UNIVERZITET U BEOGRADU
FILOZOFSKI FAKULTET
ODELJENJE ZA PSIHOLOGIJU

ANIZOTROPIJA OPAŽENE DALJINE I MULTISENZORNA INTEGRACIJA U PERIPERSONALNOM PROSTORU

- Obrazloženje predloga teme doktorske disertacije -

Kandidat:
Tijana Todić Jakšić
PS4 002/13

Mentor:
Doc. dr Oliver Tošković

Beograd, novembar 2019.

ANIZOTROPIJA OPAŽENE DALJINE I MULTISENZORNA INTEGRACIJA U PERIPERSONALNOM PROSTORU

1. Uvod

Čovekova svakodnevica je ispunjena brojnim motornim aktivnostima među kojima su najčešće one koju su usmerene na manipulaciju objektima u ličnom prostoru. Ove akcije se uvežbavaju od detinjstva i najčešće bivaju vođene čulom vida. Međutim, postavljalo se pitanje doprinosa informacija iz preostalih čula u procesu sprovođenja motornih aktivnosti. Dosadašnja istraživanja su pokazala da vizuelne informacije mogu da budu i uglavnom jesu, upotpunjene proprioceptivnim, kinestetičkim, vestibularnim informacijama prilikom sprovođenja motornih aktivnosti usmerenih na hvatanje objekta ili prilikom procene daljine na kojoj se nalazi objekat sa namerom da se posegne za njim.

Iako su brojna ispitivanja vršena iz oblasti multisenzorne integracije informacija prilikom sprovođenja akcije hvatanja ili procene daljine objekta, istraživači se nisu tako predano bavili i pitanjem šta se dešava kada neka od inače dostupnih informacija izostane? Da li iznenadno i kratkotrajno depriviranje prijema pojedinih informacija izaziva oslanjanje na ostale dostupne informacije podjednako, da li se nekoj u odnosu na ostale daje prednost, ili se koristi samo jedna od informacija koja pruža najpouzdanije podatke? Takođe, da li se trajni gubitak funkcije nekog prijemnika informacija može u potpunosti kompenzovati korišćenjem preostalih dostupnih informacija prilikom procene daljine objekta nad kojim se želi izvršiti neka aktivnost? Da li neka informacija preuzima prednost u procesu procene udaljenosti objekta prilikom procesa hvatanja?

U nastavku će biti prikazani rezultati istraživanja koji će ukazati na doprinos pojedinačnih faktora, ali i njihovog združenog doprinosa prilikom procene daljine objekta u fazi planiranja pokreta (procena daljine objekta) ili u fazi izvođenja motorne radnje usmerene na dohvatanje objekta.

1.1. Multisenzorni pristup proučavanju procene daljine

Doprinos multisenzornih informacija pri proceni daljine ka horizontu (pravo ispred ispitanika - fizička horizontala) i ka zenitu (iznad glave ispitanika - fizička vertikala) se ispituje u seriji eksperimenata u kojima se pokazuje jasna tendencija ispitanika da daljine ka zenitu procenjuju kao duže od fizički istih udaljenosti ka horizontu (Tošković, 2004; Tošković, 2009). Može se reći da iako su vizuelne informacije prisutne prilikom procene daljine, uloga vestibularnih (promena položaja tela prilikom procene stajanje/ležanje) i proprioceptivnih informacija iz mišića vrata (pomeranje glave ka horizontu i ka zenitu) je važna u kreiranju subjektivnog vizuelnog prostora. Tačnije, interakcija ovih informacija je takva da ona nekada pojačava, a nekada smanjuje razlike u opaženoj daljini objekta ka zenitu u odnosu na horizont. Ovaj fenomen postojanja razlika u opaženoj daljini fizički istih udaljenosti na horizontalnom i vertikalnom pravcu je nazvan *anizotropija opažene daljine* (Tošković, 2004). Pretpostavka je da iako prilikom procene daljine objekta vizuelne informacije imaju dominantnu ulogu, integracija sa proprioceptivnim i vestibularnim informacijama ima važnu svrhu, prilagođavanja opažene daljine količini fizičkog napora potrebnog za izvođenje potencijalnog pokreta posezanja za objektom. Imajući u vidu da bi se potencijalni pokret usmeren ka objektu na vertikalnom pravcu (ka zenitu) izvodio suprotno dejstvu sile gravitacije, ispitanik procenjuje da je objekat udaljeniji od njega jer treba uložiti više fizičkog napora za njegovo dohvatanje nego za dohvatanje objekta na fizički istoj udaljenosti na horizonatalnom pravcu.

Treba pomenuti da je većina istraživanja orijentisana na ispitivanje uloge informacija iz više čula prilikom procene pravca ili daljine objekta u udaljenom prostoru van dometa ruku ispitanika tj. ekstrapersonalnom prostoru. Međutim, šta se dešava sa procenom daljine i pravca u ličnom prostoru svake individue? Prvi put se prostor nazvan zona bega (flight zone) pominje 1955. godine kada je Hediger primetio da u Ciriškom ZOO Vrtu životinje dozvoljavaju predatoru ili suparniku da im priđe na određeno odstojanje pre nego reaguju. Kasnije je uočeno da i ljudi imaju ovakav prostor koji nazivaju svojom sigurnom zonom tj. peripersonalnim prostorom (PPP) (Graziano & Cooke, 2006). To je prostor koji je neposredno uz i okolo tela osobe i neprestano se prilagođava promenama u okruženju koje nastaju kretanjem osobe. Istraživanja su pokazala da neuralnu osnovu PPP čini fronto-parijetalna kortikalna mreža koja dobija informacije iz multisenzornih neurona koji reaguju na somatosenzorne stimulacije šake, lica ili trupa kao i na

auditivne i vizuelne stimulacije koje se javljaju ne preblizu, ali ni predaleko od ovih delova tela (Blanke, Slater & Serino, 2015). Karakteristika ovih multisenzornih neurona je to što su centrirani na telo (trup) osobe čak iako se udovi pomeraju (Graziano & Cooke, 2006). Dodatna istraživanja su pokazala da je granica PPP oko glave približno 25cm i da se može izdužiti i do 42 cm. Dakle, može se reći da se PPP može remapirati tj. najčešće uvećati, kao posledica dejstva više različitih faktora, a sve sa namerom sprovođenja akcija usmerenih na cilj (goal-directed actions) (Pfeiffer, Noel, Serino & Blanke, 2018).

1.2. Doprinos vizuelnih informacija proceni daljine objekta

Istraživanja ukazuju da postoje dva neuralna puta obrade vizuelnih informacija. Informacije vezane za osobine objekta obrađuju se na takozvanom ventralnom putu, dok se informacije vezane za lokalizaciju objekta u prostoru obrađuju na dorzalnom putu (Ungerleider & Mishkin, 1982).

