

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Elektroencefalografické koreláty prolongovaného
pohybového výkonu u profesionálních hudebníků**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mudr. David Pánek, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Zuzana Brabencová

Praha, 2014

Abstrakt

Název: Elektroencefalografické koreláty prolongovaného pohybového výkonu u profesionálních hudebníků

Shrnutí: Cílem práce je ověřit přítomnost alfa aktivity v elektroencefalografickém záznamu v průběhu prolongovaného (20 min) hraní na housle a porovnat její morfologické a topické parametry s nativním EEG před a po této hře. Sledovaný výzkumný soubor byl tvořen 5 profesionálními houslisty ve věkovém rozmezí 25 – 60 let. Výsledky prokázaly výskyt alfa aktivity u čtyř probandů z pěti, u jednoho probanda s velmi nízkým výskytem. Dále byla prokázána změna distribuce alfa aktivity z oblastí parietookcipitálních před hrou k oblastem centrálním v průběhu hry a bezprostředně po dohrání. U všech probandů došlo ke zvýšení amplitudy alfa aktivity, které se objevuje ihned po dohrání. Získané výsledky potvrzují v literatuře popsané změny morfologie a topiky alfa aktivity při kognitivních činnostech a při nástupu centrální únavy při pohybové činnosti. Tyto změny se projeví zvyšováním amplitudy alfa aktivity a jejím posunem z parietookcipitálních oblastí k centrálním oblastem.

Klíčová slova: EEG, alfa aktivita, houslová hra, brain mapping

Title: Electroencephalographic correlates of prolonged locomotor performance of professional musicians

Summary: The aim of this work is to verify the presence of alpha activity in the electroencephalographic recording during prolonged (20 minute) violin play and compare its morphological and topical parameters with the native EEG record before and after the performance. Research sample consisted of five professional violinist in the age range of 25-60 years. The results showed the occurrence of alpha activity for four of five probands, in one case with a very low incidence. There has been also demonstrated changes in the distribution of alpha activity from parietooccipital areas before the performance to central areas during the play and immediately after finishing. All probands showed increased amplitude of the alpha activity immediately after finishing. The obtained results confirm the changes of morphology and the changes of topic alpha activity during cognitive activities and at the onset of central fatigue during physical activity described in literature. These changes were demonstrated by increasing the amplitude of alpha activity and the shift from parietooccipital areas to central areas.

Keywords: EEG, alpha activity, violin performance, brain mapping

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Mudr. Davidu Pánkovi, Ph.D. za vedení práce, pečlivé pročitání a opravování, věcné připomínky a děkuji mu za pomoc při orientování se v tématu. Děkuji svým rodičům za trpělivost a děkuji mému manželovi, který mě vždy podporoval a dodával mi odvalu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

Zuzana Brabencová

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Obsah

1. ÚVOD	5
2. TEORETICKÁ ČÁST	6
2.1 Generátory elektrické aktivity mozku a motorika.....	6
2.1.1 Thalamus a kortex	6
2.1.2 Motorika neboli hybnost	8
2.2 EEG.....	9
2.2.1 Historie.....	9
2.2.2 Princip snímání elektrické aktivity mozku.....	10
2.2.3 Deskriptory EEG záznamu.....	13
2.2.4 Artefakty	14
2.2.5 Normální EEG – grafoelementy.....	16
2.2.6 Zpracování signálu, klasifikace a interpretace záznamu	20
2.3 Housle – výroba, ladění a metodika hry.....	22
2.4 Pohybová aktivita a její EEG koreláty ve výzkumu	24
2.4.1 Mapování mozkové aktivity při pohybu	24
2.4.2 EEG koreláty pohybové aktivity	26
2.4.3 EEG koreláty emocí.....	29
2.4.4 EEG koreláty kognitivních funkcí.....	32
2.4.5 Fyziologické koreláty únavy	33
2.4.6 Koreláty poslechu a vnímání hudby.....	36
3. SPECIÁLNÍ ČÁST	39
3.1 Cíle práce, hypotézy, vědecký záměr a vědecké otázky	39
3.1.1 Cíle práce	39
3.1.2 Hypotézy	39
3.1.3 Úkoly práce a výzkumné otázky	39
3.2 Metodologie práce.....	40
3.2.1 Sledovaný výzkumný soubor	40
3.2.3 Použité metody a provedení experimentu	40
3.2.4 Analýza a zpracování dat	41
3.3 Výsledky měření a analýza dat	42
3.3.1 Hodnoty EEG – okulometrické vyhodnocení a spektrální analýza.....	42
3.3.2 Shrnutí výsledků.....	60
4. DISKUZE.....	64

5. ZÁVĚR	68
Seznam obrázků a grafů	75
Seznam příloh	77

Seznam použitých zkratk

m. – musculus

EEG – elektroencefalografie

QEEG – kvantitativní elektroencefalografie

BM – brain mapping

AP – akční potenciál

ARAS – ascendentní retikulární aktivační systém

CNS – centrální nervový systém

EKG – elektrokardiografie

EMG – elektromyografie

NFB – neurofeedback

AAR – alfa atenuační reakce

RZ – reakce zástavy

RF – rebound fenomén

FFT – Fast Fourier Transformation

PSD – Power Spectral Density

CSA – Compressed Spectral Arrays

STAI – Spielberg State-Trait Anxiety Inventory

A/T trénink – alfa/theta trénink

tACS – transcranial alternative current stimulation

ERS – event-related desynchronization

ERD – event-related synchronization

DMN – default mode network

fMRI – funkční magnetická rezonance

p/PCC – precuneus/posteriori cingular cortex

MPFC – medial prefrontal cortex

SMA – suplementární motorická area

Pre-SMA – presuplementární motorická area

SMC – supplementary motor complex

PMC – premotoric cortex

dPMC – dorsal premotoric cortex

vPMC – ventral premotoric cortex

mid-PMC – middle premotoric complex

1. ÚVOD

V současném sportovním světě je pozornost soustředěna na stále zvyšování výkonu. Od sportovců se očekává větší rychlost, síla i výdrž. Jejich výkony se mnohdy zdají být za hranicemi lidských možností. Důvodem jsou neustále se rozvíjející tréninkové metody, avšak někdy i nedovolené podpůrné prostředky. Při kontinuálním sportovním zatížení na vysoké úrovni zpravidla dochází k pravidelnému přetěžování organismu, ve snaze o dosažení lepších výsledků. Pozornost je soustředěna na výkon, motorický výstup. Naproti tomu studium řízení motorického výkonu je často opomíjeno. Protože pohyb je projevem mozkové aktivity, je zkoumání činnosti mozku a jeho funkčních zapojení při vykonávání pohybu důležité pro pochopení řízení motorického výkonu.

Činností mozku při vykonávání pohybové aktivity se zabývám v této práci. Pro studium byl vybrán jeden z parametrů mozkové činnosti, výskyt alfa aktivity, sledovaný pomocí vyšetření EEG. Díky moderním technologiím a matematickému zpracování signálu lze doplnit výsledky funkčního vyšetření EEG o další výstupy. Získáváme tak přehled o tom, jaká aktivita je produkována, kde a v jakém množství se vyskytuje.

V literatuře byl sledován výskyt alfa aktivity během sportovního výkonu a dalších lidských činností. Protože hudební výkon je v mnoha ohledech srovnatelný s výkonem sportovním a sama mám k hudbě vřelý vztah, rozhodla jsem se měřit elektrickou aktivitu mozku během hudební produkce. Hra na hudební nástroj je dlouhodobá fyzická aktivita, mimořádně náročná na koordinaci a řízení motoriky. Hudební profese vyžaduje obrovskou míru disciplíny, talentu, tréninku, soustředění a píle. Pravidelný denní rituál profesionálního hudebníka se ve své podstatě příliš neliší od denního režimu vrcholového sportovce. Sestává se z několikahodinových nácviků a zkoušek, vrcholného soustředění a vypětí při vystoupeních. Součástí hudebního výkonu je i velký emoční prožitek z vykonávané činnosti a snaha o předání této emoci posluchači. Proto je tento prožitek intenzivnější než u sportovců, kteří jsou soustředění především na vlastní výkon.

Hodnocení mozkové činnosti v průběhu hudební produkce může poskytnout cenné informace o procesu řízení motorického výkonu a dalších procesech důležitých pro ekonomické vykonávání pohybu, stupni kognitivních funkcí a prožívané emoce z vykonávaného pohybu.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Generátory elektrické aktivity mozku a motorika

V této části jsou stručně uvedeny generátory elektrické aktivity vzhledem k zaměření tématu práce. Tedy především v oblasti očekávaných změn, v talamokortikálních okruzích, jejich synchronní a asynchronní aktivaci. Stejně tak motorika jako projev svalové, ale především pak řídicí složky systému je rozebrána z hlediska klíčových oblastí pro její řízení.

2.1.1 Thalamus a kortex

Electroencefalogram vzniká součinností neuronů thalamu a kortexu, kůry mozkové. Kortex je hlavním zdrojem snímané elektrické aktivity, která vzniká na synaptodendritických membránách v povrchních vrstvách kortexu. Jako základní rytmus je uváděna alfa aktivita, která mívá převahu nad zadními oblastmi, tedy okcipito-parieto-temporálně, její frekvence je 8 – 13Hz a je vlastností mozku, který je zdravý, bdělý, zralý (pravidelně po 7 roku věku) a při zavřených očích. Výskyt alfa aktivity při zavřených očích je projev synchronizace v thalamokortikálních okruzích, uplatňují se synchronizační thalamokortikální mechanismy. Alfa vlny pak mají stejnou fázi, což se projeví pozitivní interferencí, tedy vysokou amplitudou a pravidelností vln. Naopak tomu je při otevřených očích, kdy tyto generátory nepracují synchronně, jsou mimo fázi a negativní interference se projeví nízkou amplitudou nepravidelných vln. Synchronizace rytmů v thalamokortikálním systému (vyjádřena v klidu při bdění právě alfa aktivitou) je projevem vlivu ARAS (ascendentního retikulárního aktivačního systému) na tuto thalamokortikální soustavu. ARAS také udržuje bdělost, čili vigilitu, tzn. vysoký tonus kůry mozku. Kmenové struktury odpovídají z behaviorálního hlediska za úroveň vigility, naopak hemisferální struktury pak za obsah paměti, vědomí a mohutnosti inteligence. Známe tedy tři funkce alfa aktivity. A sice vigilitu, gnostický proces a paměťové mechanismy. (10)

Thalamus je jednou z částí mezimozku, diencefalón, který navazuje na horní konec mozkového kmene. Thalamus je součástí senzitivních spinothalamických a senzorických drah a je zapojen v ascendentním aktivačním systému. K přepojovní signálů dochází v thalamických jádrech, kterých je velká řada a dosud není přesně uceleno jejich dělení a nomenklatura. Tato jádra jsou z hlediska funkce zapojena

do různých systémů drah. Z tohoto hlediska jsou seskupovány do níže uvedených skupin. Toto rozdělení nám dává nahlédnout do jejich zapojení v aktivačním systému.

- Nespecifická jádra – projikují difúzně do širokých oblastí kůry a do bazálních ganglií, převádějí na tyto struktury vlivy hlavně z retikulární formace jako součást aktivačního systému
- Specifická jádra sensorická – jsou zapojena do sensorických drah, projikují do dobře ohraničených, nevelkých korových oblastí a převádějí do nich informace z příslušných drah
- Specifická jádra nesensorická – také projikují do ohraničených korových oblastí, nucleus ventralis lateralis a anterior jsou zapojeny v motorických systémech bazálních ganglií (převod z globus pallidus do motorické a nemotorické kůry), nuclei mediales a nuclei anteriores jsou součástí limbických okruhů
- Asociační jádra – dostávají impulsy ze specifických jader thalamu a kolaterál sensorických a senzitivních drah, které přepojují do rozsáhlých korových oblastí, se kterými jsou recipročně propojeny. (37)

Mozková kůra, cortex cerebri, je tvořen převážně neuronovými buněčnými těly, zatímco bílá hmota je tvořena převážně velkým množstvím axonů, většinou myelinizovaných. Kortex, šedá hmota mozková má na povrchu mozkové závitky (gyry), brázdy a hlubší zářezy (fisury). Neurony tvoří dlouhé nervové dráhy, které jsou asociační spojující laloky na jedné straně, komisurální spojující obě hemisféry a projekční jdoucí k periférii. Mozková kůra má své cytoarchitektonické dělení s tvarově podobnými buňkami. Nejčastěji je přijímáno cytoarchitektonické dělení mozkové kůry dle Brodmana, který kůru rozdělil na histologicky podobné úseky zvané arey. Označil 52 areí na každé hemisféře. (38). Při mapování funkčně specializovaných okřsků se obvykle rozlišují motorické korové oblasti, senzitivní a sensorické korové oblasti a terciární (asociační) korové oblasti. Do motorických oblastí řadíme primární motorickou korovou oblast v gyrus precentralis, premotorickou korovou oblast nacházející se v předním okraji gyrus praecentralis, frontální okohybné pole, Brockovo motorické centrum řeči, suplementární motorickou korovou oblast lokalizovanou do části nemotorické oblasti. Sensitivní a sensorické korové oblasti se nacházejí v a za oblastí gyrus postcentralis. Patří sem primární, sekundární a suplementární senzitivní oblast a dále korové oblasti zpracovávající sensorické informace zrakové, sluchové, chuťové a čichové. Insulární korová oblast je považována za korové centrum

gastrointestinální motility a limbická korová oblast má pak významnou funkci při vybavování a regulaci emočních stavů. Terciární asociační oblasti se nacházejí v každém laloku hemisféry. Pro frontální asociační oblast je asociace spojená s analýzou signálů z jiných korových oblastí a jejich využití pro přípravu motorické aktivity, účast na vyšších mentálních funkcích a utváření vědomí jedince. V parietální oblasti je aktivita neuronů spojena s pohybem současně v několika kloubech nebo pohybem spojeným s drážděním kůže. Temporální oblast má spojení se signály pro sekundární sluchovou oblast a okcipitální oblast pak pro sekundární zrakovou korovou oblast. (7)

2.1.2 Motorika neboli hybnost

Motorika neboli hybnost je jednou z nezákladnějších funkcí živých organismů. Svalová činnost je projevem aktivity motorického systému a slouží k účelné pohybové činnosti. Motorický systém generuje dva základní druhy pohybů. Za prvé reflexní odpovědi, které jsou rychlé, stereotypní, mimovolní a vyvolané podnětem. A za druhé cílenou, volní motoriku. Na řízení motoriky se podílejí všechny etáže CNS od mozkové kůry po spinální míchu, včetně senzitivního systému. (1)

Dráhové systémy, které řídí a regulují motoriku celého těla, jsou motorické dráhy, které z korové a z kmenové úrovně CNS ovládají motoneurony. Z kmenové úrovně vychází dráhy z nucleus ruber, tecta, retikulární formace z nucleus vestibularis. Korové motorické dráhy jsou označovány také jako korové sestupné projekční dráhy a začínají v motorických korových okřscích. Nejznámější dráha je pyramidová dráha, tractus cortikospinalis, je jednoneuronová a vychází z mozkové kůry k míšním segmentům, kde končí na motoneuronech a na interneuronech předních rohů míšních. Tato dráha vystupuje jednak z motorických korových oblastí, ale i ze senzitivních korových areí. Kortikonukleární dráha vystupuje z motorických i sensorických oblastí a jde do motorických i senzitivních jader hlavových nervů. Dále popisujeme tzv. korové motorické dráhy nepřímé, které vedou podněty z korové úrovně k jádrům mozkového kmene a z těch pak navazují kmenové motorické dráhy, uvedené výše. (7)

Primární motorická korová oblast je u člověka umístěna v gyrus precentralis. Je zde popisována kortikální reprezentace jednotlivých částí těla, tedy somatotopická organizace a to pomocí tzv. motorického homunkula, kde největší plochu zabírají neurony řídící svaly obličeje a svalstvo ruky. Premotorická a suplementární motorická

korová oblast se rozkládá frontálně od gyrus precentralis a na mediální straně hemisféry a podílí se na programování pohybů. Z primárního a suplementárního motorického kortexu sestupuje výše zmíněná kortikospinální dráha. Ta probíhá jako tractus corticospinalis přes capsula interna mozkovým kmenem. Zde se pak v úrovni dolní části prodloužené míchy většina vláken kříží a probíhají dále v kontralaterálních postranních provazcích míšních. Přibližně 75% vláken končí na interneuronech na rozhraní předních a zadních rohů míšních, 25% končí na motoneuronech předních rohů míšních. Zde tedy začíná druhý, popř. třetí neuron kortikospinální dráhy. (1)

K suplementární motorické oblasti se řadí ještě doplňkové frontální oční pole. Nachází se na hranicích SMA a pre-SMA (presuplementární area) v blízkosti sulcus paracentralis. Celek se pak nazývá jako SMC – supplementary motor complex. Doplňková motorická kůra se aktivuje ještě před započítím pohybu, stejně jako presuplementární kůra a to v případě vlastního volného rozhodnutí o provedení pohybu než před vnějším stimulem. Když se lidé dívají na uchopitelný předmět, aniž by ho ještě uchopili, aktivuje se SMA, která se dále podílí na sekvencování pohybů, jejich učení a kognitivní kontrole. (19) Zjednodušeně lze říci, že orbitofrontální kůra a mediální frontální kůra zpracovávají zejména motivační aspekty pohybového chování, dorzolaterální prefrontální kůra kognitivní aspekty a premotorická a motorická kůra zpracovávají plánování akcí a jejich výkon. Bazální ganglia mají také své místo v motorickém chování a jejich motorické oblasti se nacházejí v dorzální části. Korové projekce z motorických oblastí se do nich promítají somatotopicky. Stejně tak i mozeček je součástí motorického systému a nověji je známa i jeho zapojení na kognitivních funkcích. Řízení motoriky je tedy ovlivňováno i na podkorové úrovni dráhami bazálních ganglií, dráhami mozečku a vestibulárními drahami. (7, 19)

2.2 EEG

2.2.1 Historie

Objevitelem lidského elektroencefalografu je německý neurolog Hans Berger (1873-1941). Zpočátku používal velmi primitivní zařízení. Nejprve využíval pouze drátového galvanometru, nejprve typ dle Einthovena, později Edelmannův model. V roce 1926 pak využívá silnějšího Siemensova dvoucívkového galvanometru. O elektroencefalografu (EEG) hovoří poprvé v roce 1929 v jeho publikaci „Das Elektrenkephalogramm“. Při těchto měřeních bylo využito již bipolárního nahrávání,

elektroencefalogram byl zaznamenáván na fotografický papír s délkou záznamu od 1 do 3 minut. (32)

V prvních pokusech nahrával EEG svého syna Klause, kde podrobně popsal metody, které použil a co během měření zaznamenal. Na grafu tohoto EEG popsal dva rytmy, které později nazval alfa a beta. Od té doby bylo využíváno měření EEG za různých podmínek a u různých druhů poruch, zejména neurologických a psychiatrických. Mezi rokem 1929 a koncem roku 1960 bylo EEG hodnoceno pouze vizuálně. Později s digitalizací zařízení, bylo možné použít tzv. Fourierovu analýzu EEG dat k extrahování spektrálních či frekvenčních dat signálu. To dalo prostor kvantitativnímu EEG (QEEG) tak, jak ho známe dnes. V tom nejjednodušším podání se hovoří o QEEG při předložení spektrální analýzy. V této souvislosti někteří raději hovoří o tzv. normativním EEG, aby zdůraznili, že EEG by nemělo být předloženo pouze jako spektrální analýza, ale také ve srovnání kontrolní skupinou či normativní databází. Skupina vedená Rossem Adey na Brain Research Institute v Kalifornii v období 1961-1974 propagovala použití QEEG. Oni byli první, kdo používal digitální počítače při analýze EEG s výrobou mozkových map a kdo vyvinul první normativní knihovnu mozkových map. Postupem času s vyšší dostupností přístrojů byly vytvořeny další normativní databáze. (2)

2.2.2 Princip snímání elektrické aktivity mozku

Jak již bylo řečeno, mozek je velmi složitý systém, který produkuje na všech etážích elektrickou aktivitu. Tato aktivita vzniká synchronizací činnosti neuronů kůry mozku, hlavně pak synchronizací membránových synaptodendritických struktur. Elektrickou aktivitu je možno měřit, a to nejlépe pomocí elektrod umístěných na povrchu lebky. Zaznamenané potenciály rozepsané v čase dávají křivku, kterou nazýváme elektroencefalogramem. (9)

