

Tartu Ülikool  
Psühholoogia Instituut

Elis Rebane

**AUDITIIVSE STIMULATSIOONI MÕJU AJATAJU HINNANGUTELE  
ETALONPAARIGA AJAHINDAMISE ÜLESANDES**

Uurimistöo

Juhendajad: Maria Tamm, PhD

Kairi Kreegipuu, PhD

Läbiv pealkiri: Auditivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele

Tartu 2016

## **Auditiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele etalonpaariga ajahindamise ülesandes**

### **Lühikokkuvõte**

Käesolevas uurimistöös uuriti subjektiivse ajataju muutuseid auditiivse stimulatsiooni mõjul. Eelnevad uuringud on tõestanud, et ajataju on võimalik moduleerida väliste stiimulite abil. Sisendi intensiivsuse või ärgastustaseme tõus suurendab ka impulsside arvu, mis tuleneb taktiseadjast ning see tõstab sisemise kella kiirust. Sisemise kella kiirenedes väljastab see rohkem impulsse iga ajaühiku kohta ning kestust tajutakse pikemalt. Sellest lähtuvalt viidi läbi eksperimentaalne katseplan, mis koosnes taustaandmete kogumisest, CFF testist ning ajataju registreerimiseks kasutati ootuslikku (*prospective*) ajataju hindamise viisi, milleks oli etalonpaariga ajahindamisülesanne (*temporal bisection task*) arvutiprogrammis. Uuringus leiti, et auditiivne stimulatsioon omab ärgastavat efekti katseseeria siseselt, kuid ei kandu edasi järgnevaisse seeriatesse. Leiti ka, et auditiivne stimulatsioon, mis markeerib hinnatavat stiimulit, aitab seda täpsemalt hinnata.

**Märksõnad:** aja subjektiivne tajumine, auditiivne stimulatsioon, etalonpaariga ajahindamisülesanne, millisekundiline ajastamine.

## **The impact of auditory stimulation to time perception in a temporal bisection task**

### **Abstract**

The present work studied subjective millisecond timing in conditions of auditory stimulation. It has been proven by previous works that subjective time perception can be modulated by outer stimuli. An experimental plan consisted of collecting background information, a CFF test and a temporal bisection task. The intensity of the stimuli and arousal level enhances the number of impulses from the pacemaker, rising the speed of the inner clock. It produces more impulses during every time unit and the objective duration is perceived as longer. It can be concluded that auditory stimulation has an arousing effect within the test series but it does not transfer onto other series. The arousal helps to mark the stimuli which makes the evaluation more precise.

**Keywords:** subjective time perception, auditory stimulation, temporal bisection task, millisecond timing.

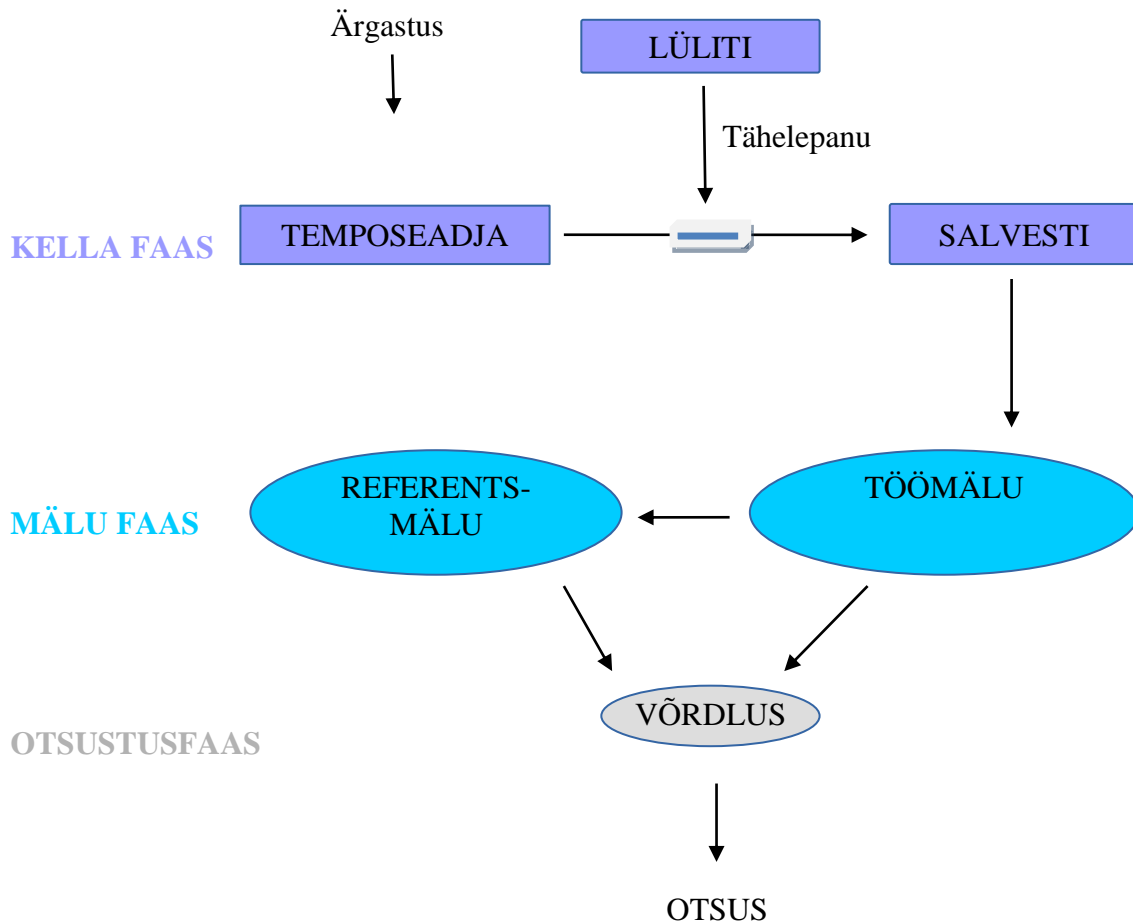
## 1. Sissejuhatus

### 1.1 Ajataju toimemehhanismid

Aegruum on fundamentaalne osa inimese ja kõikide teiste loomaliikide tajusüsteemist. Et aja möödumise tajumine oleks võimalik, on välja arenenud mitmed erinevad süsteemid, millest olulisimad on tsirkadiaanne ajataju, sekundite ja minutite tasandil intervallide tajumine ning millisekundiline ajastamine. Aega töödeldakse tegevustes, mis hõlmavad otsuseid näiteks kvantiteedi ja liikumiskiiruse üle, muusikainstrumente mängides, kõndides ja sportides. Samas ei eksisteeri ühtset sensorset süsteemi, mis oleks pühendatud otseselt ajatajule. Teoreetilised käsitlused eeldavad aga sisemise kella olemasolu, mis on subjektiivse ajamulje tekkimise aluseks. Enimkasutatud teoreetiline mudel väidab, et taktiseadja (*pacemaker*) edastab lööke läbi lüliti (*switch*) kogujasse (*accumulator*), millest tulenevalt teeb inimene lõpliku otsuse tajutud ajaintervalli kestuse kohta (Gibbon, Church ja Meck, 1984). Taktiseadja kiirusest sõltub kogujasse saadetud impulsside arv.