U okviru istraživanja obrade vizuelnih informacija na dorzalnom putu, uočene su dve vrste neurona koje su vezane za pokrete očiju (eye movement-related neurons). Jednu vrstu čine neuroni vizuelne fiksacije (visual-fixation neurons) koji su aktivirani prilikom fiksacije statičnih objekata i pronađeni su na široj površini zone 7a (Sakata, Shibutani & Kawano, 1980). Neuroni vizuelnog praćenja (visual-tracking neurons) su druga vrsta neurona koji se aktiviraju prilikom praćenja objekata u pokretu (Sakata, Shibutani & Kawano, 1983). Neuroni vizuelne fiksacije se dele na one kojima se registruje daljina, zatim pozicija fiksacione tačke i na kraju pravac pogleda (Sakata, Shibutani & Kawano, 1980; Sakata, Shibutani, Kawano, & Harrington, 1985). Većina neurona koji registruju daljinu stimulusa (depth-selective neurons) reaguju na objekte koji su na manjoj udaljenosti. Njihova aktivnost se postepeno povećava kako se razdaljina između očiju posmatrača i objekta smanjuje, a ugao konvergencije očiju i stepen akomodacije sočiva povećava. Jedan manji deo neurona reaguje i na udaljene stimuluse i to tako da se njihova aktivnost postepeno povećava kako se povećava udaljenost stimulusa od očiju posmatrača u rasponu od 2 do 3 metra (Sakata, Taira, Kusunoki, Murata & Tanaka, 1997). Ovaj nalaz ukazuje na postojanje odvojenih zona za obradu informacija o objektima u peripersonalnom i ekstrapersonalnom prostoru.

Pored neuralnih studija i brojna druga istraživanja, sprovedena sa namerom da se ispita uticaj različitih faktora na preciznost procene apsolutne daljine objekta u peripersonalnom prostoru, ukazuju na dominantnu ulogu konvergencije. Držeći ostale znake procene dubine konstrantnim, osim konvergencije, istraživači uviđaju pravilnost u proceni daljine objekta u peripersonalnom prostoru. Kraće distance se precenjuju, a duže potcenjuju (Foley & Held, 1972; Mon-Williams & Tresilian, 1999). Prema Svensonu konvergencija igra važnu ulogu pri proceni apsolutne daljine. Za udaljenosti u opsegu od 25cm do 40cm greške su bile manje od 1cm (Swenson, 1932). Može se reći da se veća tačnost procena apsolutne daljine malih objekta u peripersonalnom prostoru oslanja pre svega na konvergenciju (Howard, 2012).

1.3. Doprinos proprioceptivnih informacija proceni daljine objekta

Imajuću u vidu da se izvođenje motornih radnji kod osoba očuvanog vida oslanja na vizuelne informacije, postavlja se pitanje koliko proprioceptivne informacije iz mišića ruku doprinose tačnosti sprovođenja pokreta usmerenih ka objektu? U jednoj vrsti istraživanja, ispitanici procenjuju statični položaj vlastite ruke uz lažne vizuelne informacije, koje ne odgovaraju njenom stvarnom položaju. Rezultati istraživanja ukazuju da su ispitanici imali subjektivni doživljaj da je ruka lokalizovana na poziciji koja je između vizuelnih i proprioceptivnih informacija o realnom položaju ruke, ali ipak bliže poziciji sugerisanoj vizuelnim informacijama (Warren & Cleaves, 1971). Do sličnih rezultata se došlo i prilikom izmene proprioceptivnih informacija o položaju ruku, tj. lokacija ruke je opet opažena između dva položaja, ali bliže vizuelno sugerisanoj lokaciji (DiZio, Lathan & Lackner, 1993; Lackner & Levine, 1979). Istraživači zaključuju da se ispitanici dominantno oslanjaju na vizuelne informacije pri planiranju pokreta ruke ili kada se procenjuje statični položaj ruke. Sa druge strane, proprioceptivne informacije su važnije od vizuelnih kada učestvuju u trenutnoj (*on line*) korekciji pokreta ruke koju ispitanici ne vide, ili kada se ona brzo, u jednom pokretu, kreće ka ciljanoj lokaciji (Bagesteiro, Sarlegna & Sainburg, 2006). Međutim, u situaciji kada se od ispitanika zahteva da reprodukuju daljinu stimulusa na vertikalnom/horizontalnom pravcu, koju su pre toga mogli da procene na horizontalnom/vertikalnom pravcu samo pomeranjem ruke, rezultati ukazuju da se daljine iznad ispitanika procenjuju kao duže od fizički istih udaljenosti na

horizontalnom pravcu. Ovaj rezultat se poklapa sa rezultatima koji se dobijaju kada ispitanici reprodukuju daljinu stimulusa bez pomeranja ruke tj. korišćenjem samo vizuelnih infomracija za procenu daljine (Jovanović, 2014). Dakle, ukoliko i vizuelne i proprioceptivne informacije izazivaju promene u opažaju daljine objekta u zavisnosti od pravca procene, postavlja se pitanja da li se korišćenjem obe grupe informacija naglašava ili umanjuje uočeni efekat?

1.4. Doprinos vestibularnih informacija proceni daljine objekta

1.4.1. Uloga vestibularnih informacija u proceni daljine objekta u fazi planiranja pokreta

Važnost signala iz vestibularnog aparata pri procesu opažanja se ogleda pre svega u kontroli mišića pokretača očne jabučice. Pouzdana procena apsolutne distance objekata vrši se na osnovu binokularnih znakova dubine kao što su konvergencija i disparatnost. Međutim, interpretacija disparatnosti za periferne objekte, u direktnoj je vezi sa saznanjem o orijentaciji očiju. Orijentacija očiju zavisi od položaja glave, što naglašava važnost vestibulanog aparata na tačnost procene (Blohm, Khan, Ren, Schreiber, & Crawford, 2008). Greške povezane sa percepcijom pozicije sopstvene glave utiču na preciznost posezanja za periferno lokalizovanim objektom (Blohm et al., 2008) kao i procenom daljine objekta kada se on gleda kroz noge (Tošković, 2010). U istraživanjima u kojima podaci ukazuju da pozicija glave utiče na percepciju distance istraživači naglašavaju važnost procene uloženog napora za prelaženje zadate distance (Berkeley, 1709; Proffitt, Stefanucci, Banton, & Epstein, 2003). Na taj način se put uzbrdo procenjuje kao duži, kao i distance iznad ispitanika jer bi se imaginarni pokret posezanja ka objektu stacioniranom iznad glave izvodio suprotno dejstvu gravitacione sile (Tošković, 2009). U skladu sa tim objašnjenjem, nalazi istraživanja sprovedenog u udaljenom (5m, 3m, 1m) i bližem prostoru (0.4m, 0.6m, 0.8m i 1m) u odnosu na poziciju ispitanika, ukazuju da se udaljenosti na vertikali iznad ispitanika opažaju kao dalje od fizički istih udaljenosti na horizontalnom pravcu (Tošković, 2015).

1.4.2. Deprivacija funkcije vestibularnog aparata- prikaz istraživanja

U istraživanju koje je sprovedeno sa ciljem da se ispita doživljaj prostorne orijentacije i ravnoteže tela kod pacijenata sa poremećajima vertibularnog aparata potvrđeno je da pacijenti sa bilateralnim gubitkom vestibularne funkcije imaju smanjenu sposobnost doživljaja uspravnog položaja tela (Guedry, 1974). Ovaj nalaz može biti dobra osnova za objašnjenje nespecifične nestabilnosti koju osećaju ovi pacijenti. Takođe, pacijenti sa jednostranom vestibularnom lezijom doživljavaju abnormalno ljuljanje koje može biti povezano upravo sa njihovim percepcijom orijentacije u prostoru (Bisdorff, Wolsley, Anastasopoulos, Bronstein & Gresty, 1996). U odsustvu vizuelnih informacija pacijenti sa jednostranom vestibularnom lezijom, više se ljuljaju u pravcu napred-nazad i tokom hoda se naginju u onu stranu na kojoj je dijagnostikovana lezija (Dichgans, 1976).

