES, Woolston DJ, Frol A *et al.* Hippocampal volume, spectroscopy, cognition, and mood in patients receiving corticosteroid therapy. *Biol. Psychiatry* 2004; **55**: 538–45.
- 17 Born J, Fehm HL. Hypothalamus-pituitary-adrenal activity during human sleep: a coordinating role for the limbic hippocampal system. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes* 1998; **106**: 153–63.
- 18 Fehm HL, Späth-Schwalbe E, Pietrowsky R, Kern W, Born J. Entrainment of nocturnal pituitary-adrenocortical activity to sleep processes in man – a hypothesis. *Exp. Clin. Endocrinol.* 1993; **101**: 267–76.
- 19 Colla M, Kronenberg G, Deuschle M *et al.* Hippocampal volume reduction and HPA-system activity in major depression. *J. Psychiatr. Res.* 2007; **41**: 553–60.
- 20 Yehuda R. Post-traumatic stress disorder. *N. Engl. J. Med.* 2002; **346**: 108–14.
- 21 Lupien SJ, de Leon M, de Santi S *et al.* Cortisol levels during human aging predict hippocampal atrophy and memory deficits. *Nat. Neurosci.* 1998; **1**: 69–73. Erratum in: *Nat. Neurosci.*, 1: 329.
- 22 Gais S, Plihal W, Wagner U, Born J. Early sleep triggers memory for early visual discrimination skills. *Nat. Neurosci.* 2000; **3**: 1335–9.
- 23 Gais S, Born J. Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learn. Mem.* 2004; **11**: 679–85.
- 24 Marshall L, Helgadóttir H, Mölle M, Born J. Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature* 2006; **444**: 610–13.
- 25 Born J, Wagner U. Memory consolidation during sleep: role of cortisol feedback. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2004; **1032**: 198–201.
- 26 Yaggi HK, Araujo AB, McKinlay JB. Sleep duration as a risk factor for the development of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2006; **29**: 657–61.
- 27 Cappuccio FP, Cooper D, D'Elia L, Strazzullo P, Miller MA. Sleep duration predicts cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur. Heart J.* 2011; **32**: 1484–92.
- 28 Gallicchio L, Kalesan B. Sleep duration and mortality: a systematic review and meta-analysis. *J. Sleep Res.* 2009; **18**: 148–58.
- 29 Olds TS, Maher CA, Matricciani L. Sleep duration or bedtime? Exploring the relationship between sleep habits and weight status and activity patterns. *Sleep* 2011; **34**: 1299–307.
- 30 Randler C, Frech D. Correlation between morningness – eveningness and final school leaving exams. *Biol. Rhythm Res.* 2006; **37**: 233–9.
- 31 Preckel F, Lipnevich AA, Boehme K *et al.* Morningness-eveningness and educational outcomes: the lark has an advantage over the owl at high school. *Br. J. Educ. Psychol.* 2013; **83**: 114–34.
- 32 Videbech P, Ravnkilde B. Hippocampal volume and depression: a meta-analysis of MRI studies. *Am. J. Psychiatry* 2004; **161**: 1957–66.
- 33 Smith ME. Bilateral hippocampal volume reduction in adults with post-traumatic stress disorder: a meta-analysis of structural MRI studies. *Hippocampus* 2005; **15**: 798–807.

RESEARCH

Open Access



# Sudden gamer death: non-violent death cases linked to playing video games

Diana Kuperczko<sup>1\*</sup>, Peter Kenyeres<sup>2</sup>, Gergely Darnai<sup>1,3</sup>, Norbert Kovacs<sup>1</sup> and Jozsef Janszky<sup>1</sup>

## Abstract

**Background and aims:** Internet gaming disorder (IGD) is an emerging problem. Rarely, media reports about people, who have died during playing video games, but thus far no systematic, scientific study is available about the topic. We investigated such cases, looking for common characteristics, connection between gaming and death, and the possible reasons leading to death.

**Methods:** Cases were collected through internet search with general keywords, with ones specific to identified cases, and by working along cross references.

**Results:** 24 cases were found: one from 1982, the others between 2002 and 2021. Twenty-three of the victims were male, age ranged from 11 to 40 years. More than half of the cases originated from Southeast Asia, and 12 deaths happened in internet cafes. Gamers played action-rich multiplayer games. In 18 cases the gaming session before death was extremely long (around a day or even several days) with minimal rest. The cause of death was pulmonary embolism in 5 cases, cerebral hemorrhage in 2 cases, most of the rest was presumably due to fatal cardiac arrhythmia.

**Discussion:** Long sedentary position and dehydration may precipitate thromboembolism, acute blood pressure elevation during gaming may promote cerebral hemorrhage, and several factors (including acute and chronic sleep deprivation, exhaustion, stress) can lead to acute autonomic dysfunction and fatal arrhythmia.

**Conclusion:** Incidence of non-violent death cases linked to playing video games is presumably very low. It mostly occurs in young males and it is often characterized by extremely long gaming time.

**Keywords:** Internet gaming disorder, Video game, Death, Acute autonomic dysfunction

## Background

Today video games provide relaxation and entertainment for billions with challenges to fulfill, new experiences to meet and new frontiers to explore. But attraction sometimes escalates to obsession or addiction. In the past two decades, year by year, reports could be read about people dying during playing video games, mostly young ones who had been playing for an extremely long period. Other reports cited homicide or suicide cases, where video games were involved in the motivation. The grim

suggestion “video games may suck you in and cost your life” could polarize public opinion leading to exaggeration and overreaction.