Ajataju toimemehhanisme seletatakse näiteks kognitiivsete teooriatega, mis väidavad, et inimene kasutab ajahindamiseks erinevaid vihjeid, kuid alates 1963. aastast on erinevad autorid pakkunud välja varieeruvaid sisemise kella mudeleid (Gibbon, 1977; Gibbon jt., 1984; Treisman, 1963). Sisemise kella kiirus sõltub organismi erutusseisundist ja aktivatsioonitasemest, mida on võimalik moduleerida väliste stiimulite abil. Käesolev uurimus soovib teada saada, kuidas auditiivse klõpsujada esitamine (*click trains*; Penton-Voak, Edwards, Percival ja Wearden, 1996) avaldab mõju aja tajutud kestusele.

## Auditiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele



**Joonis 1.** „Taktiseadja-salvesti“ (*pacemaker-accumulator*) kognitiivne mudel ajataju seletamiseks (eesti keelde tõlkinud ja kohandanud Gibbon, Church ja Meck (1994) järgi Sild (2011)).

*Sisemine kell.* Tuntuim sisemise kella teoreetiline mudel väidab, et taktiseadja edastab lööke läbi lüliti kogujasse, millest tulenevalt teeb inimene lõpliku otsuse tajutud ajaintervalli kestuse kohta. Tähelepanu seostatakse lülitiga, mis paneb paika, kas löögid, mis on teele saadetud taktiseadjast, jõuavad kogujasse. Lülitist pääseb vähem lööke läbi siis, kui tähelepanu on aja hindamiselt eemale suunatud ning seetõttu alahinnatakse tajutud stiimuli kestust (Gibbon jt., 1984). Et sisemise kella töömehhanismidest rohkem teada saada, on erinevate katsetega taktiseadja kiirust muudetud. Hoagland (1993) ja Gibbon koos kolleegidega (1984) olid ühed esimestest, kes selgitasid välja, et taktiseadja kiirus suureneb vastavalt inimese kehatemperatuuri tõusule. Hiljem töötasid Treisman, Naish ja

MacCrone (1994) välja taktiseadja mudeli ning esitas hüpoteesi, et väline stimulatsioon tõstab selle löögisagedust: mida erutavam stiimul, seda enam tõuseb löögisagedus. Samal ajal kui katseisikud ajahindamise katset tegid, mõjutas ta neid korduvate stimulatsiooniseeriatega (*click-trains, flashes*). Katse näitas, et osalejad käitusid, nagu oleks nende sisemise kella tiksumiskiirus tõusnud. Sarnased tulemused sai ka Penton-Voak koos kolleegidega (1996), kui nad esitasid enne ajahindamise ülesannet stimulatsiooniseeria. Olenemata stiimuli modaalsusest (visuaalne või auditiivne) tuli välja sama efekt ning seda märgati rohkem pikemate stiimulikestuste korral. Penney, Gibbon ja Meck (2000) on leidnud, et auditiivsed ja visuaalsed sisendid mõjutavad sisemist kella erinevalt. Üldiselt tajutakse auditiivse stimulatsiooni tagajärjel kestusi pikemana ning visuaalse stimulatsiooni tagajärjel lühemana. Burle ja Casini (2001) avastasid, et tugeva intensiivsusega stiimulite esitamine tõstis taktiseadja kiirust enam kui nõrga intensiivsusega stiimulid. Kõigi nende eksperimentide eesmärk oli kortikaalse erutusasteme tõstmine. Sisemise kella mälu faasis vajab kellamehhanism toimimiseks nii töömälu kui referentsmälu. Esimene kontrollib koguja impulsside arvu ning teine etalonkestuse suhet. Otsustusfaasis toimub võrdlus töömälu olevate koguja impulsside ning referentsmälu olevate etalonkestuste suhte vahel. Samuti hinnatakse stiimuli subjektiivne ajaline kestus kas üksiksündmuse kohta või sündmustevahelise aja kohta. Vead ajatajus võivad tuleneda kõigist faasidest, näiteks võib taktiseadja tiksuda liiga kiiresti või aeglaselt, koguja võib impulsse vahele jätta, töömälu võib olla häiritud ning lüliti võib sulguda või avaneda liiga vara või hilja.

On olemas kolm põhilist ajataju süsteemi, mis kõik toimivad erinevate ajumehhanismide tulemusel. *Tsirkadiaanne ajataju* toimib ligikaudu 24-tunnise tsükli vältel ning on automaatne mehhanism. Imetajate puhul asub tsirkadiaanne taktiseadja hüpotaalamuse suprakiasmaatilises tuumakestes (SCN) ja enamike keharakkude perifeersetes ostsillaatorites (*peripheral oscillator*). Oluline roll on ka melatoniinil. Nende mehhanismidega kontrollitakse une-ärkveloleku ning söögiisu mustreid (Mendoza, 2007). *Sekundite ja minutite tasandil intervallide tajumine* toimib tänu talamo-kortikostriataalsetele struktuuridele, milleks on näiteks basaalganglionid, ajukoore

sekundaarne motoorne ala (SMA), prefrontaalne ajukoor (PFC) ja tagumine parietaalne ajukoor (PPC). Selle toimimist seotakse ka dopamiinergiliste juhteteedega (Buhusi ja Meck, 2005) ning see protsess nõuab inimeselt teadvustatud tegevust. *Millisekundilise ajastamine* toimib aga valdavalt tänu väikeaju tööle. See võimaldab tajuda motoorselt keerukate tegevuste, näiteks pillimängu, õigeaegsust (Buhusi ja Meck, 2005) ning on automaatne protsess.

Intervalltaju seletatakse peamiselt läbi SET (*scalar expectancy theory*) mudeli, mis väidab, et ajakestuste produtseerimisel ja reprodutseerimisel jaotuvad katseisikute vastused sihtmärkintervalli ning antud jaotuse ulatus on seotud sihtmärkstiimuli pikkusega (Gibbon, 1977). Erinevad neuropsühholoogilised uurimused (Gibbon, 1997; Droit-Volet ja Meck, 2007) on näidanud, et ajataju on tihti mõjutatud subjektiivsetest faktoritest nagu kognitiivsed protsessid, isiksuseomadused ja emotsionaalne seisund. Samuti nagu informatsiooni töötlemine nõuab energiat, nõuab seda ka emotsioonide töötlus ning see segab tähelepanu suunamist sisemisele ajahindamisele. Erinevad emotsioonid mõjutavad subjektiivset ajataju erinevalt. Sisemise kella mudeli järgi (Gibbon jt., 1984) funktsioneerib *erutustaseme tõstmine* nagu kardiostimulaator ning südame löögisageduse tõus kiirendab ka sisemist kella, mistõttu tajub inimene aja möödumist aeglasemalt. Mõned uuringud (Droit-Volet ja Meck, 2007; Gil ja Droit-Volet, 2009) on leidnud, et kui erutustase, näiteks ka emotsioonist tingitud erutus, on madal, tundub katsealustele aeg mööduvat aeglasemana ning kui see on kõrge, siis kiiremini.

