

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA

UGOTAVLJANJE UČINKA DOLGOTRAJNE GIBALNE  
NEAKTIVNOSTI NA SPOMINSKE FUNKCIJE PRI  
ZDRAVIH ODRASLIH MOŠKIH

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Ugotavljanje učinka dolgotrajne gibalne neaktivnosti na spominske funkcije  
pri zdravih odraslih moških**

(Determining the long-term effects of physical inactivity on memory functions of healthy adult  
male participants)

Ime in priimek: Julija Podbevšek  
Študijski program: Biopsihologija  
Mentor: doc. dr. Petra Dolenc  
Somentor: asist. mag. Vesna Jug

Koper, september 2014

---

## Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Julija PODBEVŠEK

Naslov zaključne naloge: Ugotavljanje učinka dolgotrajne gibalne neaktivnosti na spominske funkcije pri zdravih odraslih moških.

Kraj: Koper

Leto: 2014

Število listov: 29

Število tabel: 4

Število referenc: 69

Mentor: doc. dr. Petra Dolenc

Somentor: asist. mag. Vesna Jug

Ključne besede: gibalna neaktivnost, *bed rest* raziskave, kognitivno delovanje, spomin

Izvleček:

Vse več znanstvenih izsledkov potrjuje, da ima gibalna aktivnost poleg ugodnega vpliva na zdravje ugoden vpliv tudi na kognitivno delovanje. Manj pa je raziskav, ki bi preučevale kognitivno delovanje pri izrazito omejenem obsegu gibalne aktivnosti. Najpogostejša metoda za spremljanje učinkov skrajne gibalne neaktivnosti na človekov organizem je simuliranje breztežnostnega stanja ali *bed rest* (BR) model, ki predvideva daljše mirovanje v ležečem položaju. Z namenom ugotavljanja učinka dolgotrajne gibalne neaktivnosti na spominske funkcije pri skupini mlajših (med 19 in 28 let) in starejših (med 53 in 65 let) zdravih moških je bilo petnajst udeležencev vključeno v eksperiment 14-dnevnega mirovanja v strogo vodoravnem položaju v bolnišničnem okolju. Pred in po eksperimentu so bili testirani s testom besednega učenja RAVLT, ki je nevropsihološki instrument, namenjen ocenjevanju verbalnega spomina in učenja. Rezultati so pokazali, da pri udeležencih v splošnem ni prišlo do upada kognitivnih sposobnosti po BR. Pri skupini starejših udeležencev pa so se pri meri odloženega priklica rezultati po obdobju neprekinjenega ležanja poslabšali. Na podlagi ugotovitev avtorica zaključuje, da je odsotnost gibalne aktivnosti lahko dejavnik tveganja za kognitivni upad pri starejših odraslih. To nakazuje na pomen življenjskega sloga, ki vključuje gibanje, kot pomembno komponento zdravega staranja in ohranjanja kognitivnih zmožnosti. V prispevku avtorica opozori tudi na morebitne dejavnike, ki so lahko prispevali k dobljenim rezultatom, na primer učinek učenja, kratko trajanje BR in ugodni psihosocialni pogoji v času trajanja eksperimenta.

---

## Key words documentation

Name and SURNAME: Julija PODBEVŠEK

Title of the final project paper: Determining the long-term effects of physical inactivity on memory functions of healthy adult male participants.

Place: Koper

Year: 2014

Number of pages: 29

Number of tables: 4

Number of references: 69

Mentor: Assist. Prof. Petra Dolenc, PhD.

Co-Mentor: Vesna Jug, M.Sc.

Key words: physical inactivity, bed rest, cognitive functioning, memory

Abstract:

A growing body of scientific literature indicates that in addition to multiple health benefits, participation in physical activity can have beneficial effects on cognition. Less clear is how reducing physical activity levels affects cognitive outcomes. The most common method for studying effects of extreme physical inactivity on human organism is simulated weightlessness, which can be done through bed rest (BR) model. BR presupposes strict rest in a lying position for a specific period of time. In order to examine the effects of long-term physical inactivity on memory functions in group of younger (aged between 19 and 28) and older (aged between 53 and 65) healthy males, fifteen participants were exposed to 14-day horizontal BR in a hospital environment. To assess the memory functions of the participants, Rey's Auditory and Verbal Learning Test was administered before and after the BR. There was no significant impairment in cognitive performance after the BR, except in the measurement of delayed recall in the group of older participants. On the basis of results it can be concluded that the lack of physical activity represents a risk factor for cognitive decline in the elderly. This indicates the importance of lifestyle, which includes physical activity as an important component of healthy aging and preservation of cognitive function. The obtained results have been discussed in regard to possible factors, which could have affected the results, such as practice effect, relatively short duration of BR and favourable psychosocial environment during the experiment.

---

## ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem tistim, ki so mi pomagali pri nastanku zaključne naloge:

hvala vodji projekta, prof. dr. Radu Pišotu, ki mi je omogočil pridobitev raziskovalnih podatkov;

hvala mentorici, doc. dr. Petri Dolenc, za mentorstvo, ker mi je s svojim zagonom vlivala motivacijo in predvsem, ker mi je bila vedno na voljo in mi tako zelo olajšala pisanje zaključne naloge;

hvala somentorici, mag. Vesni Jug, za hitre odgovore na moja vprašanja in

hvala Mojci Petrič, ki me je usmerila k izbiri teme zaključne naloge.

Zahvaljujem se vsem tistim, ki so mi pomagali, da sem do zaključka dodiplomskega študija sploh prišla:

v prvi vrsti hvala staršem za finančno in psihološko podporo ter zato ker mi še vedno predstavljajo poligon, kjer spoznavam, koliko še moram narediti v svoji osebni rasti;

hvala Tjaši in Lei, ki sta me s svojimi »ženskimi možgani« znali poslušati in sta razumeli, da nisem vedno iskala rešitev, temveč sem samo rada potarnala in

hvala Petru in Gregorju, ki sta mi s svojimi »moškimi možgani« ponujala nasvete, praktične rešitve in mi znala postaviti mejo.

---

## Kazalo vsebine

1	UVOD.....	1
1.1	Vpliv gibalne aktivnosti na človeški organizem.....	1
1.1.1	Učinki gibalne aktivnosti na fizično zdravje .....	1
1.1.2	Gibalna aktivnost in psihično zdravje .....	1
1.1.3	Učinki gibalne aktivnosti na kognitivno delovanje .....	2
1.2	Gibalna neaktivnost in zdravje .....	3
1.3	Učinki skrajne gibalne neaktivnosti na kognitivno delovanje .....	4
1.4	Namen dela .....	7
2	METODA.....	9
2.1	Vzorec .....	9
2.2	Pripomočki.....	9
2.3	Postopek.....	10
3	REZULTATI .....	11
4	INTERPRETACIJA .....	14
5	SKLEPI.....	16
6	LITERATURA IN VIRI.....	17

---

**Kazalo preglednic**

Tabela 3.01: <i>Rezultati udeležencev na podlestvicah testa RAVLT pred BR obdobjem (N=15)</i>	11
Tabela 3.02: <i>Rezultati udeležencev na podlestvicah testa RAVLT po BR obdobju (N=15)</i>	12
Tabela 3.03: <i>Razlike med rezultati na podlestvicah testa RAVLT pred in po BR pri skupini mlajših udeležencev (N=7)</i>	13
Tabela 3.04: <i>Razlike med rezultati na podlestvicah testa RAVLT pred in po BR pri skupini starejših udeležencev (N=8)</i>	13

## **1 UVOD**

### **1.1 Vpliv gibalne aktivnosti na človeški organizem**

#### **1.1.1 Učinki gibalne aktivnosti na fizično zdravje**

Raziskovanje pozitivnih učinkov, ki jih ima gibalna aktivnost na delovanje človeškega organizma, je v zadnjih letih deležno veliko pozornosti. Ugotovitve kažejo, da je telesna vadba pomemben varovalni dejavnik pred pojavom različnih kroničnih obolenj, kot so koronarna srčna bolezen, povišan krvni tlak, sladkorna bolezen, osteoporoza in različne vrste raka (Hillsdon in Thorogood, 1996; Powell in Blair, 1994; Vuori, 2010). V svojem preglednem članku pa Reiner, Niermann, Jekauc in Woll (2013) navajajo, da je redna gibalna aktivnost pomemben varovalni dejavnik pred pojavom debelosti in demence.