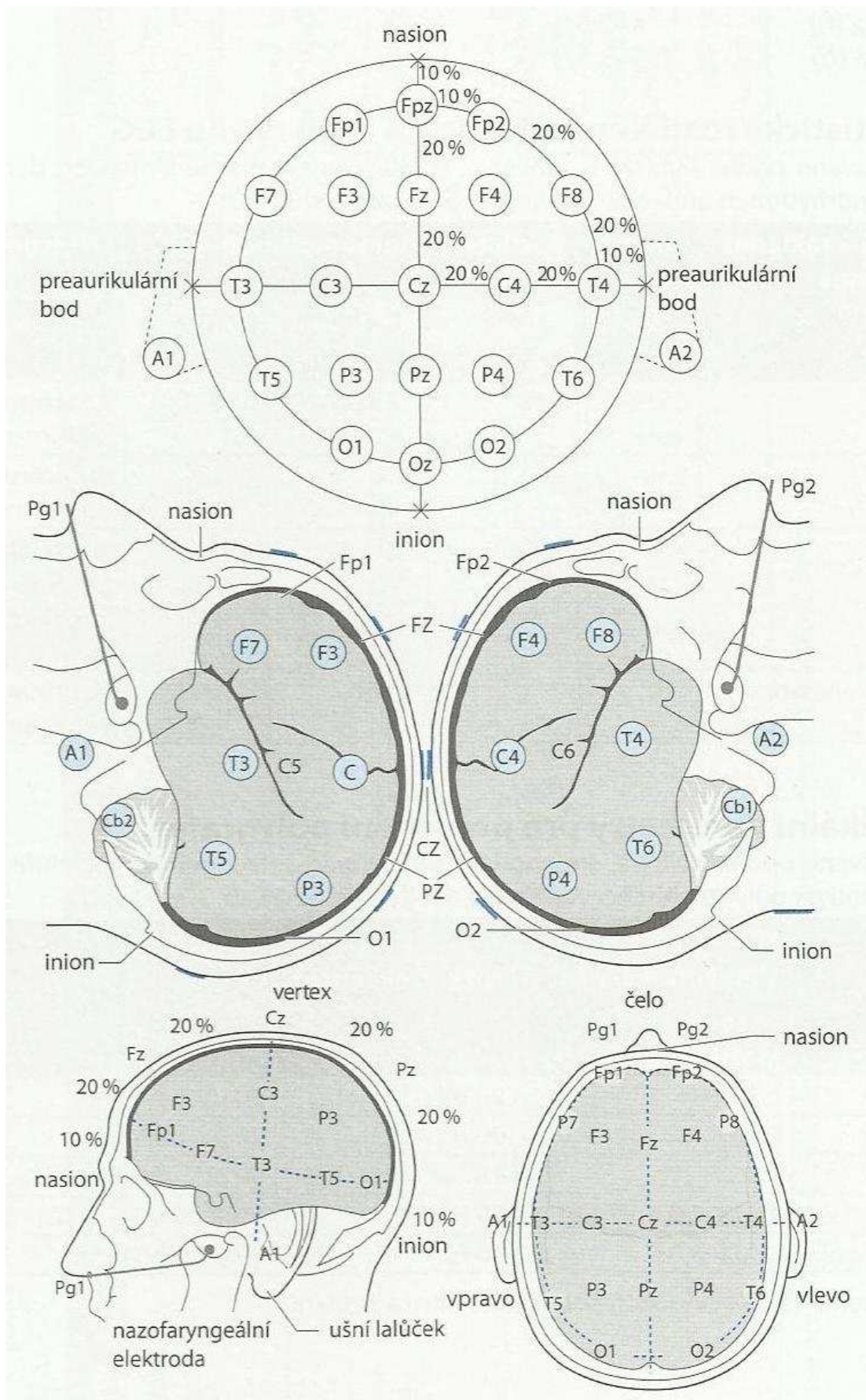
Mozkové potenciály jsou tedy snímány z povrchu hlavy. Je tedy nutno si uvědomit, že mezi elektrodou a mozkovou kůrou může být vzdálenost až 4 cm. Tento prostor je vyplněn mozkovými plenami, likvorem, kostí, podkožím a kožní tkání, což může vést ke snížení potenciálu. Snímaná aktivita tedy může být deseti až stonásobně nižší než je aktivita na povrchu mozku. Pro snímání této aktivity ze skalpu je rozhodující, jak velká oblast kůry mozkové tuto aktivitu synchronně produkuje, a to

v určitém kmitočtu. Za minimálně se pokládá oblast 2,5cm x 2,5cm. Zároveň se tedy odhaduje, že vzdálenost registrujících elektrod by měla být větší než 2cm. (28)

Při EEG vyšetření se v každém měřícím svodu umístěném na pokožce hlavy snímá střední úroveň vzruchu lokální skupiny neuronů. Jedná se o snímání sumací AP (akčních potenciálů) určité skupiny neuronů, které leží v určité oblasti pod elektrodou. Nelze tedy odlišit AP jednotlivých buněk, jako je tomu např. u EMG. Signál EEG je tedy nositelem informace o stavu řádově tisíce neuronů v příslušném časovém rozmezí. Mozkové potenciály jsou buď spontánní (nativní) nebo vznikají na nějaký podnět ve formě podráždění senzitivních aferentních systémů (evokované potenciály). (9, 15)

Elektrická aktivita mozku je registrována z oblasti skalpu elektrodami, které jsou zabudované v EEG čepici, vyrobené z pružné tkaniny. Elektrody jsou tvořené umělohmotnými trubičkami, které jsou ukončené plochými elektrodami s centrálním otvorem. Pro snížení elektrodových odporů se aplikuje vodivý gel skrze horní otvory elektrod. Podle potřeby umístění rozlišujeme některé druhy elektrod, jako například povrchové, podkožní (subdermální), kruhové elektrody pod masku, EEG čepice s rozvržením elektrod dle systému 10/20, elektrody na ušní lalůčky a další. Je nezbytné dbát na správnou aplikaci EEG čepice kvůli nízké elektrické aktivitě mozku, kdy je proud řádově v 10mA a potenciál 5-100mikroV. (28, 35)

Elektrody jsou rozmístěny na hlavě vyšetřovaného podle systému 10/20. Toto je mezinárodní sjednocení rozložení elektrod, které bylo doporučeno a schváleno komisí odborníků v roce 1957 na mezinárodním kongresu EEG. Pro rovnoměrné rozmístění se provede měření v sagitálním směru mezi kořenem nosu (nasion) a týlním hrbolem (protuberantia occipitalis externa) a v transverzálním směru mezi oběma zvukovody, tato vzdálenost se rozdělí po 10 nebo po 20 procentech. Když proložíme těmito body elipsu, vymezíme prostor, který se rozdělí na úseky představující 10% nebo 20% z celkových 100% vzdálenosti. Elektrody nejbližší k této elipse jsou vzdáleny 10% celkové vzdálenosti, další elektrody pak 20% celkové vzdálenosti. Elektrody mají název podle roviny, ve které leží a číslovány jsou vždy zleva doprava, v každé rovině zvlášť. Lichá čísla jsou pro levou hemisféru, sudá pro pravou. Uspořádání elektrod je v řadách, kdy v sagitální rovině odlišujeme část laterální, paramediální a mediální, v transversální rovině potom oblasti frontopolární Fp, frontální F, centrální C, parietální P, temporální T a okcipitální O (Viz. Obr. 2.1). (9, 28)



Obr. 2.1 Umístění elektrod v systému 10-20 (převzato a upraveno z 6)

Elektrody jsou zapojeny bipolárně tedy diferenčně (tj. zapojení longitudinální či transversální) nebo tzv. unipolárně či referenčně, kdy je spojena konkrétní elektroda s tzv. nulovou G (Goldmanovou), která představuje spojení všech elektrod přes odpor k zemi. Jako pseudounipolární zapojení je nazýváno spojení elektrod k ušnímu lalůčku (A1+A2), které je relativně málo poruchové a používá se i pro další zpracování EEG křivky různými programy v počítači. (9, 35)

2.2.3 Deskriptory EEG záznamu

Deskriptory EEG vzorců jsou atributy, které na EEG identifikujeme a popisujeme. Patří mezi ně frekvence, amplituda, tvar (morfologie), distribuce, šíření, symetrie, synchronie, rytmicita, perzistence a reaktivita. (47)

Jako frekvenci označujeme rytmickou aktivitu, tedy opakování vln za 1s, které vyjadřujeme v Hz. Amplituda je vertikální rozměr vzorce a udává se v μV . Při snížení amplitudy se hovoří o její atenuaci, při jejím nárůstu pak o augmentaci. Tvar vln se vztahuje k morfologii EEG aktivity, tedy k vlnám a jejich skupinám. Vlny můžeme dělit na monofázické, difázické (rozkolísají na obě strany linie), trifázické (rozkolísají na obě strany linie 3x) a polyfázické. Při kolísání křivky můžeme hovořit o tranzientu, což je ojedinělá vlna nebo skupina vln, která se odlišuje oproti okolí amplitudou nebo frekvencí (př. Hrot). Výboj je skupina vln, které se náhle objeví a zase zmizí. Jako komplex označujeme sekvenci dvou či více vln, které mají v záznamu charakteristický tvar, který je odlišný od základní aktivity. Skupina pravidelných vln má svůj rytmus, podle jeho tvaru rozeznáváme tvar sinusoidní, pilovitý či arkádovitý. (28, 47)

Distribuci či lokalizaci na elektrodách lze také dále rozdělovat. Při generalizovaném výskytu EEG aktivity je tato aktivita zachycována ve stejné době na všech či většině elektrod, stejnoměrně nad oběma polovinami hlavy. Difúzní aktivita se objevuje nad rozsáhlými oblastmi jedné či obou polovin hlavy, lateralizovaný vzorec se vyskytuje výlučně či převážně nad jednou polovinou hlavy. Fokální distribuce v případě aktivity, která má jasné maximum v jedné elektrodě, multifokální je pak více distribucí navzájem se lišících vzorců. Šíření označuje situaci, kdy se nějaký vzorec objevuje obvykle s menší amplitudou na další elektrodě. Objevuje se buď ipsilaterálně, kontralaterálně či generalizovaně. Symetrie je pravidelnost, se kterou mají dva či více vzorců v homologních oblastech obou hemisfér stejnou amplitudu. EEG vzorce se objevují s určitou synchronií, která popisuje vzájemný časový vztah vln a vzorců,

rytmicitou, tedy stabilitou frekvence a periodicitou, která popisuje časový vztah mezi vzorci, které se objevují v záznamu sice intermitentně, ale konstantně. Častost, se kterou se daný vzorec objevuje, popisuje perzistence výskytu. EEG aktivitu lze měnit pomocí jistých aktivačních metod. Tato vlastnost se nazývá reaktivita a mezi aktivační metody patří například různé senzorické stimuly (fotostimulace, taktilní stimulace, stimulace vizuálními vzorci), stimulace metabolické či farmakologické (hyperventilace), změny behaviorálního stavu nebo stavu vědomí. (47)

2.2.4 Artefakty

Při snímání EEG aktivity mozku se mohou objevovat grafoelementy, které jsou nemozkového původu, nazýváme je artefakty. Tyto artefakty jsou dvojího druhu, technické a biologické. Mohou pocházet z prostředí, z přístroje a z pacienta. Biologické jsou obvykle artefakty pocházející z pacienta. Patří mezi ně artefakty oční, svalové, pohybové, ze srdeční činnosti, tepové, z pocení, z pohybů jazyka a ostatních orofaryngeálních struktur, dentální a složené. Některé tyto artefakty pro nás mohou být klinicky důležité, proto se někdy snímá jejich záznam v oddělených svodech v rámci polygrafie. Mohou informovat např. o přítomnosti nystagmu či srdeční arytmii. Technickým artefaktem z prostředí pak může být artefakt ze střídavého proudu. (45, 47)

Níže uvádím popisy některých artefaktů dle Fábera (10) a Mišurece. (28)

- Elektrodermogram

Tento artefakt je způsoben změnou kožního galvanického potenciálu nebo pocením. Bývá velmi pomalý a má vysokou amplitudu. Obvykle se objevuje u lidí s vyšší psychickou tenzí.

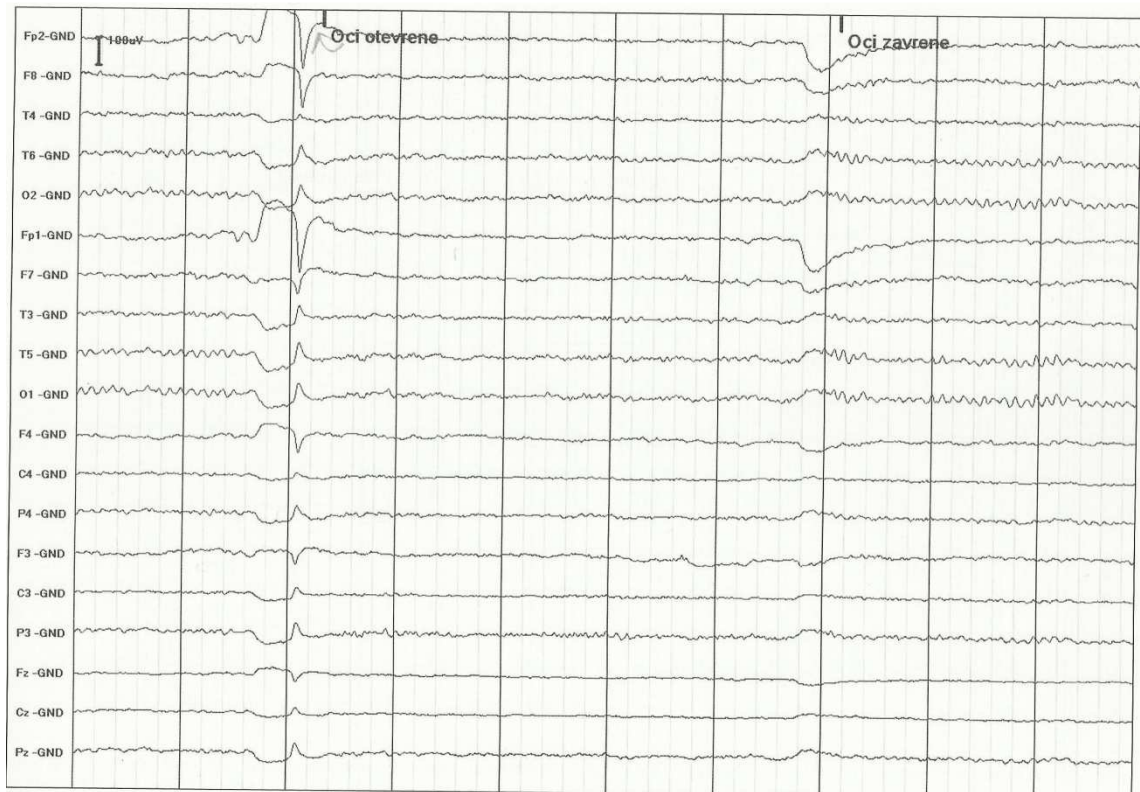
- Artefakt EKG

Tyto artefakty představují změny elektrického pole vznikajícímu při srdeční akci. Ve své podstatě se jedná o QRS komplex v EKG. Projevuje se jako hrotové vlny nízké amplitudy, které se vyskytují ve frekvenci srdečních stahů. Častěji je můžeme pozorovat při zapojení k ušním lalůčkům a u obézních osob.

- Artefakty od pohybu očních bulbů a pohybů víček

Artefakt z pohybu bulbů a víček se propaguje především do frontálních elektrod a to symetricky. Mívají různou amplitudu i frekvenci, řádově odpovídající frekvenci delta až

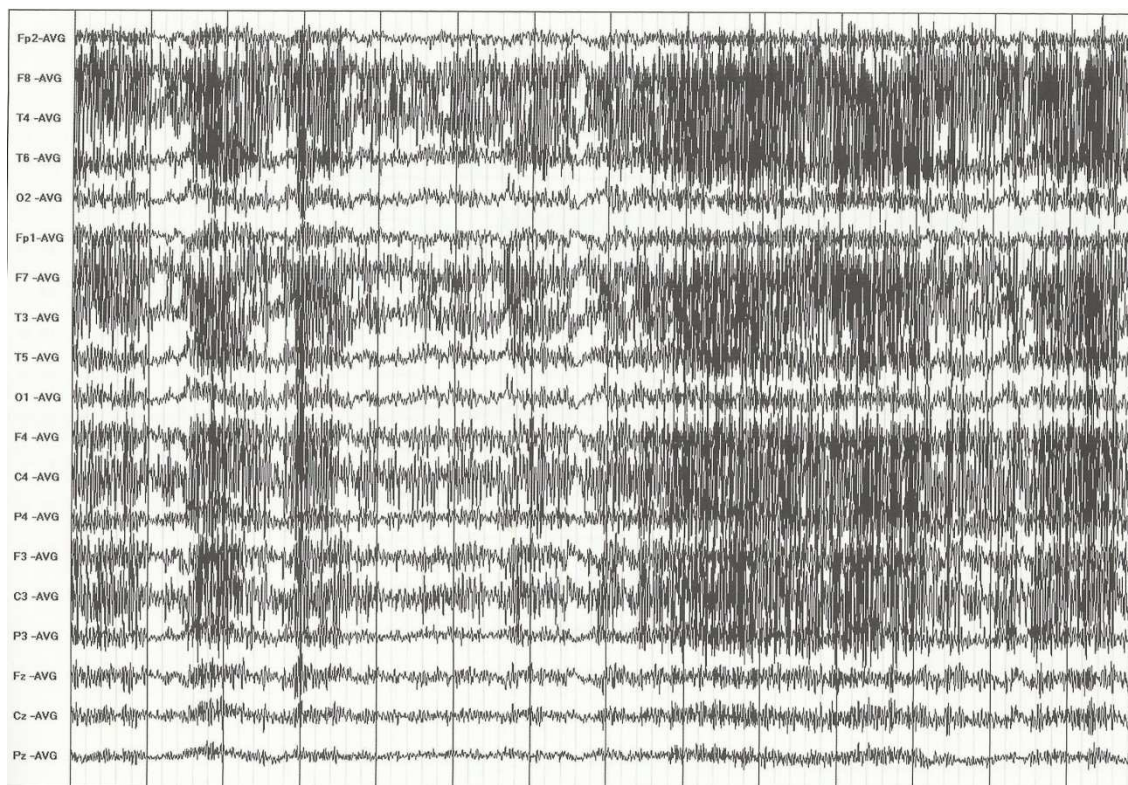
alfa. Tento artefakt může být do určité míry užitečným signálem. Společně s bloádou alfa aktivity nás informuje, zda má pacient otevřené či zavřené oči (viz. Obr. 2.2).



Obr. 2.2 Artefakt pohybu očních bulbů a víček, při zavření očí a rotaci bulbů vzhůru vzniká výchylka EEG stopy dolů. Naopak při vzniká výchylka EEG stopy směrem vzhůru (převzato a upraveno z 47)

- Svalové artefakty

Při svalovém artefaktu se jedná o elektromyogram, jenž má původ ve stažení svalů pod elektrodou nebo v její blízkosti. Potenciály tohoto artefaktu jsou rychlé, měnlivé amplitudy, jsou tvořené hroty a při běžném posunu papíru navzájem splývají (viz. Obr. 2.3).



Obr. 2.3 Artefakt svalový (převzato a upraveno z 47)

- Artefakt 50Hz

Tento artefakt je spolu s nedostatečně vlhkou elektrodou mezi nejčastější artefakty technického původu. Artefakt 50Hz je ze síťového napětí, kdy se do záznamu dostávají potenciály ve frekvenci střídavého proudu. V EEG se objevuje pravidelná frekvence 50Hz o různé amplitudě a příčinou bývá nedokonalé uzemnění pacienta či EEG aparátu.

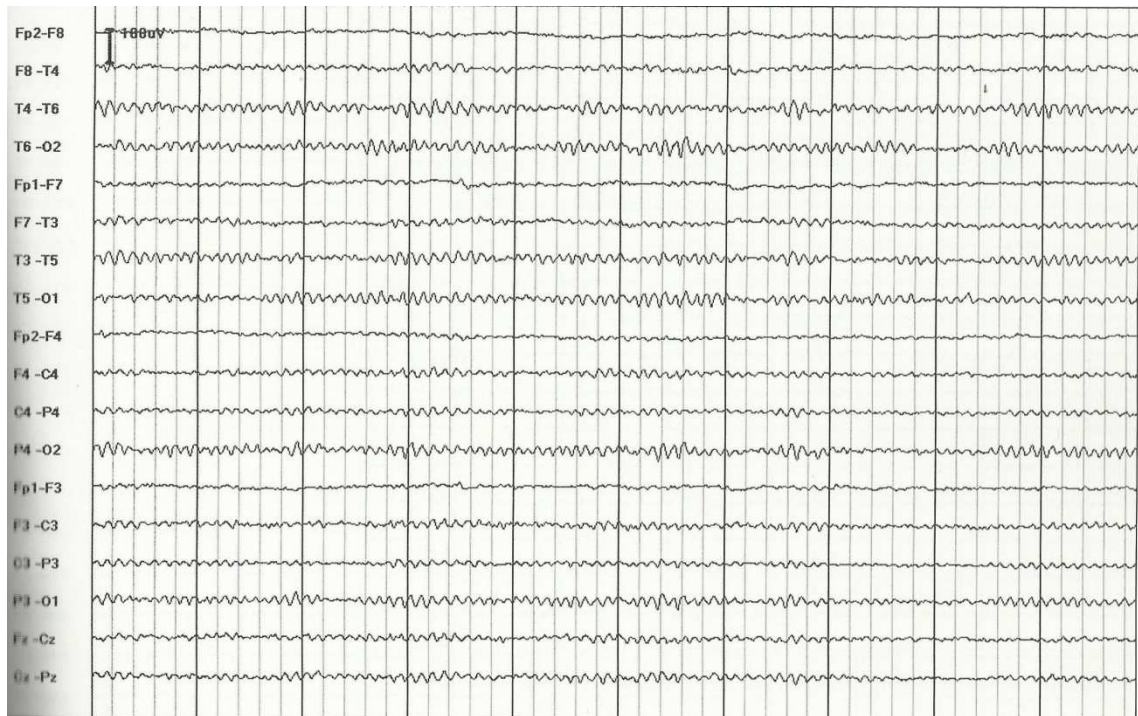
2.2.5 Normální EEG – grafoelementy

Normální EEG je takové, které má určité charakteristiky a takové, které nacházíme u většiny zdravých osob příslušné věkové skupiny za daného stavu vědomí. Tato norma je tedy relativní k věku a stavu vědomí vyšetřované osoby. Typy aktivity vyskytující se v normálním EEG dle Fábera (10), Vojtěcha (47) a Saneiho (41):

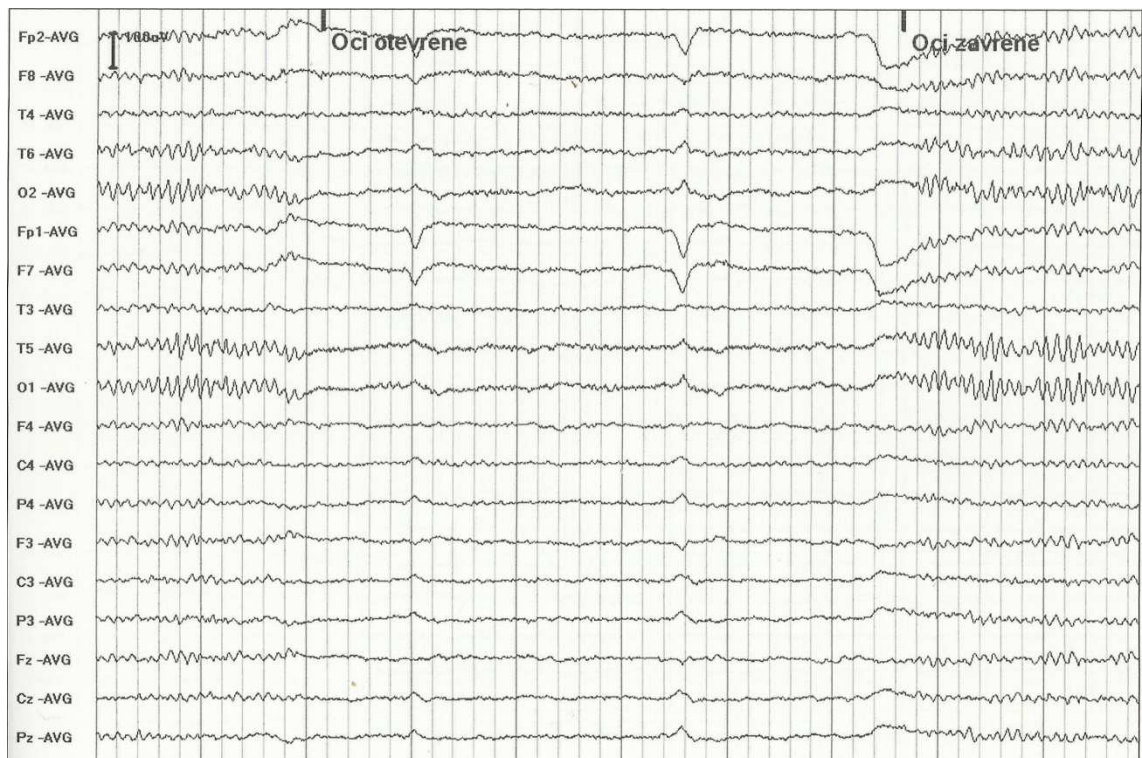
- Alfa aktivita

Alfa aktivita má frekvenci 8-13Hz, amplitudu obvykle mezi 10-100 μ V. Má sinusoidní tvar a některé vlny mohou mít ostré kontury (viz. Obr. 2.4). Jako modulace alfa aktivity se označuje stoupání a klesání amplitudy alfa aktivity s vřetenovitým tvarem obrysové křivky. Její útlum při otevření očí se nazývá alfa atenuační reakce (AAR) nebo i reakce zástavy (RZ) jako důsledek desynchronizace

v thalamokortikálních kruzích (10). Zvýšení amplitudy po opětovném zavření pak označujeme jako rebound fenomén (RF). V průběhu ospalosti se po otevření očí může objevovat paradoxní alfa aktivita, tzv. inverzní alfa atenuační reakce (viz. Obr. 2.5). (47) Při otevření očí se po krátké blokadě může objevit přechodně nebo trvale alfa aktivita. Tento jev nazýváme habituací alfa aktivity. (10)