## 1.2 Subjektiivse ajataju mõjutamine

Erinevad autorid on leidnud (Treisman, Naish ja Faulkner, 1992; Wearden, Philpott ja Win, 1999), et kui seeria klõpse esitatakse katseisikule enne hinnatavat stiimulit (5-sekundiline 5 Hz sagedusega klõpsujada), siis antud stiimuli kestust hinnatakse pikemaks, kui stiimulit, millele klõpse ei eelnenud. Kui korduv klõpsujada esitatakse katseisikule valdavalt läbi katse kas enne või pärast ajalisel hinnatavat stiimulit, siis sisemine kell kiireneb. Katseisik hindab stiimuli kestust pikemaks siis, kui sellega kaasneb auditiivne stimulatsioon ja

lühemaks, kui stimulatsiooni ei kaasne. Antud klõpsujada efekt võiks seletada taktiseadja tundlikkust välistele ärritajatele. See on üks robustsemaid efekte ajapsühholoogias (Wearden, Smith-Spark, Cousins, Edelstyn, Cody, O'Boyle, 2009). Auditiivne stimulatsioon võib aga ka tõmmata inimese tähelepanu ajaülesandelt ära, mis annab vastupidise tulemuse või siis pakkuda rohkem töötlusmaterjali. Treisman ja Brogan (1992) on arvamusel, et klõpsujada efekt võib mõjutada temporaalseid kortikaalseid ostsillaatoreid suurendades nende sagedust. Sellest ideest tulenedes võib järeldada, et klõpsujada efekt ei ole põhjustatud spetsiifilisest subkortikaalses alas asuva taktiseadja rütmimuutustest, vaid pigem ostsillatoorse aktiivsuse muutustest, mis on omakorda põhjustatud suurest arvust kortikaalsetest neuronitest, mis mõjutavad üldist ajalise informatsiooni töötlemist. See tähendab, et klõpsujada efekti ei peaks vaatama mitte ainult ajataju seisukohast, vaid ka kõiki töömäluga seotud protsesse arvestades. Kui sisemine kell kiireneb, siis etalonpaaridega ajahindamisülesannetes ilmneb efekt psühhomeetriselises funktsioonis nihkega vasakule võrreldes normaalse kellakiiruse funktsiooniga. Enimkasutatud viis kella kiirendamiseks on kasutada klõpsujada ja vilkumise meetodit, mille tulemusel hinnatakse ajakestusi pigem pikemaks, kui nad tegelikult on ning psühhomeetriselises funktsioonis tekib nihe vasakule.

Varasemates töödes (Ortega ja Lopez, 2008; Wearden ja Lejeune, 2008) on kasutatud erinevaid mõõdikuid, et hinnata skalaarseid omadusi. Need tulenevad psühhomeetriselise funktsioonist: (a) *subjektiivne võrdsuspunkt (bisection point)*, mis on väärtus, mille puhul pooled vastused on “lühike” ja pooled “pikk” kestus; (b) *eristuslävi (difference limen)*, mida kirjeldab sigma ning mis on väikseim stiimuli kestuse erinevus ajas, mida saab eristada. Käesolevas töös uuritakse ka katseisikute taustaomadusi, milleks on näiteks pillimängu oskus, laulmisega tegelemine, muusikakoolis õppimine, tihe sportimine või asjaolu, kas katseisik hindab oma rääkimistempot kiireks.

On leitud, et kui inimesed on melanhoolses seisundis, siis hindavad nad aja möödumist aeglasemaks, kui see tegelikult on (Kitamura ja Kumar, 1982; Gil ja Droit-Volet, 2009). Kui taktiseadja ärgastuse tõusuga kiireneb, siis produtseeritakse lühemaid intervale, mis



paneb inimese tajuma, et ajakestused on pikemad (Tamm, Jakobson, Havik, Burk, Timpmann, Allik, Ööpik, Kreegipuu, 2014). Ärgastusel on palju erinevaid omadusi. See koosneb muutustest kesknärvisüsteemis, kehatemperatuuris, südame löögisageduses, metaboolses aktiivsuses, kuid ka teadlikkusest (iseenda tajumine aegruumis) ning hetkelisest emotsionaalsuse tasemest või stiimulite emotsionaalsusest. On kolm põhilist ärgastussüsteemi: (a) tsentraalne ärgastus, mis mõjutab ajakestuste hindamist. CFF (*critical flicker frequency*) testi kasutatakse antud kortikaalse ärgastuse hindamiseks (Tamm jt., 2014) ning seda kasutab ka käesolev töö; (b) füsioloogiline ärgastus, mille korral taktiseadja kiireneb näiteks kehatemperatuuri tõstmisega (Penton-Voak jt., 1996; Tamm jt., 2014); (c) psühholoogiline ärgastus, mille muutus tekib väsimisega või füüsilise pingutusega.

Kuigi närvivõrgustiku eri punkte saab kasutada, et ajastada millisekundilisi kestusi kasutamata välist ajamõõtjat, siis sekundite ja minutite tasandil ajastamine näib endas hõlmavat paljusid esma- ja teisejärgulisi printsiipe, mida saab kasutada, et klassifitseerida individuaalseid erinevusi intervallajastamise puhul (Gibbon jt., 1984). Need printsiibid defineerivad, kuidas sisemine kell peaks töötama ning kuidas seda saab mõjutada sensorsete, psühholoogiliste ja füsioloogiliste stiimulitega. Esmajärgulisi printsiipe saab rakendada üksikutele ajakestustele, mis tavapäraselt sisaldavad endas kriteeriumaja täpsust. Need hõlmavad sisemise kella tiksumiskiiruse erinevusi ning ajakestuste ulatuse subjektiivset paigutust ja võrdlust käimasolevate kestustega. Teisejärgulised printsiibid võrdlevad paljusid ajakestuseid teineteisega olenevalt ajaskaala invariantsusest, mis seletab, miks on lihtsam märgata üht lisaammu stiimulite väärtustes (näiteks kontrasti või kestust) kõrge intensiivsusega sündmuste vahel, mitte madala intensiivsusega sündmuste vahel. Samuti tuleb arvestada mitte-ajaliste faktorite osakaalu intervallajastamisel, näiteks miks mingeid konkreetse pikkusega auditiivseid stiimuleid hinnatakse subjektiivselt pikemaks, kui sama pikkusega visuaalseid stiimuleid – efekt avaldub modaalsuses ning erinevate mälu protsesside segunemisel (Gibbon jt., 1984). Lähtudes sisemise kella mudelist, on üheks oluliseks subjektiivse ajataju mõjutajaks tähelepanu. Kui tähelepanu on häiritud, pääseb vähem lööke läbi lüliti ning tajutud stiimulit hinnatakse lühemaks, kui ta tegelikult

## Auditiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele

on. Tähelepanu määrab seega, kas taktiseadjast tulenevad löögid jõuavad kogujasse (Wearden ja Lejeune 2008). Lisastimulatsioon võib olla märgiks, mida tähelepanu kasutab, mis aitab seega hinnatavat ajaühikut paremini markeerida. Enamik käitumismustreid on kujunenud isikliku kogemuse mõjul. Niisamuti ka subjektiivne ajataju, mis on mõjutatud nii välistest kui sisemistest stiimulitest. Näiteks kui inimene tegeleb millegi meeldivaga, siis tundub aeg lendavat (Droit-Volet, Ramos, Bueno, Bigand, 2013). Ajatajul on seega sarnased psühhofüsioloogilised omadused nagu ka teistel tajumehhanismidel, näiteks nägemistajul, kuid sensoorne organ elamuse vastuvõtuks puudub. Yuasa ja Yotsumoto (2015) on leidnud, et ajataju töömehhanismid visuaalse ja auditiivse stimulatsiooni korral on erinevad. Visuaalne modaalsus domineerib auditiivse üle ruumitaju kontekstis, kuid auditiivne modaalsus domineerib ajataju kontekstis. See võib järelikult olla põhjus, miks hinnatakse auditiivses modaalsuses stiimuleid täpsemini. On kirjeldatud, et meeldiva muusika kuulamine paneb aja justkui lendama. Seetõttu kasutatakse ooteruumides rahulikku muusikat ja ka näiteks supermarketites, et panna inimesi alateadlikult sinna kauemaks jääma ja aja möödumiselt tähelepanu ära võtta (Droit-Volet jt., 2013).