#### **1.1.2 Gibalna aktivnost in psihično zdravje**

Kljub temu da dokazi o recipročnem odnosu med vadbo in dobrim psihičnim počutjem niso prav številni (Scully, Kremer, Meade, Graham in Dudgeon, 1998), so različne študije potrdile vlogo gibalne aktivnosti pri ohranjanju mentalnega zdravja (Kim idr., 2012; Landers in Arent, 2007; Salmon, 2001). Redna gibalna aktivnost je pomembna pri vzdrževanju dobrega počutja tako pri splošni populaciji (Penedo in Dahn, 2005) kot tudi pri kliničnih populacijah, npr. pri depresivnih posameznikih (Martinsen, 1990). Martinsen (1990) v preglednem članku navaja, da je telesna vadba pozitivno vplivala na posameznike s klinično depresijo in da so bili tisti, ki so z vadbo nadaljevali, manj depresivni od tistih, ki so vadbo opustili. Prav tako so posamezniki tudi sami poročali o vadbi kot o pomembnem dejavniku pri njihovem zdravljenju (prav tam). V literaturi je najti dokaze o vplivu gibalne aktivnosti tudi na redukcijo anksioznih simptomov (Arent, Landers, Matt in Etner, 2005; Petruzzello, 1995), povečanje odpornosti na stres (Childs in de Wit, 2014) in oblikovanje pozitivne samopodobe (Ekeland, Heian, Hagen, Abbott in Nordheim, 2004). Nejasno pa ostaja, katera vrsta vadbe in kolikšne intenzitete je najbolj primerna za izboljšanje določene psihične bolezni (Scully idr., 1998).

### 1.1.3 Učinki gibalne aktivnosti na kognitivno delovanje

V sodobni literaturi se vse več raziskav usmerja v preučevanje povezanosti med gibalno aktivnostjo in izboljšanjem kognitivnega delovanja. Kognitivne funkcije lahko razumemo kot faze v procesiranju informacij, kot so zaznavanje, učenje, spomin, pozornost, razmišljanje in reševanje problemov. V ta koncept se pogosto vključujejo še psihomotorične funkcije, kot so na primer reakcijski časi (Suutuama in Ruoppila; 1998, po Antunes idr., 2006, Chodzko-Zajko in Moore, 1994).

Več študij je pokazalo na izboljšanje navedenih kognitivnih funkcij z gibalno aktivnostjo (Antunes idr., 2006; Rateý in Loehr, 2011). Sodobne epidemiološke študije potrjujejo koristne učinke redne telesne vadbe na pozornost, koncentracijo, delovni spomin, hitrost procesiranja informacij in sposobnost reševanja problemov (Etnier, Nowell, Landers in Sibley, 2006). Tudi ena sama serija vadbe, npr. 30 minut teka ali kolesarjenja, izboljša reakcijski čas in hitrost procesiranja informacij (Audriffren, Tomprowski in Zagrodnik, 2008; Joyce, Graydon, McMorris in Davranche, 2009). Kratkotrajna intenzivna vadba izboljša tudi načrtovanje, inhibicijo vedenja in delovni spomin (Kramer idr., 1999).

Gibalna aktivnost še posebej koristno vpliva na izvršilne funkcije (Colcombe in Kramer, 2003), ki so pomembne za načrtovanje in izvajanje k cilju usmerjenega vedenja (Jurado in Rosselli, 2007) in katere uravnava čelni možganski reženj. V slednjem se vršijo predvsem aktivnosti, kot so načrtovanje in presojanje, kontrola impulzov in delovni spomin (Hillman, Erickson in Kramer, 2008). Večina raziskav se osredotoča na preučevanje korelacij med povečano aerobno zmogljivostjo in izboljšanjem kognitivnih funkcij (Antunes idr., 2006; Rateý in Loehr, 2011). Aerobna vadba izboljša zlasti izvršilne funkcije s sedežem v čelnem možganskem režnju, ki so podvržene starostnim spremembam (Lipnicki, Gunga, Belavý in Falsenberg, 2009a). Nevroplastične spremembe v možganih poleg motoričnih predelov vključujejo tudi predele, ki uravnavajo emocije, kognicijo in učenje (Swain idr., 2012).

Kognitivne funkcije se zaradi izgube živčnega tkiva s staranjem slabšajo (Colcombe idr., 2003) z izjemo kristaliziranih sposobnosti (Kramer in Willis, 2002). Colcombe in sodelavci (2003) so ugotovili pomembno znižanje gostote živčnega tkiva v čelnem, senčnem in temenskem režnju s staranjem, do česar naj bi prišlo zaradi okrnjenih nevronskega popravljalnih mehanizmov. Zakaj natančno prihaja do kognitivnega upada s starostjo, še ni povsem znano (Antunes idr., 2006), najbolj verjetna razlaga pa se navezuje na s staranjem pogojeno poslabšanje kardiovaskularnih funkcij, kar vodi do manjše oksigenacije tkiva; to pa se kaže

tudi v kognitivnem upadu (Chodzko-Zajko, 1991, po Antunes idr., 2006). Redna telesna vadba pa lahko upočasni poslabšanje kardiovaskularnega sistema (Mazzeo idr., 1998).

Pozitivni učinki gibalne aktivnosti na kognitivno delovanje so pomembni za starejše odrasle, pri katerih lahko gibalna aktivnost pomaga zmanjšati s starostjo povezane izgube v kogniciji (Colcombe in Kramer, 2003). Gibalna aktivnost je torej pomembna komponenta zdravega staranja in ohranjanja kognitivnih funkcij (Colcombe idr., 2006; Larson idr., 2006). Boljša telesna pripravljenost pri starejših odraslih zmanjša izgubo volumna možganov v predelih, ki uravnavajo izvršilne funkcije (Colcombe idr., 2003; Colcombe idr., 2006). Raziskave kažejo, da imajo starejši odrasli z boljšo aerobno zmogljivostjo boljši prostorski spomin, kar se odraža v večjem volumnu hipokampusa (Erickson idr., 2009). Vendar pa so pozitivni učinki gibalne aktivnosti opazni tudi pri drugih starostnih skupinah: pri otrocih se kažejo v višjih rezultatih na testih inteligentnosti in v boljših učnih dosežkih (Sibley in Etnier, 2003), medtem ko so pri mlajših odraslih učinki gibalne aktivnosti vidni v večji kapaciteti delovnega spomina (Lambourne, 2006). Z gibalno aktivnostjo povezane koristi se nadaljujejo skozi celotno obdobje odraslosti (Colcombe in Kramer, 2003; Hillman, Erickson in Kramer, 2008, Smith idr., 2010).

Objavljene raziskave kažejo, da ima gibalna aktivnost v odraslosti pomemben učinek na kognicijo; kratkotrajna intenzivna vadba izboljša izvršilne funkcije in predstavlja varovalni dejavnik pred kognitivnim upadom kasneje v odraslosti (Rateý in Loehr, 2011). Čeprav posamezne raziskave pozitivnih učinkov gibalne aktivnosti na kognitivno delovanje ne potrjujejo (Hill, Storandt in Malley, 1993; Swoap, Norvell, Graves in Pollock, 1994), pa epidemiološke študije kažejo, da imajo zmerno gibalno aktivni posamezniki manj možnosti za pojav duševnih bolezni, kar nakazuje na pomen telesne vadbe tudi pri kognitivnem delovanju (Antunes idr., 2006).