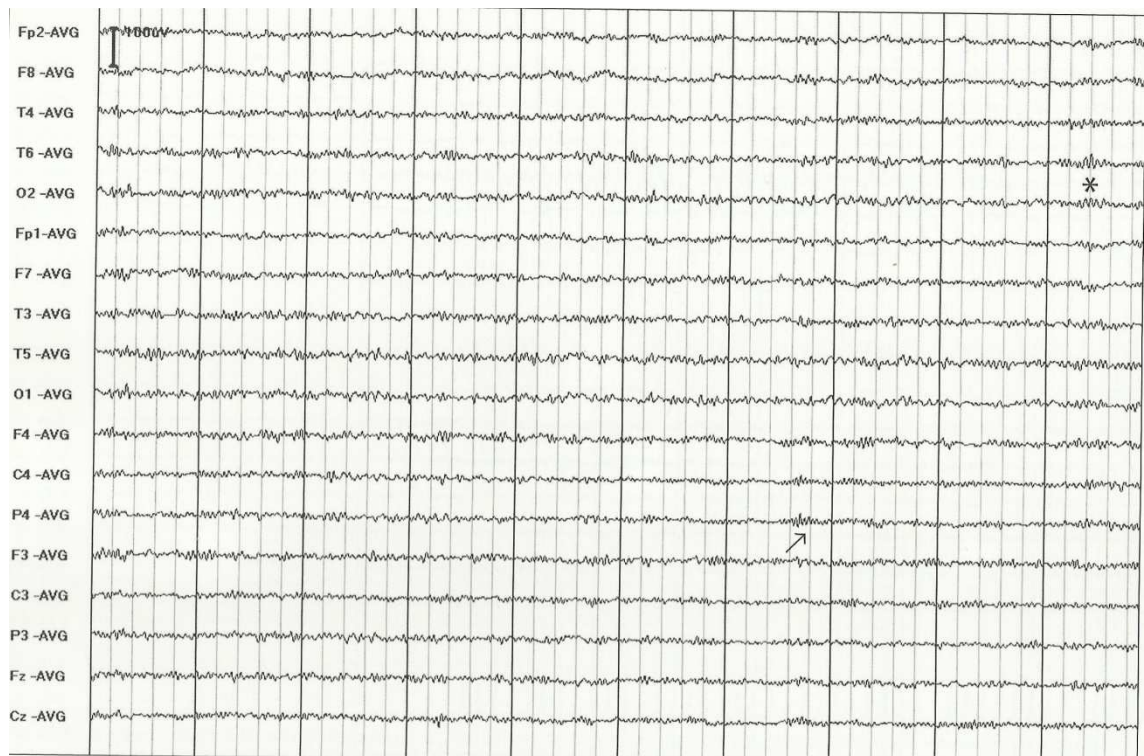
Obr. 2.4 Alfa aktivita, maximum distribuce nad zadními oblastmi, frekvence okolo 10Hz a střední amplituda, nad předními oblastmi křivka nižší. (převzato a upraveno z 47)



Obr. 2.5 Alfa aktivita. Při otevření očí v levé polovině dochází k vymizení alfa aktivity (alfa atenuační reakce), po zavření očí je zachycen návrat této aktivity (rebound fenomén) (převzato a upraveno z 47)

- Beta aktivita

Beta aktivita má frekvenci 13-30Hz., někdy až 40Hz, amplituda je téměř vždy menší než 20µV. Obvykle je symetrická, asynchronní, může se vyskytovat nad všemi oblastmi skalpu a to nejčastěji frontálně, centrálně popř. difúzně (viz. Obr. 2.6). Vyskytuje se ve stavu bdělosti, více u žen a ubývá v ospalosti a usínání.



Obr. 2.6 Beta aktivita – difúzní distribuce (převzato a upraveno z 47)

- Delta aktivita

Delta aktivita má frekvenci 1-3Hz obvykle vysoké amplitudy. Je patrna od narození asi do jednoho roku věku dítěte. V tomto věku je to fyziologická základní aktivita, která není tlumena otevřením očí.

- Theta aktivita

Theta aktivita se objevuje nad temporální krajinou ve frekvenci 4-7,5Hz. Obvykle nereaguje na otevření očí a někdy je výraznější při emočním vzrušení. Některé studie její objevení se považují za elektroencefalografický korelát únavy. V ontogenezi EEG aktivity je dominantní ve věku od jednoho roku do tří let.

Ve shrnutí, v EEG zdravého člověka se objevují všechna frekvenční pásma, ale při různých stavech vědomí se jejich proporce mění. Delta jsou pomalé vlny mezi 0,5 – 4Hz a jsou přítomny v průběhu hlubokého spánku, dále také vzrůstají při přechodu k ospalosti. Theta rytmus je aktivita ve frekvenci 4 – 7Hz, vzrůstá při ospalosti, nahrazuje alfa aktivitu na začátku spánku. Alfa aktivita je v rozsahu frekvence 8–13Hz, vyskytuje v průběhu bdělosti, zejména temporoparietookcipitálně, má reaktivitu na zavření očí, a je velmi oslabena při pozornosti. Alfa rytmus je přítomen při snížené bdělosti a při přechodu v ospalost. Beta vlny jsou rychlejší (13 – 30Hz) EEG potenciály

spojené se vzrůstem bdělosti, vzrušením, ostražitostí, ale i některými fázemi ospalosti. (22)

U dospělého zdravého člověka v bdělém stavu a při otevřených očích je ideální areální diferenciace EEG rytmů následující: beta a plochá theta je prefronto-frontálně, nepravidelná alfa a rolandická aktivita bývají frontocentrálně, temporálně se objevuje alfa a plochá theta, pravidelnější alfa rytmus se pak objevuje parietookcipitálně. Pokud jsou vysoké vlny frontálně, značí to artefakty z pohybu víček a bulbů a víček při otevření očí. Při otevření očí se tedy rozpadá alfa aktivita, děje se tomu nad zadními částmi. Pokud se objeví alfa aktivita při otevřených očích, je tento jev nazýván habituací alfa, jeho klinický význam je však nejistý. Mohl by např. značit sníženou pozornost. Dalším jevem, který se může objevit při měření pomocí EEG je přítomnost EMG, tedy elektromyografická aktivita. Objevuje se frontálně při svalové činnosti m. frontalis. Ještě je třeba se zmínit o arkádovém rytmu. Objevuje se někdy frontocentroparietálně při motorickém klidu a někdy při otevření očí. Při motorické aktivitě se tento rytmus rozpadá. Uvažuje se, že se tato aktivita funkčně podobá sensorimotorickému rytmu. Ten značí inhibici mozkových motorických systémů. Tato sensorimotorická aktivita se pak využívá při EEG-bio-feedback-tréninku. (9)

2.2.6 Zpracování signálu, klasifikace a interpretace záznamu

EEG je hojně využívanou neurofyziologickou metodou. Je patrně známo její využití v klinické praxi v epileptologii a psychiatrii, na jejímž podkladě se stanovuje diagnóza. V klasifikaci EEG v klinické praxi je nejprve nutno popsat graf. Zda je normální, atypický či variantou normy, abnormní, omezeně hodnotitelný, stanovuje se stupeň abnormality, určuje se případná reaktivita pozadí či abnormalita a aktivační metoda. Při této klasifikaci jde tedy pouze o fenomenologickou EEG diagnostiku a klasifikaci EEG v terminologii. Až poté dochází k interpretaci a závěru EEG vyšetření ve vztahu ke klinické diagnóze a položeným klinickým otázkám. Tato interpretace by měla směřovat k podstatě EEG nálezů a jejich klasifikace. (16)

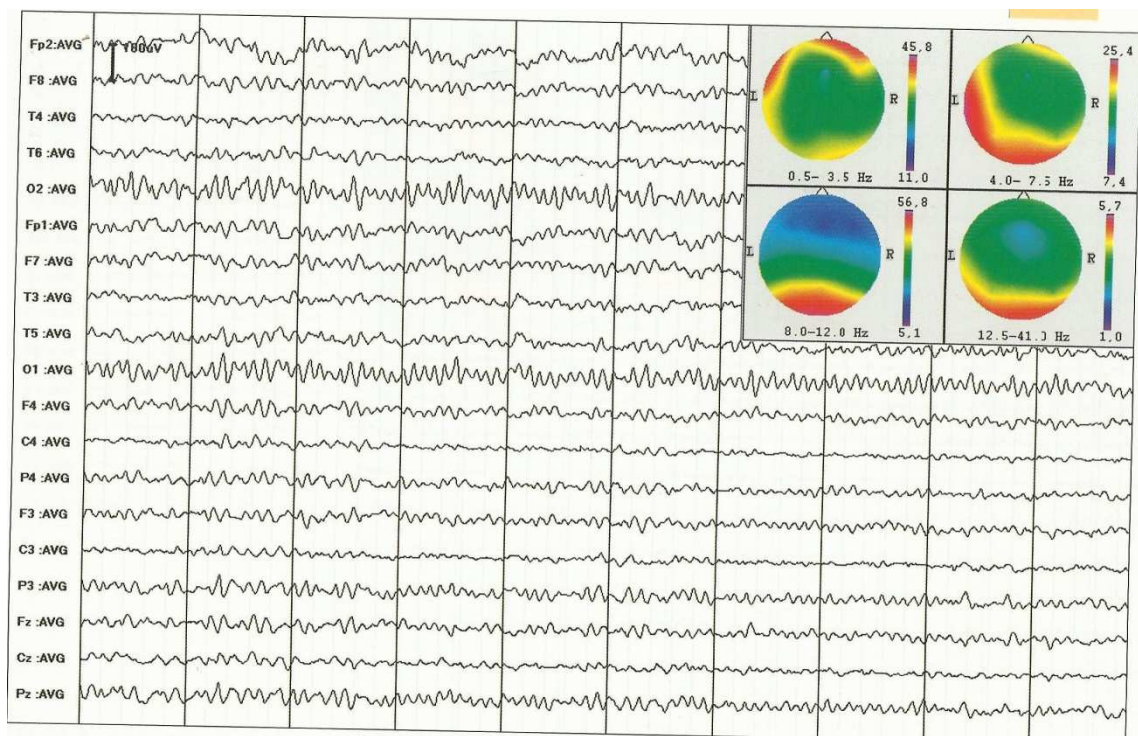
Původní záznam EEG signálu v papírové podobě se s rozvojem počítačové technologie významně posunul v době, kdy došlo k velkému technickému zdokonalování osobních počítačů. Rychlý rozvoj počítačového zpracování umožnil, že nové metody jsou realizovány aplikačními softwary, které lze i dále upravovat dle požadavků pracoviště a výzkumného úkolu analýzy. Počítačové EEG představuje

bezpapírové nahrávání EEG počítačem, kdy je křivka uchovávána v digitálním formátu na elektronickém médiu a zobrazením na monitoru. EEG signály je možno již v průběhu snímání a převodu zpracovávat matematickými metodami. Obvykle je však signál ukládán do paměťových medií a teprve po skončení snímání dochází ke zpracovávání. Matematické zpracování digitálně nahraného EEG nazýváme kvantitativní EEG (QEEG). Existují různé metody pro zpracování základní aktivity z hlediska kvantifikace podílu, a to díky jejímu digitálnímu uložení. Umožňuje nám to reformátování montáže, kdy pro prohlížení jednoho úseku EEG je možné vybrat různé montáže. Tím se zlepší interpretace křivky a lokalizace grafoelementů. Máme tak možnost využívat digitální filtry k potlačení nežádoucích frekvencí. Nízkofrekvenční snižují amplitudu pomalých vln a vysokofrekvenční snižují amplitudu rychlých vln. Notch filtr (50Hz) se pak využívá k selektivnímu potlačení amplitudy úzkého frekvenčního rozmezí s cílem odstranění artefaktu z elektrického střídavého proudu. (28, 47)

Pro vyhodnocení podílu jednotlivých frekvencí v EEG záznamu se nejčastěji využívá spektrální analýza, která je jednou z nejdůležitějších diagnostických nástrojů. Lékař totiž posuzuje frekvenční složky, které jsou v záznamu obsaženy. Metody frekvenční analýzy lze rozdělit na neparametrické, které lze využít pro libovolné signály, které jsou zpracovávány přímo. Zahrnují filtrování, spektrální analýzu, korelační analýzu. A dále parametrické, které vyžadují stanovení řady parametrů, které by vyhovovaly danému speciálnímu matematickému modelu pro zpracováváný signál. Spektrální hustota lze získat metodou rychlé Fourierovy transformace (FFT – fast Fourier transformation). Výsledkem je získání výkonového spektra (Power Spectral Density, PSD), znázorněného dle potřeby i graficky, které popisuje rozložení hustoty výkonu signálu v závislosti na frekvenci. Z tohoto spektra můžeme dále vypočítávat další parametry jako absolutní nebo relativní množství aktivity v jednotlivých frekvenčních pásmech, dominantní frekvenci a další. (29) Spektrální analýza založená na FFT je nejpoužívanější metoda QEEG. EEG bývá nestacionární s obsahem artefaktů. Pro analýzu je vhodné vybrat správné úseky, bezartefaktové, nejlépe 1-2,5s. Na tomto intervalu pozorování a vzorkovací frekvenci závisí pak rozlišení frekvencí. (47)

V současné době máme již velkou výhodu v počítačovém zobrazování dat, kdy existuje možnost efektivní manipulace se signálem, jeho zpracování, úprava a zobrazení. Možnosti zobrazení je např. ve formě různých grafů, metodou zhuštěných

spektrálních kulis (CSA – Compressed Spectral Arrays) nebo metoda topografického mapování (BM – brain mapping), neboli mapa okamžitého rozložení amplitud potenciálů. (29) BM je grafické zobrazení prostorové distribuce určité vlastnosti EEG. Projikuje se na imaginární obrázek povrchu hlavy nebo mozku, kdy mohou vznikat i realistické 3D modely. Používá se pro prostorové zobrazení originálního EEG – mapování amplitudy nebo výsledku signálové amplitudy – frekvenční mapování a mapování koherence. Mapování amplitudy je zobrazení amplitudy voltáže EEG v určitém čase nebo časovém úseku. Při frekvenčním mapování jsou topograficky zobrazeny výkony frekvenčních křivek nejčastěji pro čtyři frekvenční pásma, kdy určité hodnotě je přiřazena barva. Při mapování koherence lze počítat koherenci lokální (mezi dvěma elektrodami) i interhemisferickou (viz. Obr. 2.8). (47)



Obr. 2.7 Příklad grafického zobrazení brain mappingu. V BM je nejvyšší výkon v pásmu alfa symetricky biokcipitálně. Delta vpředu odpovídá očním a potním artefaktům. (převzato a upraveno z 47)

2.3 Housle – výroba, ladění a metodika hry

Z hlediska ladění lze hudební nástroje dělit podle jejich frekvenčního rozsahu. Frekvenční rozsah je definován jako rozdíl maximální a minimální frekvence produkované hudebním nástrojem. Nejvyšší frekvenční rozsah mají varhany, skoro 8kHz, což vychází z jejich stavby. Naopak k nástrojům s nejnižším frekvenčním

rozsahem patří tympány a to s 90Hz. Další parametr charakterizující hudební nástroje je dynamické rozpětí určitého tónu, které je definováno jako rozdíl minimální a maximální dosažitelné hladiny akustického tlaku či intenzity, resp. hladiny hlasitosti v dané vzdálenosti a směru od hudebního nástroje umístěném v konkrétním prostoru. Dynamický rozsah nástroje je pak definován jako rozdíl minimální a maximální dosažitelné hladiny akustického tlaku v celém jeho tónovém rozsahu. Je to právě dynamicky rozdílné vyjádření tónů, které je základním výrazovým prostředkem hudby. Pro housle je frekvenční rozsah 200 Hz – 1,3 kHz a dynamika do 30 dB, ta se ale samozřejmě odvíjí od kvality nástroje. (42)

U houslí vzniká zvuk kmitáním struny. Tento zvuk je periodický, ale neharmonický. Lze jej však rozdělit na jednotlivé vyšší harmonické frekvence. Každý zvuk s periodickou vlnou je možné složit z řady jednoduchých harmonických tónů, kdy základní frekvence udává výšku tónu a přítomnost či nepřítomnost vyšších harmonických frekvencí vytváří různé barvy tónu dané výšky. Výška tónu je tedy dána frekvencí tónu. V situaci, kdy slyšíme k danému tónu tón dvojnásobné frekvence, vnímáme je o oktávu vyšší. Komorní a má frekvenci 440Hz. Oktáva k tomuto tónu se značí a2 a má frekvenci 880Hz, o dvě oktávy vzdálený tón a3 má již frekvenci 1760Hz. Z tohoto je patrné, že rostoucí subjektivně posuzovaná výška tónu aritmetickou řadou, roste frekvence tónu geometrickou řadou. Frekvence n-té harmonické závisí na délce struny, průměru struny, napínací síle struny a hustotou materiálu. S rostoucí délkou struny klesá výška tónu, naopak s rostoucí napínací silou výška roste. U houslí jsou čtyři různě napínané struny různé tloušťky. Struny jsou naladěny na tóny g (198 Hz), d1 (297 Hz), a1 (440 Hz) a e2 (660 Hz). S tisknutím struny se efektivní délka zkrátí, čímž se zvýší výška tónu. Vyšší harmonické frekvence mají zásadní vliv na barvu zvuku. Speciálním případem tvorby tónu jsou tzv. flažolety, které vznikají nedokonalým přitlačení struny k hmatníku, čímž dochází k cílenému tlumení některých harmonických složek. (31, 51)

Kromě ladění strun popisujeme u houslí ještě ladění a sílu desek, která je jednou z nejdůležitějších parametrů při výrobě houslí. Určují, jak bude nástroj znít, jakou bude mít tón barvu. Desky při poklepání či jiném rozechvění vydávají tón. Výška tohoto tónu závisí na pevnosti, fyzikálních vlastnostech, tvaru a síle desky. V dobách minulých housloví mistři jako Stradivari tyto vlastnosti poznávali pouze poklepu a poslechu. V současné době se tóny zjišťují pomocí tónového generátoru a reproduktoru. Deska se

pokládá nad reproduktor a generátorem se hledá tón, při kterém se deska rozechvěje. Generátor při tom ukazuje přesnou frekvenci. Deska se rozechvívá při více tónech, kterým se říká módy. V současné době se horní i spodní deska ladí na společnou frekvenci, která je někde mezi 350 a 360Hz. Tato frekvence byla vysledována zkušenostmi. Ovšem i před všechny technické vymoženosti, nejdůležitějším parametrem při výrobě houslí jsou zkušenosti a cit houslaře a dobré rezonanční dřevo, což znamená co nejpevnější, ale zároveň co nejlehčí. (17)

Pazdera (2007) v metodice hry na housle vychází z tzv. uvolněného postoje, při němž jsou chodidla rozkročena na šíři ramen, větší část váhy je na přední části chodidel a kolena mají sklon k pokrčení. Polohu trupu definuje jako napřímení a houslista by měl mít pocit, že jeho hrudník je otevřený. Pazdera ve své metodice věnuje určitou pozornost pohybům těla během hry. Jako hlavní přínosy těchto pohybů uvádí odvádění přebytečné energie, pomoc při procítění uvolněnosti a hudebně-obrazové asociace. Přirovnává hru na housle ke zpěvu a lidskou ruku k dýchacímu systému. Konkrétně rameno k plicím, předloktí k dýchací trubici, zápěstí k měkkému patru. Hlavní funkci v procesu hry na housle vykonávají prsty pravé ruky, které by neměly být zaměstnány pouze držetím, nýbrž by měly modelovat a artikulovat vytvářený zvuk tím, jak působí na prut smyčce. Pohyby prováděny v kloubech horní končetiny jsou označeny jako rotace a tah smyčce je vykonáván pomocí složité souhry těchto rotací. Správnou pozici levé paže popisuje tak, že nejdříve se pozvedne levá paže do hrací výšky, pak následuje směřování ramene (nadloktí) po svislé pravo-levé rovině, tj. chápáno k tělu nebo od těla, poslední fáze je vytočení levého předloktí ve směru hodinových ručiček. Kladení prstů na strunu má více možností, jelikož výchozí postavení prstů je závislé na tvaru ruky. Důležité je nechat prsty měkké a pružné. Zahnutí je závislé na nasměrování ruky-první prst má plošší tvar, zatímco čtvrtý prst je více kolmý, nebo naopak. (36) Je všeobecně známo, že pro laickou veřejnost se práce ruky a především prstů levé horní končetiny jeví být jako stěžejní pro hru na housle, avšak tomu tak není. Výrazně větší význam má pravá horní končetina, která drží smyčec a tvoří tón.