Between 1995 and 2017 penetration of internet use raised from below 1–46% of the world population, being much higher in developed countries among younger age groups [1]. Growing of internet use was accompanied by growing of internet addiction. Addicted one can be overusing several modalities of internet (generalized internet addiction) or be focused on a specific internet-based activity like playing online video games. The latter phenomenon was nominated Internet gaming disorder (IGD) in the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5) in 2013 [2]. A metaanalysis of 113

\*Correspondence: kuperczko.diana@pte.hu

<sup>1</sup> Department of Neurology, Medical School, University of Pecs, Pecs, Hungary  
Full list of author information is available at the end of the article



epidemiological studies between 1996 and 2018 from 31 nations reported the averaged prevalence of generalized internet addiction to be 7% in the population, while the individual sources reported it wildly variable between 0.5 and 40% due to different definition and measurement method. An increasing tendency was demonstrated through years. IGD prevalence (based on sources from 2015 to 2018) was 2.5% (0.2–14.9%) [3]. The prevalence depends on the availability of internet and the internet culture, being much higher in Southeast Asia, where the prevalence of IGD among adolescents was estimated to be 5% according to a paper from 2014, and the prevalence is seven times higher among male adolescents than female adolescents [4]. Someone with IGD often spend several hours a day gaming, but in extreme cases the gamer may spend days online, consecutively, with little food or drink intake or sleep, which may lead to adverse (or fatal) physiological conditions [5].

## Aims

While extensive debates can be found on the internet about the topic, according to our knowledge, it has not been systematically reviewed in the medical or health science literature, nor have we found any studies or case reports. We aimed to investigate the real size of the problem of death linked to playing video games, if these subjects were addicted to gaming as often stigmatized, the connection between gaming and death, and the possible reasons leading to death.

## Methods

We tried to collect all cases, where video gaming was associated with the death of the gamer. Search was started on the internet browsing (Google) for keywords “death”, “die” and “video game”. We found several cases and case compilations in online newspapers, blogs, and video portals. Obtaining specific keywords for individual cases, we gathered as much information as possible about them, preferring trustable online newspaper articles. Considerable cross reference was found among sources, which we could work along. We ended up with a moderately low number of detailed cases, which were frequently mentioned in several online newspaper and cited in compilations, and a few brief, undetailed references, which could not be further elaborated. We did not consider other death cases that could be associated to video games (accidents, suicides or homicides fueled by impulse, rage, revenge, frustration, negligence, carelessness or a game motivated pattern), only where the player itself died presumably connected to the action of gaming. Scientific search (Pubmed) yielded no relevant publications.

## Results and discussion

Using the mentioned method, we found 24 relevant cases up until the end of 2021, and numbered them in chronological order. We did not anonymize the victims since their names are publicly available. Cases are summarized in Table 1, highlighting specific characteristics, discussed later. More detailed descriptions of the cases are available in the Supplementary material 1. An isolated case was reported in the early 1980's, but the cases of real interest started after 2002, with 1 or 2 cases every year or two years, but without trend for remarkably increasing incidence.

### Demographic and geographic characteristics

Only one of the reported victims was female (No. 8), but we do not know about the length and intensity of her gaming.

Internet addiction among females usually involves addiction to social media rather than gaming - IGD is seven times higher among male than female adolescents [4]. It seems that deaths were connected to action-rich games (see below), which are less popular among females. Competitiveness in games is more common among males, which may bind them for a long period to the game without pausing.

The victims were mostly adolescents or young adults (age ranging from 11 to 40 years). The first few victims died in their twenties; this was the age group that primarily got acquainted with computer games, and in whom IGD became an emerging problem. In the following years, age of victims broadened. The former teens and twenties aged to thirties. Further spread of computers, internet and games reached the very young age group, as well – nowadays kids often start to play video games before learning to read, and get their game-able smartphone before 10 [6].

More than half of the cases originate from Southeast Asia (Taiwan, China, South Korea, Thailand) and most of them (12 cases) happened in internet cafes. It is not that surprising according to the popularity of these places [7]. Buying gaming hours are cheap, and are far more economical alternative for young players than paying for an own PC, broadband internet connection, electricity and the games themselves [8]. Moreover, internet cafes provide cheap food and drinks, some even private rooms with beds to sleep or to shower. With 0–24 opening hours a customer may not even need to move out for days. Without supervision, young people can get away from their parents, escape reality, and get lost in the game undisturbed without thinking about the pressures of school and work [8]. On the other hand, in the cases from the western region the gaming event happened at

**Table 1** Summary of cases

Case number	Case No. 0	Case No. 1	Case No. 2	Case No. 3	Case No. 4	Case No. 5	Case No. 6	Case No. 7	Case No. 8
<b>Name</b>	Jeff Dailey	Peter Burkowski	Kim Kyung-Jae	Seung Seop Lee	Zhang	"Chinese man"	Tim Eves	"Chinese man"	Chris Staniforth
<b>Date of death</b>	1981 January	1982.04.03	2002 October	2005.08.05	2007.02.24	2007.09.15	2009.03.04	2011 February	2011 May
<b>Country</b>	USA (Chicago)	USA (Chicago)	South Korea (Gwangju)	South Korea (Taegu)	Northern China (Jinzhou)	Southern China (Guangzhou)	UK (Hopton-on-Sea)	China (outskirts of Beijing)	UK (Sheffield)
<b>Age</b>	19	18	24	28	26	30	25	30	20
<b>Gender</b>	male	male	male	male	male	male	male	male	male
<b>Game played</b>	Berzerk	Berzerk	Mu	StarCraft	World of Warcraft	unknown	Wii Fit	unknown	Halo
<b>Was it consecutive?</b>	no	no	yes	yes	yes	yes	no	yes	yes
<b>Length of gaming</b>	unknown	less than 30 min	86 h	50 h	7 days	3 days	few hours?	3 days	often 12 h
<b>Did he/she stand up during gaming?</b>	playing standing	playing standing	paused only to purchase cigarettes and to use the bathroom	took only restroom breaks, ate and drank very little, had brief naps	stopping only for eating, toilet breaks, and a few hours of sleep	without considerable breaks	actively moving during the game	without eating and sleeping	unknown
<b>Did he/she miss sleep?</b>	no	no	yes	yes (2 days)	yes, had only few hours of sleeps	yes, minimal breaks	unknown	unknown	unknown
<b>Was he/she gaming when he/she died?</b>	unknown	after gaming	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no
<b>Did he/she eat/drink?</b>	unknown	unknown	yes	very little	yes	unknown	unknown	unknown	unknown
<b>On what platform did he/she play?</b>	arcade machine	arcade machine	PC	PC	PC	PC	Wii Fit games console	unknown	Xbox
<b>Circumstances of death</b>	unknown	He set up two top-ten scores in the game, then turned to another arcade machine, collapsed	unknown	He fell off his chair onto the floor; conscious with closed eyes. Died in hospital hours later	Parents witnessed him twitching and slumping over his computer screen. Resuscitation attempt was unsuccessful.	He fainted. Paramedics tried to revive him but failed.	He just returned from Portuguese a few hours before. Suddenly collapsed and died while jogging on the Wii Fit game.	lost consciousness	He collapsed after an interview at a JobCentre. Previously he was woken in the night by a 'strange feeling' in his chest
<b>Suspected cause of death</b>	unknown	heart attack	pulmonary embolism	heart failure	overwork and obesity	exhaustion	Sudden Arrhythmia Death Syndrome	unknown	deep vein thrombosis; pulmonary embolism
<b>Location of death</b>	arcade	arcade	internet café	internet café	at home	internet café	at home	internet café	JobCentre
<b>Was he/she a game addict?</b>	no	no	yes	yes	yes	unknown	unknown	unknown	yes