## **1.2 Gibalna neaktivnost in zdravje**

Nezadostna gibalna aktivnost postaja v zahodnem svetu čedalje večji javnozdravstveni problem. Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) je gibalno neaktivnost razglasila kot četrti najpomembnejši dejavnik tveganja globalne smrtnosti, ki je odgovoren za 6% smrti v svetu (World Health Organization, 2010). Gibalna neaktivnost je namreč povezana s povečanjem telesne mase in debelostjo, ki sodita med glavne vzroke za pojav koronarnih bolezni in sladkorne bolezni tipa 2 (Vogel idr., 2009; Warburton, Nicol in Bredin, 2006). Omenjene bolezni je SZO razglasil kot najbolj resne bolezni Zahodnega sveta (World Health

Organization, 2011). Raziskave, ki se usmerjajo v preučevanje učinkov gibalne neaktivnosti na človeški organizem, kažejo, da gibalna neaktivnost poveča možnost obolenja za koronarnimi boleznimi, sladkorno boleznijo tipa 2 ter rakom na prsih in na kolonu (Lee idr., 2012). Tako ni presenetljivo, da se simptomi mnogih kroničnih bolezni izboljšajo z začetkom redne vadbe (Pedersen in Saltin, 2006). Roberts in Barnard (2005) ugotavljata, da lahko gibalna aktivnost v kombinaciji s primerno prehrano pri že obstoječih boleznih začne proces ozdravljenja.

### **1.3 Učinki skrajne gibalne neaktivnosti na kognitivno delovanje**

V literaturi je zaslediti pomanjkanje raziskav, ki bi preučevale kognitivno funkcioniranje pri izrazito omejenem obsegu gibalne aktivnosti, saj je zelo težko inducirati in spremljati dolgotrajno gibalno neaktivnost v vsakdanjem življenju (Dolenc in Pišot, 2011). Učinke, ki jih ima gibalna neaktivnost na kognitivno delovanje, lahko spremljamo s t.i. *bed rest* raziskavami, ki predvidevajo daljše mirovanje posameznika v ležečem položaju (Lipnicki in Gunga, 2009).

Tovrstne študije pogosto izvajajo raziskovalci vesoljske medicine, saj je vzpostavitev gibalne neaktivnosti s pomočjo *bed rest* (BR) modela dobra simulacija fizioloških pogojev breztežnosti med vesoljskimi poleti (Pavy-Le Traon, Heer, Narici, Rittweger in Vernikos, 2007). Tako BR model predstavlja alternativo vesoljskim raziskavam, ki preučujejo vpliv mikrogravitacije na človeka (Lipnicki idr., 2009a). Mikrogravitacija je primer ekstremnega okolja, ki ob daljši izpostavljenosti v človekovem organizmu sproži prilagoditvene spremembe (npr. v kardiovaskularnem sistemu) (Antonutto in di Prampero, 2003). Je sinonim za breztežnostno stanje, ki pa nakazuje, da gravitacijska sila ni povsem nična, temveč zelo majhna, kot je to tudi v vesoljskih plovilih (prav tam).

Pogoji daljšega mirovanja v vodoravni legi so pomemben model za preučevanje breztežnostnega stanja na človeka (Dolenc in Pišot, 2011), predvsem v primeru, ko izpostavimo posameznika mirovanju v ležečem položaju z naklonom glave približno 6 stopinj (angl. *head-down tilt bed rest - HDBR*). Slednji položaj naj bi omogočal najboljšo simulacijo fizioloških učinkov breztežnosti (Pavy-Le Traon idr., 2007). Več študij je pokazalo, da so fiziološke in psihološke spremembe, ki sledijo obdobju skrajne gibalne neaktivnosti v BR eksperimentih, podobne spremembam pri astronautih ob povratku z vesoljskih poletov (Krasnoff in Painter, 1999; Sato in Maeda, 2002).

Poleg tega, da tovrstni eksperimenti preučujejo fiziološke spremembe (kardiovaskularne, mišične, kostne, termoregulacijske) astronautov (Pavy-Le Traon idr., 2007), omogočajo tudi raziskovanje vpliva gibalne neaktivnosti na psihološko delovanje posameznika (Dolenc, Tušak, Dimec in Pišot, 2009).

Ekstremni okoljski pogoji, kot je mikrogravitacija, predstavljajo fiziološki izziv ne le za telo, temveč tudi za možgane (Lipnicki idr., 2009a). Daljše obdobje simulirane breztežnosti lahko povzroči spremembe v možganskem pretoku, kar posledično vpliva na možgansko delovanje (Montgomery in Gleason, 1992, po Dolenc in Petrič, 2013). Pogoji simulirane breztežnosti z uporabo BR modela so povezani s pomanjkanjem aerobne vadbe in s tem z nižanjem kardialnega tonusa vagusa (Hiranayagi idr., 2004), kar nakazuje na možnost okrnjenega delovanja izvršilnih kognitivnih funkcij. Spremembe v delovanju sprednjega čelnega režnja so namreč neposredno povezane s kardialnim tonusom vagusa (Gianaros, Van Der Veen in Jennings, 2004), ki se med BR obdobjem zniža (Hirayanagi idr., 2004).

Čeprav ni veliko raziskav, ki bi preučevale vpliv BR eksperimentov na kognitivno delovanje, so obstoječe precej nekonsistentne v svojih ugotovitvah (Lipnicki in Gunga, 2009). Rezultati nekaterih raziskav kažejo na pričakovano poslabšanje kognitivnih funkcij po BR obdobju. Tako je raziskava Edwardsa in sodelavcev (1981; po Lipnicki in Gunga, 2009) pokazala na poslabšanje rezultatov reakcijskih časov in prepoznavi simbolov po 7-dnevem neprekinjenem ležanju v vodoravni legi. Splošno poslabšanje kognitivnega delovanja pri udeležencih (pozornost, prostorsko dojetje in logični spomin) je pokazala tudi raziskava Ioselinianija in sodelavcev (1985), vendar le na 1. in 3. dan BR eksperimenta od skupno sedmih oziroma osmih dni neprekinjenega ležanja.

Lipnicki in sodelavci (2009a) so preučili učinek 60-dnevnega HDBR na izvršilne funkcije pri štiriindvajsetih moških z uporabo testa *Iowa Gambling Task*. Rezultati so pokazali poslabšanje izvršilnih funkcij, prav tako je bil reakcijski čas udeležencev po BR obdobju daljši (Lipnicki idr., 2009a). Da bi se izognili učinku učenja, so Lipnicki in sodelavci (2009b) zasnovali študijo, v kateri so udeleženci omenjeni test reševali bodisi pred BR obdobjem (N=13) ali na 51. dan od skupno 60 dni trajajoče raziskave (N=12). Rezultati na testu so bili med obema skupinama primerljivi, vendar so udeleženci kontrolne skupine med serijami spreminjali strategijo reševanja, udeleženci BR raziskave pa ne. To lahko nakazuje na poslabšanje izvršilnih funkcij med obdobjem skrajne gibalne neaktivnosti (Lipnicki idr., 2009b). Okrnjeno delovanje izvršilnih funkcij po BR obdobju se je pokazalo tudi pri raziskavi avtorjev Liu, Zhou, Chen in Tan (2012), ki so za preučevanje učinkov 45-dnevnega HDBR na kognitivne funkcije pri šestnajstih mladih udeležencih uporabili pripomoček *Emotional flanker task*. Chen

in sodelavci (2013) so preučevali učinek 45-dnevnega HBDR na prospektivni spomin pri šestnajstih moških udeležencih, ki so bili testirani pred, med in po obdobju neprekinjenega ležanja. Rezultati raziskave so pokazali na okrnjen prospektivni spomin po BR obdobju (Chen idr., 2013). Nekatere raziskave so pokazale tudi na okrnjeno delovanje vsaj enega od preučevanih vidikov kognicije, ne pa vseh (Zubek idr., 1962; Asyamolov, Panchenko, Karpusheva, Bondarenko in Vorob'ev, 1986; Ryback, Lewis in Lessard, 1971).