Käesolev seminaritöö keskendub millisekundilise ajastamise uurimisele ja täpsemalt selle toimimist mõjutavatele auditiivsetele stiimulitele ning kuidas efekt väljendub psühhofüsioloogiliste korrelaatidena. Töös kasutatakse ajahindamise ülesandeid, mida tõlgendatakse läbi SET teooria, et teada saada, millist efekti omab signaali modaalsus ning milline on kognitiivne koormus. Subjektiivne ajataju sõltub nii tähelepanumehhanismidest kui ka ärgastustasemest. Uuritakse ka katseisikute tausta ning selle mõju ajahindamisülesannetele. Töö on valminud koostöös Katrin Veere (2016) uurimistööga „Visuaalsete distraktorite mõju subjektiivsele ajatajule etalonpaaridega ajahindamise ülesandes,“ milles käsitletakse visuaalse stimulatsiooni mõju subjektiivsele ajatajule.

Lähtuvalt eelnevatest uuringutest ning antud töö eesmärkidest ja ülesehitusest on uurimistööl 3 peamist *hüpoteesi*:

H1: Kui hinnatavatele ajakestustele kaasneb auditiivne stimulatsioon, hinnatakse kestust

## Auditiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele

suhteliselt pikemaks. Psühhomeetrilises funktsioonis tekitab see nihke vasakule. 1000 Hz sageduse puhul on nihe suurem, kui 500 Hz puhul.

H2: Auditiivne stimulatsioon on kasutatav ajamarkerina ning aitab seega täpsemini kestusi hinnata. Auditiivse stimulatsiooni mõju on seeriasiseselt ärgastav, kui ei kandu edasi järgnevaisse seeriatesse.

H3: Muusikalise haridusega katseisikud hindavad millisekundilisi ajakestusi täpsemini, kui need, kes muusikaga tegelenud ei ole.

## 2. Meetod

### Valim

Katseisikuteks olid 9 mees- ja 23 naissoost isikut vanuses 19-38 ( $M_{\text{vanus}} = 22,97$ ;  $[SD_{\text{vanus}}] = 3,91$ ), kellest kõik rääkisid emakeelena eesti keelt. Katseisikud osalesid katses vabatahtlikult ning allkirjastasid ka informeeritud nõusolekulehe. Katseisikud täitsid enne katses osalemise kinnitamist taustaküsimustiku, milles küsiti informatsiooni nende tegevusvaldkondade, haridustaseme, musikaalse ja spordialase kogemuse, tervisliku seisundi ning muude huvialade kohta. Katseisikute värbamiseks levitati infot Tartu Ülikooli kirjalistides ja sotsiaalmeedias Tartu Ülikooli eksperimentaalpsühholoogia labori kodulehel. Uuringute tegemiseks oli Tartu Ülikooli Eetikakomitee luba.

### Katsematerjalid, aparatuur

Katseisikud täitsid katsele eelnevalt Internetis taustaküsimustiku demograafiliste omaduste, füüsilise aktiivsuse, musikaalsuse, arvutimängude, isikuomaduste, ravimite tarbimise ning muude võimalike ajataju mõjutajate kohta. Et mõõta subjektiivset väsimust ning näljatunnet, kasutati mõlema puhul eraldi Borgi (1998) CR10 skaalat (0 – „väsimuse puudumine“, 11 – „maksimaalne väsimus“). Väärtused registreeriti kirjalikult enne ja pärast katset visual-analoogskaalal (VAS), milleks olid kaks 10 cm pikkust joont kahe ekstreemväärtuse vahel ning katseisikud vastasid küsimusele „kuidas sa end praegusel hetkel tunned?“.

Etalonpaariga ajahindamise ülesandes (programmeeritud Mai Toomi poolt keskkonnas MATLAB 7.5.0 R2007b, MathWorks, Inc, katsearvutil Dell Latitude E6500) ilmusid arvutiekraanile seeriatena erinevate kestustega riskülilikud. Enne iga seeriat tutvustati neile ekraanil 4 korda lühikest (215 ms) ja 4 korda pikimat (815 ms) võimalikku kestust. Katsealuste ülesanne oli hinnata, kas ekraanile ilmuvate riskülilikute kestus on sarnasem kõige lühema või kõige pikema kestusega (vastavalt kas vasaku või parema hiireklõpsuga).

Pärast igat hiireklõpsu ilmus ekraanile automaatselt uus ristkülik. 3 katseisikut vahetasid ülesannet täites klahvide tähendused ära, kuid tulemustes on kasutatud korrigeeritud andmeid. Stiimulmaterjal loodi samuti MATLAB programmeerimistarkvara abil ning esitati läbi kõrvaklappide. Materjal esitati pseudojuhuslikus järjestuses seeriatena. Esimeses auditiivse stimulatsiooniga seeria variandis oli helisagedus 500 Hz, teises 1000 Hz. Kasutati nii pidevat kui katkendlikku heli. Katkendlik heli esitati sagedusega 25 Hz (sekundi puhul on helikestus 20 ms ja helipaus 20 ms).

### **Protseduur**

Kõik katseosad kokku kestsid umbes 60 minutit, millest ajahindamisülesanne moodustas umbes 40 minutit. Enne katseseeria algust lasti katseisikutel kodus Interneti vahendusel täita taustaküsimustik. Andmeid küsimustikust kasutati uuringus osalemise kriteeriumite täitmise kontrolliks ning teisalt ka uuringu lõppstaadiumis individuaalsete erinevuste analüüsiks. Laborisse jõudes lasti katseisikutel täita informeeritud nõusoleku leht, enesetunde küsimustik ning lühike taustainfo küsimustik paber kandjal, kus täpsustati peamiselt katseisiku erialaga seonduvad küsimused. Seejärel tehti kindlaks katseisiku juhtiv silm. Järgnevalt viidi läbi kuue üksikmõõtmisega tsentraalse ärgastuse ehk CFF test, mille tulemused on hertsides. CFF testi tulemusi antud töö detailselt ei käsitle, kuna ei vaatle nägemisinformatsiooni mõju stiimuli kestusele.