**Table 1** (continued)

	Case No. 9	Case No. 10	Case No. 11	Case No. 12	Case No. 13	Case No. 14	Case No. 15	Case No. 16	Case No. 17
<b>Other risk factors</b>	unknown (some source report obesity)	no alcohol or drugs	smoking	unknown	extreme obesity (ca. 150 kg)	unknown	unknown	unknown	seems obese on his photo
<b>History of diseases</b>	unknown	autopsy found scar tissue on his heart, older than 2 weeks	unknown	wearing glasses	unknown	unknown	unknown	unknown	no
<b>Case number</b>	<b>Case No. 9</b>	<b>Case No. 10</b>	<b>Case No. 11</b>	<b>Case No. 12</b>	<b>Case No. 13</b>	<b>Case No. 14</b>	<b>Case No. 15</b>	<b>Case No. 16</b>	<b>Case No. 17</b>
<b>Name</b>	Anna-Lee Kehoe	Chen Rong-Yu	Chuang	Chang	Wang	Chu	Hsieh	Wu Tai	Rustam
<b>Date of death</b>	2011.07.22	2012.02.01	2012.07.15	2013 August	2014 February	2015.01.01	2015.01.08	2015 March	2015.09.01
<b>Country</b>	UK (Bridport)	Taiwan (New Taipei City)	Taiwan (Tainan)	Taiwan (Hualien City)	Taiwan (Greater Kaohsiung)	Taiwan (New Taipei)	Taiwan (Kaoshiung)	China (Shanghai)	Russia's Republic of Bashkortostan
<b>Age</b>	13	23	18	35	40	38	32	24	17
<b>Gender</b>	female	male	male	male	male	male	male	male	male
<b>Game played</b>	unknown	League of Legends	Diablo III	unknown	unknown	unknown	combat games	World of Warcraft	Defence of the Ancients
<b>Was it consecutive?</b>	unknown	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
<b>Length of gaming</b>	unknown	23 h	40 h	10 h	13 h	5 days	3 days	19 h	22 days
<b>Did he/she stand up during gaming?</b>	yes	unknown	unknown	unknown	unknown	yes	unknown	no	yes
<b>Did he/she miss sleep?</b>	unknown	little sleep in front of the monitor	yes	unknown	unknown	yes	yes, taking only naps sitting in the chair or laying on the desk	unknown	unknown
<b>Was he/she gaming when he/she died?</b>	yes	yes	no	probably	yes	no	yes	yes	yes
<b>Did he/she eat/drink?</b>	unknown	unknown	no	unknown	unknown	yes	unknown	no	yes
<b>On what platform did he/she play?</b>	Xbox	PC	PC	unknown	unknown	unknown	unknown	PC	PC

**Table 1** (continued)

<b>Circumstances of death</b>	She stood up from gaming to say 'Mum, I can't breathe'; then collapsed. She was resuscitated but remained brain-dead	An employee tried to wake him, but found him dead, still reaching for the keyboard	He was found resting on the table. After the staff woke him up, he took a few steps and collapsed, then died shortly after arrival to hospital.	unknown	Attendants found Wang dead, but his eyes were still open and staring at the screen as though he were still playing	Found dead in the establishment's bathroom	Security camera footage showed Hsieh struggled with chest pains before collapsing	He started to cough violently, coughed up blood then slumped back.	unknown
<b>Suspected cause of death</b>	heart attack caused by asthma	cardiac arrest	thromboembolism	unknown	unknown	his medical condition, physical exhaustion	cardiac arrest	probably pulmonary embolism	thromboembolism due to broken leg
<b>Location of death</b>	at home	internet café	private room of an internet café	internet café	internet café	internet café	internet café	internet café	at home
<b>Was he/she a game addict?</b>	unknown	unknown	unknown	unknown	unknown	unknown	yes	yes	broken leg
<b>Other risk factors</b>	no	unknown	unknown	unknown	unknown	smoking	unknown	unknown	broken leg
<b>History of diseases</b>	asthma	treated for a heart attack last year	unknown	unknown	unknown	taking medicines for liver disease, gallstones	unknown	unknown	unknown
<b>Case number</b>	<b>Case No. 18</b>	<b>Case No. 19</b>	<b>Case No. 20</b>	<b>Case No. 21</b>	<b>Case No. 22</b>	<b>Case No. 23</b>	<b>Case No. 24</b>		
<b>Name</b>	Brian Vigneault	Bogdan Akh	Fahad Fayyaz	Natsupon Arunrat	Piyawat Harikun	Muhammad	Dharshan		
<b>Date of death</b>	2017.02.19	2018.10.29	2019.02.05	2019.04.27	2019.11.04	2020 October	2021.02.01		
<b>Country</b>	USA (Virginia)	USA (San Jose) (but gamer was Swedish)	Pakistan (Lahor)	Thailand (Samut Prakan)	Thailand (Udon Thani)	Egypt	India (Puducherry)		
<b>Age</b>	35	21	11	32	17	12	16		
<b>Gender</b>	male	male	male	male	male	male	male		
<b>Game played</b>	World of Tanks	Fortnite	Fortnite	unknown	combat games	PlayerUnknown's Battlegrounds	Fire Wall		
<b>Was it consecutive?</b>	yes	no	yes	yes	yes	unknown	unknown		
<b>Length of gaming</b>	22 h	several hours a day in the past 2 months	a few hours	probably 12 h	all-night gaming sessions continued through the day	unknown	4 h		
<b>Did he/she stand up during gaming?</b>	yes	unknown	unknown	unknown	yes	unknown	unknown		