Treba pomenuti da je deficit vestibularne funkcije primećen i kod osoba sa gubitkom funkcije slušnog aparata. Primećeno je da lezije koje izazivaju gubitak sluha kod osoba mogu da budu uzrok gubitka i funkcije vestibularnog aparata (Cushing, Chia, James, Papsin & Gordon, 2008). Tačnije, uočeno je da veliki procenat kandidata za ugradnju kohlearnog implanta ima preoperativne problema sa ravnotežom. U jednoj od studija ispitivanja ravnoteže kod gluve dece uočeno je da na standardizovanom testu statičke i dinamičke ravnoteže gluva deca imaju niži skor na subtestu dinamičke ravnoteže u odnosu na zdravu decu. Takođe, uočeno je da u grupi dece sa ugrađenim kohlearnim implantom njegovim uključivanjem se postiže blagi napredak u postignuću na testu balansa u poređenju sa postignućem kada je implant bio isključen za vreme testiranja (Cushing et al., 2008). Na uzorku odraslih pacijenata sa ugrađenim unilateralnim kohlearnim implantom opažen je znatan napredak pri stabilnom držanja tela posle 2 godine od operacije. Treba posebno naglasiti da nisu postajale razlike između ispitanika u stepenu postignuća u zavisnosti od pola, godina, proizvođača implanta ili uzroka gubitka sluha (Buchman, Joy, Hodges, Telischi & Balkany, 2004).

Ukoliko se porede podaci o napretku u održavanju ravnoteže kod pacijenata sa dijagnostikovanom disfunkcijom vestibularnog aparata i kod gluvih osoba uviđa se da je uzorak gluvih znatno veći i prigodniji. Takođe, za razliku od uzorka pacijenata sa raznim dijagnozama disfunkcije vestibularnog aparata, kod osoba sa gubitkom sluha nezavisno od njene etiologije

deprivacija funkcije vestibularnog aparata postoji. Ove činjenice gluve osobe čine boljim uzorkom u istraživanjima deprivacije funkcije vestibularnog aparata.

1.4.3. Korišćenje galvanske stimulacije vestibularnog aparata u istraživačke svrhe

Jedna od novijih tehnika za dijagnostikovanje poremećaja rada vestibularnog aparata koja nije previše zahtevna za izvođenje je Galvanska stimulacija vestibularnog aparata (Galvanic vestibular stimulation - GVS). Aplikovanjem elektroda na obe mastoidne kosti i puštanjem struje jačine od 1 do 5 miliampera direktno se stimuliše vestibularni nerv i izaziva nistagmus i subjektivni doživljaj promene položaja tela (videti sliku 1) (Fife et al., 2000).

Slika 1. Prikaz aplikovanja elektroda kod ispitanika (preuzeto iz Nagaya, Sugimoto, Nii, Kitazaki & Inami, 2005)

Galvanska stimulacija vestibularnog aparata se koristi i u istražavačke svrhe. Doprinos korišćenja GVS kod zdravih ispitanika se ogleda u ispitivanju vizuelnog i haptičkog nagiba vertikale (Mars, Popov & Vercher, 2001), vizuelne memorije tj. tačnosti i brzine prepoznavanja lica za vreme GVS (Wilkinson, Ko, Kilduff, McGlinchey & Milberg, 2005; Wilkinson, Nicholls, Pattenden, Kilduff, & Milberg, 2008), subjektivnog doživljaja položaja tela (Wardman, Taylor & Fitzpatrick, 2003). Takođe, korišćenjem opreme za virtuelnu realnost tim stučnjaka je pokušao da ispita tačnost procene apsolutne daljine objekta na različitim visinama za vreme GVS (Török, et al., 2017). U odnosu na procenu distance na horizontali ispitanici su pokazali tendenciju da precenjuju distance koje su bile iznad nivoa horizontale kada je glava bila usmerena na gore, a potcenjivali distance koje su bile ispod nivoa horiziontale, a glava usmerena na dole. Ono što je

interesantno je činjenica da su se odstupanja uvećala kada se u situaciji procene distance veštački stimuliše vestibularni aparat.

2. Predmet, ciljevi i hipoteze istraživanja

Pregledom dostupne literature stiče se uvid u brojna istraživanja koja su ispitivala doprinos pojedinih čulnih informacija pri proceni daljine objekta u peripersonalnom i ekstrapersonalnom prostoru. Može se reći da se u svim istraživanjima dosledno pominju vizuelne, proprioceptivne i vestibularne informacije.

Ranije studije su ukazale da su prilikom procene daljine objekta u peripersonalnom prostoru vizuelne informacije izdvojene kao najbitnije, dok se proprioceptivnim informacijama pridaje neznatno veća važnost u odnosu na vizuelne samo u pojedinim situacijama (npr. trenutna (*on line*) korekcija pokreta ruke). Peripersonalni prostor se definiše kao prostor u dometu dohvatanja rukama odnosno kao bliži vizuelni prostor (Howard, 2012). Vestibularne informacije pokazuju svoj uticaj na tačnost procene daljine samo u sadejstvu sa vizuelnim ili proprioceptivnim informacija. Treba naglasiti da se prilikom procene daljine objekta u peripersonalnom prostoru u zavisnosti od zadatka (navođenje, motorna reprodukcija), ali i pravca procene (vertikalni naspram horizonalnog) menja doprinos pojedinačnih informacija na tačnost procene daljine.

Ispitivanja tačnosti procene daljine u ekstrapersonalnom prostoru ukazuju da se u zavisnosti od pravca procene uviđaju razlike u tačnosti procene daljine objekta i to tako da se udaljenosti na vertikali opažaju kao veće, od fizički istih udaljenosti na horizontali. Osnovna ideja je da su pokreti na vertikalnom pravcu, ka gore, naporniji i da produžavanje opažene daljine na tom pravcu pomaže izvođenju akcije. Dakle, sa ciljem da se koordiniše opažaj objekta i akcija usmerena ka njemu, dolazi do integracije informacija iz vizuelnog, proprioceptivnog i vestibularnog sistema.

Ono što se pokazalo kao nedovoljno ispitano je poređenje doprinosa pojedinačnih i združenih informacija na tačnost procene daljine objekta u fazi planiranja (procena daljine objekta) i sprovođenja motorne aktivnosti usmerene na objekat u peripersonalnom prostoru. Takođe, sprovođenjem ovog istraživanja postoji namera da se detaljnije ispita uticaj vizuelnih,

proprioceptivnih i vestibularnih informacija na anizotropiju opažene daljine u peripersonalnom prostoru.

Ciljevi istraživanja iz kojih proizilaze specifične hipoteze su podeljeni u nekoliko grupa.