Ajahindamise ülesanne viidi läbi hämaras ruumis. Enne katse alustamist tutvustas eksperimentaator katse käiku ning pärast tutvustust lahkus ta ruumist. Katseisik istus 90 cm kaugusel arvutiekraanist ning kandis terve katse vältel kõrvaklappe, millest kostis vastavalt seeriatele ka stimuleerivaid helisid. Katseisik hoidis arvutihiirt põlvel. Ülesannete juhendid esitati esmalt tekstina arvutiekraanil, seejärel täpsustas katse läbiviija juhendit suuliselt. Ajataju registreerimiseks kasutati ootuslikku ajataju hindamise viisi, milleks oli etalonpaariga ajahindamisülesanne. Antud katses näidati katseisikule järjestikustes esitustes ekraani keskel teatud ajavahemiku jooksul halli ristkülikut ning katseisik pidi võrdlema viimati esitatud ristküliku ekraaniloleku aega katse algul tutvustatud võimaliku

lühima (215 ms) ja pikima (815 ms) esitusajaga ning otsustama, kas esitusaeg oli sarnasem võimaliku lühima või pikima esituse kestusega. Ajahindamise ülesanne oli kaheksas ploki, mis olid jagatud treening- ning katsefaasiks. Treeningul esitati stiimuleid, mida hiljem hinnata tuli. Katsefaasis olevate ajaintervallide järjestus oli juhuslik ning nende kestused olid: 215, 332, 448, 565, 682, 815 ms. Iga intervalli esitati 12 korda ühes katseplokis. Katset saab teha kahes variandis – helitaustaga või ilma. Antud töö käsitleb helitaustaga varianti. Helitaustaga katseseeria korral esitatakse ekraanil riskülik ning samal ajal kostub kõrvaklappidest kas ühtlane või katkendlik helisignaali (500 Hz või 1000 Hz). Iga katseisik läbis kõik katseplokid. Teststiimulid on igas ploki samad, v.a V3 seerias, mis on toodud ka välja Tabelis 1. Auditiivne stimulatsioon tekitati sarnaselt Droit-Volet 2010. a. töös kasutatud katseparadigmale, kus 500 Hz helisignaali kestusega 200 ms (*onset-to-onset*) esitatakse visuaalse stiimuli ajal ning seejärel tuli katseisikul hinnata visuaalse stiimuli ehk risküliku ekraaniloleku kestust. Ajataju ülesanded sooritati eraldi plokkides, kus auditiivne stimulatsioon kas esineb või mitte.

**Tabel 1.** Katseplokid ja -parameetrid. Tärniga (\*) on tähistatud Veere (2016) töös kirjeldatavad parameetrid, mida käesolev töö ei käsitle.

Ploki järjekord	Parameetrid	Treeningfaasi stiimulid	Testfaasi stiimulid		
1,8	Hall	Hall	Hall	-	-
2-5	*V1/madal kontrast	Hall	Hall	Gabor võre paigal	Gabor võre liikuv
2-5	*V2/kõrge kontrast	Hall	Hall	Gabor võre paigal	Gabor võre liikuv
2-5	A1/500 Hz	Hall	Hall	Pidev heli	Katkendlik heli 25 Hz
2-5	A2 1000 Hz	Hall	Hall	Pidev heli	Katkendlik heli 25 Hz
6-7	*V3	Gabor võre	-	Gabor võre paigal	Gabor võre liikuv
6-7	A3	Hall	Hall	Pidev heli	Katkendlik heli 25 Hz

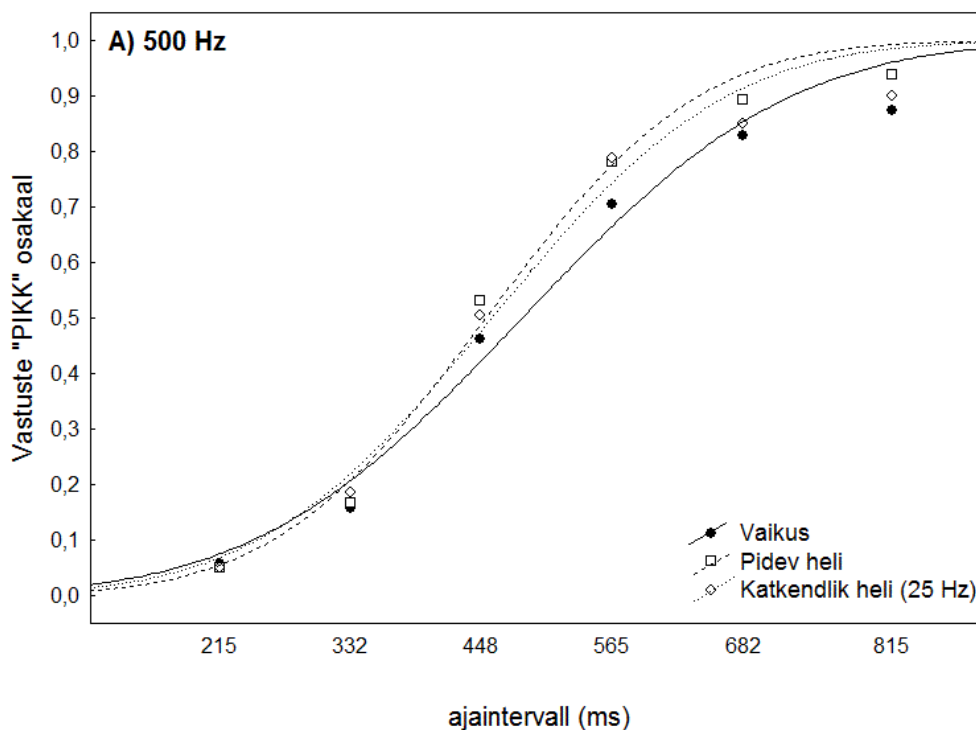
*Märkus:* Tabel on valminud ühistööna Katrin Veerega (2016).

## **Andmete analüüs**

Põhikatse andmete analüüsimiseks ja visualiseerimiseks kasutati statistikaprogrammi STATISTICA. Analüüs viidi läbi ANOVA mitteparameetriliste korduvmõõtmistega ning tehti ka sõltuvate gruppide t-test. Sõltumatu faktor oli antud analüüsi puhul auditiivne stiimul ja sõltuv faktor subjektiivne võrdsuspunkt. Täpsem arvutuskäik on esitatud tulemuste osas. Katseisikute ülesandeks oli hinnata, kas esitatud ajaintervall sarnanes varem esitatud pikemale või lühemale etalonile, mis võimaldas saadud tulemusi kujutada psühhomeetrilise funktsioonina. Subjektiivseks võrdsuspunktiks on ajaintervall, mida katseisik hindas sama sagedalt sarnaseks lühema ja pikema intervalliga. Psühhomeetrilise funktsiooni x-teljel on katses kasutatud ajaintervallide kestused ning y-teljel "pikem" vastuste osakaal nullist sajani. Subjektiivne võrdsuspunkt leiti iga katseisiku ja tingimuse kohta lähendades andmeid pööratud normaaljaotuse funktsiooniga. Sigmat ehk funktsiooni tõusu, mis sarnaneb Weberi koefitsiendiga, kasutati, et kirjeldada katseisikute eristusvõimet pikkade ja lühikeste stiimulite vahel. Weberi koefitsient on vähim muutus sõltumatu muutuja väärtustes, mis kutsub esile muutuse katseisikute käitumises ja mille väiksem väärtus seostatakse täpsemate ajahinnangutega (Kopec ja Brody, 2010).