**Table 1** (continued)

<b>Did he/she miss sleep?</b>	unknown	unknown	probably not	unknown	yes	unknown	probably not
<b>Was he/she gaming when he/she died?</b>	no	no	yes	yes	yes	yes	yes
<b>Did he/she eat/drink?</b>	unknown	yes	unknown	unknown	yes (There was a pile of takeaway boxes on his desk.)	unknown	unknown
<b>On what platform did he/she play?</b>	PC	PC	PC/Xbox?	PC	PC	mobile phone	mobile phone
<b>Circumstances of death</b>	He was doing a charity 24-hour streaming. He left for a cigarette break but never returned.	Died during sleeping after a gaming competition after 2 months of intensive training	Parents later found him unconscious in his room with a controller in his hand.	He was found dead probably 4 h after having died, laying back on the chair, his mouth covered with blood from biting his tongue.	Father found his son collapsed from the computer chair and was slumped against a PC tower on the floor.	Parents found him unresponsive with his mobile phone open to the game. He was dead before arriving to the hospital.	He collapsed while playing the game. He was taken to hospital, but doctors did not succeed in reviving him.
<b>Suspected cause of death</b>	confirmed fentanyl overdosing	unknown	heart attack	cardiac arrest	stroke	cardiac arrest	cerebral haemorrhage
<b>Location of death</b>	at home	at hotel	at home	internet café	at home	at home	at home
<b>Was he/she a game addict?</b>	gaming professional	unknown	yes	yes	yes	yes	unknown
<b>Other risk factors</b>	heavy smoker	unknown	unknown	unknown	unknown	obesity	unknown
<b>History of diseases</b>	unknown	unknown	unknown	heart disease and high blood pressure	unknown	unknown	unknown

home, as internet cafés never had such high popularity, due to the expansion of home-based e-mail and internet access points [7]. In the recent years rapid spread of smartphones has been restructuring Internet access and gaming, as well, and the first gaming deaths linked to smartphones also appeared.

### Incidence of death by gaming

Using the above mentioned data, we tried to give a very rough estimation about the incidence of gaming related death. Number of internet users is growing, being around 2 billion (28% of 7 billion people in 2010) and 3 billion (41% of 7.38 billion people in 2015) ([9, 10]). Risk population seems to be males from 15 to 40 years, so about 360–540 million; we used 450 million for further calculation.

Using the 2014 Asian data, the prevalence of IGD among adolescents was estimated to be 5%, but since most of them were males, we used 10% for males. The population at risk (adolescent males with IGD) may be around 45 million. This means a roughly 1 death per 2 million gamers over about 15 years course, or 1 per 30 million yearly. Considering only the most avid gamers the incidence is probably higher.

### Games involved in death cases

In most cases the name (or the category) of the game the victim had been playing was reported. Detailed description of these categories is provided in the Supplementary material 1. The common feature of these games is that they all need strong, strenuous mental concentration. The gamer may lock out the disturbing outside world, lose track of the passing time, and dimly notice hunger, thirst, tiredness or discomfort, which may lead to the adverse consequences. No one was reported to die while playing a *sandbox* game (like The Sims, Minecraft) [11], where player use creativity instead of action, or an *adventure* game [12], which involves exploring and playing along a storyline (sprinkled with action and dexterity elements) in an enjoyably slow pace instead of the aforementioned rush. The games played were definitely or presumably multiplayer games, where the competitive factor or adaptation to the other players enforces the gamer into a faster pace and prevents him from stopping, contrary to single-player mode, where one can do it in his own pace.

### Cause of death

Ten victims were reported to have co-morbidities or risk factors: extreme obesity (No. 4), obesity (No. 8 and 23), asthma (No. 9), previous heart attack (No. 10) or heart problem (No. 21), high blood pressure (No. 21), liver disease/gallstones (No. 14), broken leg (No. 17), smoking

(No. 2, 14 and 18), in the other cases such risk factors were not known.

Five sudden deaths were caused by pulmonary embolism (PE). A critically large embolus can lead to hemodynamic collapse, shock and death, which happens in about 10% of the cases [13]. Autopsy can unequivocally prove or rule out the embolism, but preceding symptoms (sudden onset, stabbing chest pain, dyspnea, coughing up blood, swollen leg) may suggest the diagnosis, as well. Prolonged immobilization, bedrest or long sitting and dehydration are well-known risk factors for deep venous thrombosis (DVT) in the lower limb. “Economy class syndrome” refers to DVT of aircraft passengers, where prolonged sitting cause venous stasis, may damage the endothelium of the veins, while dehydration due to dry atmosphere or drinking less, further increase risk of thrombus formation. Aforementioned gamers were similarly sitting long and moving little. Focused on the game they may be less aware of being stiff and sore, or thirsty. Obesity and smoking are further relevant risk factors. After thrombus formation, PE may strike later or in waves, like in case of Chris Staniforth (No. 8), who mentioned ‘strange feeling’ in his chest the previous night, and died at the JobCentre next day. Besides 22 days of sedentary gaming, Rustam (No. 17) had a broken leg, which increases risk of DVT over 10-fold on its own [14]. Besides the extent of embolism, survival is determined by the ability to compensate for the increased resistance of pulmonary circulation, requiring good right ventricular function with adequate preload and autonomic regulation. Young subjects are expected to have better chances than elder ones. Autonomic dysfunction (explained later) and hypovolemia due to dehydration may have contributed to the death of the gamers.