Cilj 1. Ispitati uticaj promene položaja tela na procenu daljine objekta u peripersonalnom prostoru na horizontalnom i vertikalnom pravcu u zadatku navođenja. Pri tome važno je definisati odnos subjektivnih i fizičkih pravaca posmatranja (horizontale i vertikale):

- Kada se posmatrač nalazi u sedećem položaju subjektivno i fizički određeni pravci se poklapaju, tako da (1) subjektivna vertikala gore odgovara fizičkoj vertikali ka zenitu; (2) subjektivna vertikala dole odgovara fizičkoj vertikali ka tlu; (3) subjektivna horizontala odgovara fizičkoj horizontali

- Kada posmatrač leži na leđima (1) subjektivna vertikala gore odgovara fizičkoj horizontali iznad glave; (2) subjektivna vertikala dole odgovara fizičkoj horizontali ka stopalima; (3) subjektivna horizontala odgovara fizičkoj vertikali ka zenitu;

- Kada posmatrač leži na stomaku (1) subjektivna vertikala gore odgovara fizičkoj horizontali iznad glave; (2) subjektivna vertikala dole odgovara fizičkoj horizontali ka stopalima; (3) subjektivna horizontala odgovara fizičkoj vertikali ka tlu.

H1: Pretpostavljamo da će kada je telo ispitanika u sedećem položaju postojati razlike u proceni fizički istih udaljenosti na horizontalnom i vertikalnom pravcu i to tako da će udaljenosti koje se nalaze na subjektivnoj vertikali iznad, biti doživljene kao duže u odnosu na subjektivnu horizontalu. U ovom položaju subjektivna vertikala/horizontala odgovaraju fizičkoj vertikali/horizontali. Prema nalazima ranijih istraživanja u ekstrapersonalnom prostoru se udaljenosti na vertikalnom pravcu doživljavaju kao veće od fizički istih udaljenosti na horizontalnom pravcu. Razlike u opažaju su posledica integracije vizuelnih, proprioceptivnih i vestibularnih informacija u cilju uspešnijeg izvođenja akcije - kada se organizam priprema za sprovođenje pokreta ka vertikali (suprotno dejstvu sile gravitacije) potrebno je da uloži veći fizički napor (Tošković, 2004).

H2: Pretpostavljamo da će kada je telo ispitanika u ležećem položaju na leđima postojati razlike u proceni fizički istih udaljenosti na horizontalnom i vertikalnom pravcu. Razlike u proceni će biti takve da će udaljenosti koje se nalaze na subjektivnoj horizontali biti opažene kao duže u odnosu na subjektivnu vertikalu. Odnosno, i u ovom položaju će fizička vertikala biti

opažena kao duža, što je standardni nalaz, samo što fizička vertikala odgovara subjektivnoj horizontali dok subjekti leže na leđima. U ranijim studijama se pokazalo da se u ekstrapersonalnom prostoru u ležećem položaju na leđima horizontalne udaljenosti doživljavaju kao kraće od vertikalnih (Tošković, 2009).

H3: Pretpostavljamo da će kada je telo ispitanika u ležećem položaju na stomaku postojati razlike u proceni fizički istih udaljenosti na horizontalnom i vertikalnom pravcu i to tako da će udaljenosti koje se nalaze na subjektivnoj horizontali biti doživljene kao kraće u odnosu na subjektivnu vertikalu. Pri ovakvom položaju ispitanika subjektivna horizontala odgovara fizičkoj vertikali ali ka tlu, a daljine ka tlu se opažaju kao kraće u odnosu na daljine ka horizontu ili ka zenitu (Tošković, 2011). U ranijim studijama se pokazalo da se u ekstrapersonalnom prostoru udaljenosti na horizontali gledanjem kroz noge, čime se menja položaj glave a ujedno i vestibularne informacije, doživljavaju kao duže (Tošković, 2010).

Cilj 2. Ispitati uticaj promene položaja tela na tačnost procene daljine objekta u peripersonalnom prostoru na horizontalnom i vertikalnom pravcu u zadatku motorne reprodukcije.

H4: Pretpostavljamo da će kada je telo ispitanika u sedećem položaju u zadatku navođenja anizotropija opažane daljine biti veća nego u zadatku motorne reprodukcije. Tačnije, udaljenosti koje se nalaze na subjektivnoj vertikali iznad će biti doživljene kao duže u odnosu na subjektivnu horizontalu, ali će ta razlika biti izraženija u zadatku navođenja nego u zadatku motorne reprodukcije. Integracija vizuelnih, proprioceptivnih i vestibularnih informacija sa namerom da se organizam pripremi za sprovođenje napornijeg pokreta ka vertikali dovodi do toga da se udaljenosti na vertikali opažaju kao duže od istih na horizontali (Tošković, 2004). Ipak, ranije studije su pokazale i da se pokretanjem ruke pri reprodukciji daljine, kao što je slučaj u zadatku motorne reprodukcije, ispitanik više oslanja na proprioceptivne informacije nego na vizuelne i vestibularne informacije te manje greši u proceni (Todić Jakšić & Tošković, 2019a). Imajući to u vidu efekat anizotropije opaženog prostora će biti manji u zadatku motorne reprodukcije.

H5: Pretpostavljamo da će kada je telo ispitanika u ležećem položaju na leđima postojati razlike u proceni fizički istih udaljenosti na horizontalnom i vertikalnom pravcu i to tako da će udaljenosti koje se nalaze na subjektivnoj horizontali (fizičkoj vertikali ka zenitu) biti opažene

kao duže u odnosu na subjektivnu vertikalu (fizičku horizontalu). U zadatku motorne reprodukcije, će efekat anizotropije opažene daljine biti manji nego u zadatku navođenja. Pretpostavka se bazira na nalazima da se ispitanici dominantno oslanjaju na proprioceptivne u odnosu na vizuelne informacije prilikom reprodukcije daljine (Bagesteiro, Sarlegna and Sainburg, 2006).

H6: Pretpostavljamo da će kada je telo ispitanika u ležećem položaju na stomaku postojati razlike u proceni udaljenosti između horizontalnog i vertikalnog pravca i to tako da će udaljenosti koje se nalaze na subjektivnoj horizontali (fizička vertikala ka tlu) biti doživljene kao kraće u odnosu na subjektivnu vertikalu (fizička horizontala), ali tako da razlike u proceni udaljenosti budu manje u zadatku motorne reprodukcije u odnosu na zadatak navođenja. U ranijim studijama se pokazalo da se u ekstrapersonalnom prostoru udaljenosti na horizontali gledanjem kroz noge doživljavaju kao duže, jer se promenom položaja glave menjaju vestibularne informacije (Tošković, 2010). Takođe, kod ispitanika ležeći položaj izaziva subjektivni doživljaj da je blago nagnut na dole zbog distribucija tečnosti u telu (Carriot, Cian, Paillard, Denise & Lackner, 2011) što može da olakša potencijalni pokret na dole. Mora se imati u vidu i da se prednost prilikom sprovođenja akcije hvatanja objekta daje proprioceptivnim informacijama iz mišića ruke u odnosu na vizuelne i vestibularne (Bagesteiro, Sarlegna and Sainburg, 2006).

Cilj 3. Ispitati anizotropiju opažene daljine u peripersonalnom prostoru u zavisnosti od toga da li vestibularni aparat normalno funkcioniše prilikom procene ili postoji neki vid deprivacije funkcionisanja vestibularnog aparata (privremena i trajna deprivacija).