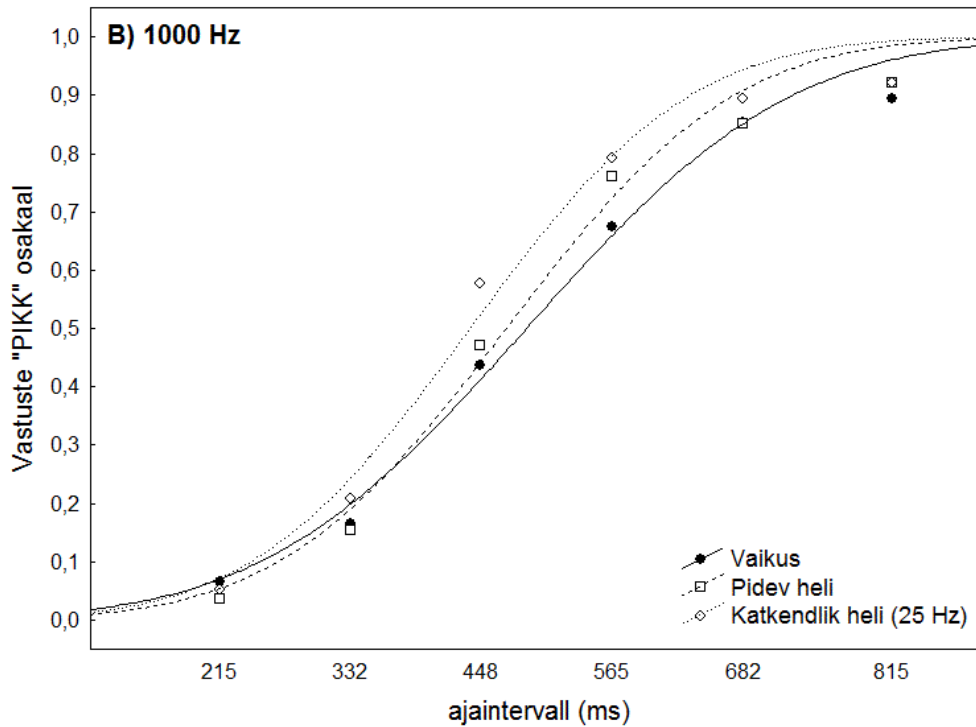
### 3. Tulemused

Esmalt vaadati, kuidas mõjutavad erinevad parameetrid (helisagedus ja pidevus või katkendlikkus) subjektiivset halli visuaalse stiimuli kestust auditiivse katseseeria sees. Joonistelt 2 ja 3 on näha psühhomeetrilise funktsiooni nihe vasakule tingimustel, kui ajahindamisülesandega kaasneb auditiivne stimulatsioon, mis viitab sellele, et katseisik hindab tajutud visuaalse stiimuli kestust pikemaks, kui see tegelikult on. Objektiivne kestus, millega tulemusi läbivalt võrreldakse, on 515 ms (aritmeetiline keskmine). Nihe vasakule on selgem helisageduse juures 1000 Hz (Joonis 3), seega subjektiivse ajataju mõjutamisel on oluline võtta arvesse ka helisagedus.



**Joonis 2.** “Pikk” vastuste osakaal (osakaal hinnanguid, mis näitasid, et hinnatud stiimul oli sarnasem “pikk” vastustega kui “lühike” vastustega) auditiivse katseseeria sees sageduse 500 Hz puhul.



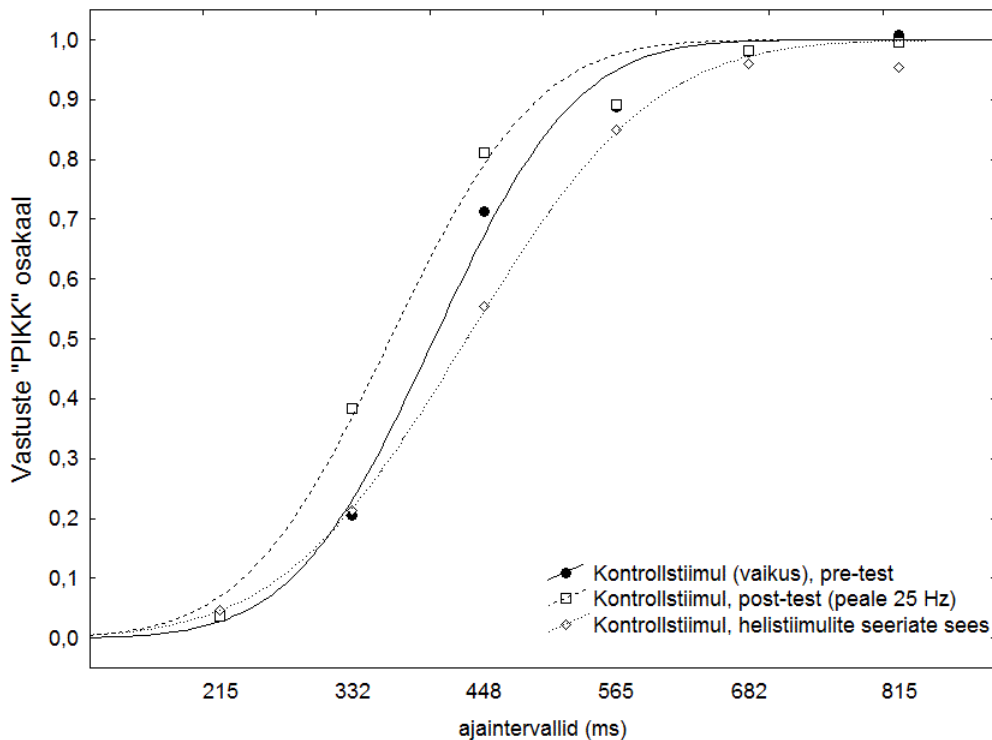


**Joonis 3.** “Pikk” vastuste osakaal (osakaal hinnanguid, mis näitasid, et hinnatud stiimul oli sarnasem “pikk” vastustega kui “lühike” vastustega) auditiivse katseseeria sees sageduse 1000 Hz puhul.

**Tabel 2.** Ajahinnangute subjektiivsed võrduspunktid (SVP) koos usalduspiiridega vaikuse, pideva heli ja katkendliku heli korral (N = 32) usalduspiirides 95%.

	SVP (M ± SE)	Sigma	Alumine usalduspiir	Ülemine usalduspiir
<b>500 Hz</b>				
Vaikus	0,49 ± 0,02	0,19	0,44	0,53
Pidev heli	0,45 ± 0,01	0,15	0,42	0,48
Katkendlik heli	0,46 ± 0,02	0,16	0,41	0,50
<b>1000 Hz</b>				
Vaikus	0,49 ± 0,01	0,19	0,46	0,52
Pidev heli	0,47 ± 0,01	0,16	0,43	0,51
Katkendlik heli	0,44 ± 0,01	0,15	0,40	0,48

Järgnevalt vaadati, kuidas hinnati täpselt samade hallide ilma helitaustata visuaalsete stiimulite (kontrollstiimulite) kestust erinevates seeriates. Joonisel 4 on toodud välja ajahinnangud kontrollstiimulile erinevatel tingimustel auditiivse katseseeria puhul ning neil katseisikutel, kes läbisid enne post-testi auditiivse lühikese seeria (25 Hz). Sooviti teada saada, kas auditiivne seeria mõjub ärgastavalt ning kui kaua antud efekti mõju kestab. Individuaalsed psühhomeetrilised lähendid leiti sarnaselt eelpool mainitud analüüsile ning on toodud Tabelis 3. Jooniselt võib järeldada, et üldine nihe, mis ilmneb auditiivses tingimuses ka kontrollstiimuliga, omab ülekandefekti ka auditiivsele järgnevale kontrollstiimulile (post-test). On toimunud efekt, mis toimib küll seeriasiseselt, kuid ei kandu edasi järgmistesse seeriatesse. Kontrollstiimul auditiivse seeria sees erineb pre-testist ja post-testist. Mitteparameetiline Friedmani test andis tulemuseks  $\chi^2 = 8,86$ ;  $p = 0,01$ .