In one case (No. 22) stroke in another (No. 24) cerebral haemorrhage was reported as cause of death. Stroke was not further specified. It might have been ischemic stroke, which often causes disability but rarely sudden death, and is very hard to be explained at this age. It more probably could have been haemorrhagic stroke or subarachnoid haemorrhage. Haemorrhagic stroke in young adults can be caused by hypertension, vascular malformation, drug abuse, venous sinus thrombosis, hematologic conditions. According to the bleeding location and size, it may lead to herniation, coma or death. Subarachnoid haemorrhage is due to the rupture of saccular aneurysms in more than half of all cases. 25% of these patients die within 24 h of the event; many die before they reach the hospital. Hypertension or acute elevation in blood pressure, smoking are risk factors for aneurysmal haemorrhage [15].

In many cases (No. 1,3,6,9,10,15,20,21,23) ‘heart failure’, ‘heart attack’ or ‘cardiac arrest’ was named as cause of death, though the terms may not have been medically

properly used. In other cases, definite cause of death was not even specified or speculations (like “overwork and obesity,” “fatigue”) were reported. Sudden cardiac death (SCD) developing such rapidly almost always happen due to onset of malignant ventricular arrhythmia (ventricular fibrillation, extremely fast ventricular tachycardia) or sudden severe dysfunction of the sinus or AV node without escape rhythm. Other possible specific causes (like extreme extent myocardial infarction and loss of pump function or aortic dissection leading to rapid bleeding or pericardiac tamponade) are improbable and could be easily identified during autopsy. Arrhythmia on the other hand often lacks obvious structural background. However, autopsy results or background medical information were available only in few cases, mostly the cases from the Western countries. For the Asian cases these were either not performed, or the international news agencies were not interested in writing follow-up articles. In many cases excitement, fatigue, physical exhaustion, sleep deprivation, dehydration, lack of movement, were named as contributing factors to the cardiac death.

Some cases seem out of the pattern. Tim Eves (No. 6) was playing on Wii Fit, where player actually moves and jogs, turning gaming into a sport, a mild to vigorous aerobic training. Circumstances did not suggest anything extraordinary either. His death is rather sport-related than game-related. Anna-Lee Kehoe’s (No. 9) symptoms did not resemble an asthma attack, even complete airway obstruction would result in a longer agony. Symptoms rather suggest massive pulmonary embolism, and the source did not mention if examinations or autopsy was performed to rule it out. On the other hand, thrombosis at such young age is unlikely without the presence of thrombophilia. Though no obvious provoking factors were mentioned, arrhythmia-related death (heart attack) is possible in the presence of underlying disease (like arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy or channelopathy). Similarly, in Burkowski’s case (No. 1) the half hour gaming session must have been no overexertion or overly stressful for the experienced player (who set up two top-10-scores). The scar on his heart, that probably was involved the lethal arrhythmia, is of unknown origin: cardiomyopathy, peri/myocarditis, mechanical injury or an unlikely myocardial infarction? He probably could have died due to any other physiological stressors or excitement, as well. Similarly, in other cases (No. 20, 21, 24), though the victims were gaming addicts, no extremity was reported about the last gaming session. If there is a very low chance of death during a gaming session, there is obviously a higher cumulative chance for ones who repeatedly do it.

Bogdan Akh’s (No. 19.) death is not connected to uncontrolled gaming binge, but to a scheduled training

for a competition, and we may consider it the first eSport related death (see below). Extreme exhaustion is unlikely, it was probably avoided in favour of the best performance on the competition. Strangely, death occurred not around the training or the competition, but after them, during rest, when all stress subsided. Could this change in balance be the trigger, or were there other possible factors, like a celebration after the competition?

### **Sleep deprivation and death**

In 18 cases the gaming session before death was extremely long (around a day or even several days) with minimal rest, which results in acute sleep deprivation, or the victim was repeatedly playing quite long sessions, which suggests chronic sleep deficiency.

Sleep is a natural relaxing state for regeneration [16]. Uncomfortable effects of acute or chronic sleep deprivation (SD) are experienced by almost everyone; impaired concentration, reduced mental and physical performance, mood alterations, irritability, to mention some. They may indirectly lead to fatal consequence, like falling asleep and causing a traffic accident. It is another question though if or when can SD itself trigger or contribute to a biological shock resulting in death, like in the aforementioned gamers. In an animal model of acute SD, all rats died within 2–6 weeks of continuous or paradoxical SD [17]. The animal lost weight despite increased food intake, showed altered thermoregulation, but no obvious changes in brain morphology or function could be demonstrated.

Experimental data of such drastic SD in human is not available. In a study, subjects after a night with sleep debt (still 1.7 h sleep on average) showed increase of the QT interval and QT dispersion (still within the normal range), which may make more susceptible to lethal ventricular arrhythmias [18]. A case report demonstrated spontaneous coronary dissection and myocardial infarction after 72 h SD due to overtime work [19].

Several longitudinal human studies demonstrated a U-shaped association between sleep duration and all-cause mortality, optimal amount being around 7 h sleep per day, with increased mortality of both short and long sleepers [20, 21, 22, 23, 24]. Besides direct effect of SD, short sleep may also contribute to development of physiological and social outcomes that may lead to increased mortality; e.g. cardiovascular disease, stroke, dyslipidemia, diabetes, hypertension, obesity, cancer, presence or development of stress, altered inflammatory cytokine levels and impaired immune response [25, 26, 27]. Exact sleep habits of the gamers are not known, but it is presumable that the ones who were indicated as gaming addicts, and were doing regular several-day-long gaming binges or over 10-hour daily gaming sessions, were

also taking away time from sleeping in favour of gaming, and are on the short-sleeper arm of the curve. The above results are also based on mainly middle-aged or elder subjects, and applying them on the mostly young gamers is questionable. On the other hand, chronic short-sleeping may have already done subclinical damage in these individuals, making them more susceptible to an acute event.