H7: Pretpostavljamo da će kod ispitanika koji mogu da koriste vestibularne informacije efekat anizotropije opažene daljine biti veći u odnosu na dezorijentisane ispitanike, u oba zadatka. To bi značilo da će razlike u opažaju daljine na horizontalnom i vertikalnom pravcu biti manje kod ispitanika sa kratkotrajnom deprivacijom funkcije vestibularnog aparata. Ranije studije su ukazale da se dezorijentacijom ispitanika procena udaljenosti približava realnoj u odnosu na situaciju kada su ispitanicima dostupne vestibularne informacije (Todić, Jakšić & Tošković, 2019b). Takođe, fenomen anizotropije opažene daljine ukazuje na razlike u potencijalnom naporu potrebnom za provođenje pokreta usmerenog ka objektu na fizički istoj udaljenosti na vertikalnom i horizontalnom pravcu (Tošković, 2004). Istraživanjima se došlo do

zaključka da se veštačkom stimulacijom vestibularnog aparata izaziva facilitacija taktilnog procesiranja (Pfeiffer, Noel, Serino & Blanke, 2018), što može biti važna informacija kada je zadatak motorne reprodukcije u pitanju.

H8: Pretpostavljamo da će kod ispitanika koji mogu da koriste vestibularne informacije efekat anizotropije opažene daljine biti veći u odnosu na ispitanike sa trajnom deprivacijom vestibularnog aparata, u oba zadatka. To bi značilo da će razlika u opaženoj daljini između horizontalnog i vertikalnog pravca biti veća kod ispitanika koji nemaju deprivaciju vestibularnog aparata. Pretpostavka se bazira na nalazima koji ukazuju da se dezorijentacijom ispitanika procena udaljenosti približava realnoj u odnosu na situaciju kada su ispitanicima dostupne vestibularne informacije (Todić, Jakšić & Tošković, 2019b).

H9: Pretpostavljamo da će kod ispitanika koji usled veštačke dezorijetacije trenutno ne mogu da koriste vestibularne informacije efekat anizotropije opažene daljine biti veći u odnosu na ispitanike sa trajnom deprivacijom vestibularnog aparata, u oba zadatka, zbog višegodišnjeg iskustva u kompenzovanju nedostatka vestibularnih informacija i oslanjanje na vizuelne informacije (Cushing et al., 2008). Dakle, anizotropija opažene daljine će biti manja kod osoba sa trajnom deprivacijom vestibularnog aparata.

2.1. Metod

Uzorak:

U istraživanju će ukupno učestovati oko 30 članova Udruženja gluvih i nagluvih osoba Srbije, oba pola, uzrasta oko 30 godina, kao i oko 60 osoba iz studentske i opšte populacije koji će biti ujednačeni po polu i godinama sa ispitanicima iz grupe gluvih i nagluvih osoba. Svi ispitanici će imati normalan vid ili korigovan do normalnog.

Postupak:

Eksperimenti će biti izvršeni u prostoriji koja je osvetljena. Kako bi sprečili da tokom procene daljine ispitanici pomeraju oči ka vertikali ili horizontali, nosiće naočare za horizontalnim prorezima. Na ovaj način se obezbeđuje da se menjaju samo proprioceptivne informacije mišića vrata kao i vestibularne informacije, ali ne i proprioceptivne informacije mišića očiju.

Pre početka glavnog dela eksperimenta svaki ispitanik će biti podvrgnut testiranju statičke ravnoteže korišćenjem *Unipedalnog testa (Unipedal stance test)* sa namerom da se izvrši selekcija ispitanika. U istraživanju će učestvovati samo oni ispitanici iz studentske i opšte populacije čiji je skor na testu u skladu sa datim normama u odnosu na pol i godine života. Kada su u pitanju ispitanici iz populacije gluvih i nagluvih, skor na testu će imati ulogu kontrole postojanja vestibularnog oštećenja. Tačnije u istraživanje će biti uključeni oni ispitanici koji na testu postignu skor niži od očekivanog u odnosu na zadate norme (videti tabela 1). Dakle, test će imati ulogu Ovaj test se široko koristi za pouzdano merenje statičkog balansa kod dece i odraslih. Test-retest pouzdanost se kreće u opsegu od 0.74 (oči su zatvorene prilikom testiranja) do 0.91 (oči su otvorene prilikom testiranja). Skor na Unipedalnom testu predstavlja broj sekundi koje ispitanik provede stojeći na dominantnoj nozi u dve odvojene situacije: stajanje sa otvorenim i stajanje sa zatvorenim očima. Springer i saradnici (Springer et al., 2007 prema Gibson, Wagner & Heyward, 2018) su posle brojnih testiranja kreirali jedinstvenu proceduru prilikom testiranja kao i norme u odnosu na pol i godine života za obe testovne situacija (tabela 1).

Tabela 1. Norme na Unipedalnom testu u odnosu na pol i starost (preuzeto iz Springer et al., 2007 prema Gibson, Wagner & Heyward, 2018)

	otvorene oči (sec)		zatvorene oči (sec)	
uzrast ispitanika	žene	muškarci	žene	muškarci
18-39	45.1	44.4	13.1	16.9
40-49	42.1	41.6	13.5	12.0
50-59	40.9	41.5	7.9	8.6
60-69	30.4	33.8	3.6	5.1
70-79	16.7	25.9	3.7	2.6
80-99	10.6	8.7	2.1	1.8

U eksperimentima će se koristiti dva zadatka (načina) reprodukcije distance, Zadatak navođenja i Zadatak motorne reprodukcije.

U *Zadatku navođenja* instrukcija će glasiti ovako: Vaš zadatak je da dobro osmotrite udaljenost stimulusa na jednom pravcu, pomerite glavu ka drugom pravcu i navodeći eksperimentatora, koji pomera identičan stimulus onom koji se nalazi na prvom pravcu, koristeći se rečima bliže-dalje reprodukujete opaženu daljinu.

U *Zadatku motorne reprodukcije* instrukcija će glasiti ovako: Vaš zadatak je da dobro osmotrite udaljenost stimulusa na jednom pravcu, pomerite glavu ka drugom pravcu i pomerajući stimulus rukom, identičan onom koji se nalazi na prvom pravcu, reprodukujete opaženu daljinu.

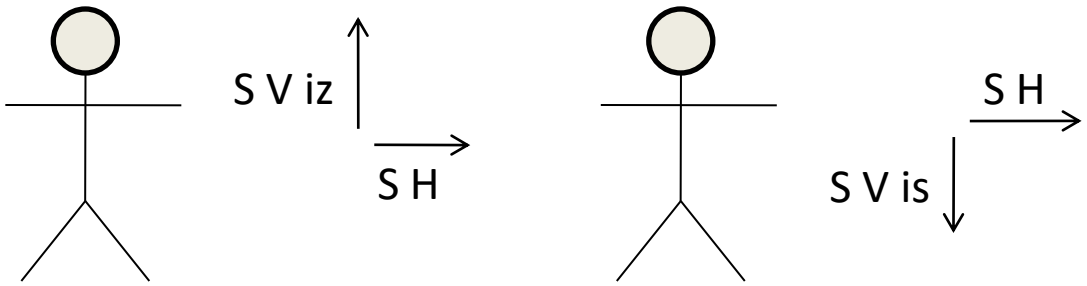
Svi ispitanici će dobiti pisanu verziju instrukcije. Takođe, ispitanici će, pre početka izvođenja glavnog dela eksperimenta, imati priliku da kroz 4 pokušaja provere da li su dobro razumeli instrukcije eksperimentatora.