2.4 Pohybová aktivita a její EEG koreláty ve výzkumu

2.4.1 Mapování mozkové aktivity při pohybu

Není příliš mnoho studií, které by se zabývaly studiem EEG při pohybové aktivitě. Obvykle je EEG měřeno v klidovém stavu. Je to dáno tím, že v průběhu měření

EEG v pohybu může vznikat řada artefaktů, které nepřísluší dané pohybové aktivitě. Je zde tedy později problém z hlediska hodnocení. Ty studie, které existují, se typicky zaměřují na limitovaný stupeň zátěže a testují pouze několik elektrod. (3)

Metodologií aplikace EEG ve sportovních vědách se zabývala skupina autorů z Německa. Uvádí, že v několika posledních letech se hledání neurofyziologických aspektů na cíl zaměřených pohybů, motorického učení a dovednostních výkonů ve sportu stává velmi důležitým. Věnovali se tomuto tématu především s cílem vyhodnotit, zda lze výsledky získávané v laboratořích srovnávat s výsledky získanými v reálném prostředí sportovního výkonu, kde jsou výrazně jiné podmínky. Je to právě elektroencefalografie, která představuje metodologický nástroj pro zobrazení mozkové aktivity před, v průběhu a po kognitivním a motorickém výkonu, a to díky možnosti časového rozlišení, bezdrátového hardwaru s možností přenositelnosti. Ve výzkumech se tato metoda využívala např. u lukostřelců, střelců z pistole či pušky nebo i u golfistů, jež zmiňuji níže a které pro svůj výzkum využili i autoři této studie. Autoři předpokládali, že data získaná v laboratoři a na sportovišti se nebudou signifikantně navzájem lišit. Snímali EEG aktivitu před, v průběhu i po výkonu v laboratoři i na sportovišti a dále každý účastník podstoupil před samotným měřením psychometrické vyšetření pomocí dotazníku STAI X1 (Spielberg State-Trait Anxiety Inventory). EEG aktivita byla snímána ze 17 elektrod rozložených dle systému 10:20. Na podkladě předchozích studií hodnotili výskyt frontální theta aktivity reprezentující stav vyšší soustředěné pozornosti a parietální alfa2 aktivitu reprezentující úsilí ve smyslovém zpracování informací. Ve výsledku prokázali, že hodnoty čelní theta aktivity a parietální alfa aktivity získané v laboratoři a v terénu jsou si velmi podobné, ne však přesně shodné. Lze je však obě rozlišovat mezi výkonem a odpočinkem jak v laboratoři, tak na sportovišti. Ve shrnutí uvádí, že jejich pilotní studie poskytuje první znaky omezení EEG aplikace ve sportovní vědě, přesto však jsou výsledky v terénu a laboratoři srovnatelné a využití této metody je pro sportovní výkon vhodné. Zatížení pracovní paměti se jeví být podobné jak v laboratorních podmínkách, tak v terénu při na cíl zaměřených výkonech. (39)

Pro hodnocení topografického mapování mozkové aktivity, tedy jejích prostorových projevů, se využívá tradičně brain mapping (BM). Tedy mapa okamžitého rozložení amplitud potenciálů. Nejčastěji se používá mapování amplitudy nebo frekvence, popřípadě koherence, kdy číselné hodnoty jsou převedeny do barevné škály.

V této barevné škále se vyhodnocuje amplituda pod všemi elektrodami v jednom konkrétním okamžiku. Při mapování frekvencí se naopak používají hodnoty z vybraného časového intervalu, který je pro všechny kanály stejný. V tomto intervalu se vypočte pro každý kanál výkonové spektrum a vynesení amplitud spekter pro danou frekvenci ve všech kanálech se získají hodnoty, které jsou pak zobrazeny v barevné škále. (35)

Jak již bylo řečeno výše, EEG snímá elektrickou aktivitu pomocí elektrod uložených na lebce. Aktivita je snímána z mozkové kůry. Přesto však existují snahy o využití EEG pro hodnocení aktivity hlouběji uložených struktur mozku. Korelace s fluktuací alfa rytmu s hlubokými strukturami byla prokázána pomocí současného měření EEG a fMRI prokázali, že přítomnost pomalé komponenty alfa je vázána na mozkový kmen, mediální část thalamu a přední cingulární kortex. Rychlá fluktuální komponenta je pak vázána na laterální část thalamu a přední cingulární kortex. (34)

2.4.2 EEG koreláty pohybové aktivity

Z EEG rytmů je to právě alfa rytmus, který se zdá být nejvíce korelující se sportovním výkonem u sportovců. V níže uvedené studii autoři využili změny v EEG frekvencích pro predikci úspěšnosti patového odpalu v golfu. Vycházeli z toho, že velké množství důkazů naznačuje, že EEG alfa a beta oscilace výrazně ubývají na výkonu v somatomotorické kortikální arei v průběhu přípravy a provádění volných pohybů; toto snížení je známo jako tzv. ERD – event-related desynchronization. Alfa a beta ERD jsou obecně dávány do souvislosti s jemnými kognitivně-motorickými výkony. Autoři též uvádí, že pozoruhodně, 10-12HZ frekvence alfa ERD byla větší v amplitudě v průběhu úspěšných než neúspěšných odpalů nad elektrodami Fz, Cz, a C4 elektroda. Čím silnější byla alfa ERD, tím byla menší chyba v neúspěšném odpalu. Tyto výsledky dohromady naznačují, že vysoká frekvence alfa rytmu ve frontálních místech se specificky podílí na jemné motorice u úspěšných odpalů. Současná studie však ukazuje, že základní alfa výkon není rozhodující pro hemisférickou alfa ERD topografii nebo pro úspěšné odpaly. Toto zjištění naznačuje, že vztahy mezi topografií základní alfa síly a následnými kognitivně-motorickými procesy jsou velmi složité, pravděpodobně závislé na specifických úkolech, které mají být plněny. Autoři uvádí, že úspěšné odpaly se dodatečně vyznačovaly tím, že byla přítomna vysokofrekvenční alfa ERD v mediální prefrontální, cingulární a/nebo doplňkových motorických oblastech. Tyto korové

oblasti hrají klíčovou roli v plánování, výběru a regulaci naučených komplexních sekvencí prováděných oběma pažemi i rukama, díky jejich dvoustranné anatomické konektivě. (4) Podobné výsledky uvádí studie, kde se sledovala EEG alfa aktivita u profesionálních střelců před výkonem s porovnáním nejlepších a nejhorších zásahů. Je zde popsáno, že alfa síla v okcipitální kůře roste před nejlepšími výstřely u odborných střelců ze vzduchové pistole. (25) Toto zjištění naznačuje, že je znamením kortikální inhibice v období klidu, které se vyskytuje v určitých fázích kvalifikované motorické aktivity. (4)

Změnami v EEG aktivitě v průběhu cyklické zátěže na bicyklovém ergometru se zabýval kolektiv autorů z USA. Jejich cílem bylo testovat větší rozsáhlý rozsah EEG spektra, které zahrnuje theta, alfa1, alfa 2, beta1 a beta2 a zaměřili se speciálně na elektrody F7 a F8, F3 a F4, C3 a C4, P3 a P4 a to v průběhu různých intenzit stupňovaného aerobního cvičení vedoucího až k volní únavě. V průběhu prolongované zátěže se sledovalo EEG, srdeční frekvence a nepřímá kalorimetrie, poté byla data vyhodnocena. Intenzita cvičení začala na 50 W a zvedala se o 50 W každé dvě minuty, EEG bylo snímáno (při otevřených očích) v průběhu druhé minuty každého dvouminutového zátěžového stupně, ve chvíli volního vyčerpání probandi zastavili šlapání a EEG bylo zaznamenáváno 1 minutu ihned po cvičení, poté byli probandi požádáni o odpočinek na 10 minut před poslední minutou měření EEG. Výsledky naznačují, že EEG aktivita se zvyšuje oproti klidovému stavu, a to při vyšším zatížení a únavě v průběhu stupňovaného cvičení, toto zvýšení bylo viděno ve všech EEG frekvencích a elektrodách (F3,4,7,8,C3,4,P3,4), navíc nebyly EEG změny lokalizovány do jedné hemisféry. Výsledky se shodují s předchozími studiemi. Překvapivě však oproti předchozím studiím, ze kterých vycházeli, byla nalezena zvyšující se alfa aktivita v průběhu cvičení. Autoři v souvislosti se změnami v mozkové aktivitě v průběhu prolongované zátěže uvádí hypotézu, že tyto změny se mohou vyskytovat sekundárně k metabolickým změnám spojených s nástupem centrální únavy. Uvádí, že pozorované změny v EEG aktivitě možná jsou řízeny z periferní fyziologie a ne v mozku samotném. Do budoucna se tedy autoři chtějí zaměřit na změny v EEG ve vztahu se změnami v kognici, afektu a percepci v průběhu cvičení a dále hovoří o potřebě popsat vliv periferní fyziologie na EEG v průběhu cvičení. (3)

O alfa aktivitě hovoří ve své studii i Sammlerová (2007). Tato studie mimo jiné vychází z toho, že EEG alfa aktivita lze rozdělit nejméně na tři různé typy alfa rytmů

lišících se podle topografie a funkce. Za prvé klasický alfa rytmus pocházející z parieto-okcipitální kůry, který je silně závislý na pozornosti. Dále tzv. mí Rolandic rytmus, který je zejména dominantní na centrální elektrodě a pravděpodobně pochází ze somatosenzorické kůry, obvykle souvisí s pohybem a přípravou na pohyb. Za třetí je tu rytmus tau, který vzniká v sluchové kůře a je modulován sluchovými stimulacemi. Obecně alfa aktivita a mozková aktivita jsou nepřímo úměrné (pokles výkonu alfa znamená zvýšení mozkové aktivity). Kromě těchto funkcí jsou alfa rytmy značně spojeny s percepčním zpracováním a paměťovými úkoly a z velké části se podílejí v emocionálním zpracování. (40)

Ve světě sportovního výkonu, kde je požadavek na neustálé zvyšování výkonu, je moderní technika tzv. neurofeedbacku jako nové cesty ke zlepšení výkonů a snížení úzkosti spojené právě se sportovním výkonem.

V 70. letech byla uvedena studie, která se zabývala kontrolou EEG alfa aktivity pomocí sluchového neurofeedbacku a souvisejícím mentálním stavem. Tón oznamoval přítomnost nebo absenci alfa aktivity s uvědoměním si mentálního stavu potřebného pro navození alfa aktivity byl proveden samotný test. Účastníci byli v různých pokusech vyzváni, aby produkovali co nejvíce nebo co nejméně alfa aktivity, opět kontrolou pomocí neurofeedbacku. Výsledky ukázaly signifikantní odpovídající změny pro obě situace, zvyšování i snižování alfa aktivity. Ten, kdo byl schopen spontánně kontrolovat alfu, ohlašoval mentální stav reflektující relaxaci, pocity nechání plynutí času a příjemnou náladu spojenou se zachováním alfy. (33)

Alfa/theta (A/T) trénink byl sledován z hlediska jeho aplikace pro zlepšení hudebního výkonu. Impulsem k tomu byla teze aplikovat na hudební vystoupení strategie, které jsou v módě ve světě sportovního výkonu. V rámci výzkumu byla jedna skupina studentů konzervatoří podrobována A/T tréninku a druhá skupina měla stejné neurofeedback procedury v kombinaci s mentálními dovednostmi a aerobním fitness cvičením a třetí tzv. skupinou bez intervence. Pouze skupina s neuroFB vykazovala zlepšení výkonu na stupnici celkové kvality, která zahrnuje tři domény: instrumentální kompetenci, muzikálnost a komunikaci. Korelace s mentálními indexy, které odráží, jak dobře studenti se naučili ovládat mozkové rytmy, byly odvozeny ze tří protokolů s neurofeedbackem a odhalili, že pouze A/T výcvik souvisel se zlepšením hudební produkce, vztahy byly nalezeny s vnímáním instrumentální kompetence, a to zejména rytmickou přesností, se všemi aspekty hudebnosti, stylistické přesnosti, interpretační

představivosti a výrazném rozsahu; se všemi aspekty komunikace, emocionálním závazkem a přesvědčením, schopností se vyrovnat se stresem a držení těla. Podobné studie byly provedeny u baletu a zpěvu a výsledky byly obdobné – největší význam pro zlepšení výkonu měl opět A/T trénink. A/T trénink má tedy dopad na tvůrčím procesu zejména v oblasti performing ARTS. Jako vysvětlení autor nabízí tezi, že limbický systém a dlouhé vzdálené obvody v mozku jsou převážně odpovědný za rozmanitost účinků A/T tréninku. Neuroanatomický obvod zahrnuje vzestupně mesencefalo-kortikální systém a limbické obvody sloužící kognitivní stejně jako afektivní / motivační funkci včetně spojky mezi frontální a posteriorní kůrou. Domnívá se, že dálkové spoje, poskytují pomalé rytmy v mozku během stavu hluboké relaxace a umožňují asociativní spojení v paměti a následné vyhledávání ve výkonu, s následnou maximální kreativitou a podporují integrační vlastnosti A/T tréninku, kde se nachází optimální výkon stejně jako v psychoterapii. (13)

Jako zajímavost uvádím studii autorů, kteří zkoumali vliv nízkofrekvenční laserové stimulace akupresurních bodů na EEG. Autoři hovoří o tom, že konvenční laserová stimulace akupresurních bodů může vyvolávat značnou mozkovou aktivaci, a aktivace je teoreticky dopravována senzoričnými aferentními vlákny. Autoři navrhli nízkourovňové laserové pole, kdy dodávali v bezvědomí laserové podněty na dlaně. Zjistilo se, že laserová stimulace mohla zvýšit výkon alfa rytmů a theta vlny hlavně v posteriorních regiónech. Tyto účinky trvaly alespoň 15 minut po ukončení laserové stimulace. Amplituda síly beta aktivit v předních regiónech se snížila po ukončení laserové stimulace. Autoři myslí, že tyto EEG změny jsou srovnatelné s těmi ve stavu meditace. (48)

2.4.3 EEG koreláty emocí

Řada studií se zabývá studiem fyziologických korelátů emocí. Pro tato hodnocení využívají hodnocení fyziologických signálů z elektrokardiografu, elektromyografu, hodnocení kožního odporu, srdeční frekvence, respirační frekvence a krevního tlaku. Stále je však málo studií zabývajících se hodnocením signálů z elektroencefalografu při různých emocích. Snad je to pro velmi složité hodnocení EEG signálu a obtížnost metodologie, což se střetává se snad ještě náročnější objektivizací emocí, které nemůžeme nijak změřit. Murugappan (2010) se ve své studii zabývá odvozováním lidských emocí pomocí multikanálového EEG. Pro provedení

studie vycházeli mimo jiné z popisu regionů lidského mozku, které přispívají k projevům konkrétních emocí. Jsou to pro smutek levá temporální area, pro smutek, radost a odpor pravá prefrontální area, pro vztek je to aktivace pravé frontální oblasti, pro strach bilaterální temporální aktivace a pro smutek a radost přispívá ještě většina dalších mozkových areí. Na prožívání všech emocí se ještě podílí prefrontální kortex, gyrus cinguli a temporální kortex. Mozkové oblasti zapojené v emočních procesech však ještě hrají svou důležitou roli v kognitivních funkcích, jako je paměť, pozornost, asociativní funkce, percepce a zpracovávání vnitřních stavů nebo vnějších podnětů. V této studii bylo využito právě statistického hodnocení výskytu alfa aktivity pro klasifikaci emocí. (30)

Vliv emocí na provedení sportovního, ale i uměleckého výkonu je tedy naprosto zásadní. Hodnocením, jak negativní a pozitivní emoce ovlivňují fyzický výkon, se zabývá i další studie. Testovala se jízda na bicyklovém ergometru na hranici laktátového prahu, kdy hodnotili emoce před a po výkonu, měřili ventilační parametry, respirační kvocient, srdeční frekvenci a spotřebu kyslíku. Emoce se významně měnily v čase a to poklesem elánu a zvýšením únavy, u některých účastníků se objevil hněv, deprese a napětí. U sportovců, kteří vykazovali negativní emoce, ventilace vzrostla v průběhu střední části, zatímco u sportovců vykazujících pozitivní emoce se zvýšila až krátce před dokončením. Výsledky ukázaly, že regulace negativních emocí je namáhavý proces, který vyčerpává fyziologické substráty. Pozitivní emoce jsou spojovány s vyšší mírou anticipace výkonu, zatímco negativní emoce se sníženou anticipací až selháním ve výkonu. Vzhledem k významu emocí ve výkonech, je emocím věnována velká pozornost. Regulace emocí byla definována jako proces vytvoření, zachování, modulace nebo změny výskytu, intenzity nebo délky vnitřních pocitů. Výzkumy prokázaly, že při regulaci emocí dochází ke spotřebě energie a ovlivnění fyziologických funkcí jako variabilita srdeční frekvence a spotřeby kyslíku. (23)

Sammlerová (2007) se zabývala, jak valence vnímaných emocí diferencovaně ovlivňuje EEG spektrum a srdeční frekvenci. Příjemné a nepříjemné emoce byly vyvolávány harmonickou a disharmonickou hudbou. Nepříjemná hudba vyvolala významné snížení srdeční frekvence. U EEG byla příjemná hudba spojena se zvýšením frontální theta aktivity. Tento efekt má odrážet emocionální zpracování v úzké součinnosti s pozorností. Tyto nálezy ukazují, že theta aktivita je modulována podle emocí významněji než se předpokládalo. Autoři uvádí, že u dospělého člověka má theta

rytmus dva projevy. První typ má rozšířenou distribuci a je pozorován hlavně při ospalosti a stavech o nízké úrovni bdělosti a vede k neefektivnímu zpracování informací. Druhý typ je popisován jako Fm theta (frontalmidline theta) vzhledem k jeho typické topografii. Fm theta byla nejčastěji interpretována jako korelát zvýšeného duševního úsilí a neustálé pozornosti nutné v průběhu vykonávání řady úkolů. Dále se zde hovoří o hypotéze, která uvádí, že pozitivní přístup a související emoce jsou převážně zpracovávány v levém frontálním laloku, zatímco negativní přístup a emoce jsou spíše zapojeny v pravém frontálním laloku. V EEG se odráží asymetrické snížení alfa rytmu dle vnímané emoce. Ke snížení alfa rytmu v levém frontálním laloku dochází při pozitivních emocích a snížení alfa rytmu v pravém frontálním laloku při negativních emocích. (40)

O tomto jevu se zmiňuje další studie, která se zabývá hodnocením vlivu poslechu hudby na aktivaci a lokalizaci EEG ve vztahu k emocím u adolescentů trpících depresí. Jejich předpoklady vycházely ze současných studií, kde se také hovoří o tom, že pozitivní emoce jsou ve vztahu se zvýšenou mozkovou aktivitou frontálně vlevo a negativní emoce pak vpravo. V jejich studii byla jedna skupina dospívajících vystavena 23 minutovému poslechu rokové hudby a druhá kontrolní skupina pouze stejný časový úsek odpočívala, relaxovala a soustředila se na vlastní myšlenky. EEG bylo měřeno v průběhu sezení a tři minuty po něm a dále byly hodnoceny vzorky slin pro objektivizaci hladiny stresového hormonu, kortizolu. Subjektivně ani objektivně nedošlo ani u jedné skupiny ke změně nálady. Avšak byla prokázána snížená hladina kortizolu a oslabení frontální aktivity vpravo v průběhu a po skončení poslechu hudby. Poslech hudby má tedy u této populace pozitivní vliv zaznamenaný biochemickým a psychologickým měřením. (11)

Ve studii Masnaniho (2012) je relativně vysoká špička frekvence v alfa pásmu přítomna při emoci vzteku. Tito autoři se zabývali determinací stavu emoce vzteku na základě EEG, řeči a srdeční frekvence. Výsledky ukázaly, že nepříjemná emoce je v souvislosti s vrcholem amplitudy při relativně vyšší frekvenci v alfa pásmu, naproti ostatním dvěma emočním stavům, neutrálnímu a smutku. (27)

Beta aktivita na EEG je přítomna při zvýšeném stavu bdělosti a kognitivních procesech. Jen málo studií zkoumalo vztah mezi beta aktivitou a emocionálním zpracováním. Studie ukázaly zvýšení beta aktivity po nespecificky zvýšeném emocionálním vzrušení. Centrálně produkovaný beta rytmus silně souvisí

s motorickými funkcemi, které pochází z primární motorické kůry a suplementární motorické kůry. (40)

2.4.4 EEG koreláty kognitivních funkcí

S kognitivními funkcemi má prokázanou souvislost relativní theta aktivita (4-6,5Hz). Je známo, že vysoký výkon theta aktivity v klidovém stavu u starších osob poukazuje na relativní zhoršení kognitivních funkcí, jako je tomu např. u Alzheimerovy choroby či Parkinsonovy choroby. Přesto však poukazují na to, že ve studiích mladých zdravých dospělých jedinců jsou oscilace theta frekvence zvláště charakteristickým EEG indexem neporušených kognitivních funkcí, jako je např. paměť a pozornost. To prokázala i jejich studie, kde hodnotili kognitivní procesy pomocí neuropsychologické testovací baterie a zároveň snímali EEG aktivitu na elektrodách Cz, Fz, Pz a M1. Byla to právě theta aktivita, která signifikantně korelovala s vykonáváním řady kognitivních testů zahrnujících verbální paměť, pozornost nebo další výkonné funkce. Distribuce se pak lišila dle vykonávané části testu. (12)

Jinak tomu je v případě studie Zaehleho (2010), který hovoří o alfa aktivitě jako o korelátu kognitivních procesů. Citují zde i jiné autory, se kterými se ve svém výroku shodují. Uvádí, že okcipitální výskyt alfa aktivity je spojován s kognicí a pracovní pamětí a její výskyt je využíván v rámci biofeedbacku. Alfa aktivita se zvyšuje od dětství do dospělosti a opětovně se snižuje okolo 50. – 60. roku věku. Signifikantně nízkou alfa aktivitu vykazují i děti s chudším vzděláním, poruchami čtení, psaní či řeči a pacienti s neurologickými poruchami a Alzheimerovou chorobou. Rychlost kognitivních funkcí se zdá být ovlivněna alfa oscilacemi, čehož využili i autoři pro svoji studii, kdy se pokusili poskytnout přímé elektrofyziologické důkazy o interakci mezi tACS (transcranial alternativ current stimulation) a endogenní oscilační nervovou aktivitou. Aplikovali tACS právě přes okcipitální kortex v individuálních alfa frekvencích jednotlivých probandů. Měli ještě kontrolní skupinu probandů, kde pouze připevnili elektrody, ale neaplikovali tACS, oběma skupinám ještě snímali alfa aktivitu ze tří parietocentrálních středních elektrod. Výsledkem jim bylo zvýšení alfa aktivity po testu oproti situaci před testem u skupiny s aplikací tACS, ne však u skupiny bez stimulace. Prokázali vhodnost této neinvazivní metody pro stimulaci alfa aktivity a tedy možnost jejího využití např. v terapii pacientů s kognitivními poruchami.(49)