### Sport and sudden cardiac death

Eventual, unexpected, sudden cardiac death (SCD) cases are reported in another field, as well: sports and athletes. We tried to apply such experiences to our population. Public and medical attention is high for such events, the cases and causes are usually thoroughly investigated. Widespread registers offer more reliable data in contrast to the cases of video gamers. Due to inconsistencies of definitions incidence widely vary between 1 in 3000 and 1 in million athlete per year [28]. Higher incidence was found among males (3–5 times) and blacks (3 times) [29]. Deaths occur most commonly in team sports, which have the highest levels of participation [30]. In a study, media database reports identified 70% of the total SCD cases, suggesting the high media attention of such unexpected death on young ones [29]. In many cases structural abnormalities (hypertrophic cardiomyopathy or idiopathic left ventricular hypertrophy, dilated and restrictive cardiomyopathy, arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy, congenital coronary anomalies, aortic rupture due to Marfan syndrome, myocarditis, valvular disease, commotio cordis) were present, but individuals with morphologically normal hearts were common, as well, referred to as sudden arrhythmic death syndrome (SADS). In some of them primary electrical disorders or channelopathies (like Brugada syndrome, Wolff–Parkinson–White syndrome, long QT syndromes) could be identified, but about 30% remained unexplained.

### eSports

Outstanding performance attracts audience in gaming, as well, which up today turned into a rapidly growing industry, eSport, with over 1 billion audience [31], and with gamers doing it as a full-time profession. Average eSport player practices around 5.5 h a day and even 10 h a day prior to competitions. 15% reported 3 h or more of sitting and playing without standing to take a break. This sitting for hours staring the monitor with several hundred clicks and keypresses per minute results in chronic overuse (and sometimes career-ending) injuries (eye fatigue, neck or back pain, wrist and hand pain), but one case of deep venous thrombosis was also reported [31]. As far as we know, up until today no case of death among eSport athletes linked to gaming was officially reported.

On the other hand, eSport community is far smaller, and exists for a shorter time than the general gamer and IGD population, and the lower numbers may have just not produced a death case.

### Stress and cardiac death

Death of Chen Rong-Yu (No. 10), was a well investigated, still unexplained case, about which we have more detailed information from an interview with his physician, Dr. Ta-Chen Su in the book *Death by video game* [32]. Rong-Yu had had a heart attack 3 months before. Extensive examinations (including ECG, echocardiography, 24-hour ECG, coronary angiography, cardiac electrophysiology study) did not show underlying abnormalities. Cardioverter defibrillator implantation was suggested which Rong-Yu refused. Dr. Su provided further hypotheses about his death, elaborated below.

Most organs are regulated by the sympathetic and parasympathetic nervous system, their balance and reaction to stimuli adapt the organ's function (like blood pressure, heart rate, respiration, metabolism) to the actual needs. Prolonged or extreme stimuli may upset this balance, and result in so called acute autonomic dysfunction causing functional and sometimes morphological organ abnormalities, which can rarely lead to fatal consequences. Such manifestations in the heart can be various arrhythmias, myocardial infarction, takotsubo cardiomyopathy and sudden death [33].

Sleep deprivation is accompanied by a rise in sympathetic tone to maintain arousal and counteract parasympathetic impulses driving the body to a relaxing, regenerative state [34], ultimately resulting in a mentioned imbalance and autonomic disfunction. It can also be a part or trigger of acute or chronic stress reaction.

Gaming itself produce stress, according to cardiologist Robert S. Eliot, (M.D. at the University of Nebraska Medical Center), who used a video game (Pong) to replicate stressful situations in more than 1000 patients. Heart rate increases of 60 beats per minute and blood pressures as high as 220 was often observed within one minute of starting a computer game, without the patients being aware of that [32]. Similarly, increase in heart rate and blood pressure was observed in eSport athletes, as well [35, 36], although such high alteration was not pronounced. Acute elevation of blood pressure can trigger lethal arrhythmia in some cases [37]. Presence of stress during eSport activity can be demonstrated by the elevation of stress hormones [38], just like during physical sports [39].

Acute emotional distress (especially anger-like stress) may provoke ventricular arrhythmia, as well as acute myocardial infarction [40, 41], but stress due to assault [42] or natural disasters are reported as triggers for SCD,

as well [43]. 20 to 40% of sudden cardiac deaths may be precipitated by acute emotional stressors. A gamer may feel strong anxiety in an unfamiliar situation, panic in a high risk-high stake scenario, frustration when failing a challenge and losing progression or rage when repeatedly losing or getting “owned”.

Even if the game is not especially stressful, extremely long gaming session could be compared to overtime at working, leading to exhaustion. In Japan several hundred cases were reported where people have died while repeatedly working overtime (termed as *karoshi*: death by overwork) [44, 45].

Dr. Su mentioned air pollution as another possible factor: Taiwan’s air relative humidity usually remains at 60–90%, that help fungi, bacteria and dust mites to flourish in a confined space. Taiwanese internet cafés were typically crowded, smoking regulation was more liberal at that time, poor ventilation and air conditioning may cooled but not improved the quality of air [32]. Air-pollution index in internet cafés often exceeded safe levels. Severe air pollution was shown to trigger coagulation and thrombosis, increase heart rate and reduce heart rate variability, cause endothelial dysfunction, arterial vasoconstriction, apoptosis, and hypertension. In chronic exposures these contribute to the progression of atherosclerosis, but even acute exposures can lead to autonomic nervous system imbalance, plaque instability, and trigger acute cardiovascular events (myocardial ischemia and infarction, stroke, heart failure, arrhythmias, and sudden death) [46]. Air pollution may contribute to acute autonomic dysfunction, as well, just like sleep deprivation, acute and chronic, emotional or physical stress, which may explain the sudden unexpected/unexplained death of gamers.

### Limitations

It is unsure, how complete the search for cases was. A death case is more likely to be reported if it happens in public, happens to a celebrity or the case has extreme characteristics. In several cases, relatives provided information about death cases that happened at home, especially if they wanted to message to the community. It is quite possible though, that others wanted to mourn in private and refused media presence. A source mentioned “In 2006, ten South Koreans reportedly died from blood clots suffered while sitting for extended periods playing games in a local PC Bang” [S5], though we had no information about these nameless cases either. We could only recover information from English language sources, like international electronic newspapers. If a case was not interesting enough for international media, and appeared only in local language news, it could have been lost to us. The demonstrated cases were reported in many news

portals and added to various compilations. These “overhyped” cases appear in the frontline of an internet search, and they are the realistically visible ones. Others with less clicks, are squeezed out from the first few thousand search results, and are lost from sight among the several hundred million finds.