Joonis 4. Hallid stiimulid erinevates auditiivsetes katsetingimustes.

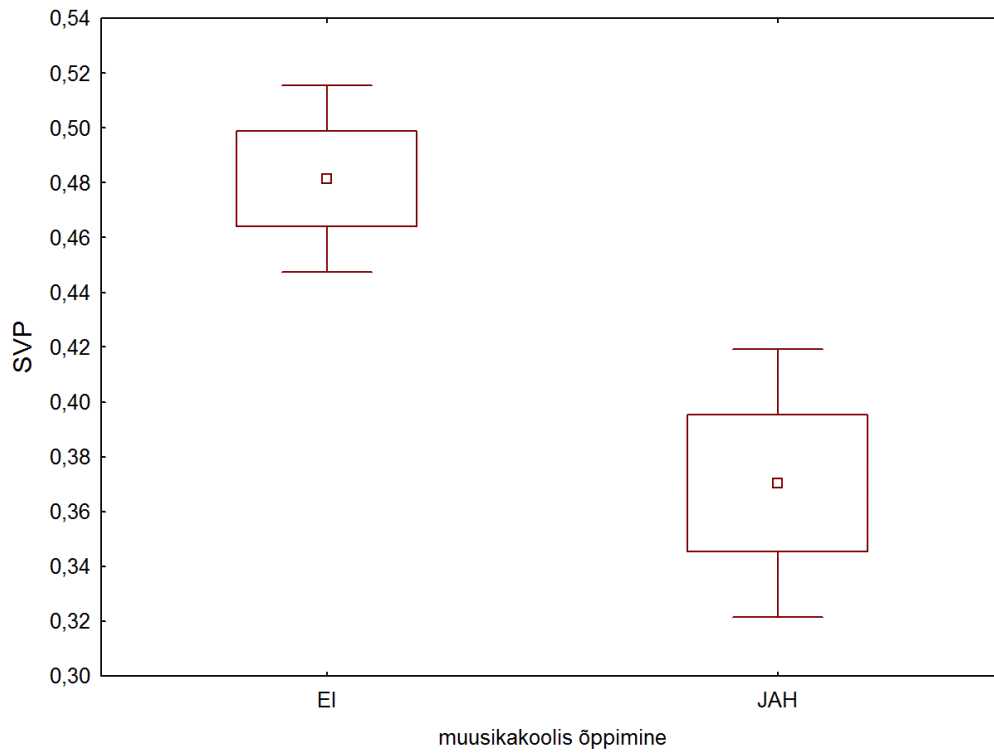
## Audiitiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele

**Tabel 3.** Ajahinnangute subjektiivsed võrdsuspunktid (SVP) erinevate hallide seeriade korral koos usalduspiiridega 95% (N = 16).

	SVP (M ± SE)	Sigma	Alumine usalduspiir	Ülemine usalduspiir
Pre-test	0,40 ± 0,01	0,10	0,38	0,43
Post-test	0,37 ± 0,01	0,10	0,34	0,39
Kontrollstiimul	0,43 ± 0,01	0,13	0,42	0,45

Järgnevalt prooviti tõestada hüpoteesi, mis väitis, et katseisikud, kes on tegele-  
nud muusikaga, hindavad ajakestusi täpsemini, kui need, kellel muusikalist haridust ei ole.  
Subjektiivsetele võrdsuspunktile statistiliselt olulist mõju ei avaldanud pillimängu-  
oskus, üle kolme korra nädalas spordiga tegelemine, laulmisega tegelemine ega hinnang iseendale,  
kas katseisik räägib pigem kiirustades. Jooniselt 5 tuleb välja, et muusikakoolis õppinute  
subjektiivne nullpunkt on katse alguses nihkes, kuid harjutades liigub see objektiivsele  
nullpunktile lähemale.

## Auditiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele



**Joonis 5.** Subjektiivsed võrdsuspunktid (SVP, sekundites) muusikakoolis õppinud (7 osalejat) ja muusikalise hariduseta katseisikutel (25 osalejat).

#### 4. Arutelu ja järeldused

Käesoleva töö eesmärk oli uurida auditiivse stimulatsiooni mõju subjektiivsele ajatajule. Sooviti ka selgitada, milline on seos musikaalsuse ning subjektiivse ajatajuga etalonpaariga ajahindamisülesandes. Olenemata, et katseisikud raporteerisid väsimuse tõusu, ei mõjutanud see nende ajahinnangut. Veere (2016) leidis, et CFF testi tulemused ei korreleerunud statistiliselt oluliselt subjektiivse väsimuse tõusuga (katse alguses  $M_A = 33,6$  ja katse lõpus  $M_L = 32,6$  Hz). Selle põhjal võib järeldada, et etalonkestused on jäädvustunud referentsmällu ning vastuste andmine on muutunud automaatseks, kuna assotsiatsioon on muutunud tugevamaks. Seda võib seletada teooriaga, et lisaks taktiseadjale on ajahinnangutes suur roll ka referents- ja töömälul. Psühhomeetrilistes funktsioonides on näha, et graafiku tõusunurgas ei ole tekkinud olulisi muutusi olenemata stimulatsioonist. Subjektiivset ajataju mõjutab tähelepanu ning selle häirudes pääseb vähem lööke läbi lüliti. Stiimuli kestust hinnatakse seega lühemaks, kui see tegelikult on. On võimalik, et auditiivse lisastimulatsiooniga katseseeriat teeb katseisik läbi ka näiteks silmad kinni. See tähendaks aga, et tähelepanu on koondatud ainult auditiivsetele stiimulitele ning visuaalne pool jääks ära – katsetulemused võiksid sellisel juhul oluliselt erineda. Tõenäoline antud variant aga ilmselt ei ole, kuna kinnisilmi poleks võimalik saavutada seesugust täpsust nagu ilma helitaustata stiimuli puhul. Katseisikud kasutasid auditiivset stimulatsiooni abistamiseks hindamist. Helide kasutamine oli katses lisastiimul, mis markeeris intervalle ning aitas katseisikutel ajakestusi täpsemalt hinnata. Seeriasiseselt efekt küll toimus, kuid see ei kandunud edasi järgnevasse seeriatesse, seega leidis kinnitust antud töö teine hüpotees.

Reaktsiooniaeg auditiivse stiimuli tajumiseks on vahemikus 140-160 ms, kuid visuaalse stiimuli tajumine võtab aega umbes 180-200 ms. Seega võib sisemise kella kiirus oleneda suurel määral stiimuli modaalsusest. Auditiivse signaali võtab aju vastu umbes 10 ms jooksul, visuaalse aga 20-40 ms jooksul. Kuna auditiivse stiimuli töötlemine toimub kiiremini, võib sisemine kell selle puhul ka võrreldes visuaalse stiimuli töötlusega

kiirenda (Ortega, Lopez ja Church, 2008).