S těmito výsledky se do jisté míry shodují i nálezy starší studie zaměřené na využití neurofeedbacku ke zlepšení kognitivních výkonů. Opět to byla alfa aktivita, která byla spojována s kognitivními procesy. I když různé parametry alfa aktivity jsou spojovány s různými aspekty kognitivních funkcí. Přetrvávající klidová alfa aktivita vzrůstá v průběhu situací spojených se zvyšováním kognitivní kapacity (např. ve stavech větší pozornosti nebo u mladých oproti starším lidem). Ke snižování pak dochází za podmínek, kdy naopak dochází ke snižování kognitivních funkcí (např. u pacientů s neurologickými onemocněními, v průběhu dřímoty či ospalosti). V této studii využívali neurofeedbacku (NFB) alfa a theta aktivity pro zlepšování kognitivních funkcí, které byly hodnoceny pomocí testu inteligenčního testu IST-70. Měření probíhalo v osmi sezeních, které obsahovaly pouze klidové měření, mentální prostorové úkoly, sezení s NFB. Výsledkem byla signifikantní korelace s alfa NFB a zlepšením v kognitivních funkcích při plnění zadaných úkolů. Navíc korelace mezi alfa NFB tréninkem a zvyšující se alfa aktivitou byla prokázána parietookcipitálně vpravo. Překvapivě nebyla prokázána žádná korelace mezi theta NFB a kognitivními funkcemi. (14)

2.4.5 Fyziologické koreláty únavy

Při hodnocení EEG signálů a jejich reakcí na cvičení dochází k zvyšování alfa aktivity v EEG spektru. Důvod této změny není zcela objasněn, ale uvažuje se, že tato změna je přímý důsledek vyčerpání nebo adaptace na určitou činnost. (44)

Byla provedena studie, ve které se autoři zaměřili na literaturu hovořící o EEG změnách při únavě řidičů. Zhoršení ve výkonu při únavě je spojováno se vzrůstající theta aktivitou a změnami v intenzitě alfa aktivity. EEG theta aktivita se může vyskytovat v různých mentálních stavech, zahrnující např. stavy během usínání. Při laboratorních studiích v průběhu noci, theta a alfa aktivita signifikantně vzrůstá. Vzrůstající ospalost je také v korelaci s theta a alfa aktivitou. Theta aktivita v průběhu ospalosti byla maximální v centrálním a frontálním regionu mozku, obou hemisfér. Na počátku dřímoty se výskyt alfa rytmu může snižovat na několik vteřin a znovu se objevovat. Takto se to děje v průběhu této sekvence několik minut až úplně vymizí na začátku spánku. V kontrastu s obecnou znalostí, že ospalost je charakterizována zmizením alfa aktivity, někteří autoři sledovali persistující alfa aktivitu během stavu ospalosti. Tato sledování také zdůrazňují změny v distribuci, amplitudě a frekvenci alfa

rytmu. Objevili vzrůstající amplitudu alfa aktivity v centrofrontálním regionu trvající 1-10 vteřin a často probíhající současně se snižující se amplitudou alfa rytmu v okcipitálním laloku. Další změnou v průběhu ospalosti byl výskyt nebo persistence střední- nebo posterio-temporální alfa aktivity trvající několik vteřin potom, co okcipitální alfa aktivita již vymizela. Centrofrontální a temporální alfa rytmus v průběhu ospalosti jsou obvykle o 1 – 2 Hz pomalejší než okcipitální.(22)

Podobně se výskyt alfa aktivity před spánkem a těsně po jeho nástupu objevuje ve studii našich českých autorů. U všech testovaných probandů se alfa aktivita objevila před spánkem a těsně po jeho nástupu ve formě velkého rozkmitu. Alfa aktivita v tomto období tedy pravidelně kolísá. V době somnolence a usínání však pozorovali postupně se snižující alfa frekvenci, inverzně narůstající delta a theta aktivitu. (8)

Narůstající alfa vlny byly prokázány u spánkově deprivovaných námořníků. To odráží snižující se kortikální povzbuzení, které se děje v průběhu dlouhých monotónních činností. Přímo v jejich studii, v laboratorních podmínkách s řidiči, bylo výsledkem stálé zvyšování delta, theta a alfa aktivity v průběhu přechodu k únavě. Největší vzestup delta, theta a alfa aktivity byl zaznamenán ve frontálním a centrálním laloku. Ve studii řidičů při monotónní činnosti znamenal růst theta a alfa aktivity, a vyšší theta aktivita poruchy v činnosti. Alfa aktivita byla nejvíce citlivá k ospalosti. Výsledky ukázaly, že u nezkušených řidičů se zvyšoval výkon v alfa pásmu oproti zkušenějším řidičům: spánek přicházel, zatímco řidiči měli ještě otevřené oči a byl provázen theta vlnami, spánkovými vřeteny (frekvence 11-15Hz, doba trvání méně než 0,5s, a tzv. K-komplexy (přechodný EEG vzor ostré pozitivní vlny následované negativní vlnou, doba trvání méně než 0,5 s).(22)

Tuncel (2010) se pokusil objektivizovat koherenční analýzu mezi EEG a EMG aktivitou v průběhu únavy. Koherence mezi těmito dvěma subsystemy může být dosaženo buď jednosměrným informačním tokem (motorická kortikální kontrola), reciproční komunikací (aférentní zpětná vazba) nebo pomocí generátoru ovlivňující oba systémy (subkortikální struktury). Hodnotili tři stádia únavy, a sice v situaci únavy m. biceps brachii při opakovaném zvedání 4kg činky. Na podkladě jiné studie měřili EEG aktivitu na elektrodách C3 a C4 (přes kontralaterální primární sensorimotorickou areu), kde by měla být signifikantní koherence s EMG aktivitou. Významné hodnoty koherence byly prokázány u beta a nízkých pásem gama v prvním a druhém stádiu únavy, ve třetím to pak byla koherence více patrna při svalové činnosti u beta aktivity.

Z průměrného EEG autokorelačního spektra prokázali větší signifikanci v prvním stádiu únavy u delta a theta vln, ke kterým se především ve druhém a pak třetím stádiu přidává alfa a beta aktivita.(44)

V průběhu fyzického výkonu dochází nejen k fyzické únavě, ale i mentální, která má také svá specifika v EEG záznamu. Tímto se zabývala studie, kde se testovaly subjektivní, kognitivní a fyziologické indikátory únavy u zdravých atleticky aktivních studentů pomocí typického neuropsychologického testovací baterie při otřesu mozku ve spojení s EEG záznamem. Z výsledků bych zdůraznila to, že u účastníků bylo prokázáno signifikantní zvýšení alfa aktivity v centrální oblasti při tzv. Stroop Inference testu. Ve studii však došlo i ke zvýšení této aktivity frontálně v následujících testech a nejvyšší nárůst alfa síly byl v parietálních oblastech. Dále došlo k nepatrnému zvýšení alfa aktivity v okcipitálních oblastech po testování, kdy bylo autory předpokládáno potlačení této aktivity oproti pretestování. (5)

EEG pro hodnocení seberefrenčních procesů člověka popisuje Knyazev (2010) ve své přehledové studii, kde hledá koreláty právě těchto procesů. Problematika seberefrence je velmi složitým tématem, který přímo nepatří do této práce. Zjednodušeně bychom si však tyto procesy mohli představit jako adekvátní výpověď o sobě samém. Ve své studii poukazuje na to, že tyto procesy jsou zkoumány pomocí magnetické rezonance, EEG se tedy v těchto studiích dostává spíše do pozadí. Přesto však může podávat důležité informace a doplňovat tak MRI zejména tehdy, když jsou obě tyto metody využity zároveň. Složitá je pak samozřejmě metodika zpracovávání signálů a hodnocení jejich vzájemné korelace. V této studii se autor zabývá EEG studii seberefrenčních dějů a posuzuje, jak korespondují, doplňují se či si protirečí s výsledky z fMRI. Jako o sídle seberefrenčních procesů hovoří autor o konceptu DMN (default mode network), který se zakládá na důkazech o tom, že existují stálé vzory deaktivace přes síť mozkových oblastí, ke které dochází při zahájení vykonávání úloh. Tato síť zahrnuje precuneus/posteriorní cingulární kortex (p/PCC), mediální prefrontální kortex (MPFC) a mediální, laterální a inferiorní parietální kortex. Tato mozková síť je aktivní při klidovém stavu mozku s vysokým stupněm funkčního propojení mezi jednotlivými regiony. Důležité jsou EEG koreláty s aktivitou této oblasti. Většina autorů citovaných v této studii prokázala, že propojení této sítě pozitivně koreluje s alfa aktivitou. Ve výsledku tedy poukazuje na to, že studium spontánních EEG korelátů DMN naznačuje negativní korelaci DMN s nízkofrekvenční

oscilací, jako je delta a theta především ve frontálním kortexu, naopak pozitivní korelaci s vyššími oscilacemi (především alfa aktivitou v parietální a okcipitální oblasti). Je však nutné podotknout, že alfa a pomalá beta pozitivně koreluje s DMN, ale negativně s pozornostní sítí, zatímco gama vykazuje pozitivní korelaci s většinou kognitivních procesů. Souhrnně lze říci, že alfa aktivita se nejvýznamněji zvyšuje v průběhu procesu vnitřních na sebe zaměřených informací a DMN koreláty byly nejčastěji nalezeny v oblasti mediálního prefrontálního kortexu a dalších středních strukturách. (21)

2.4.6 Koreláty poslechu a vnímání hudby

Hudba má minimálně 5 hlavních komponent, a sice hlasitost, rytmus, barvu tónu, harmonii a výšku/melodii. Změny v hudbě jsou nekonečné a na každého působí velmi individuálně. Je proto velmi složité provádět spolehlivé psychofyziologické vyšetřování jejích účinků na člověka obecně. Samotné poslouchání hudby zahrnuje percepci změn v tónových a rytmických vzorech, tyto změny se vyvíjejí v čase, toto plynutí pak představuje samotnou podstatu hudby a hudební zážitek. (20)

Jeden z nejcharakterističtějších rysů zvuků příslušejících hudbě je výška. Lateralizace kortikální odpovědi je důležitý aspekt zpracování výšky tónu, kdy řada empirických dat uvádí pravou hemisféru jako hlavní pro zpracovávání výšky tónu. Kromě výšky a melodie tedy hudba závisí na rytmu. Behaviorální studie demonstrovaly, že rytmus a výška mohou být vnímány separátně, ale zároveň spolupracují při tvorbě hudebního vjemu. Neuropsychologické studie poukazují na to, že tyto dimenze jsou separovány v mozku. U pacientů s poškozením mozku totiž může dojít k poruše zpracování melodie, ale ne rytmu a naopak. (50)

Velký vědecký zájem je v oblasti zkoumání interakce mezi sluchovým a motorickým systémem a to právě v závislosti na rytmu. Je známo, že synchronizace pohybu se sluchovými vjemy a představování si hudebního vystoupení zapojuje motorické oblasti mozku, včetně PMC (premotoric cortex), SMA (supplementary motor area), pre-SMA (pre-supplementary motor area) a mozeček. Nábor v motorických regionech je však přítomen i při vnímání hudby. Na jedné straně se hudební skladba skládá jen ze sledu zvuků, takže zapojen by měl být jen sluchový systém. Nicméně hudba může být podněcující ke stimulaci rytmických pohybů. Komu se nestalo, že by si při poslechu hudby nepokyvoval hlavou nebo neklepal nohou do rytmu. (18)

Neuropsychologické a neurozobrazovací studie prokázaly, že motorické regiony mozku se podílejí na obou aspektech, tedy produkci ale i percepci rytmu. Při testování pouze poslechu rytmu byly aktivovány oblasti bazálních ganglií, dPMC (dorsal premotoric cortex) a SMA (supplementary motor area). Analýza rytmu tedy pravděpodobně závisí na rozsáhlé oblasti interakci mezi motorickým a senzorickým systémem. Sluchový systém ovlivňuje motorický výstup. Praktický příklad této dopředné vazby můžeme demonstrovat např. u již zmíněného ťukání nohou do rytmu, nebo i u prokázaného pokroku v chůzi u Parkinsoniků nebo u pacientů po mozkové příhodě, při poslechu hudby. Příkladem zpětné vazby v tomto systému je pak samotná hra na hudební nástroj, především na smyčcový nebo i u zpěvu. Hudebník kontinuálně kontroluje výšku a rytmus. Každý tón tedy musí být včas motoricky přizpůsobován. Jsou to právě hudebníci, kteří mají výborné propojení mezi sluchovým a motorickým systémem a podařilo se prokázat i některé anatomické změny v mozku u hudebníků, související s jejich tréninkem. V modelech sluchově-motorické integrace je důležitá role přiřazována i mirror neuron systému. Tato třída neuronů (v oblasti vPMC – ventral premotoric cortex a Brodmanově a. 44) formuje neurální bazi pro pochopení vizuálně prezentované akce. Tato akce je pak mapována do našeho motorického systému a zajišťuje její pozdější opětovné rozpoznání. Některé mirror neurony však nejsou aktivovány pouze pozorováním na cíl zaměřených akcí, ale jsou asociovány se zvukovými vjemy v průběhu akce. Zvukové modalita tedy mají přístup k motorickému systému. (50)

Chen (2008) ve výzkumu popisuje aktivitu mozku při dvou různých situacích. A sice v experimentu 1 testování poslouchali tři různé rytmy, kdy věděli, že je posléze budou muset vyklepávat spolu s poslouchaným rytmem. V experimentu 2 testování poslouchali opět tři rytmy, kdy byl poslech pouze pasivní následujícího vyklepávání. Zapojení motorického systému včetně PMC (premotoric cortex) bylo srovnatelné v obou testovaných skupinách. Sluchově – motorické zpracování rytmu se objevuje především ve třech nemotorických regionech. Ve vPMC (ventral premotoric cortex) při poslouchání s očekávaným klepáním spolu s rytmem, dPMC (dorsal premotoric cortex) byl citlivější na náročnější rytmické podněty s následujícím vyklepáváním, metrické organizace. Zajímavé je, že prokázali, že motorické regiony jako je mid-PMC (middle premotoric cortex), SMA (supplementary motor area) a mozeček se aktivují v odpovědi na zvuky, které byly poslouchány pouze pasivně. (18)

Jako korelát poslechu hudby byla ve výzkumu hodnocena aktivita alfa aktivita průběhu poslechu hudby. Konkrétně pak její dvě frekvenční pásma, a sice 8-10Hz a 10-12Hz. Alfa aktivita koreluje s relaxací, proto bývá interpretována jako znamení inhibice aktivity v dané mozkové arei, naopak je blokována nebo se její amplituda snižuje s nárůstem mozkové aktivity. Byla studována relativní desynchronizace (ERD) a synchronizace (ERS) 8-10Hz a 10-12Hz alfa frekvenčních pásmech vyvolaných poslechem hudby. Testováno bylo deset hudebně netrénovaných pravorukých probandů. Ti poslouchali pětiminutové úryvky z hudebních ukázek a to ze dvou hudebních stylů, populární a klasické hudby, popředu i pozpátku. Celkem tedy proběhla 4 měření u každého testovaného. Výsledkem byla reakce v obou frekvenčních pásmech, odpovědi byly odlišné, dynamické a závislé na čase a druhu stimulace. Klasická hudba přehrávaná popředu obecně vyvolávala ERD, zatímco ostatní stimuly vyvolávaly ERS (populární hudba popředu i pozadu) nebo žádnou odpověď (klasická hudba pozadu). Alfa odpovědi se měnily v čase tak, že ERD byla pozorována v první minutě stimulace, pravděpodobně reflektující pozornost věnovanou novému sluchovému podnětu. ERS se pak převážně zvyšovala v čase, indikující možná návyk na sluchový vjem. Odpovědi nižší alfa frekvence jsou tedy spojeny s pozorností a/nebo na stimul orientovanými procesy, které jsou patrné v průběhu iniciálních stádií při poslechu hudby. Naopak odpověď vyšších frekvencí alfy reflektují vyšší procesy, jako jsou paměťové funkce a zpracování jazyka. Signifikantní rozdíly v odpovědích různých alfa frekvencí nabízí hypotézu, že zaznamenané frekvence jsou generovány z různých oblastí a pravděpodobně odráží různé aspekty sluchového zpracování informací. (20)

3. SPECIÁLNÍ ČÁST

3.1 Cíle práce, hypotézy, vědecký záměr a vědecké otázky

3.1.1 Cíle práce

Cílem práce je ověřit přítomnost alfa aktivity v elektroencefalografickém záznamu v průběhu prolongovaného (20 min) hraní na housle a porovnat její morfologické a topické parametry s nativním EEG před a po této hře.

3.1.2 Hypotézy

H1: Předpokládám, že se v průběhu hry na housle objeví alfa aktivita v EEG signálu jako projev určité automatizace této složité pohybové činnosti.

H2: Očekávám změnu distribuce výskytu alfa aktivity v průběhu testování, ve smyslu posunu z parietookcipitálních oblastí před hrou k centrálním regionům v průběhu hry a po hře jako projevu nástupu centrální únavy a změny generátoru alfa aktivity v oblasti limbického systému.

H3: Po ukončení hry dojde ke zvýšení amplitudy alfa aktivity v EEG signálu jako projevu zvýšené synchronicity v talamokortikálních okruzích.

3.1.3 Úkoly práce a výzkumné otázky

Úkolem práce je ověřit, zda se alfa aktivita objevuje nejen v klidu při zavřených očích, ale i při pohybovém výkonu při otevřených očích. Dále popsat parametry jejího výskytu. Cílem zhodnocení elektrické činnosti mozku při pohybovém výkonu bylo získat odpovědi na tyto výzkumné otázky.

- Vyskytuje se alfa aktivita v EEG signálu v průběhu prolongované pohybové činnosti?
- Dochází ke změně parametrů výskytu alfa aktivity v průběhu prolongované pohybové činnosti?

3.2 Metodologie práce

3.2.1 Sledovaný výzkumný soubor

Výzkumný soubor byl tvořen 5 probandy, houslisty. Ve výzkumném souboru byli 4 muži a 1 žena, tři profesionální hráči a dva houslisté, kteří se hrou na housle neživí, hrají však déle než 15 let. Profesionální hráči byli z předních českých orchestrů, a sice z Filharmonického komorního orchestru hlavního města Prahy a z Komorního orchestru hlavního města Prahy. Věk probandů byl v rozmezí od 25 do 60 let. Měření a následné studie se probandi účastnili dobrovolně, před provedením experimentu byli poučeni o průběhu měření a před měřením podepsali informovaný souhlas. Celá studie dostala souhlas Etické Komise FTVS UK. Oba dva dokumenty jsou součástí této diplomové práce v přílohách.

3.2.2 Sběr dat

Teoretický podklad práce byl zpracován pomocí tištěných i elektronických monografií učebnic, odborných periodik. Odborné články byly získávány pomocí online databází v PubMed, Medline, EBSCOhost prostřednictvím placeného přístupu z FTVS UK, v Národní knihovně a Národní lékařské knihovně. Výběr literatury byl omezen na česky a anglicky psanou literaturu. Pouze jeden odborný článek byl z roku 1977, ostatní literatura je v rozmezí let 1990-2014.

3.2.3 Použité metody a provedení experimentu

Experiment probíhal v Kineziologické laboratoři FTVS UK. EEG aktivita byla snímána pomocí telemetrického 32 kanálového EEG přístroje od firmy Nicolet se současnou videomonitorací. Nasazení EEG čepice bylo provedeno vyškolenou EEG laborantkou. Nahrávání záznamu proběhlo z bipolárního zapojení elektrod rozložených v EEG čepici dle systému 10-20. Získaný signál byl upravován následujícími parametry. Amplituda 70 μ V/cm, horní filtr 70,00Hz, dolní filtr 1,00 Hz při zapnutém Notch filtru (proti artefaktům ze síťového připojení). Při měření proband seděl a před sebou měl stojánek s notami. Nejprve proběhlo natočení 2 minutového nativního EEG, tedy v klidu při zavřených a otevřených očích. Nato začal proband hrát na housle skladby dle vlastního výběru. V průběhu hry trvající 20 - 22 minut byla zaznamenávána EEG aktivita. Po dohrání probíhal ještě opět 2 minutový záznam v klidovém stavu při zavřených a otevřených očích. Příklad průběhu měření je uveden na Obrázku 3.1.



Obr. 3.1 Průběh měření EEG signálu při hře na housle

3.2.4 Analýza a zpracování dat

Nejprve bylo provedeno vizuální hodnocení jednotlivých částí EEG záznamu před hrou, v průběhu hry, a po ní. Při prohlížení byly parametry filtrů změněny na horní filtr 30Hz a dolní filtr 5Hz z důvodu odstranění četných svalových artefaktů, které vznikly v průběhu hraní na housle. Toto subjektivní okulometrické hodnocení různých částí EEG je zaneseno do grafů ve formě časové osy s výskytem alfa aktivity. Jako výskyt alfa aktivity byl zanesen časový úsek, kdy byla alfa aktivita průkazná alespoň v 400 ms. Dále byla provedena spektrální analýza s topografickým mapováním frekvencí pomocí metody brain mapping. To vše je vyhodnoceno a znázorněno před hrou, v průběhu hry a po hře. Výsledky jsou zobrazeny graficky. Časová osa výskytu alfa aktivity byla zpracována v programu Microsoft Office Excel a vyhodnocení frekvenčních map v programu Wave Finder.