Quality of source data was sometimes debatable. Information from different sources were highly redundant with hardly any novelty. Sources must have shared or taken information from each other or worked with the same limited communiques. Details were often poor, the exact cause of death was unconfirmed or speculative, autopsy reports were rarely available.

### Conclusion

We aimed to review death cases linked to the action of playing video games. In several cases extreme length of sedentary gaming led to deep vein thrombosis and fatal pulmonary embolism. Lethal arrhythmia due to acute autonomic dysfunction brought on by stress and sleep deprivation seem to be a frequent cause, as well. It mostly involved adolescent males, who were playing action-rich games. Most of them probably had internet gaming disorder. Incidence of gaming related death itself seems to be relatively low, much lower than sport related death in its risk population, but we should be aware that besides the low direct risk to life, gaming addiction can have adverse criminal and economical consequences, as well, and awareness of the problem should be maintained and prevention should be enforced.

### Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04373-5>.

#### Supplementary material 1.

### Acknowledgements

Not applicable.

### Authors’ contributions

DK: writing of manuscript, data collection and interpretation. PK: writing of manuscript, data collection and interpretation. GD: manuscript supervision. NK: study supervision. JJ: study concept and design, study supervision. The author(s) read and approved the final manuscript.

### Funding

Open access funding provided by University of Pécs.

### Availability of data and materials

Not applicable. No relevant numerical data was used. Most relevant sources for cases are linked in the Supplementary material.

### Declarations

#### Ethics approval and consent to participate

Not applicable. We collected publicly available data from the Internet, from sources following digital media ethics, which did not warrant ethical approval

or informed consent. We did not anonymize the victims since their names are publicly available.

#### Consent for publication

Not applicable.

#### Competing interests

The authors declare no competing interests.

#### Author details

<sup>1</sup>Department of Neurology, Medical School, University of Pecs, Pecs, Hungary.

<sup>2</sup>1st Department of Medicine, Medical School, University of Pecs, Pecs, Hungary. <sup>3</sup>Department of Behavioural Sciences, Medical School, University of Pecs, Pecs, Hungary.

Received: 12 May 2022 Accepted: 7 November 2022

Published online: 23 December 2022

#### References

- Mihajlov M, Vejmelka L. Internet Addiction: A Review of the First Twenty Years. *Psychiatr Danub*. 2017;29(3):260–72. <https://doi.org/10.24869/psy.2017.260>. PubMed PMID: 28949397.
- American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. DSM-5. Washington DC: American Psychiatric Publishing; 2013.
- Pan YC, Chiu YC, Lin YH. Systematic review and meta-analysis of epidemiology of internet addiction. *Neurosci Biobehav Rev*. 2020;118:612–22. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.08.013>. PubMed PMID: 32853626.
- Cheng C, Li AY. Internet addiction prevalence and quality of (real) life: a meta-analysis of 31 nations across seven world regions. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2014;17(12):755–60. <https://doi.org/10.1089/cyber.2014.0317>. PubMed PMID: 25489876.
- Chen KH, Oliffe JL, Kelly MT. Internet Gaming Disorder: An Emergent Health Issue for Men. *Am J Mens Health*. 2018;12(4):1151–9. <https://doi.org/10.1177/1557988318766950>. PubMed PMID: 29606034.
- Media Use by Tweens and Teens 2019: Infographic. Common Sense Media. 2019. <https://www.commonsensemedia.org/Media-use-by-tweens-and-teens-2019-infographic>. Accessed 11 May 2022.
- Internet café. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_caf%C3%A9](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_caf%C3%A9). Accessed 11 May 2022.
- Parkin S. Death by gaming: an investigation into the Taiwan café fatalities. *Eurogamer*. 2012. <https://www.eurogamer.net/articles/2012-09-19-death-by-gaming-why-taiwans-cafe-culture-is-killing-gamers>. Accessed 11 May 2022.
- Individuals using the Internet (% of population). The World Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS>. Accessed 11 May 2022.
- Role-playing video game. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Role-playing\\_video\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Role-playing_video_game). Accessed 11 May 2022.
- Sandbox game. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Sandbox\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Sandbox_game). Accessed 11 May 2022.
- Adventure game. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Adventure\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Adventure_game). Accessed 11 May 2022.
- Phillippe HM. Overview of venous thromboembolism. *Am J Manag Care*. 2017;23(20 Suppl):376–82. PubMed PMID: 29297660.
- Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Respir J*. 2019;54(3):1901647. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz405>. PubMed PMID: 31504429.
- Mumenthaler M, Mattle H, Taub E. Neurology. 4th revised and enlarged ed. New York: Thieme; 2004. p. 208–220.
- Nollet M, Wisden W, Franks NP. Sleep deprivation and stress: a reciprocal relationship. *Interface Focus*. 2020;10(3):20190092. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2019.0092>. PubMed PMID: 32382403.
- Rechtschaffen A, Bergmann BM. Sleep deprivation in the rat: an update of the 1989 paper. *Sleep*. 2002;25(1):18–24. <https://doi.org/10.1093/sleep/25.1.18>. PubMed PMID: 11833856.
- Ozer O, Ozbala B, Sari I, Davutoglu V, Maden E, Baltaci Y, et al. Acute sleep deprivation is associated with increased QT dispersion in healthy young adults. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2008;31(8):979–84. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2008.01125.x>. PubMed PMID: 18684254.
- Suh SY, Kim JW, Choi CU, Kim EJ, Rha SW, Park CG, et al. Spontaneous coronary dissection associated with sleep deprivation presenting with acute myocardial infarction. *Int J Cardiol*. 2007 Feb 7;115(2):e78–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.07.230>. PubMed PMID: 17097166.
- Liu TZ, Xu C, Rota M, Cai H, Zhang C, Shi MJ, et al. Sleep duration and risk of all-cause mortality: A flexible, non-linear, meta-regression of 40 prospective cohort studies. *Sleep Med Rev*. 2017 Apr;32:28–36. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.02.005>. PubMed PMID: 27067616.
- Ikehara S, Iso H, Date C, Kikuchi S, Watanabe Y, Wada Y, et al. Association of sleep duration with mortality from cardiovascular disease and other causes for Japanese men and women: the JACC study. *Sleep*. 2009;32(3):259–301. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.3.295>. PubMed PMID: 19294949.
- Wang YH, Wang J, Chen SH, Li JQ, Lu QD, Vitiello MV, et al. Association of Longitudinal Patterns of Habitual Sleep Duration With Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality. *JAMA Netw Open*. 2020;3(5):e205246. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.5246>. PubMed PMID: 32442289.
- Khan H, Kella D, Kunutsor SK, Savonen K, Laukkanen JA. Sleep Duration and Risk of Fatal Coronary Heart Disease, Sudden Cardiac Death, Cancer Death, and All-Cause Mortality. *Am J Med*. 2018;131(12):1499–505.e2. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2018.07.010>. PubMed PMID: 30076817.
- Gallicchio L, Kalesan B. Sleep duration and mortality: a systematic review and meta-analysis. *J Sleep Res*. 2009;18(2):148–58. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2008.00732.x>. PubMed PMID: 19645960.
- Grandner MA, Hale L, Moore M, Patel NP. Mortality associated with short sleep duration: The evidence, the possible mechanisms, and the future. *Sleep Med Rev*. 2010;14(3):191–203. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2009.07.006>. PubMed PMID: 19932976.
- Pan A, De Silva DA, Yuan JM, Koh WP. Sleep duration and risk of stroke mortality among Chinese adults: Singapore Chinese health study. *Stroke*. 2014;45(6):1620–5. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.005181>. PubMed PMID: 24743442.
- Cappuccio FP, Miller MA. Sleep and Cardio-Metabolic Disease. *Curr Cardiol Rep*. 2017;19(11):110. doi:<https://doi.org/10.1007/s11886-017-0916-0>. PubMed PMID: 28929340.
- Wasfy MM, Hutter AM, Weiner RB. Sudden Cardiac Death in Athletes. *Methodist Debaquey Cardiovasc J*. 2016;12(2):76–80. <https://doi.org/10.14797/mdcj-12-2-76>. PubMed PMID: 27486488.
- Emery MS, Kovacs RJ. Sudden Cardiac Death in Athletes. *JACC: Heart Fail*. 2018;1(6):30–40. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2017.07.014>. PubMed PMID: 29284578.
- Halabchi F, Seif-Barghi T, Mazaheri R. Sudden Cardiac Death in Young Athletes; a Literature Review and Special Considerations in Asia. *Asian J Sports Med*. 2011;2(1):1–15. m.34818. PubMed PMID: 22375212. <https://doi.org/10.5812/asjs>.
- DiFrancisco-Donoghue J, Balentine J, Schmidt G, Zwibel H. Managing the health of the eSport athlete: an integrated health management model. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5(1):e000467. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000467>. PubMed PMID: 30792883.
- Parkin S. Death by video game (ebook). Main ed. Chapter I: Chronoslip. London: Serpent's Tail; 2015.
- Esler M. Mental stress and human cardiovascular disease. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017;74(Pt B):269–76. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.10.011>. PubMed PMID: 27751732.
- Castro-Diehl C, Roux AV, Redline S, Seeman T, McKinley P, Sloan R, et al. Sleep duration and quality in relation to autonomic nervous system measures: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Sleep*. 2016;39(11):1927–40. <https://doi.org/10.5665/sleep.6218>. PubMed PMID: 27568797.
- Valladao SP, Middleton J, Andre TL. Esport: Fortnite Acutely Increases Heart Rate of Young Men. *Int J Exerc Sci*. 2020;13(6):1217–27. PubMed PMID: 33042380.