Sa namerom da se ispitanik u pojedinim eksperimentalnim situacijama dezorijentiše u istraživanju će biti korišćena galvanska stimulacija vestibularnog aparata. *Galvanski stimulator vestibularnog aparata* izaziva aktivaciju aferentnih vlakana vestibularnog nerva. Stimulacija se vrši bilateralnim aplikovanjem pozitivne elektrode (anode) na jednu i negativne (katode) na drugu mastoidnu kost. Prilikom stimulacije ispitanika galvanskom strujom, gustina struje treba da ima vrednost od 0.01 do 0.3mA/cm. Gustina struje predstavlja odnos jačine struje (mA) i površine elektrode (cm). Vremensko trajanje stimulacije će biti 1s. Pored vrtoglavice, subjektivni doživljaj ispitanika tretiranog galvanskom strujom su i mravinjanje, peckanje ili bockanje u predelu mastoidne kosti (Čobeljić, 2018). U nameri da vrši kontrolu opšteg stanja ispitanika i pomogne eksperimentatoru pri veštačkoj stimulaciji vestibularnog aparata ispitanika, tokom sprovođenja eksperimenta će biti angažovan jedan nastavnik sa medicinskog fakulteta.

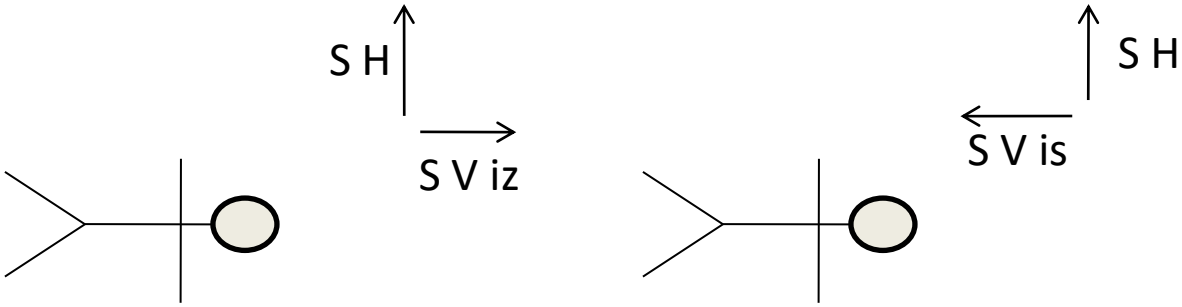
Položaj tela ispitanika:

Položaj tela ispitanika prilikom reprodukcije daljine će se varirati iz sedećeg položaja u ležeći položaj na leđima i ležeći položaj na stomaku. Imajući u vidu položaje tela ispitanika pravci poređenja daljina su:

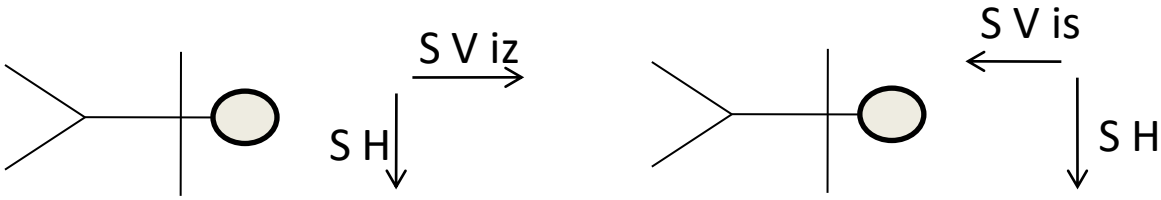
Sedeći položaj. Subjektivna horizontala - SH (ispred ispitanika, fizička horizontala) u odnosu na subjektivnu vertikalu iznad - SViz (iznad glave ispitanika, fizička vertikala ka zenitu) i obrnuto, 2. Subjektivna horizontala - SH (ispred ispitanika, fizička horizontala) u odnosu na subjektivnu vertikalu ispod - SVis (paralelno sa telom ispitanika ka stopalima, fizička vertikala ka tlu) i obrnuto.



Ležeći položaj na leđima. Subjektivna horizontala - SH (iznad ispitanika, fizička vertikala ka zenitu) u odnosu na subjektivnu vertikalu iznad - SViz (iznad glave ispitanika, fizička horizontala) i obrnuto, 2. Subjektivna horizontala - SH (iznad ispitanika, fizička vertikala ka zenitu) u odnosu na subjektivnu vertikalu ispod - SVis (paralelno sa telom ispitanika ka stopalima, fizička horizontala) i obrnuto.



Ležeći položaj na stomaku. Subjektivna horizontala - SH (ispod ispitanika, fizička vertikala ka tlu) u odnosu na subjektivnu vertikalu iznad - SViz (iznad glave ispitanika, fizička horizontala) i obrnuto, 2. Subjektivna horizontala - SH (ispod ispitanika, fizička vertikala ka tlu) u odnosu na subjektivnu vertikalu ispod - SVis (paralelno sa telom ispitanika ka stopalima, fizička horizontala) i obrnuto.



Daljine stimulusa koje treba reprodukovati:

Standardna daljina stimulusa će biti varirana tako da odgovara veličini peripersonalnog prostora ispitanika tj. prostora u kom svaka udaljenost može biti dohvaćena rukom i iznosiće 20cm, 40cm i 60cm.

Stimulus:

U svim eksperimentalnim situacijama kao stimulus biće korišćen kvadar žute boje, dimenzija 2,5cm x 4,5cm x 1,5cm, vertikalno orijentisan.

Eksperiment 1

Eksperiment će biti spoveden sa namerom da se ispita da li promena položaja tela ispitanika utiče na procenu daljine stimulusa na vertikalnom i horizontalnom pravcu kada se reprodukcija standardne daljine vrši navođenjem eksperimentatora.

Uzorak: U eksperimentu će učestovati oko 15 osoba iz studentske i opšte populacije, oba pola, uzrasta oko 30 godina. Učešće u istraživanju će uzeti samo ispitanici koji nisu prijavili trenutna ili ranija iskustva sa problemima u funkcionisanju vestibularnog aparata. Ispitanici će imati normalan vid ili korigovan do normalnog.

Eksperimentalna situacija 1. Ispitanici će na unapred pripremljenoj stolici zauzeti sedeći položaj.

Eksperimentalna situacija 2. Ispitanici će na unapred pripremljenoj platformi zauzeti ležeći položaj na leđima.

Eksperimentalna situacija 3. Ispitanici će na unapred pripremljenoj platformi zauzeti ležeći položaj na stomaku.

Zadatak ispitanika, u sve tri eksperimentalne situacije, je da posle posmatranja stimulusa nekoliko sekundi na jednom pravcu (npr. horizontalnom), pomeri glavu ka drugom pravcu (npr. vertikalnom) i navodeći eksperimentatora, davajući mu instrukcije u vidu reči dalje-bliže, reprodukuje zadatu daljinu. U narednim pokušajima procene daljine uloga kontrolnog i

eksperimentalnog pravca je rotirana, kao i pravci poređenja i standardna daljina stimulusa. Redosled izlaganja stimulusa na različitim daljinama i pravcima je randomiziran kao i položaj tela ispitanika.

Nacrt:

Nezavisne varijable: Položaj tela ispitanika prilikom reprodukcije daljine, varijabla sa 3 nivoa (sedeći položaj, ležeći položaj na leđima i ležeći položaj na stomaku); Daljina standarda, varijabla sa 3 nivoa (udaljenost od 20cm, 40cm i 60cm); Pravac poređenja, varijabla sa 3 nivoa (horizontalni, vertikalni iznad i vertikalni ispod).