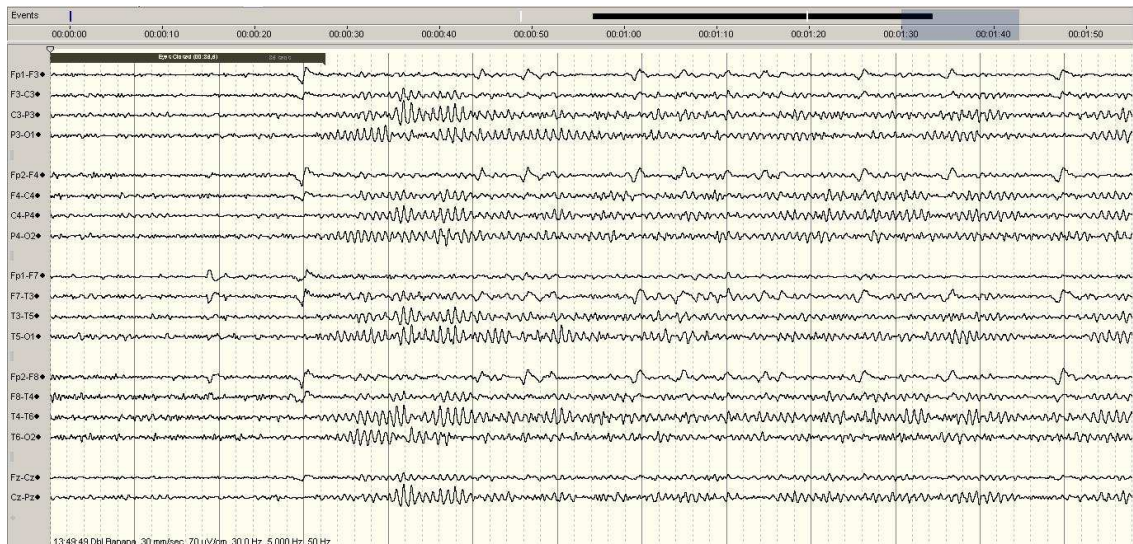
3.3 Výsledky měření a analýza dat

3.3.1 Hodnoty EEG – okulometrické vyhodnocení a spektrální analýza

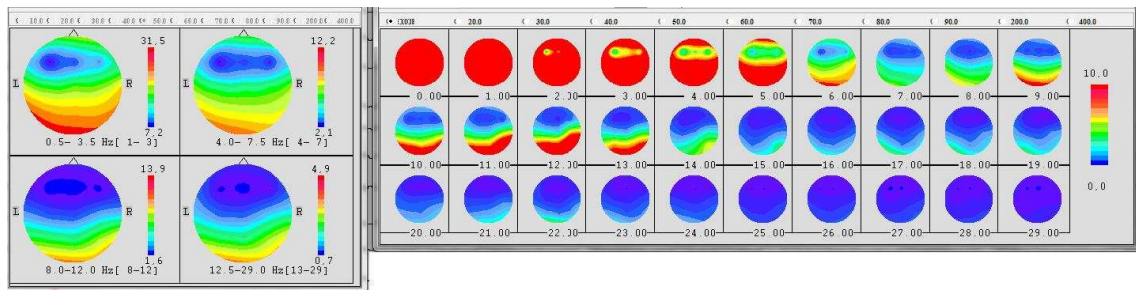
Proband 1:

Proband 1 je muž, přibližně 40 let, profesionální houslista. Působí klidným a vyrovnaným dojmem, před samotným měřením z něj není patrna nervozita. Je možné, že žádnou necítí nebo ji umí dobře skrýt. Jako svůj koníček uvádí běh na dlouhou trať, je zvyklý běhat maraton. Jako první bude hrát Presto z Bachovy Partity g moll. Poté hrál ze stejné partity Chaconnu. U této skladby říkal, že se zcela jistě dostane do stavu relaxace.

Nativní EEG bylo měřeno v průběhu dvou minut. Proband byl vsedě, housle držel v ruce. Při prvním zavření očí trvající 9s se objevuje alfa aktivita difúzně nad bipolárním zapojením elektrod Cz-Pz, T4-T6, T5-O1, T3-T5, P4-O2, C4-P4, P3-O1, C3-P3. Po této době otvírá oči a alfa aktivita se okamžitě rozpadá. Po 10s opět zavírá oči. Alfa aktivita se objevuje okamžitě při zavření očí na stejných elektrodách jako při prvním zavření. Po 12s opět otevření očí, kdy se ale po 3s objeví alfa aktivita na 1s na bipolárním zapojení elektrod C3-P3, P3-O1, F4-C4, C4-P4, F8-T4, kdy se pravděpodobně jedná o jev nazývaný habituace alfa. Při opětovném zavření očí se objevuje opět alfa aktivita na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, T6-O2, T4-T6, T5-O1, T3-T5, C4-P4, P3-O1, C3-P3, kdy je ale patrné zvýšení amplitudy (Viz. Obr. 3.2). Při otevření očí opět dochází k rozpadu alfa aktivity nebo-li reakci zástavy. Na ostatních elektrodách je patrna beta aktivita. Nativní EEG tedy prokazuje při zavřených očích záznam s alfa aktivitou pravidelně parietookcipitálně. Tento jev nám ozřejmí i topografické znázornění frekvenčního spektra, kde při zavřených očích pozorujeme alfa aktivitu ve frekvenci 9-13Hz (Viz. Obr. 3.3). Při opakovaném zavření očí dochází ke zvýšení amplitudy, tedy rebound fenoménu.



Obr. 3.2 Nativní EEG před hrou - Proband 1



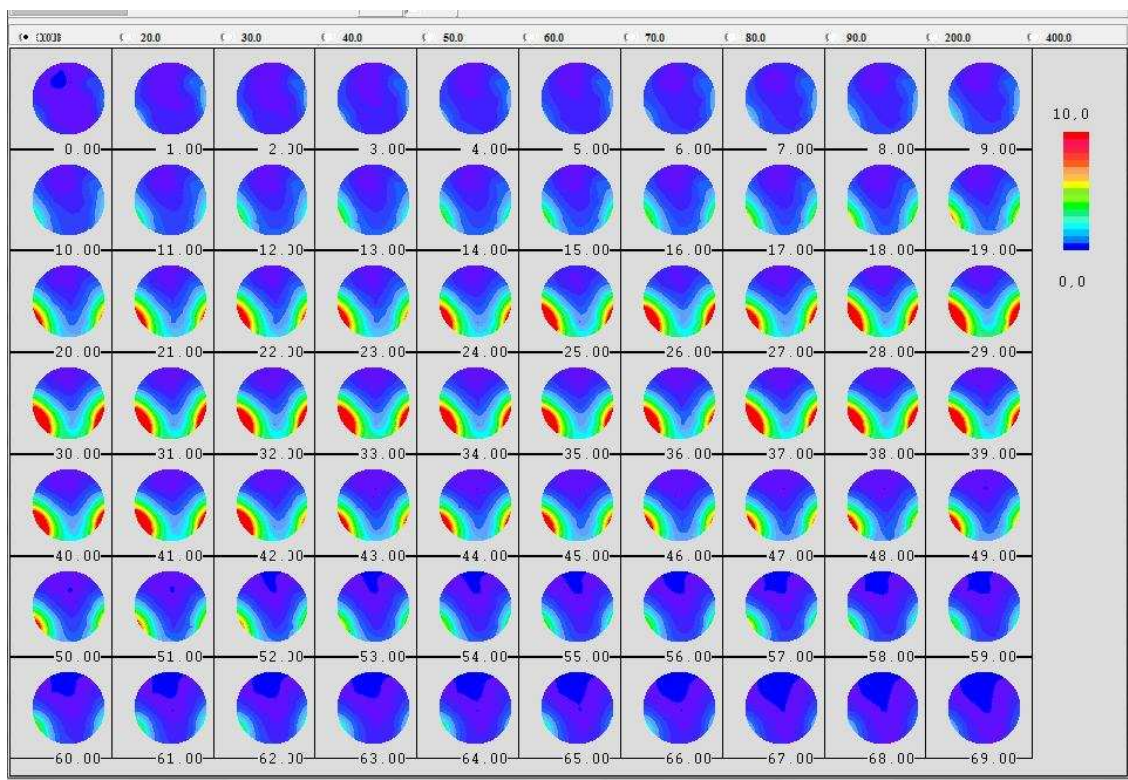
Obr. 3.3 BM před hrou - Proband 1

V průběhu hry se alfa aktivita se neobjevila vůbec. Proband hrál 22 minut. Nejprve Presto a poté Chaconnu z Bachovy Partity Gmoll. Pro celý EEG záznam je typická beta aktivita. Výrazný je výskyt vysokovoltážní beta aktivity a výskyt svalových artefaktů, tedy EMG aktivity v EEG záznamu a to především na bipolárním zapojení elektrod T6-O2, T4-T6, F8-T4, T5-O1, T3-T5, F7-T3, dále pak na P4-O2, P3-O1, tedy bilaterálně symetricky temporookcipitálně (Viz. Obr. 3.4). Na topografickém zobrazení frekvenčního spektra lze pozorovat temporookcipitální beta aktivitu ve frekvenci od 20 až do 50Hz. (Viz. Obr. 3.5) Výsledky spektrální analýzy objasnily, že maximální výskyt byl na elektrodách T5 a T6 ve frekvenčním pásmu 18,8 – 20,8 Hz. Tato aktivita pochází pravděpodobně z oblasti okcipitálních svalů, které se významně zapojují u tohoto probanda při hře na housle. Housle jsou totiž drženy v podstatě bradou a ne horními končetinami, které je potřeba mít volné pro hru. Objevení se těchto svalových artefaktů má svou podstatu v technice hry na housle. Vysokovoltážní beta se překvapivě nevyskytovala v rychlých a koordinačně náročných částech skladby ani při hře ve vyšších polohách s vyšší frekvencí. Naopak voltáž i frekvence se zvyšovala

spíše při hře v pomalejším tempu a při hře na více strunách najednou, tedy při mohutnějším zvuku.



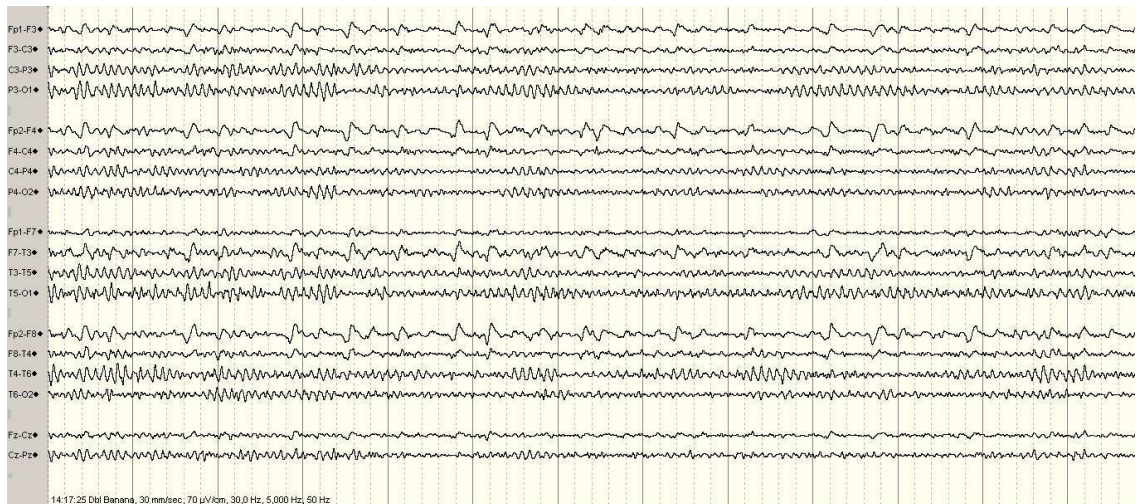
Obr. 3.4 EEG při hře - Proband 1



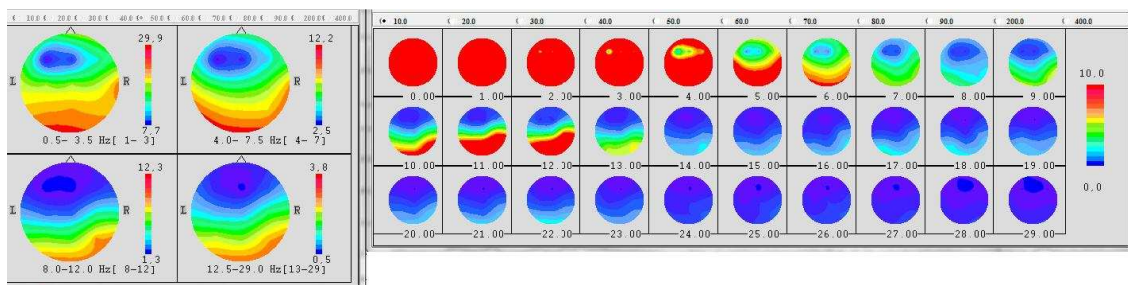
Obr. 3.5 BM při hře - Proband 1

Po dohrání proband zavírá oči, opět vsedě, housle drží na klíně. Ihned po zavření očí se v prvních třech vteřinách objevuje alfa aktivita na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, T4-T6, T3-T5, T5-O1, C4-P4, P3-O1, C3-P3. Distribuce je podobná jako před hrou, ale nemá tak širokou parietookcipitální distribuci (Viz. Obr. 3.6). Po 20s se

alfa aktivita rozšiřuje temporoparietálně vpravo, na bipolárním zapojení elektrod T6-O2, P4-O2 (Viz. Obr. 3.7). Při otevření očí se alfa aktivita rozpadá. Při opětovném zavření se okamžitě objevuje na bipolárním zapojení elektrod jako před začátkem hraní, tedy Cz-Pz, T6-O2, T4-T6, T5-O1, T3-T5, P4-O2, C4-P4, P3-O1, C3-P3 o vyšší amplitudě než při prvním zavření očí.



Obr. 3.6 Nativní EEG po hře - Proband 1



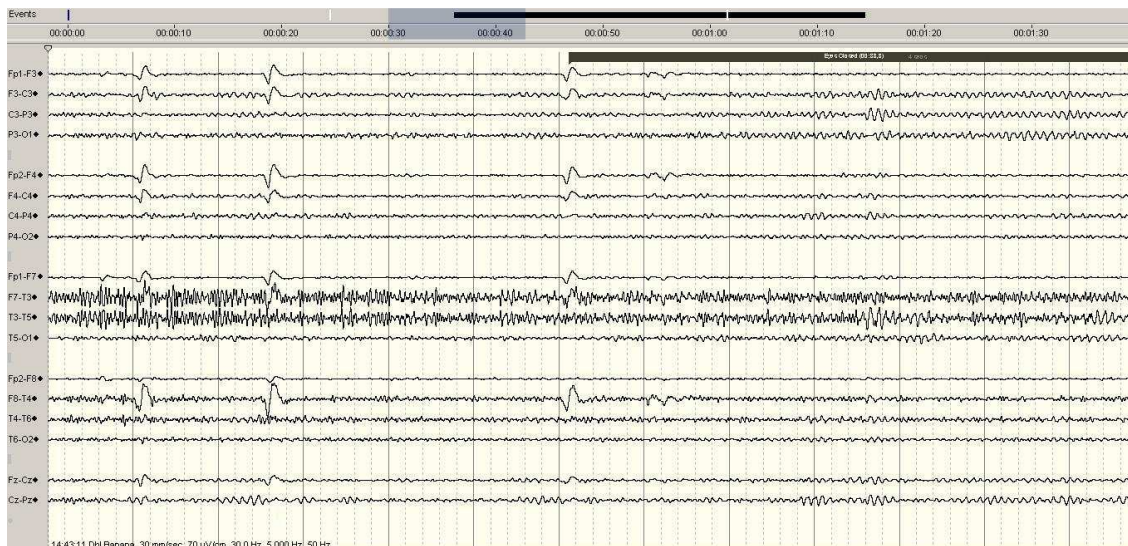
Obr. 3.7 BM po hře - Proband 1

Ve shrnutí u probanda 1 byl prokázán výskyt alfa aktivity před hrou při zavřených očích. Při druhém otevření očí se alfa aktivita objevuje i při otevřených očích na 1s jako habitace alfa. Při opakovaném zavírání očí se alfa aktivita objevuje se zvyšující se amplitudou, rebound fenomén. V průběhu hry nebyl zaznamenán žádný výskyt alfa aktivity a po hře se alfa vlny objevují pouze při zavřených očích. Popis distribuce a amplitudy je uveden výše v textu. Na časových osách je znázorněn výskyt alfa aktivity při otevřených očích, zavřených očích před hrou, po hře i v průběhu hry (Viz. Příloha C)

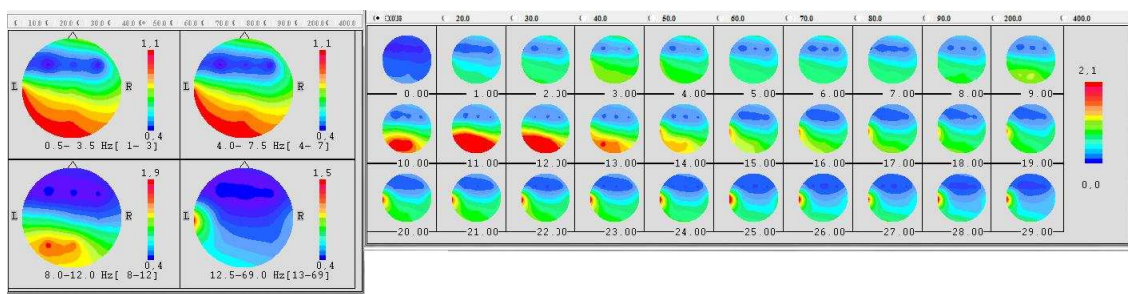
Proband 2:

Proband 2 je muž, 25 let, student Vysoké školy s technickým zaměřením. Není profesionální hráč, na housle však hraje déle než 16 let. Kvůli technickým problémům se o provedení experimentu dozvěděl až den předem, neměl čas na cvičení a na přípravu přednesů. Před samotným měřením se nerozehrál. Kromě hry na housle mezi jeho koníčky patří rekreační sportování spíše skupinových sportů, např. fotbal, hokej. Nejprve hrál Bachův dvojkonzert pro dvoje housle d moll 1. Větu. Poté hrál 3 věty z Mozartovy Malé noční hudby a nakonec zahrál bez not Meditaci od Masseneta, kde bylo na rozdíl od předchozích přednesů nejméně chyb a taky byla patrna největší emoce.

Nativní EEG bylo měřeno v průběhu asi 2 minut. Na počátku měření měl proband zavřené oči, alfa aktivita se objevuje na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, málo na T5-O1, C3- P3 a P3-O1, F3-C3. Po otevření očí se alfa aktivita sice ihned rozpadá, objeví se však po 9s otevřených očích na 3s na bipolárním zapojení Cz-Pz a také C3-P3 opět se jedná o tzv. habituaci alfa (Viz. Obr. 3.8). Při zavřených očích opět alfa aktivita na bipolárním zapojení elektrod F3-C3, C3-P3, P3-O1, Cz-PZ a málo i na T5-O1 a C4-P4. Při otevřených očích se pak tato aktivita rozpadá. Objevuje se až při zavřených očích, kdy po 11s dochází k zvýšení amplitudy alfa aktivity především na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, F3-C3, P3-O1 a objevuje se navíc i na Fz-Cz, T4-T6 a T3-T5. Alfa aktivita se tedy objevuje centrálně a parietookcipitálně vlevo. Až po opakovaném zavření očí se mírně rozšíří distribuce i parietálně vpravo. Tento jev můžeme pozorovat na topografickém znázornění, kde je patrna parietookcipitální aktivita vpravo především ve frekvencích 10-12Hz. (Viz. Obr. 3.9)



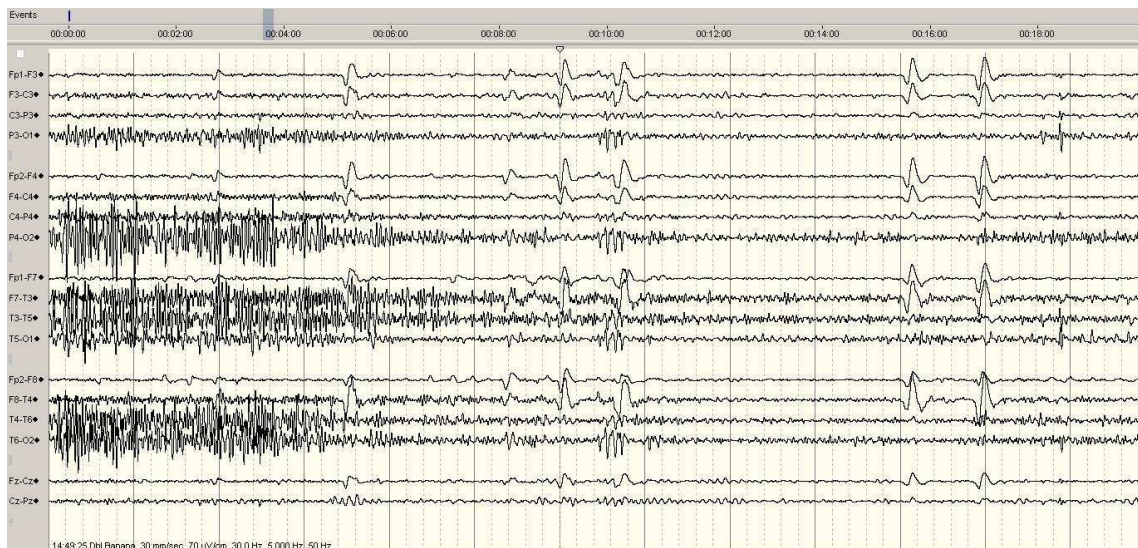
Obr. 3.8 Nativní EEG před hrou - Proband 2