Shehab in sodelavci (1998) so preučevali učinek 17-dnevnega HBDR na kognitivno delovanje pri osmih moških udeležencih z aplikacijo *NASA Performance Assessment Workstation* testne baterije, ki meri deljeno in nedeljeno pozornost, prostorske, matematične in spominske sposobnosti ter sposobnost sledenja objektu. Rezultati po BR obdobju niso pokazali statistično pomembnih razlik v primerjavi z rezultati pred BR. Tudi raziskava Ishizakija in sodelavcev (2009), ki je ugotavljala učinek 16-dnevnega HBDR pri dvanajstih mladih moških, ni pokazala pomembnih razlik med rezultati pred in po BR obdobju na štirih različnih nevropsiholoških testih. Raziskava Seaton in sodelavcev (2009) po kar 90-dnevnem BR obdobju prav tako ni pokazala kognitivnega poslabšanja. Tudi nekatere raziskave, izvedene v vodoravni legi brez naklona glave, niso pokazale razlike v kognitivnem delovanju pred in po BR obdobju (Storm in Giannetta, 1974; Trimble in Lessard, 1970, po Lipnicki in Gunga, 2009). Rezultati novejše slovenske raziskave, ki so bili pridobljeni z baterijo različnih nevropsiholoških testov, v splošnem niso pokazali pomembnega kognitivnega upada po dvotedenskem BR obdobju (Dolenc in Petrič, 2013).

Nekatere študije so pokazale celo na izboljšanje kognitivnega delovanja med BR eksperimenti. Raziskava A. Pavy-Le Traon in sodelavcev (1994) je analizirala učinek 28-dnevnega HBDR na pozornost, kratkoročni spomin, prostorsko reprezentacijo in slovnično razumevanje pri moških udeležencih. Večina kognitivnih funkcij je ostala nespremenjena, kratkoročni spomin in zaznavna pozornost pa sta se izboljšala. Podobne rezultate je pokazala tudi raziskava DeRoshia in Greenleafa (1993), ki sta preučevala kognitivne funkcije med 30-dnevnim obdobjem HBDR pri osemnajstih mladih moških. Slednji so reševali baterijo kognitivnih testov, ki so se nanašali na vizualno-prostorsko sposobnost, kratkoročni spomin, besedno razumevanje in reakcijski čas. Do izboljšanja je prišlo pri vseh naštetih vidikih kognicije, razen pri reakcijskem času, kjer je prišlo do blagega poslabšanja oz. podaljšanja reakcijskega časa (DeRoshia in Greenleaf, 1993).

Rezultati kažejo, da je med BR eksperimenti prišlo bodisi do izboljšanja kratkoročnega spomina (Pavy-Le Traon idr., 1994; DeRoshia in Greenleaf, 1993) ali pa je le-ta ostal nespremenjen (Ryback idr., 1971; Seaton idr., 2007).

Na podlagi omenjenih izsledkov lahko ugotovimo, da so rezultati BR eksperimentov na področju preučevanja kognitivnega delovanja precej nekonsistentni in variirajo od poslabšanja kognitivnih funkcij do njihovega izboljšanja (Lipnicki in Gunga, 2009). Kot v preglednem članku ugotavljata Lipnicki in Gunga (2009), so študije, dolge do 21 dni, pokazale bodisi poslabšanje kognitivnih funkcij po BR obdobju bodisi nespremenjene rezultate. Učinek dlje časa trajajočih BR eksperimentov (med 28 do 35 dni) pa je pokazal na poslabšanje ali izboljšanje rezultatov kognitivnih funkcij. Prav tako so se vsi možni izidi (izboljšanje, poslabšanje ali nespremenjene kognitivne funkcije) pojavili tako pri BR eksperimentu v vodoravnem položaju kot tudi pri HDBR eksperimentu (prav tam). To lahko vsaj delno pripišemo metodološkim razlikam med posameznimi raziskavami: nekonsistentnost v izboru kognitivnih testov, različno trajanje BR raziskav in učinek učenja (prav tam). Podrobneje Strangman (2010) ugotavlja, da je bila predhodna izpostavitve testnim materialom med različnimi študijami zelo variabilna, da so na mnoge študije vplivali učinki učenja in/ali neuporaba kontrolne skupine in da je bilo testiranje izvršilnih vidikov kognicije slabo zastopano (Strangman, 2010). Kljub neskladnosti rezultatov pa študije dosledno kažejo na povezanost med izboljšanjem kognitivnega delovanja in daljšim trajanjem BR raziskav, kar pa je najbrž posledica večkratne izpostavitve testnim nalogam (Lipnicki in Gunga, 2009).

## 1.4 Namen dela

S pričujočim delom želimo ugotoviti, ali obstaja povezanost med skrajno gibalno neaktivnostjo in kognitivnim delovanjem na področju spomina pri zdravih odraslih moških. Rezultati raziskave bodo pokazali učinke dolgotrajne gibalne neaktivnosti na kognitivno delovanje, natančneje spominske funkcije, kar se zdi še posebej pomembno, saj postaja gibalna neaktivnost v sodobnem času čedalje večji javno-zdravstveni problem. Ker izsledki številnih raziskav kažejo, da se s starostjo kognitivne zmožnosti na splošno zmanjšajo (Colcombe idr., 2003), bomo primerjali spominske sposobnosti po obdobju skrajne gibalne neaktivnosti med skupinama mlajših in starejših odraslih moških udeležencev.

Medtem ko se večina raziskav osredotoča na pomen gibalne aktivnosti za zdravo in funkcionalno kognitivno delovanje, pa bodo rezultati te raziskave omogočili osvetliti, kakšen vpliv na kognitivno delovanje ima izostanek gibalne aktivnosti.

Podatki so bili pridobljeni v sklopu raziskave Bed Rest Valdoltra 2012 – Učinki simulirane breztežnosti na človekov organizem, ki je bil del širšega raziskovalnega projekta PANGeA: *Telesna aktivnost in prehrana za kakovostno staranje*, ki je potekal v okviru Programa

čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev. Projekt pod vodstvom prof. dr. Rada Pišota izvaja UP ZRS Inštitut za kineziološke raziskave v sodelovanju z drugimi slovenskimi in italijanskimi partnerji. Avtorica je kot prostovoljka sodelovala pri izvajanju nevropsihološkega testiranja, katerega del je bil tudi Reyev test besednega učenja (RAVLT).

## 2 METODA

### 2.1 Vzorec

Udeleženci so bili prostovoljci moškega spola med 19. in 65. letom, ki so sodelovali v raziskavi Bed Rest Valdoltra 2012. Predhodno so podali pisno soglasje k sodelovanju v raziskavi, seznanjeni so bili z nameni in cilji raziskave ter organizacijo in postopki meritev. Vseh udeležencev raziskave je bilo triindvajset, glede na starost razdeljenih v dve skupini: prva je vključevala sedem mlajših odraslih oseb (19-28 let;  $M = 23,1$ ;  $SD = 2,9$ ), druga pa šestnajst starejših odraslih (53-65 let;  $M = 59,6$ ;  $SD = 3,4$ ). Ker nas je v našem primeru zanimal zgolj učinek skrajne gibalne neaktivnosti, ne pa tudi vpliv kognitivnega treninga, katerega so bili deležni nekateri udeleženci, smo za namene naše študije vključili le 15 oseb: skupino mlajših odraslih (kot je opisana zgoraj) in del skupine starejših odraslih ( $N = 8$ ; 56-65 let;  $M = 59,9$ ;  $SD = 3,3$ ). Sodelujoči v raziskavi so bili zdravi, nekadilci in v času izvajanja meritev niso prejeli nobenih zdravil. S poglobljenim zdravniškim pregledom je bila potrjena odsotnost skeletno-mišičnih in srčno-žilnih obolenj, preko intervjuja pa se je preverilo fizično in psiho-socialno stanje udeležencev ter odsotnost psihiatričnih motenj. Po končani raziskavi so udeleženci prejeli finančno nagrado. Celotna raziskava je bila odobrena s strani Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko.