Zavisna varijabla: Reprodukovana daljina.

Kontrolna varijabla: Skor na Unipedalnom testu. Skor na testu predstavlja broj sekundi koje ispitanik provede stojeći na dominantnoj nozi u dve odvojene situacije: stajanje sa otvorenim i stajanje sa zatvorenim očima.

Eksperiment 2

Eksperiment će biti spoveden sa namerom da se ispita da li promena položaja tela ispitanika utiče na procenu daljine stimulusa na vertikalnom i horizontalnom pravcu kada ispitanik reprodukuje standardnu daljinu pomeranjem stimulusa rukom.

Uzorak: Opis uzorka u ovom eksperimentu je isti kao u eksperimentu broj 1, osim što se radi o novih 15 ispitanika.

Eksperimentalne situacije 1, 2 i 3 (promena položaja tela ispitanika) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Zadatak ispitanika, u sve tri eksperimentalne situacije, je da posle posmatranja stimulusa nekoliko sekundi na jednom pravcu (npr. vertikalnom), pomeri glavu ka drugom pravcu (npr. horizontalnom) i pomeranjem stimulusa reprodukuje zadatu daljinu. U narednim pokušajima procene daljine uloga kontrolnog i eksperimentalnog pravca je rotirana, kao i pravci poređenja i standardna daljina stimulusa. Redosled izlaganja stimulusa na različitim daljinama i pravcima je randomiziran kao i položaj tela ispitanika.

Nacrt:

Varijable (nezavisna, zavisna i kontrolna) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Eksperiment 3

Eksperiment će biti spoveden sa namerom da se ispita da li na procenu daljine stimulusa na vertikalnom i horizontalnom pravcu utiče veštačka stimulacija vestibularnog aparata pri reprodukciji standardne daljine stimulusa navođenjem eksperimentatora.

Uzorak: Opis uzorka u ovom eksperimentu je isti kao u eksperimentu broj 1, osim što se radi o novih 15 ispitanika.

Eksperimentalne situacije 1, 2 i 3 (promena položaja tela ispitanika) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Zadatak ispitanika, u sve tri eksperimentalne situacije, je isti kao u eksperimentu broj 1, osim što će pre navedene reprodukcije ispitanik biti izložen stimulisanju vestibularnog aparata pomoću galvanskog stimulatora.

Nacrt:

Varijable (nezavisna, zavisna i kontrolna) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Eksperiment 4

Eksperiment će biti spoveden sa namerom da se ispita da li na procenu daljine stimulusa na vertikalnom i horizontalnom pravcu utiče veštačka stimulacija vestibularnog aparata pre nego ispitanik reprodukuje standardnu daljinu pomeranjem stimulusa rukom.

Uzorak: Opis uzorka u ovom eksperimentu je isti kao u eksperimentu broj 1, osim što se radi o novih 15 ispitanika.

Eksperimentalne situacije 1, 2 i 3 (promena položaja tela ispitanika) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Zadatak ispitanika, u sve tri eksperimentalne situacije, je isti kao u eksperimentu broj 2, osim što će pre navedene reprodukcije ispitanik biti izložen stimulisanju vestibularnog aparata pomoću galvanskog stimulatora.

Nacrt:

Varijable (nezavisna, zavisna i kontrolna) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Eksperiment 5

Eksperiment će biti spoveden sa namerom da se ispita da li kongenitalna i stečena deprivacija funkcije vestibularnog aparata utiču na procenu daljine stimulusa na vertikalnom i horizontalnom pravcu pri reprodukciji standardne daljine stimulusa navođenjem eksperimentatora.

Uzorak: U eksperimentu će učestovati oko 15 članova Udruženja gluvih i nagluvih osoba Srbije, oba pola, uzrasta oko 30 godina. Učešće u istraživanju će uzeti samo ispitanici koji nisu bili podvrgnuti operativnom zahvatu ugradnje kohlearnog implanta. Ispitanici će imati normalan vid ili korigovan do normalnog.

Eksperimentalne situacije 1, 2 i 3 (promena položaja tela ispitanika) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Zadatak ispitanika, u sve tri eksperimentalne situacije, je isti kao u eksperimentu broj 1.

Nacrt:

Varijable (nezavisna, zavisna i kontrolna) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Eksperiment 6

Eksperiment će biti spoveden sa namerom da se ispita da li kongenitalna i stečena deprivacija funkcije vestibularnog aparata utiču na procenu daljine stimulusa na vertikalnom i horizontalnom pravcu pri reprodukciji standardnu daljine pomeranjem stimulusa rukom.

Uzorak: Opis uzorka u ovom eksperimentu je isti kao u eksperimentu broj 5, osim što se radi o 15. novih ispitanika.

Eksperimentalne situacije 1, 2 i 3 (promena položaja tela ispitanika) su iste kao u eksperimentu broj 1.

Zadatak ispitanika, u sve tri eksperimentalne situacije, je isti kao u eksperimentu broj 2.

Nacrt:

Varijable (nezavisna, zavisna i kontrolna) su iste kao u eksperimentu broj 1.

3. Plan obrade podataka

Reprodukovane vrednosti daljine će biti unešene u program za statističku obradu podataka kao i vrednosti sa Unipedalnog testa.

Sređeni podaci će biti obrađenu u program SPSS 17.0. korišćenjem trofaktorske analize varijanse za ponovljena merenja kako bi rezultate istraživanja interpretirali u skladu sa postavljenim ciljevima i hipotezama.

4. Značaj predloženog istraživanja

Značaj predloženog istraživanja se ogleda u tome što će rezultati moći da pruže uvid u odnos vizulenih, vestibularnih i proprioceptivnih informacija prilikom procene daljine u peripersonalnom prostoru. Takođe, pretpostavljamo da će pružiti odgovor na pitanje koje informacije imaju prednost pri proceni daljine objekta u zavisnosti od promene položaja tela ispitanika.

Značaj istraživanja se ogleda i u rasvetljavanju načina na koji osobe koje imaju trajno smanjenu funkciju vestibularnog aparata kompenzuju ovaj nedostatak prilikom koordinacije percepcije i akcije. Takođe, moći će da se pravi poređenje u uspehu kompenzacije, između grupe ispitanika sa trajnom i grupe sa kratkoročnom, veštački izazvanom, deprivacijom funkcije vestibularnog aparata.

Literatura:

Bagesteiro, L. B., Sarlegna, F. R., & Sainburg, R. L. (2006). Differential influence of vision and proprioception on control of movement distance. *Experimental Brain Research, 171*(3), 358.

Berkeley, G. (1709). *An essay towards a new theory of vision*. Aaron Rhames.

Bisdorff, A. R., Wolsley, C. J., Anastasopoulos, D., Bronstein, A. M., & Gresty, M. A. (1996). The perception of body verticality (subjective postural vertical) in peripheral and central vestibular disorders. *Brain*, *119*(5), 1523-1534.

Blanke, O., Slater, M., & Serino, A. (2015). Behavioral, neural, and computational principles of bodily self-consciousness. *Neuron*, *88*(1), 145-166.