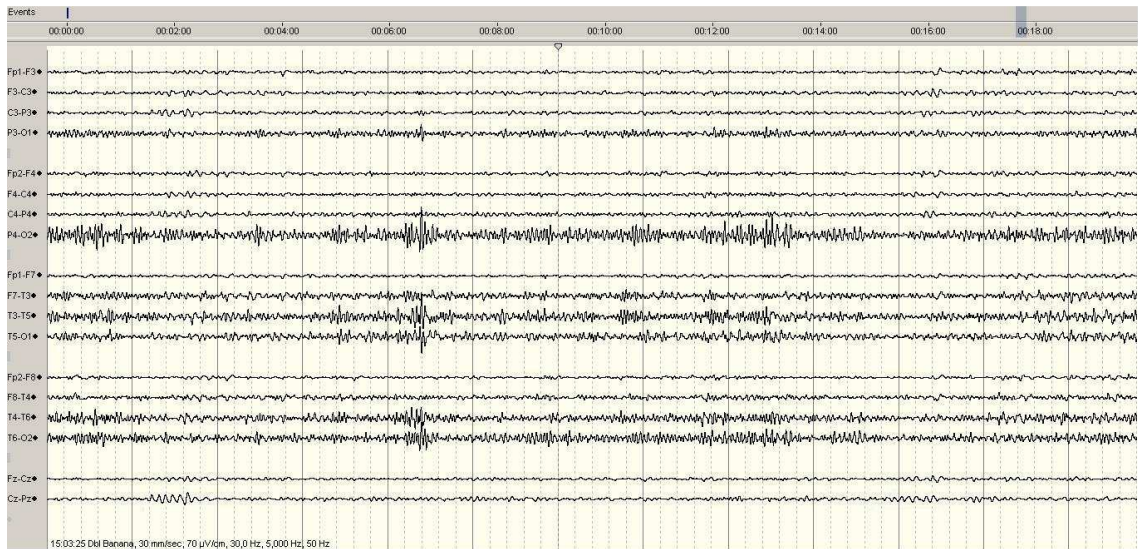
Obr. 3.9 BM před hrou - Proband 2

Proband hrál 19 minut a 19s. Před samotným začátkem hraní se objevuje ve 3s alfa aktivita při otevřených očích v oblasti elektrody Cz-Pz. Otázka je, zda to má souvislost s předchozím měřením nativního EEG a objevuje se jako jev habituace alfy nebo zda její výskyt souvisí s přípravou na výkon. V průběhu hraní je velmi zajímavé, že se objevuje alfa aktivita při otevřených očích při hře z not i bez nich. V průběhu hraní Bachova dvojkoncertu pro dvoje housle Dmoll se objevuje alfa aktivita v každé minutě (hra 9 minut), ale vždy pouze na velmi krátký okamžik 1/3s na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz. Po dohrání této hudební ukázky se proband chystá na přednesení Mozartovy Malé noční hudby. Zajímavé je, že 12s po dohrání se v průběhu přípravy opět objevuje alfa aktivita na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, ale i na Fz-Cz, F4-C4, Fp2-F4, F3-C3 v průběhu 2s vždy na 1/3s (Viz. Obr. 3.10). Výskyt byl tedy frontocentrálně v situaci, kdy má pacient otevřené oči a chystá se na další přednes. Podobná situace nastala i v průběhu hraní Mozarta při otáčení not, ale již pouze na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz. V průběhu hraní Mozarta se objevovala alfa aktivita v několika vteřinách každé minuty hraní na krátký okamžik

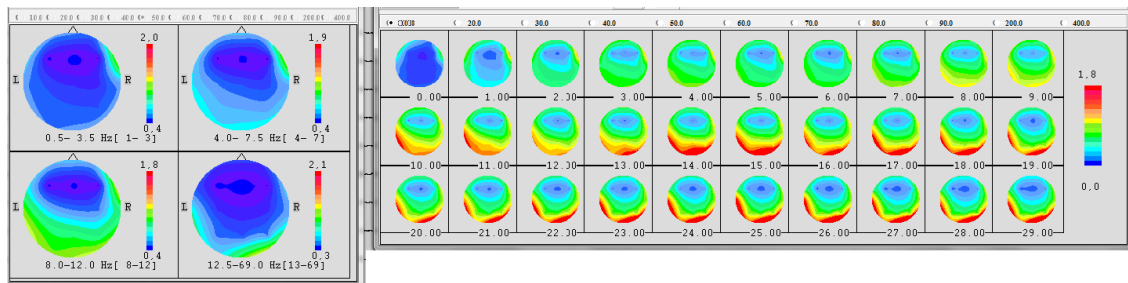
na zapojení Cz-Pz. Ve dvou případech se aktivita projevila i na zapojení C3-P3. Po dohrání této části se proband připravuje na hru dalšího kusu, a sice Meditace od Masseneta. V době pauzy se opět objevuje alfa aktivita, vyšší voltáže na zapojení Cz-Pz, F3-C3, C3-P3, tedy centrálně až parietálně vlevo. V průběhu 17-20 minuty hrál proband Meditaci od Masseneta, hrál z paměti a zjevně s vyšší emotivní složkou. Alfa aktivita se objevovala na bipolárním zapojení Cz-Pz a ve třech případech se distribuce rozšířila i na C3-P3. Opět je patrna v každé minutě hraní a jeví se mít vyšší amplitudu než v předchozích kusech. Otázka je, zda je to dáno právě tou emocionální složkou hry. Alfa aktivita se tedy objevila i v průběhu hry, při otevřených očích. Tato aktivita byla zaznamenána především centrálně, na bipolárním zapojení elektrod Fz-Cz a Cz-Pz (Viz. Obr. 3.11). Při dohrání a přípravě na další kus se alfa objevila mírně frontocentrálně až parietálně bilaterálně. Beta s nejvyšší frekvencí a amplitudou se v průběhu hry objevuje na bipolárním zapojení elektrod P4-O2, T4-T6, T6-O2. V situaci, kdy si proband otáčí noty a housle drží pouze bradou, jsou zaznamenány svalové artefakty na P4-O2, F7-T3, T3-T5, T4-T6, T6-O2 vycházející opět z aktivity okcipitálních svalů. Pozorovaný výskyt alfa aktivity byl potvrzen i pomocí spektrální analýzy s grafickým znázorněním, kde je patrný výskyt alfa aktivity okcipitálně vlevo ve frekvenci od 10 do 12-13Hz, kde aktivita pak přechází do beta pásma, které je maximálně temporookcipitálně. (Viz. Obr. 3.12)



Obr. 3.10 EEG při hře I. - Proband 2

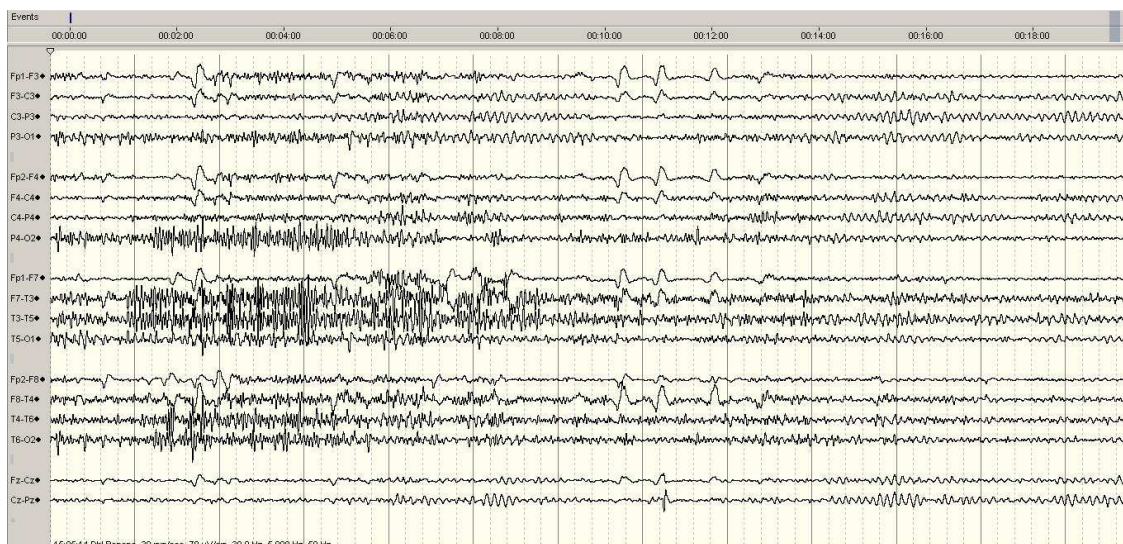


Obr. 3.11 EEG při hře II. - Proband 2

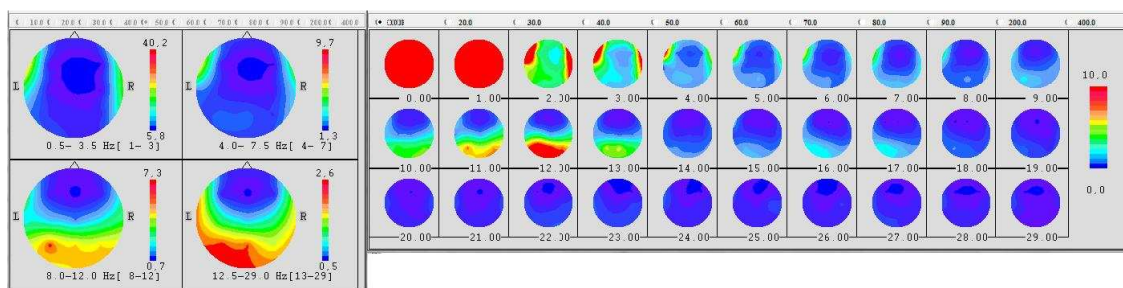


Obr. 3.12 BM při hře - Proband 2

Po dohrání proband zavírá oči, je vsedě na židli a housle drží na klíně. Okamžitě se objevuje alfa aktivita na bipolárním zapojení elektrod Fz-Cz, Cz-Pz, F3-C3, C3-P3, P3-O1 o výrazně vyšší amplitudě než byla před začátkem hry (Viz. Obr. 3.13). Asi po 8s dochází k mírnému snížení amplitudy. Výskyt je distribucí velmi podobný situaci před hraním, tedy centrálně a parietookcipitálně vlevo (viz. Obr. 3.14)



Obr. 3.13 EEG po hře - Proband 2



Obr. 3.14 BM po hře - Proband 2

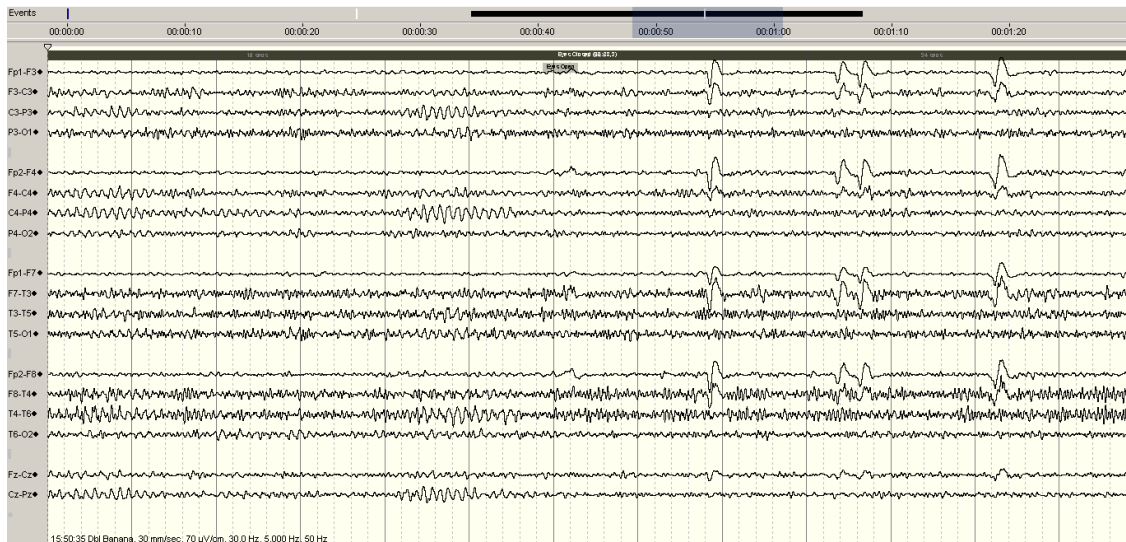
Výskyt alfa aktivity před hrou byl prokázán nejen při otevřených očích, ale i při druhém otevření očí na časový úsek 3s. Opět zde můžeme sledovat jevy habitace alfa a rebound fenomén. U tohoto probanda byl prokázán výskyt alfa aktivity při otevřených očích i v průběhu hry, ale i v situaci po dohrání při přípravě not na další přednes. Tato situace se objevuje v průběhu měření ještě dvakrát. Ke konci měření proband hraje z paměti výrazně emotivní přednes a výskyt alfa aktivity je četnější. Po dohrání jsou alfa vlny prokázány při zavřených očích. Grafické znázornění časového výskytu alfa aktivity je uvedeno níže (Viz. Příloha D).

Proband 3:

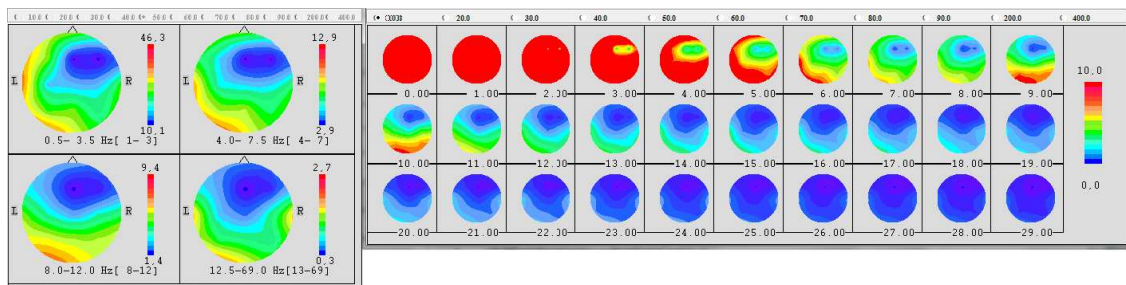
Proband je muž, přes 60 let, profesionální houslista. Před měřením na něm byla patrna výrazná nervozita a zvýšené psychické napětí. Musel hrát s brýlemi, jinak by neviděl na noty. Před měřením se nerozehrával, protože celé dopoledne zkoušel s orchestrem. Říká, že potřebuje hrát z not, že paměť mu už tzv. neslouží. Což je asi samozřejmé, protože při hře v orchestru vždy hraje z not a paměť tedy dlouhodobě

netrénujete. Hra byla samozřejmě bez chyb. Nejprve hrál Mozartovu Malou noční hudbu, všechny věty a nakonec Presto z Bachovy Partity g moll.

Nativní EEG měřeno opět v průběhu asi dvou minut. Při prvním zavření očí na 20s se alfa aktivita objevuje po 17s pouze na 1s na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, C3-P3, F4-C4 a mírně i na P4-O2. Po opětovném zavření očí na dalších 20s se alfa aktivita objevuje po 10s v oblasti bipolárních zapojení Cz-Pz, po 10s na F3-C3, C3-P3, C4-P4, P4-O2 a dochází i k mírnému zvýšení amplitudy (Viz. Obr. 3.15). Stejně je tomu tak i při třetím zavření očí, kdy se již amplituda příliš nezvyšuje. Vždy po otevření očí se alfa aktivita rozpadá. Výskyt alfa aktivity je velmi nízký a aktivita není vysoké amplitudy. Nicméně distribuci bychom mohli popsat jako centroparietální okcipitální bilaterálně. Tuto distribuci pozorujeme i na zobrazení pomocí brain mappingu především ve frekvenčním spektru 9 a 10 Hz. (Viz. Obr. 3.16)



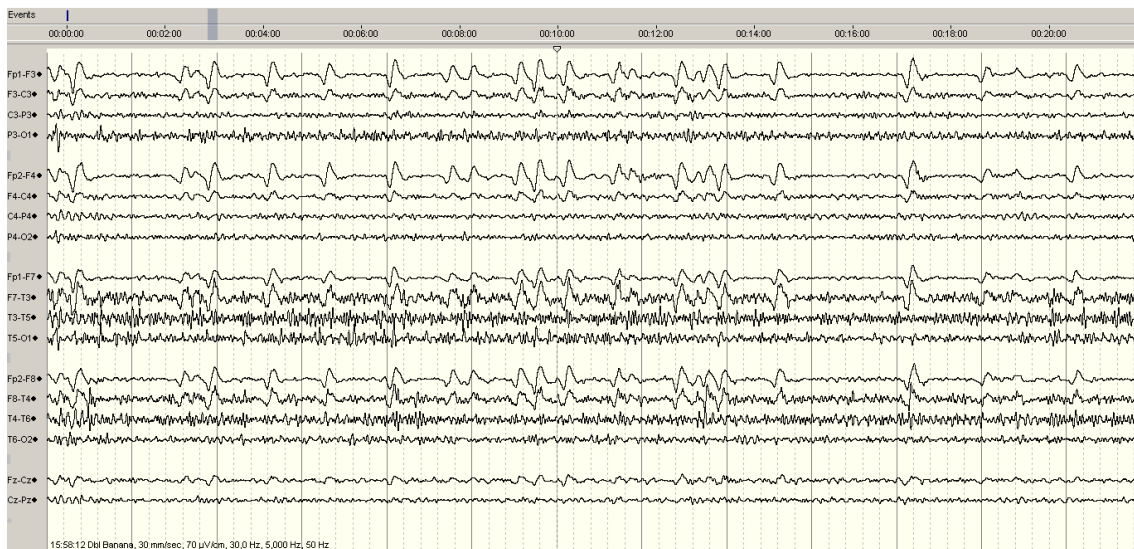
Obr. 3.15 Nativní EEG před hrou - Proband 3



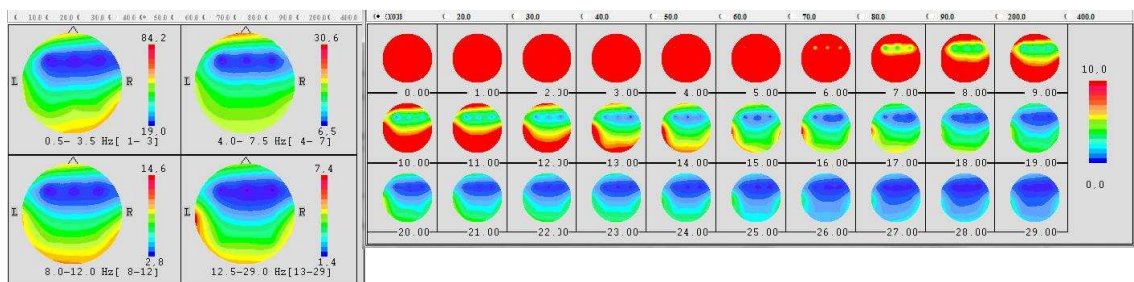
Obr. 3.16 BM před hrou - Proband 3

Proband hrál 20 minut. Nejprve Mozartovu Malou noční hudbu a poté Bachovo Presto z Partity g moll. Alfa aktivita v průběhu celého záznamu byla přítomna, ale pouze ve velmi krátkých úsecích, které nesplňovaly kritéria pro zanesení do časové osy.

Avšak v rámci topografického zobrazení sehrály významnou roli v tom smyslu, že celkově alfa aktivita je zde výrazně zaznamenána v celém jejím frekvenčním spektru od 8 do 13Hz (viz. Obr. 3.17, Viz. Obr. 3.18). Distribuce v průběhu hry byla rozšířena centrálně až parietálně. Dále je na tomto EEG záznamu výrazná velmi vysoká četnost artefaktů z pohybů očních bulbů a víček, které jsou patrné v každé minutě 20 minutové hraní vždy v několika vteřinách až několikrát do vteřiny. Patrně z důvodu velmi velké psychické tenze a nervozity probanda. Vysoká frekvence beta aktivity byla patrna v oblastech bipolárních zapojení F7-T3, T3-T5, T5-O1, T4-T6, T6-O2.



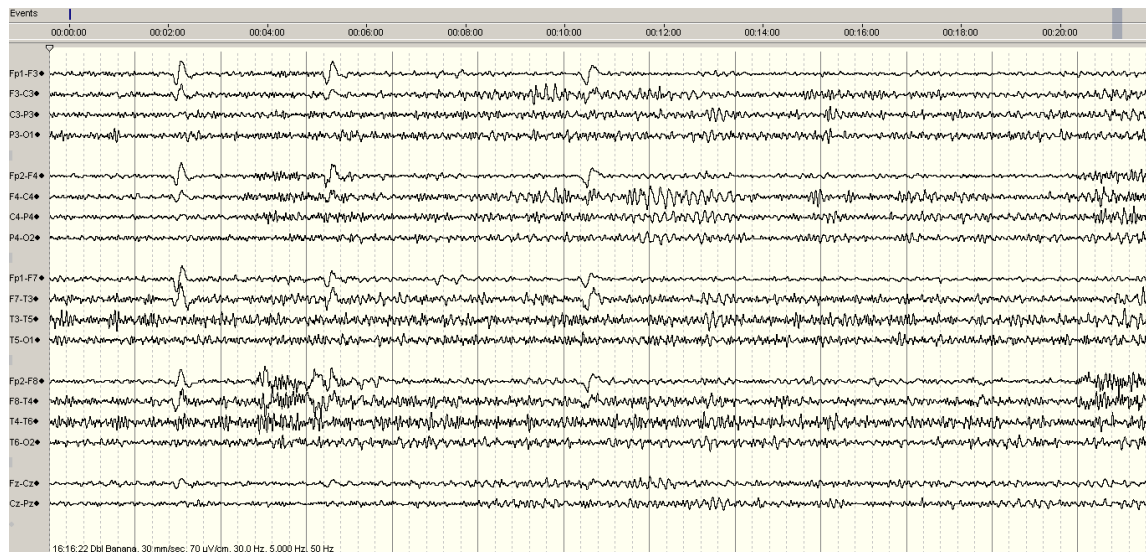
Obr. 3.17 EEG při hře - Proband 3



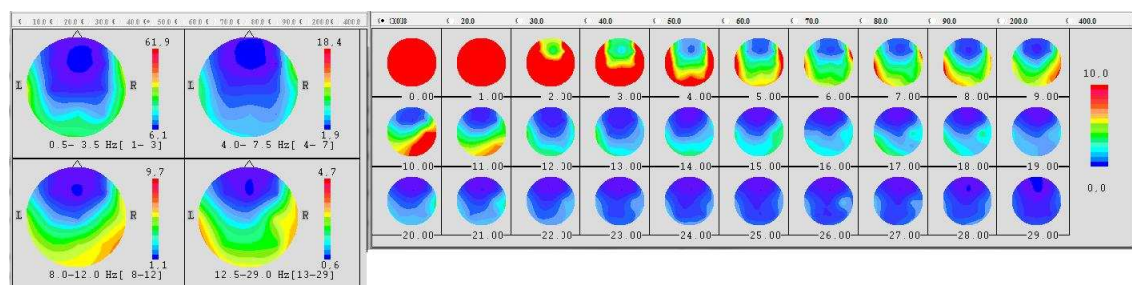
Obr. 3.18 BM při hře - Proband 3

Po dohrání proband opět zavírá oči, ale alfa aktivita se v této fázi objevuje jen velmi sporadicky. Nejprve v první vteřině na bipolárním zapojení elektrody Cz-Pz a C4-P4 s vyšší amplitudou než před hrou, po 10s se objevuje i na bipolárním zapojení F3-C3 opět o vyšší amplitudě než před hraním. Distribuci centrálně vpravo lze pozorovat na topografickém zobrazení s maximem v 10Hz v rámci frekvenčního spektra (Viz. Obr. 3.20). Při druhém zavření očí, na 11s, se alfa aktivita objeví na 1-2s na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, C3-P3, F4-C4, C4-P4 a dochází k dalšímu zvyšování

amplitudy alfa aktivity (Viz. Obr. 3.19). Až při třetím zavření očí je po 9s patrna alfa aktivita na elektrodách Cz-Pz, Fz-Cz, F4-C4, C4-P4, P3-O1, C3-P3, tedy centrálně a parietookcipitálně.