### 2.2 Pripomočki

Za namene raziskave je bil uporabljen Reyev test besednega učenja (Rey's Auditory Verbal Learning Test – RAVLT; Strauss, Sherman in Spreen, 2006; Van der Elst, Van Boxtel, Van Breukelen in Jolles, 2005), ki je nevropsihološki instrument, namenjen ocenjevanju verbalnega spomina in učenja. RAVLT je bil za potrebe raziskave v slovenščino preveden iz angleščine. RAVLT je sestavljen iz petnajstih med seboj nepovezanih besed (seznam A), ki jih udeleženec posluša, in sicer eno besedo na sekundo. Nato se poskuša spomniti in ponoviti čim več teh besed, in sicer v kateremkoli vrstnem redu. Seznam A udeleženec posluša še štirikrat in po vsaki učni seriji poskuša ponoviti čim več besed. Temu sledi poslušanje petnajstih novih besed s seznama B, ki se jih poskuša udeleženec prav tako spomniti in ponoviti. Takoj zatem sledi ponovni priklic besed s seznama A, s čimer se preverja dovzetnost za interferenco. Po tridesetminutnem zamiku sledi še preverjanje odloženega priklica, pri katerem udeleženec brez predhodnega ponovnega poslušanja poskuša ponoviti čim več besed s seznama A. Nazadnje sledi še naloga prepoznavanja besed, pri kateri prosimo udeleženca, da med tridesetimi zapisanimi besedami (A in B seznam) prepozna vse tiste s seznama A.

V raziskavi smo kot odvisne spremenljivke uporabili skupno število zapomnjenih besed po petih učnih serijah – seznam A (skupni takojšnji priklic), število zapomnjenih besed z novega B seznama (novo učenje), število zapomnjenih besed s seznama A po interferenci (dovzetnost za interferenco), število zapomnjenih besed s seznama A po 30 minutnem intervalu (odloženi priklic) in število prepoznanih besed s seznama A po 30 minutah (spomska prepoznavna).

## **2.3 Postopek**

Študija gibalne neaktivnosti je potekala avgusta in septembra 2012 v Ortopedski bolnišnici Valdoltra s ciljem analize adaptacij in sprememb človeškega organizma po 14-dnevnem nepretrganem ležanju (BR), ki ji je sledila izvedba intervencijskega programa pospešene rehabilitacije. Udeleženci so bili nastanjeni v klimatiziranih bolnišničnih sobah (trije ali štirje v sobi), dovoljeno jim je bilo medsebojno komuniciranje, branje, gledanje televizije, uporaba računalnika, sprejemanje obiskov in podobno, vendar pa so morali vse aktivnosti opravljati v strogem vodoravnem položaju. Sodelujočim je bila zagotovljena 24-urna medicinska oskrba in redno preverjanje zdravstvenega stanja. Za opravljanje osebne higiene so bili udeleženci prepeljani v kopalnico na posteljah. Dnevno so prejeli tri standardizirane obroke. V času BR eksperimenta so bili deležni različnih meritev in testiranj.

Nevropsihološka testiranja smo izvedli pred in po BR obdobju in ob koncu rehabilitacije. Test RAVLT je bil uporabljen v sklopu obsežnejše nevropsihološke testne baterije; udeleženci so bili testirani z omenjenim pripomočkom tri dni pred obdobjem 14-dnevnega neprekinjenega ležanja in takoj po njem. Test je bil izveden individualno, v sedečem položaju v jutranjem času. Sodelujočim smo zagotovili ustrezne pogoje testiranja.

### 3 REZULTATI

V nadaljevanju predstavljamo rezultate raziskave, ki si sledijo glede na predhodno predstavljena raziskovalna vprašanja. Maksimalno število točk, ki so jih udeleženci pri posamezni podlestvici testa RAVLT lahko dosegli, je bilo 15.

Najprej predstavljamo rezultate vseh udeležencev na nevropsihološkem testu RAVLT, ki so jih dosegli pred obdobjem neprekinjenega ležanja. Iz Tabele 3.01 so razvidne najmanjše (min) in največje (max) dosežene vrednosti pri posameznih podlestvicah testa RAVLT, aritmetične sredine (M) in standardni odkloni (SD).

Tabela 3.01 kaže, da so udeleženci pri vsaki novi seriji takojšnjega priklica dosegali vedno boljše rezultate, saj aritmetična sredina z vsako serijo narašča. Poleg tega se s ponavljanjem serij v splošnem povečujejo tudi minimalne in maksimalne vrednosti. Najslabše rezultate so udeleženci dosegli pri podlestvici novega učenja: aritmetična sredina je tu najnižja, razpon med minimalno in maksimalno vrednostjo je največji, poleg tega pa so udeleženci v primerjavi z drugimi podlestvicami ravno na tej dosegli najnižjo minimalno vrednost. Kot prikazuje Tabela 3.01, je standardni odklon največji pri nadaljnjih treh podlestvicah (učinek interference, odloženi priklic in prepoznavna), največjo razpršenost rezultatov pa je opaziti pri odloženem priklicu. Najbolje so se udeleženci odrezali pri prepoznavi, kjer je aritmetična sredina najvišja, minimalna vrednost pa v primerjavi z minimalnimi vrednostmi drugih podlestvic relativno visoka.

Tabela 3.01  
Rezultati udeležencev na podlestvicah testa RAVLT pred BR obdobjem (N=15)

	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Takojšnji priklic</b>				
1. serija	5	10	6,27	1,49
2. serija	6	13	8,67	1,80
3. serija	7	14	10,40	1,80
4. serija	7	13	11,00	1,77
5. serija	10	15	12,00	1,85
<b>Novo učenje</b>	3	11	5,53	2,00
<b>Učinek interference</b>	6	14	10,40	2,50
<b>Odloženi priklic</b>	5	14	10,33	2,92
<b>Prepoznavna</b>	8	15	13,33	2,26

Sledijo rezultati testa RAVLT, ki so jih udeleženci dosegli po obdobju neprekinjenega ležanja. Tabela 3.02 prikazuje najmanjše in največje dosežene vrednosti pri posameznih podlestvicah testa RAVLT, aritmetične sredine (M) in standardne odklone (SD).

Kot je prikazano v Tabeli 3.02, se rezultati, doseženi pri posameznih serijah takojšnjega priklica, v splošnem povečujejo, na kar kaže višanje aritmetične sredine. Najslabše rezultate so udeleženci dosegli na podlestvici novega učenja, kjer sta tako minimalna kot maksimalna vrednost najnižji, standardni odklon pa je v primerjavi s standardnimi odkloni drugih podlestvic relativno nizek. Rezultati so najbolj razpršeni pri učinku interference in odloženem priklicu, saj se gibljejo med relativno nizkim in maksimalnim številom točk. Najbolje so se udeleženci odrezali pri prepoznavi, kjer je razlika med minimalno in maksimalno vrednostjo najmanjša, aritmetična sredina pa najvišja.

Tabela 3.02  
 Rezultati udeležencev na podlestvicah testa RAVLT po BR obdobju (N=15)

	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Takojšnji priklic</b>				
1. serija	4	9	6,33	1,29
2. serija	6	13	8,73	1,94
3. serija	8	13	10,07	1,53
4. serija	7	15	11,47	2,33
5. serija	9	14	12,27	1,53
<b>Novo učenje</b>	2	8	5,93	1,39
<b>Učinek interference</b>	4	15	9,80	3,21
<b>Odloženi priklic</b>	4	15	9,27	3,26
<b>Prepoznavna</b>	11	15	13,33	1,90

Tabela 3.03 prikazuje aritmetične sredine (M) in standardne deviacije (SD) podlestvic testa RAVLT, ki jih je dosegla skupina mlajših udeležencev pred in po obdobju neprekinjenega ležanja. Najslabše rezultate so udeleženci dosegli pri podlestvici novega učenja, in sicer tako pred BR obdobjem kot tudi po njem. Najboljše rezultate pa so dosegli pri prepoznavi, tako pred in po eksperimentu.