Blohm, G., Khan, A. Z., Ren, L., Schreiber, K. M., & Crawford, J. D. (2008). Depth estimation from retinal disparity requires eye and head orientation signals. *Journal of vision*, *8*(16), 3-3.

Buchman, C. A., Joy, J., Hodges, A., Telischi, F. F., & Balkany, T. J. (2004). Vestibular effects of cochlear implantation. *The Laryngoscope*, *114*(S103), 1-22.

Carriot, J., Cian, C., Paillard, A., Denise, P., & Lackner, J. R. (2011). Influence of multisensory graviceptive information on the apparent zenith. *Experimental brain research*, *208*(4), 569-579.

Cushing, S. L., Chia, R., James, A. L., Papsin, B. C., & Gordon, K. A. (2008). A test of static and dynamic balance function in children with cochlear implants: the vestibular olympics. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, *134*(1), 34-38.

Čobeljić, R. D. (2018). *Uticaj vestibularne stimulacije galvanskom strujom na spasticitet mišića donjih ekstremiteta kod pacijenata sa lezijom kičmene moždine.* (Doctoral dissertation, Univerzitet u Beogradu-Medicinski fakultet).

Dichgans, J. (1976). Postural sway in normals and atactic patients: analysis of the stabilizing and destabilizing effects of vision. *Agressologie*, *17*, 15-24.

DiZio, P., Lathan, C. E., & Lackner, J. R. (1993). The role of brachial muscle spindle signals in assignment of visual direction. *Journal of neurophysiology*, *70*(4), 1578-1584.

Fife, T. D., Tusa, R. J., Furman, J. M., Zee, D. S., Frohman, E., Baloh, R. W., ... & Eviatar, L. (2000). Assessment: vestibular testing techniques in adults and children: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, *55*(10), 1431-1441.

Foley, J.M. and Held, R. (1972). Visually directed pointing as a function of target distance direction and available cues. *Perception & psychophysics, 12 (3)*, pp. 263-268.

Gibson, A. L., Wagner, D., & Heyward, V. (2018). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription, 8E*. Human kinetics.

Graziano, M. S., & Cooke, D. F. (2006). Parieto-frontal interactions, personal space, and defensive behavior. *Neuropsychologia*, *44*(6), 845-859.

Guedry, F. E. (1974). Psychophysics of vestibular sensation. In *Vestibular System Part 2: Psychophysics, Applied Aspects and General Interpretations* (pp. 3-154). Springer, Berlin, Heidelberg.

Howard, I. P. (2012). *Perceiving in depth, Vol. 3. Other mechanisms of depth perception.* New York, NY, US: Oxford University Press.

Jovanović, Lj. (2014). *Anizotropija opaženog napora*. (Master rad, Univerzitet u Beogradu-Filozofski fakultet).

Lackner, J. R., & Levine, M. S. (1979). Changes in apparent body orientation and sensory localization induced by vibration of postural muscles: vibratory myesthetic illusions. *Aviation, space, and environmental medicine*.

Mars, F., Popov, K., & Vercher, J. L. (2001). Supramodal effects of galvanic vestibular stimulation on the subjective vertical. *Neuroreport*, *12*(13), 2991-2994.

Mon-Williams, M. and Tresilian, J.R. (1999). Some recent studies on the extraretinal contribution to distance perception. *Perception, 28,* pp. 167 – 181

Nagaya, N., Sugimoto, M., Nii, H., Kitazaki, M., & Inami, M. (2005, December). Visual perception modulated by galvanic vestibular stimulation. In *Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence* (pp. 78-84). ACM.

Pfeiffer, C., Noel, J. P., Serino, A., & Blanke, O. (2018). Vestibular modulation of peripersonal space boundaries. *European Journal of Neuroscience*, *47*(7), 800-811.

Proffitt, D. R., Stefanucci, J., Banton, T., & Epstein, W. (2003). The role of effort in perceiving distance. *Psychological Science*, *14*(2), 106-112.

Sakata, H., Shibutani, H., & Kawano, K. (1980). Spatial properties of visual fixation neurons in posterior parietal association cortex of the monkey. *journal of Neurophysiology*, *43*(6), 1654-1672.

Sakata, H., Shibutani, H., & Kawano, K. (1983). Functional properties of visual tracking neurons in posterior parietal association cortex of the monkey. *Journal of Neurophysiology*, *49*(6), 1364-1380.

Sakata, H., Shibutani, H., Kawano, K., & Harrington, T. L. (1985). Neural mechanisms of space vision in the parietal association cortex of the monkey. *Vision research*, *25*(3), 453-463.

Sakata, H., Taira, M., Kusunoki, M., Murata, A. and Tanaka, Y. (1997). The *TINS* Lecture. The parietal association cortex in depth perception and visual control of hand action. *Trends Neurosci.* 20, pp. 350–357

Swenson, H.A. (1932). The relative influence of accommodation and convergence in the judgment of distance. *The Journal of General Psychology*, *7*(2), 360-380.

Todic Jaksic. T., & Toskovic, O. (2019a, April). Integration of Visual, Proprioceptive and Vestibular Information During Distance Perception in the Personal Space. In *PERCEPTION* (Vol. 48, pp. 111-111).

Todić Jakšić, T. i Tošković, O. (2019b). Reach out i'll be there – anisotropy of perceived hand length. Saopštenje na XXV naučnom skupu Empirijska istraživanja u psihologiji, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu. 29- 31. mart 2019, str. 76-77.

Török, Á., Ferrè, E. R., Kokkinara, E., Csépe, V., Swapp, D., & Haggard, P. (2017). Up, down, near, far: an online vestibular contribution to distance judgement. *PLoS one*, *12*(1), e0169990.

Tošković, O. (2004). Oblik perceptivnog modela prostora. *Psihološka istraživanja, XIV*, 85-123.

Tošković, O. (2009). Važnost vizuelnih i nevizuelnih informacija za anizotropiju opažene daljine. *Psihologija*, *42*(2), 255-268.

Tošković, O. (2010). Brave upside down world–Does looking between the legs elongate or shorten the perceived distance. *Psihologija*, *43*(1), 21-31.

Toskovic, O. (2011). Looking down—Perceived distance as a function of action. *Perception ECVP abstract*, *40*, 225-225.

Tošković, O. (2015). Anisotropy is all around me – perceived distance changes in near space. 11th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV 2015), Singapore. Book of abstracts, vol 26, p. 81-82.

Ungerleider, L.G., Mishkin, M., (1982). *Two cortical visual systems*. In: D.J. Ingle, M.A. Goodale, R.J.W. Mansfield (Eds.). Analysis of Visual Behavior. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 549–586.

Warren, D. H., & Cleaves, W. T. (1971). Visual-proprioceptive interaction under large amounts of conflict. *Journal of experimental psychology*, *90*(2), 206.

Wardman, D. L., Taylor, J. L., & Fitzpatrick, R. C. (2003). Effects of galvanic vestibular stimulation on human posture and perception while standing. *The Journal of physiology*, *551*(3), 1033-1042.

Wilkinson, D., Ko, P., Kilduff, P., McGlinchey, R., & Milberg, W. (2005). Improvement of a face perception deficit via subsensory galvanic vestibular stimulation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*(7), 925-929.

Wilkinson, D., Nicholls, S., Pattenden, C., Kilduff, P., & Milberg, W. (2008). Galvanic vestibular stimulation speeds visual memory recall. *Experimental brain research*, *189*(2), 243-248.