36. Sousa A, Ahmad SL, Hassan T, Yuen K, Douris P, Zwibel H, et al. Physiological and Cognitive Functions Following a Discrete Session of Competitive Esports Gaming. *Front Psychol.* 2020;11:1030. PubMed PMID: 32547452.
37. Sutherland GR. Sudden cardiac death: the pro-arrhythmic interaction of an acute loading with an underlying substrate. *Eur Heart J.* 2017;38(40):2986–94. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw449>. PubMed PMID: 28137981.
38. Schmidt SCE, Gnam JP, Kopf M, Rathgeber T, Woll A. The Influence of Cortisol, Flow, and Anxiety on Performance in E-Sports: A Field Study. *Biomed Res Int.* 2020;2020:9651245. <https://doi.org/10.1155/2020/9651245>. PubMed PMID: 32076623.
39. Papacosta E, Nassis GP, Gleeson M. Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition. *J Sports Sci.* 2016;34(13):1281–7. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1111521>. PubMed PMID: 26584022.
40. Vlastelica M. Emotional stress as a trigger in sudden cardiac death. *Psychiatr Danub.* 2008;20(3):411–4. PubMed PMID: 18827773.
41. Schwartz BG, French WJ, Mayeda GS, Burstein S, Economides C, Bhandari AK, et al. Emotional stressors trigger cardiovascular events. *Int J Clin Pract.* 2012;66(7):631–9. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2012.02920.x>. PubMed PMID: 22698415.
42. Palmiere C, del Mar Lesta M, Vanhaebost J, Mangin P, Augsburg M, Vogt P. Early repolarization, acute emotional stress and sudden death. *J Forensic Sci.* 2014;59(3):836–40. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12362>. PubMed PMID: 24313840.
43. Kloner RA. Lessons learned about stress and the heart after major earthquakes. *Am Heart J.* 2019;215:20–6. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2019.05.017>. PubMed PMID: 31260902.
44. Ke DS. Overwork, stroke, and karoshi-death from overwork. *Acta Neurol Taiwan.* 2012;21(2):54–9. PubMed PMID: 22879113.
45. Miao Q, Li J, Pan YP, Yu YG, Zhang F, Xiao N, et al. Three Cases of Karoshi Without the Typical Pathomorphological Features of Cardiovascular/Cerebrovascular Disease. *Am J Forensic Med Pathol.* 2020;41(4):305–8. <https://doi.org/10.1097/PAF.0000000000000600>. PubMed PMID: 32769407.
46. Nogueira JB. Air pollution and cardiovascular disease. *Rev Port Cardiol.* 2009;28(6):715–33. PubMed PMID: 19697799.

## Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more [biomedcentral.com/submissions](https://biomedcentral.com/submissions)