Tabela 3.03

*Razlike med rezultati na podlestvica testu RAVLT pred in po BR pri skupini mlajših udeležencev (N=7)*

	Pred BR		Po BR		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
<b>Skupni takojšnji priklic</b>	10,57	1,12	10,69	1,32	-0,28	0,79
<b>Novo učenje</b>	6,43	2,23	6,29	1,11	0,15	0,89
<b>Učinek interference</b>	12,00	1,83	11,71	2,29	0,42	0,69
<b>Odloženi priklic</b>	12,43	2,23	11,71	2,36	1,51	0,18
<b>Prepoznavna</b>	14,57	0,77	14,00	1,15	1,33	0,23

Razlike med aritmetičnimi sredinami pred in po BR obdobju na posameznih podlestvica testu RAVLT smo izračunali na podlagi t-testa za odvisne vzorce. Kot je razvidno iz Tabele 3.03, primerjava rezultatov na nobeni podlestvici ni pokazala statistično pomembnih razlik ( $p > 0,05$ ).

Tabela 3.04 prikazuje aritmetične sredine (*M*) in standardne deviacije (*SD*) podlestvica testu RAVLT, ki jih je dosegla skupina starejših udeležencev pred in po obdobju daljšega neprekinjenega ležanja. Starejši udeleženci so se pri obeh merjenjih najbolje odrezali pri prepoznavi, najslabše pa pri podlestvici novega učenja.

Tabela 3.04

*Razlike med rezultati na podlestvica testu RAVLT pred in po BR pri skupini starejših udeležencev (N=8)*

	Pred BR		Po BR		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
<b>Skupni takojšnji priklic</b>	8,88	0,72	8,98	1,09	-3,12	0,76
<b>Novo učenje</b>	4,75	1,49	5,63	1,60	-1,26	0,25
<b>Učinek interference</b>	9,00	2,20	8,13	3,04	0,87	0,41
<b>Odloženi priklic</b>	8,50	2,14	7,13	2,30	2,31	0,05
<b>Prepoznavna</b>	12,25	2,60	12,75	1,58	-0,592	0,57

Iz Tabele 3.04 je razvidno, da je izračun t-testa za odvisne vzorce pokazal na statistično pomembno razliko pri podlestvici odloženega priklica, kjer je vrednost pomembno nižja po BR obdobju ( $t = 2,31$ ;  $p = 0,05$ ). Pri ostalih podlestvica nismo ugotovili statistično pomembnih razlik v spominskem delovanju po BR obdobju ( $p > 0,05$ ).

## 4 INTERPRETACIJA

Z namenom ugotavljanja učinka skrajne gibalne neaktivnosti v pogojih simulirane breztežnosti na spominske funkcije pri zdravih odraslih moških smo udeležence testirali s testom RAVLT in primerjali njihove rezultate pred in po obdobju 14-dnevnega neprekinjenega ležanja. Ker raziskave (Colcombe idr., 2003) potrjujejo, da s starostjo prihaja do sprememb v kognitivnem delovanju, so rezultati predstavljeni posebej za skupino mlajših in starejših udeležencev.

V splošnem lahko povzamemo, da pri skupini mlajših udeležencev ni prišlo do spremembe v merjenih spominskih funkcijah po obdobju skrajne gibalne neaktivnosti. Srednje vrednosti vseh podlestvic testa RAVLT z izjemo takojšnjega priklica so sicer nižje po BR obdobju, vendar razlike nikjer niso statistično pomembne. Pri skupini starejših udeležencev pa je prišlo do pomembnega upada pri odloženem priklicu, kar pomeni, da so imeli starejši udeleženci po obdobju daljšega neprekinjenega ležanja večje težave pri priklicu besed po določenem časovnem intervalu v primerjavi s pred-eksperimentalnim obdobjem.

Rezultati raziskave, ki v splošnem kažejo na stabilnost kognitivnega delovanja, so v skladu z izsledki predhodnih raziskav Shehaba in sodelavcev (1998) ter Ishizakija in sodelavcev (2009), ne potrjujejo pa izsledkov nekaterih drugih raziskav, ki so pokazale bodisi na poslabšanje (npr. Lipnicki idr., 2009a; Liu idr., 2012) ali pa na izboljšanje v kognitivnem delovanju po daljšem obdobju popolne gibalne neaktivnosti (npr. Pavy-Le Traon idr., 1994). Rezultati raziskave za obe skupini udeležencev kažejo, da 14-dnevni pogoji simulirane breztežnosti niso imeli učinka na kratkoročni spomin (takojšnji priklic), in so tako skladni z izsledki Rybacka in sodelavcev (1971) ter Seatona in sodelavcev (2007), ne potrjujejo pa izsledkov drugih raziskav (Pavy-Le Traon, 1994; DeRoshia in Greenleaf, 1993). Dobljeni rezultati se skladajo z ugotovitvijo Lipnickija in Gunge (2009), ki v preglednem članku navajata, da so BR raziskave s trajanjem do 21 dni pokazale bodisi na poslabšanje ali na stabilnost kognitivnega delovanja (Lipnicki in Gunga, 2009).

Pomembno se je zavedati, da je rezultate različnih BR eksperimentov težko primerjati med seboj, saj so raziskave preučevale različne vidike kognitivnega delovanja in uporabile različne merske pripomočke, predvsem pa so študije trajale različno dolgo (Lipnicki in Gunga, 2009). Večina eksperimentov je bila izvedenih v položaju z naklonom glave (npr. Lipnicki idr., 2009a; Pavy-Le Traon idr., 1994; Shehab idr., 1998), medtem ko je bil naš eksperiment izveden v vodoravnem položaju (angl. *horizontal bed rest*), kar otežuje primerjavo rezultatov. Poleg tega so bili udeleženci v naši raziskavi s testom RAVLT testirani v sedečem položaju.

Mikrogravitacija, simulirana z BR modelom, povzroča spremembe v kardiovaskularnem sistemu (Antonutto in di Prampero, 2003; Hiranayagi idr., 2004), kar vpliva na pretok krvi v možganih (Montgomery in Gleason, 1992, po Dolenc in Petrič, 2013). Višje možganske funkcije in izvršilne funkcije so za te spremembe še posebej dovzetne (Hiranayagi idr., 2004). Rezultati, ki kažejo na stabilno kognitivno delovanje po daljšem obdobju gibalne neaktivnosti nakazujejo, da so bile spremembe možganskega krvnega pretoka v naši raziskavi morda premajhne. To bi bila lahko posledica ležečega položaja brez naklona glave ali pa prekratkega trajanja eksperimenta.

Na rezultate raziskave je morda vplivalo tudi to, da so udeleženci med sabo lahko komunicirali (v sobi jih je bilo več) in sprejemali obiske, dovoljena jim je bila tudi uporaba različnih medijev (npr. časopis, televizija, internet). Njihovi socialni stiki tako niso bili okrnjeni, kar je omogočilo uporabo različnih vidikov kognicije, to pa je morda v določeni meri kompenziralo poslabšanje kognitivnih funkcij zaradi daljše izpostavljenosti skrajni gibalni neaktivnosti. Socialno in senzorno stimulatívno okolje kot možen varovalni dejavnik pred poslabšanjem kognitivnih funkcij med gibalno neaktivnostjo je bilo poudarjeno tudi v študiji P. Dolenc in sodelavcev (2009).

Pomembno je poudariti tudi dejstvo, da so se udeleženci v raziskavi zavedali, da bodo z uporabljenim merskim pripomočkom testirani tudi po obdobju neprekinjenega ležanja, zaradi česar obstaja možnost, da so si naloge ali način reševanja le-teh poskušali načrtno bolj zapomniti. Čeprav so bili v našem primeru udeleženci testirani le dvakrat (pred in po BR obdobju, ne pa tudi vmes), je bilo eksperimentalno obdobje relativno kratko, t.j. 14 dni, kar pomeni časovno ozek interval med obema aplikacijama merskega pripomočka. Učinek učenja bi tako lahko prekril učinke gibalne neaktivnosti na poslabšanje kognitivnega delovanja pri udeležencih.