Yuasa ja Yotsumoto (2015) leidsid, et auditiivse stimulatsiooni puhul toimub ajakestuste alahindamine ning visuaalse stimulatsiooni puhul ülehindamine. Kui aga katses kasutada samaaegselt mõlemat modaalsust, siis tekib nulliv efekt. Järeldati, et modaalsuste toimemehhanismid on äärmiselt erinevad, kuid antud situatsioonis tekib nendevaheline interaktsioon. Hüpoteesiks oli, et muusikaga tegelenud katseisikud hindavad millisekundilisi ajakestusi täpsemini, kui need, kes muusikaga tegelenud ei ole. Antud hüpotees tugevat kinnitust ei leidnud, kuid võib väita, et positiivsemalt mõjub pigem muusikakoolis käimise süstemaatilisus, kui laulmisega tegelemine või iseseisev pillimängu õppimine. On võimalik, et muusikakoolis õppinute jaoks olid hinnatavad ajakestused liiga pikad, kuna näiteks pillimängu puhul tuleb arvestada veelgi lühemate ajaühikutega ning olla seejuures äärmiselt täpsed. Antud uurimusest võiks edasi arendada järgmise katse, milles osaleksid ainult muusikud, kes on oma erialaga tegelenud juba aastaid.

On leitud, et muusika mõjutab subjektiivset ajataju kindla skeemi järgi. Muusikapalad on tavaliselt korrapärase struktuuriga, mis tähendab ka seda, et näiteks refrääni või kitarrisoolo pikkus on ajalisel enamjaolt sarnane ning erinevad pala osad on kindlas järjestuses. Kuna inimesed on harjunud kuulma teatud struktuuridega lugusid, siis võivad nad hinnata lugu pikemaks, kui näiteks refrään esitatakse tavapärasest hiljem ning lühemaks, kui see esitatakse tavapärasest varem. Välja on kujunenud tajulised ootused ning kui inimest nende suhtes üllatatakse, siis nihkub ka ajalise hinnangu täpsus (Droit-Volet jt., 2013). On võimalik, et kui katseisikutele esitada sarnaselt käesoleva tööga auditiivne stimulatsioon läbivalt kõigis katseplokkides sarnase struktuuri alusel (pidev/katkendlik heli kindlates järjestustes) ning lisada katse lõppu plokk, kus antud struktuur on segamini aetud, siis katseisiku ajahinnangud on viimases osas oluliselt erinevad.

## 5. Kasutatud kirjandus

Buhusi, C.V., Meck, W.H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews & Neuroscience*, 6, 755-765.

Burle, B., Casini, L. (2001). Dissociation between activation and attention effects in time estimation: Implications for internal clock models. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 195–205. doi: <http://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-1523.27.1.195>

Curran, S., Hindmarch, I. (1990). Critical flicker fusion (CFF) in normal elderly subjects: A cross-sectional community study. *Current Psychology*, 9. Doi: <http://dx.doi.org.ezproxy.utlib.ee/10.1007/BF02686765>

Droit-Volet, S. (2010). Speeding up a master clock common to time, number and length? *Behavioural Processes*, 85, 126-134.

Droit-Volet, S., Meck, W.H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 504-513.

Droit-Volet, S., Ramos, D., Bueno, J.L., Bigand, E. (2013). Music, emotion, and time perception: the influence of subjective emotional valence and arousal? *Frontiers in Psychology* 4, 417. Doi: 10.3389/fpsyg.2013.00417

Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review* 84, 279–325

Gibbon, J., Church, R. M., Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423(1), 52–77.

Gil, S., Droit-Volet, S. (2009). Time perception, depression and sadness. *Behavioural Processes*, 80(2), 169-176. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.beproc.2008.11.012>

Giovinazzo, V., Novarese, M. (2015). The meaning of happiness: attention and time perception. *Mind & Society*, 2015. doi: <http://dx.doi.org.ezproxy.utlib.ee/10.1007/s11299-015-0180-1>

Hoagland, H. (1993). The physiologic control of judgments of duration: Evidence for a chemical clock. *Journal of General Psychology*, 9, 267–287. doi: 10.1080/00221309.1933.9920937

Kitamura, T., Kumar, R. (1982). Time passes slowly for patients with depressive state. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 65(6), 415-420. Doi: <http://dx.doi.org.ezproxy.utlib.ee/10.1111/j.1600-0447.1982.tb00865.x>

Kopec, C. D., Brody, C. D. (2010). Human performance on the temporal bisection task. *Brain and Cognition*, 74(3), 262–272.

Mendoza, J. (2007). Circadian clocks: Setting time by food. *Journal of Neuroendocrinology*, 19, 127-137. doi: 10.1111/j.1365-2826.2006.01510.x

Ortega, L., Lopez, F. (2008). Effects of visual flicker on subjective time in a temporal bisection task. *Behavioural Processes* 78, 380–386. doi: <http://dx.doi.org.ezproxy.utlib.ee/10.1016/j.beproc.2008.02.004>

Ortega, L., Lopez, F., Church, R. M. (2008). Modality And Intermittency Effects On Time Estimation. *Behavioural Processes* 81(2), 270-273.

Penney, T.B., Gibbon, J., Meck, W.H. (2000). Differential Effects of Auditory and Visual Signals on Clock Speed and Temporal Memory. *Journal of Experimental Psychology* 26( 6), 1770-1787.

Penton-Voak, E.P., Edwards, H., Percival, A., Wearden, J.H. (1996). Speeding up an internal clock in humans? Effects of click trains on subjective duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 22, 307–320. doi: <http://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0097-7403.22.3.307>



Sild, M. (2011). Aja subjektiivse kulgemise kiirenemine kehalise koormuse ja kuuma mõjul. Seminaritöö kaitstud Tartu Ülikooli Psühholoogia Instituudis

Tamm M., Jakobson A., Havik M., Burk A., Timpmann S., Allik J., Ööpik V., Kreegipuu K. (2014) The compression of perceived time in a hot environment depends on physiological and psychological factors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(1), 197-208.

Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the “internal clock”. *Psychological Monographs: General and Applied*, 77(13), 1–31.

Treisman, M., Brogan, D. (1992). Time perception and the internal clock-effects of visual flicker on the temporal oscillator. *European Journal of Cognitive Psychology* 4 (1), 41–70.

Treisman M., Cook, N., Naish, P., MacCrone, J. (1994). The internal clock: Electroencephalographic evidence for oscillatory processes underlying time perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 47(2), 241-289. doi: 10.1080/14640749408401112

Treisman, M., Naish, P.L.N., Faulkner, A. (1992). On the Relation Between Time Perception and the Timing of Motor Action: Evidence for a Temporal Oscillator Controlling the Timing of Movement. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45 (2), 235-263.

Veere, K. (2016). Visuaalsete distraktorite mõju subjektiivsele ajatajule etalonpaaridega ajahindamise ülesandes. Seminaritöö kaitsmisel 2016 Tartu Ülikooli Psühholoogia Instituudis

Wearden J.H., Philpott K., Win T. (1999). Speeding up and (...relatively...) slowing down an internal clock in humans. *Behavioral Processes* 46, 63–73.

Wearden, J.H., Smith-Spark, J.H., Cousins, R., Edelstyn, N.M.J., Cody, F.W.J., O'Boyle, D.J. (2009). Effect of click trains on duration estimated by people with Parkinson's disease. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 62, 33-40.

Wearden J.H., Lejeune, H. (2008). Scalar properties in human timing: Conformity and violations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 61(4), 569-587.

Yuasa, K., Yotsumoto, Y. (2015). Opposite distortions in interval timing perception for visual and auditory stimuli with temporal modulations. *PLOS ONE* 10(8). Doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0135646>

## Auditiivse stimulatsiooni mõju ajataju hinnangutele

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.

Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.

Elis Rebane