Kljub splošni podobnosti v rezultatih pri obeh skupinah udeležencev, ki kažejo na stabilnost kognitivnega delovanja, pa so se med obema skupinama pokazale določene razlike. Skupina mlajših udeležencev je že v splošnem dosegala boljše rezultate na testu RAVLT v primerjavi s skupino starejših udeležencev, prav tako po obdobju daljše gibalne neaktivnosti pri njih ni prišlo do poslabšanja v kognitivnem delovanju. Pri starejših udeležencih pa so rezultati po BR obdobju pokazali slabši rezultat na področju odloženega priklica. Glede na ugotovitve lahko zaključimo, da ima dolgotrajna gibalna neaktivnost ali izrazito neaktivni življenjski slog dodatne negativne učinke na spominske funkcije pri starejših posameznikih. To nakazuje na velik pomen gibalne aktivnosti pri ohranjanju kognitivnih funkcij v starosti, ki je že sama po sebi faktor tveganja za poslabšanje kognitivnih sposobnosti (Colcombe idr., 2003).

## 5 SKLEPI

S pričujočo raziskavo smo želeli osvetliti odnos med izostankom gibalne aktivnosti in kognitivnim delovanjem na področju spomina pri mlajših in starejših moških udeležencih. Rezultati, ki so pokazali na oslABLJENO spominsko funkcijo pri starejših udeležencih po BR eksperimentu, kažejo na to, da je dolgotrajna gibalna neaktivnost lahko dodatni dejavnik tveganja za poslabšanje omenjene kognitivne funkcije pri starejših odraslih. To nakazuje na pomen gibalne aktivnosti kot komponente zdravega staranja in ohranjanja kognitivnega delovanja v starosti.

Udeleženci v naši raziskavi so bili seznanjeni s potekom in trajanjem raziskave in so bili zato drugače motivirani kot so tisti, ki so gibalni neaktivnosti podvrženi iz zdravstvenih razlogov. Kljub temu lahko zaključimo, da ima raziskovanje vpliva dolgotrajne gibalne neaktivnosti na kognicijo z uporabo modela simulirane breztežnosti potencialno uporabno vrednost pri promociji zdravega življenjskega sloga, ki vključuje gibanje, sploh pri starejših odraslih. Izsledki BR eksperimentov so lahko pomembni za razumevanje vpliva gibalne neaktivnosti na kognitivno delovanje pri posameznikih, podvrženih operativnim posegom, ki zahtevajo dolgotrajno okrevanje, v primerih zdravstvenih indikacij, ki zahtevajo ležanje in pri življenjskem slogu, kjer prevladuje skrajna gibalna neaktivnost (Dolenc idr., 2009).

Doprinos naše raziskave v okviru projekta Bed Rest Valdoltra 2012 je bila vključitev starejših udeležencev, saj večina BR študij vključuje mlajše odrasle. Medtem ko večina tovrstnih študij preučuje vpliv simulirane breztežnosti na fiziološke spremembe organizma, pa naša raziskava predstavlja majhen, a pomemben prispevek k uporabi BR modela za preučevanje učinkov dolgotrajne gibalne neaktivnosti na kognitivno delovanje odraslih posameznikov.

Z metodološkega vidika se zdi v nadaljnjih raziskavah smiselno odpraviti potencialni učinek učenja, na primer z uvedbo kontrolne skupine. Ker so spremembam zaradi gibalne neaktivnosti še posebej podvržene izvršilne kognitivne funkcije (Colcombe in Kramer, 2003), se zdi v nadaljevanju še posebej smiselno preučiti odnos med izvršilnimi funkcijami in dolgotrajno gibalno neaktivnostjo. Koristno bi bilo tudi merjenje kardialnega tonusa vagusa med BR raziskavo in ugotoviti povezanost teh sprememb s spremembami v kogniciji.

## 6 LITERATURA IN VIRI

- Antonutto, G. in di Prampero, P.E. (2003). Cardiovascular deconditioning in microgravity: some possible countermeasures. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 283-291.
- Antunes, H.K.M., Santos, R.F., Cassilhas, R., Santos, R.V.T., Bueno, O.F.A. in Tulio de Mello, M. (2006). Rewieving on physical exercise and the cognitive function. *Brazilian Journal of Sporting Medicine*, 12(2), 97-103.
- Asyamolov, B. F., Panchenko, V. S., Karpusheva, V. A., Bondarenko, R. A. in Vorob'ev, O. A. (1986). Some human reactions during seven-day antiorthostatic hypokinesia. *Space Biology and Aerospace Medicine*, 20(1), 29-32.
- Audiffren, M., Tomprowski, P.D. in Zagrodnik, J. (2008). Acute aerobic exercise and information processing: energizing motor processes during a choice reactin time task. *Acta psychologica (Amsterdam)*, 129(3), 304-311.
- Chen, S., Zhou, R., Xiu, L., Chen, S., Chen, X. in Tan, C. (2013). Effects of 45-day -6° head-down bed rest on the time-based prospective memory. *Acta Astronautica*, 84, 81-87.
- Childs, E. in de Wit, H. (2014). Regular exercise is associated with emotional resilience to acute stress in healthy adults. *Frontiers in Physiology*, 5, pridobljeno 27.7.2014 na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4013452/>
- Colcombe, S. in Kramer, A.F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125-130.
- Colcombe, S.J., Erickson, K.I., Raz, N., Webb, A.G., Cohen, N.J., McAuley, E. in Kramer, A.F. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), 176-180.
- Colcombe, S.J., Erickson, K.I., Scalf, P.E., Kim, J.S., Prakash, R., McAuley, E. idr. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 61A(11), 1166-1170.
- DeRoshia, C. W. in Greenleaf, J. E. (1993). Performance and mood state parameters during 30-day 6 degrees head-down bed rest with exercise training. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 64, 522-527.
- Dolenc, P., Tušak, M., Dimec, T. in Pišot, R. (2009). Psihološki učinki skrajne gibalne neaktivnosti v pogojih simulirane breztežnosti. *Psihološka obzorja*, 18(1), 49-61.
- Dolenc, P. in Pišot, R. (2011). Effects of long-term physical inactivity on depressive symptoms, anxiety, and coping behaviour of young participants. *Kinesiology*, 43, 178-184.

- Dolenc, P. in Petrič, M. (2013). The effect of prolonged physical inactivity induced by bed rest on cognitive functioning in healthy male participants. *Annales Kinesiologiae*, 4(2), 129-143.
- Ekeland, E., Heian, F., Hagen, K.B., Abbot, J. in Nordheim, L. (2004). Exercise to improve self-esteem in children and young people. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2004(1). doi: 10.1002/14651858.CD003683.pub2
- Erickson, K.I., Prakash, R.S., Voss, M.W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K.S. idr. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19, 1030-1039.
- Etnier, J.L., Nowell, P.M., Landers, D.M. in Sibley, B.A. (2006). A mega-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Review*, 52, 119-130.
- Gianaros, P.J., Van Der Veen, F.M. in Jennings, J.R. (2004). Regional cerebral blood flow correlates with heart period and high-frequency heart period variability during working-memory tasks: Implications for the cortical and subcortical regulation of cardiac autonomic activity. *Psychophysiology*, 41, 521-530.
- Hill, R.D., Storandt, M. in Malley, M. (1993). The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *Journal of Gerontology*, 48(1), 12-17.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I. in Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 58-65.
- Hillsdon, M. in Thorogood, M. (1996). A systematic review of physical activity promotion strategies. *Britain Journal of Sports Medicine*, 3, 84-90.
- Hirayanagi, K., Iwase, S., Kamiya, A., Sasaki, T., Mano, T. in Yajima, K. (2004). Functional changes in autonomic nervous system and baroreceptor reflex induced by 14 days of 6 degrees head-down bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 160-167.
- Ioseliani, K.K., Narinskaia, A.L. in Khisambeev Sh, R. (1985). [Psychological adaptation and work capacity during stimulated weightlessness]. *Kosmcheskaia biologii i aviakosmicheskaia meditsina*, 19, 19-24.
- Ishizaki, Y., Fukuoka, H., Tanaka, H., Ishizaki, T., Fujii, Y, Hattori-Uchida, Y. idr. (2009). Executive function on the 16-day of bed rest in young healthy men. *Acta Astronautica*, 64(9/10), 864-868.
- Joyce, J., Graydon, J., McMorris, T. in Davranche, K. (2009). The time course effect of moderate intensity exercise on response execution and response inhibition. *Brain and Cognition*, 71, 14-19.

- Jurado, M.B. in Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213-233.
- Kim, Y.S., Park, Y.S., Allegrante, J.P., Marks, R., Ok, H., Ok Cho, K. in Garber, C.E. (2012). Relationship between physical activity and general mental health. *Preventive Medicine*, 55(5), 458-463.
- Kramer, A.F., Hahn, S., Cohen, N.J., Banich, M.T., McAuley, E., Harrison idr. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400, 418-419.
- Kramer, A.F. in Willis, S.L. (2002). Enchancing the cognitive vitality of older adults. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 173-177.
- Krasnoff, J. in Painter, P. (1999). The physiological consequences of bed rest and inactivity. *Advances in Renal Replacement Therapy*, 6, 124-132.
- Lambourne, K. (2006). The relationship between working memory capacity and physical activity rates in yung adults. *Journal of Sport Science and Medicine*, 5, 149-153.
- Landers, D.M. in Arent, S.M. (2007). Physical activity and mental health. V G. Tenenbaum in C. Ecklund (ur.), *The Handbook of Sport Psychology* (str. 469-491). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Larson, E.B., Wang, L., Bowen, J.D., McCormick, W.C., Teri, L. in Crane, P. in Kukull, W. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine*, 14(2), 73-81.
- Lee, I.M., Shiroma, E.J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S.N., Katzmarzyk, P.T. idr. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*, 380(9838), 219-229.
- Lipnicki, D.M. in Gunga, H.C. (2009). Physical inactivity and cognitive functioning: results from bed rest studies. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 27-35.
- Lipnicki, D.M., Gunga, H.C., Belavý, D.L. in Felsenberg, D. (2009a). Bed rest and cognition: effects on executive functioning and reaction time. *Aviation, Space, and Enviromental medicine*, 80(12), 1018-1024.
- Lipnicki, D.M., Gunga, H.C., Belavý, D.L. in Felsenberg, D. (2009b). Decision making after 50 days of simulated weightlessness. *Brain Research*, 1280, 84-89.
- Liu, Q., Zhou, R., Chen, S. in Tan, C. (2012). Effects of Head-Down Bed Rest on the Executive Functions and Emotional Response. *PLoS ONE* 7(12), e52160.
- Martinsen, E.W. (1990). Benefits of exercise for the treatment for depression. *Sports Medicine*, 9, 380-389.

- Mazzeo, R.S., Cavanagh, P., Evans, W.J., Fiatarone, M., Hagberg, J., Mcauley, E. in Startzell, J. (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 992-1008.
- Pavy-Le Traon, A., Rous de Feneyrols, A., Cornac, A., Abdeseelam, R., N'uygen, D., Lazerges, M. idr. (1994). Psychomotor performance during a 28-day head-down tilt with and without lower body negative pressure. *Acta Astronautica*, 32(4), 319-330.
- Pavy-Le Traon, A., Heer, M., Narici, M.V., Rittweger, J. in Vernikos, J. (2007). From space to Earth: advances in human physiology from 20 years of bed rest studies (1986-2006). *European Journal of Applied Physiology*, 101, 143-194.
- Pedersen, B.K. in Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(1), 3-63.
- Penedo, F.J. in Dahn, J.R. (2005). Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current Opinion in Psychiatry*, 18, 189-193.
- Petruzzello, S.J. (1995). Anxiety reduction following exercise: methodological artifactor "real" phenomenon? *Journal of Sports and Exercise Psychology*, 17, 105-111.
- Powell, K.E. in Blair, S.N. (1994). The public health burdens of sedentary living habits: theoretical but realistic estimates. *Medical Science Sports Exercise*, 26(7), 851-856.
- Rateý, J.J. in Loehr, J.E. (2011). The positive impact of physical activity on cognition during adulthood: A review of underlying mechanisms, evidence and recommendations. *Reviews in Neuroscience*, 22(2), 171-185.
- Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D. in Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity – a systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 13(813), pridobljeno 5.5.2014 na <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/13/813>
- Roberts, C.K. in Barnard, R.J. (2005). Effects of exercise and diet on chronic disease. *Journal of Applied Physiology*, 98, 3-30.
- Ryback, R. S., Lewis, O. F. in Lessard, C. S. (1971). Psychobiologic effects of prolonged bed rest (weightlessness) in young healthy volunteers (Study II). *Aerospace Medicine*, 42, 529-535.
- Salmon, P. (2001). Effects of physical exercise on anxiety, depression and sensitivity to stress: A unifying theory. *Clinical Psychology Review*, 21, 33-61.
- Sato, R. in Maeda, J. (2002). Changes in the sleep during prolonged bed rest in healthy young men. *Journal of Oita Nursing and Health Sciences*, 3, 29-32.

- Scully, D., Kremer, J., Meade, M.M., Graham R. in Dudgeon, K (1998). Physical exercise and psychological well being: a critical review. *Britain Journal of Sports Medicine*, 32, 111-120.
- Seaton, K. A., Slack, K. J., Sipes, W. A. in Bowie, K. E. (2007). Artificial gravity as a multi-system countermeasure: effects on cognitive function. *Journal Of Gravitational Physiology: A Journal Of The International Society For Gravitational Physiology*, 14(1), 27-30.
- Seaton, K. A., Slack, K. J., Sipes, W. A. in Bowie, K. E. (2009). Cognitive functioning in long-duration head-down bed rest. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 80(5), A62–65.
- Sibley, B.A. in Etnier, J.L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15, 243-256.
- Shehab, R. L., Schlegel, R. E., Schiflett, S. G. in Eddy, D. R. (1998). The NASA Performance Assessment Workstation: cognitive performance during head-down bed rest. *Acta Astronautica*, 43, 223-233.
- Smith, P.J., Blumenthal, J.A., Hoffman, B.M., Cooper, H., Strauman, T.A., Welsh-Bohmer, K. idr. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, 72, 239-252.
- Storm, W.F. in Giannetta, C.L. (1974). Effects of hypercapnia and bedrest on psychomotor performance. *Aerospace Medicine*, 45, 431-433.
- Strangman, G. (2010). Human cognition and long duration spaceflight. V J.A. Cartreine (ur.), *Risks for Future Depression in Astronauts: A Narrative Review of the Literature*. Boston: Behavioral Media Resources.
- Strauss, E., Sherman, E.M.S. in Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological test: Administration, norms and commentary* (3rd ed.). USA: Oxford University Press.
- Swain, R.A., Berggren, K.L., Kerr, A.L., Patel, A., Peplinski, C. in Sikorski, A.M. (2012). On aerobic exercise and behavioral and neural plasticity. *Brain Sciences*, 2, 709-744.
- Swoap, R., Norvell, N., Graves, J. in Pollock, M. (1994). High versus moderate intensity aerobic exercise in older adults: psychological and physiological effects. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2, 293-303.
- Van der Elst, W., Van Boxtel, M. P. J., Van Breukelen, G. J. P. in Jolles, J. (2005). Rey's Verbal Learning Test: Normative data for 1,855 healthy participants aged 24-81 years and the influence of age, sex, education, and mode of presentation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 290-302.

- Vogel T., Brechat P.H., Leprâtre P.M., Kaltenbach G., Berthel M. in Lonsdorfer J. (2009). Health benefits of physical activity in older patients: a review. *The International Journal of Clinical Practise*, 63, 303-320.
- Vuori, I. (2010). Physical activity and cardiovascular disease prevention in Europe: An update. *Kinesiology*, 42, 5-15.
- Warburton D.E., Nicol C.W in Bredin S.S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174, 801-809.
- World Health Organisation (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. Geneva: WHO Press.
- Zubek, J.P., Aftanas, M., Hasek, J., Sansom, W., Schludermann, E., Wilgosh, L. in Winocur, G. (1962). Intellectual and perceptual changes during prolonged perceptual deprivation: low illumination and noise level. *Perceptual and Motor Skills*, 15, 171-198.