Obr. 3.19 Nativní EEG po hře - Proband 3



Obr. 3.20 BM po hře - Proband 3

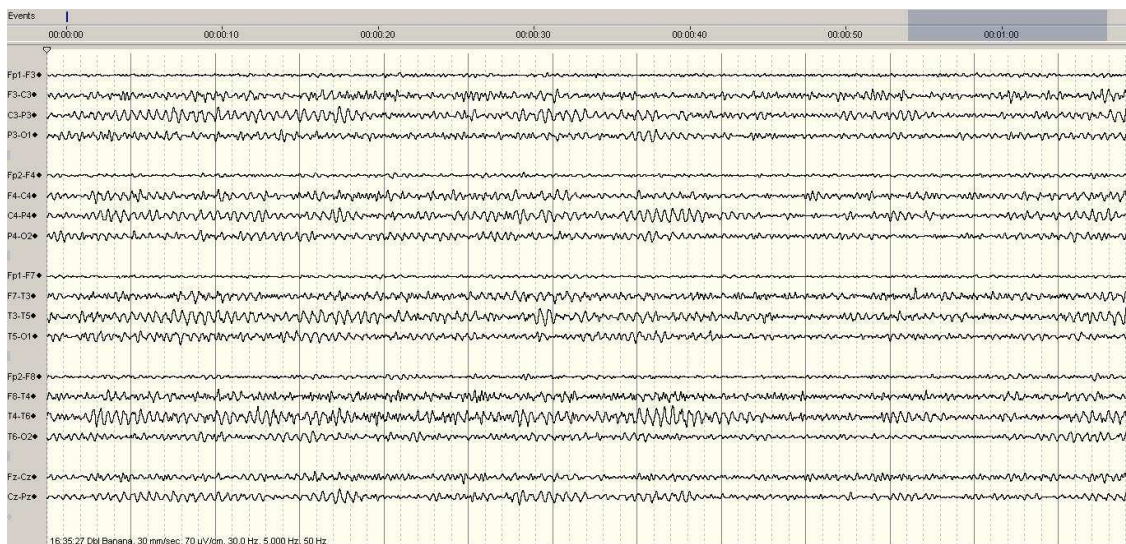
U probanda 3 byl prokázán výskyt alfa aktivity při nativním EEG před hrou a po hře pouze při zavřených očích. Nebyl tedy přítomen jev popisovaný jako habitace alfa. V průběhu hry se alfa aktivity vyskytovala pouze ve velmi krátkých úsecích (0,2s) a nespĺňovala tedy kritéria zaznamenání do časové osy uvedená v metodologické části práce. Avšak při topografickém zobrazení je tato aktivita samozřejmě patrna. Proto se grafická zobrazení mozkové aktivity u tohoto probanda mírně rozcházejí. Časové zobrazení výskytu alfa aktivity je uvedeno v Příloze E.

Proband 4:

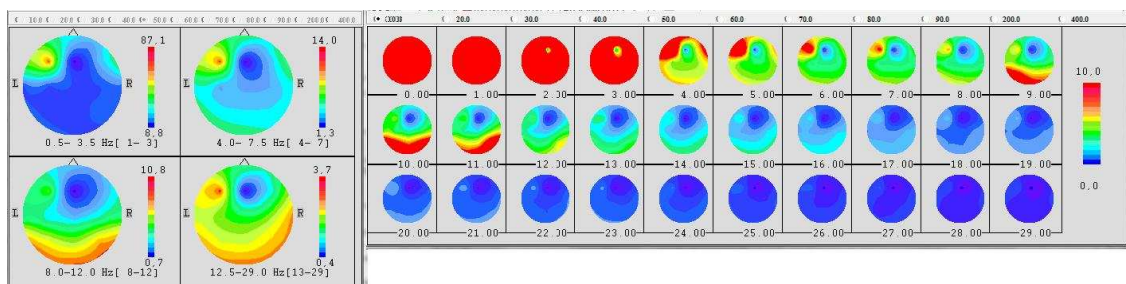
Proband je muž, starší 60 let, profesionální houslista. Dopoledne v den měření cvičil a pak ještě hodinu před začátkem měření se rozehrával. Proband po celých 20 minut hrál Presto z Bachovy Partity g moll formou nácviku. To znamená, že se různě

v rámci skladby vracel a nacvičoval úseky v různém tempu. Právě z důvodu nácvičku bylo patrné velké zacílení pozornosti na tuto činnost a také výrazná emotivní složka.

Nativní EEG bylo měřeno v průběhu 2 minut. Při prvním zavření očí na 20s se alfa aktivita objevuje na bipolárním zapojení elektrod F4-C4, C4-P4, C3-P3, po 17s se objevuje i temporálně na T4-T6, T6-O2, T3-T5. Při druhém zavření očí se objevuje opět jako rebound fenomén na zapojeních F3-C3, C3-P3, C4-P4, P4-O2, T3-T5, T4-T6, Cz-Pz se zvýšenou amplitudou. Stejně je tomu tak i při třetím zavření očí. Při otevření očí se alfa aktivita ihned rozpadá. Distribuce alfa aktivity je centrálně, parietookcipitálně až temporálně bilaterálně (Viz. Obr. 3.21). Distribuce je topograficky znázorněna v rámci brain mappingu především a to ve frekvenčním spektru 9-11 Hz. (Viz. Obr. 3.22)



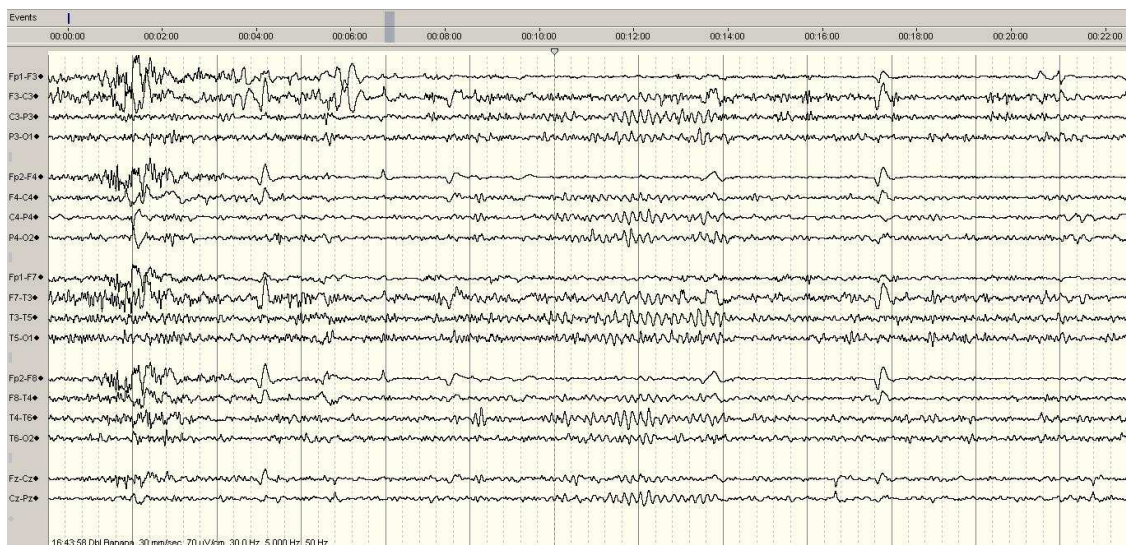
Obr. 3.21 Nativní EEG před hrou - Proband 4



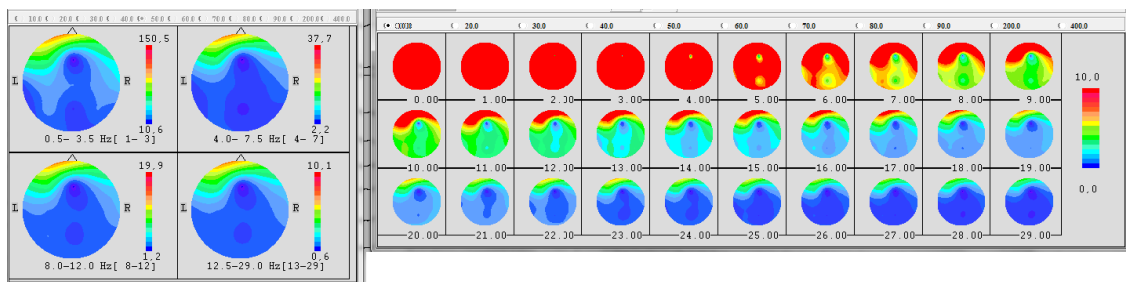
Obr. 3.22 BM před hrou - Proband 4

V průběhu 22 minut hrál pouze Bachovo Presto formou nácvičku s neustálým opakováním jednotlivých úseků v různém pořadí i tempu. V tomto EEG záznamu se alfa aktivita objevuje sice poněkud méně často než např. u probanda 2, ale zato difúzněji. V oblasti bipolárního zapojení C4-P4 se objeví nejčastěji, a sice v 3., 5., 7., 9.,

14., 15., 17., 18., 21. minutě. Tedy téměř každé dvě minuty. Na F4-C4 je to v 8., 11., 15., 17. a 18 minutě. Objevuje se i na bipolárním zapojení elektrody T4-T6 a od 13 minuty i na F8-T4, T3-T5, Cz-Pz, F7-T3. Výskyt je tedy hlavně frontálně, centrálně, ale i mírně parietálně vpravo. Tuto distribuci prokazuje i topografické znázornění frekvenčního spektra, zejména pak ve frekvenci 8 a 9Hz (Viz. Obr. 3.24). Co je však velmi zajímavé, je objevení se alfa aktivity poměrně výrazně s difúzním rozložením a vyšší amplitudou v 7. minutě hry. Krátce před tím proband přestal na chvíli hrát. Když opět začal, objevuje se velmi výrazná alfa aktivita s vysokou amplitudou na 2s na bipolárním zapojení elektrod C3-P3, P3-O1, F4-C4, C4-P4, P4-O2, F7-T3, T3-T5, T4-T6, Cz-Pz. Distribucí tedy odlišná od předchozího výskytu v průběhu hraní, a to frontálně, centro-parietálně bilaterálně (Viz. Obr. 3.23). Je otázkou, zda to můžeme připisovat nástupu únavy, opakovanému nácviku či vlivu hudebního výkonu. Beta aktivita s nejvyšší frekvencí a amplitudou se vyskytovala na bipolárním zapojení elektrod F3-C3, C3-P3, F7-T3, T3-T5, tedy centroparietálně vlevo.

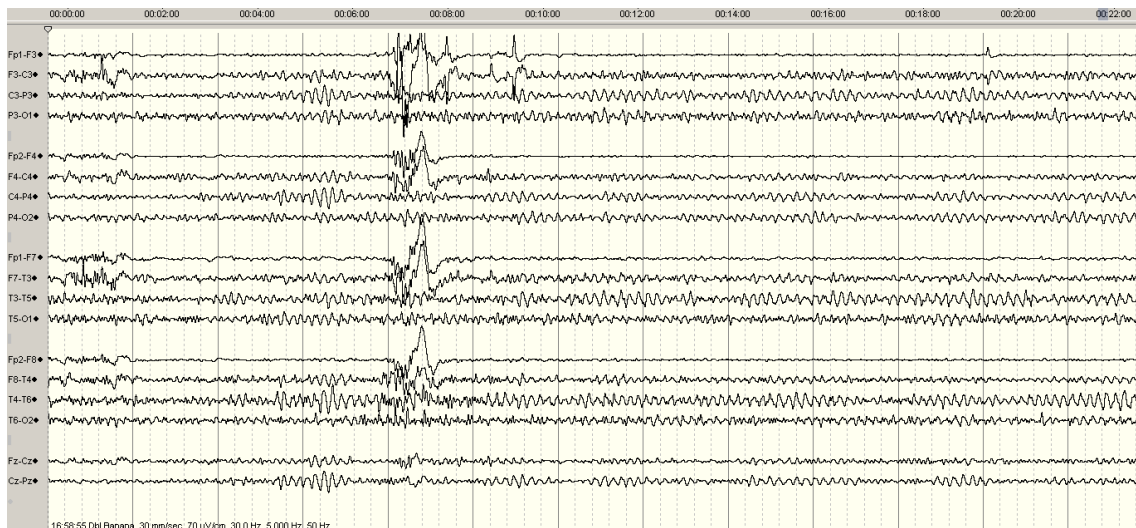


Obr 3.23 EEG při hře - Proband 4

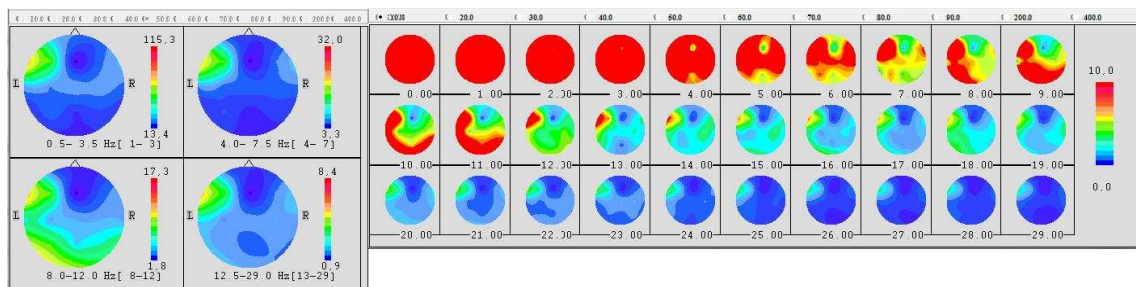


Obr. 3.24 BM při hře - Proband 4

Ihned po ukončení hry proband zavírá oči a objevuje se alfa aktivita na bipolárním zapojení elektrod Fz-Cz, Cz-Pz, C3-P3, F4-C4, C4-P4, T5-O, F7-T3, P3-O1, T4-T6, T3-T5, P4-O2 s vyšší amplitudou centrálně a temporálně (Viz. Obr. 3.25) Distribuce je tedy velmi široká, kdy lze alfa aktivitu pozorovat frontálně vlevo, centrálně a parietálně a temporálně bilaterálně (Viz. Obr. 3.26). Stejně tak se objevuje po druhém zavření očí, kdy dochází k dalšímu zvyšování amplitudy, které je významnější než před hrou. Při otevřených očích se alfa aktivita ihned rozpadá.



Obr. 3.25 Nativní EEG po hře - Proband 4



Obr. 3.26 BM po hře - Proband 4

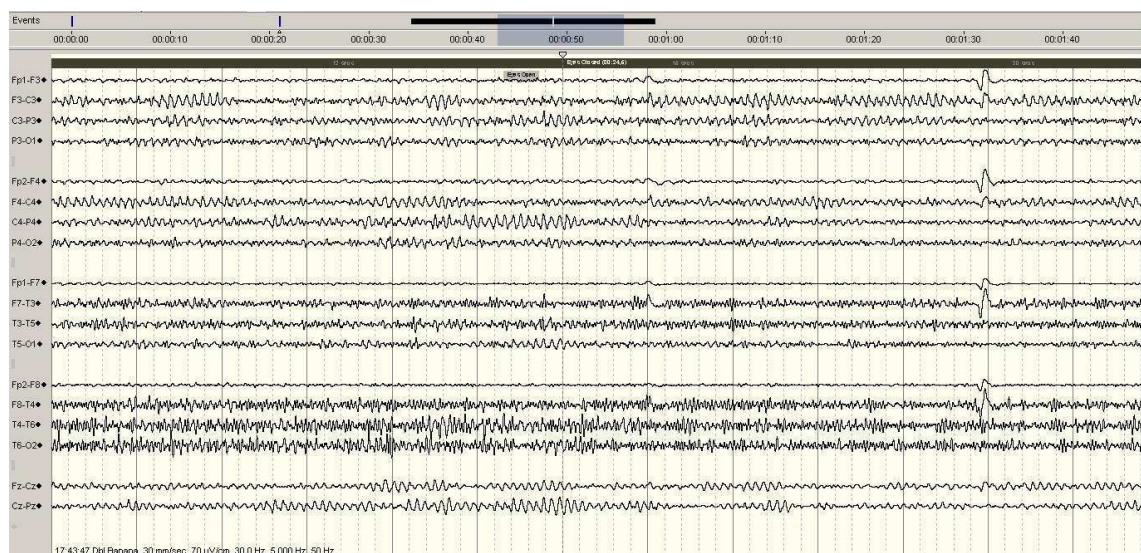
Ve shrnutí, u probanda 4 byla prokázána alfa aktivity při nativním EEG před hrou a po hře pouze při zavřených očích, kdy ale po opakovaném zavření očí docházelo vždy ke zvyšování amplitudy, tedy rebound fenoménu. Alfa aktivity byla přítomna i při hře při otevřených očích. Velmi zajímavý byl výskyt alfa aktivity široké distribuce v 7. minutě hry při opakovaném začínání hry po krátkém přerušení. (Viz Příloha F)

Proband 5:

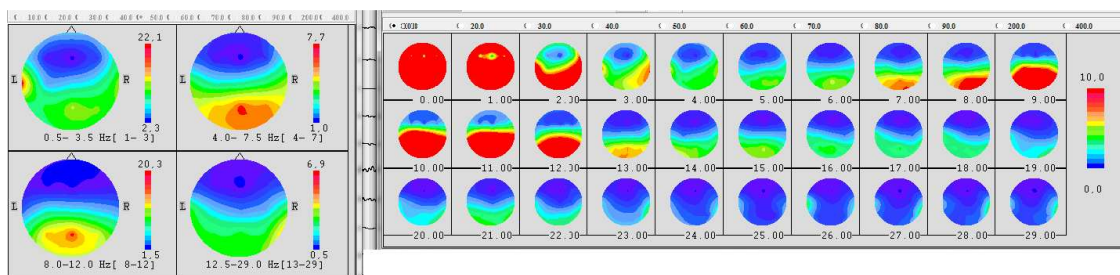
Proband je žena, 27 let, není profesionální houslistkou, ale hraje více jak 16 let. Před měřením není nervózní, nerozehrála se. Nejprve hrála z not Bachův dvojkoncert

pro dvoje housle d moll 1. Větu. Pokračovala dalšími klasickými kusy, ale zahrála i věci populárnějšího rázu a nějaké džezové standardy. Subjektivně byla nejvíce schopna se přizpůsobit situaci, neměla problém hrát 20 minut i za cenu toho, že bude hrát z paměti.

Měření nativního EEG proběhlo ve dvou minutách. Nejprve měl proband zavřené oči. Alfa aktivita je patrna na bipolárním zapojení elektrod C3-P3, C4-P4, Fz-Cz, Cz-Pz, během 5s se objeví i na P3-O1. Během otevřených očí přetrvává s nižší amplitudou na zapojení F3-C3, Fz-Cz, Cz-Pz, tento jev se objevil už u probanda 2 a je označován jako habituace alfa. Po zavření očí se alfa aktivita objevuje na stejných zapojeních jako při prvním zavření očí, mírně se zvyšuje amplituda. Po 15s proband otvírá oči a alfa aktivita přetrvává po celou dobu otevřených očí, tedy 10s na bipolárních zapojeních elektrod F3-C3, C3-P3, F4-C4, Fz-Cz, Cz-Pz (Viz. Obr. 3.27). Při posledním zavření očí alfa aktivita opět ve stejných oblastech jako při prvním a druhém zavření očí, po 18s se rozšiřuje její distribuce a je tedy výrazně zaznamenána na elektrodách F3-C3, C3-P3, P3-O1, F4-C4, C4-P4, P4-O2, Fz-Cz, Cz-Pz. Zároveň dochází k výraznému zvýšení amplitudy. Nejprve je tedy alfa aktivita zaznamenána spíše centroparietálně na obou stranách a to i po otevření očí. Při opakovaném zavření očí se nejen zvyšuje amplituda, ale i distribuce do okcipitální oblasti bilaterálně. Distribuce centroparietookcipitální je ozřejmena pomocí topografického zobrazení ve frekvenčním rozmezí 8-12Hz. (viz. Obr. 3.28)



Obr. 3.27 Nativní EEG před hrou - Proband 5

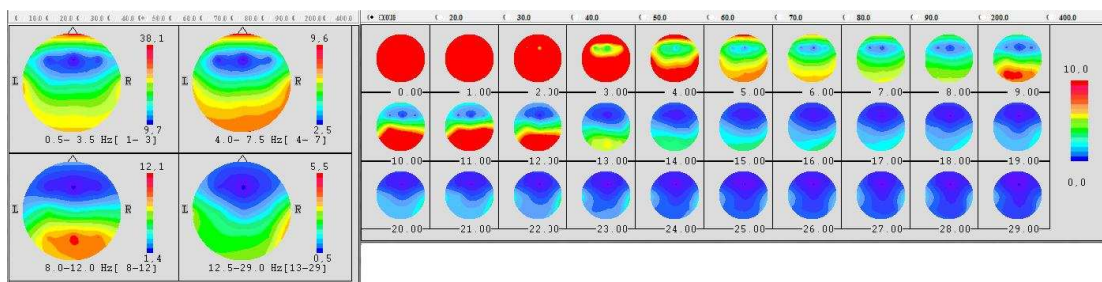


Obr. 3.28 BM před hrou - Proband 5

Krátce před začátkem hry, při přípravě se objevuje alfa aktivita v délce 2s, na bipolárním zapojení elektrod Fz-Cz a Cz-Pz, při otevřených očích. U tohoto probanda se alfa aktivita v průběhu hry objevovala nejvíce ze všech naměřených probandů. Nejprve hrál Bachův dvojkoncert pro dvoje housle Dmoll z not, poté z paměti ve 4. minutě Vivaldiho koncert pro housle, v 6. minutě Montiho Čardáš, v 10. minutě Brahmsův Uherský tanec, od 12. minuty pak džezové standardy a v 19. minutě opět Vivaldiho koncert jako na začátku. Alfa aktivita se objevovala nejčastěji na bipolárním zapojení elektrody Fz-Cz, poté na Cz-Pz (Viz. Obr. 3.29). Místy se objevila i na C4-P4, C3-P3, T4-T6 a v 1s na Fp2-F8. Z hlediska distribuce alfa aktivita přetrvávala především na centrálních elektrodách a později se její výskyt rozšiřoval temporálním i parietálním směrem vpravo. Beta aktivita měla nejvyšší amplitudu na zapojeních F7-T3, T3-T5, T5-O1, F8-T4, T4-T6, T6-O2. Parietookcipitální až centrální výskyt alfa aktivity ve frekvenčním spektru 9-12Hz prokazuje topografické znázornění na brain mappingu. (viz. Obr. 3.30)

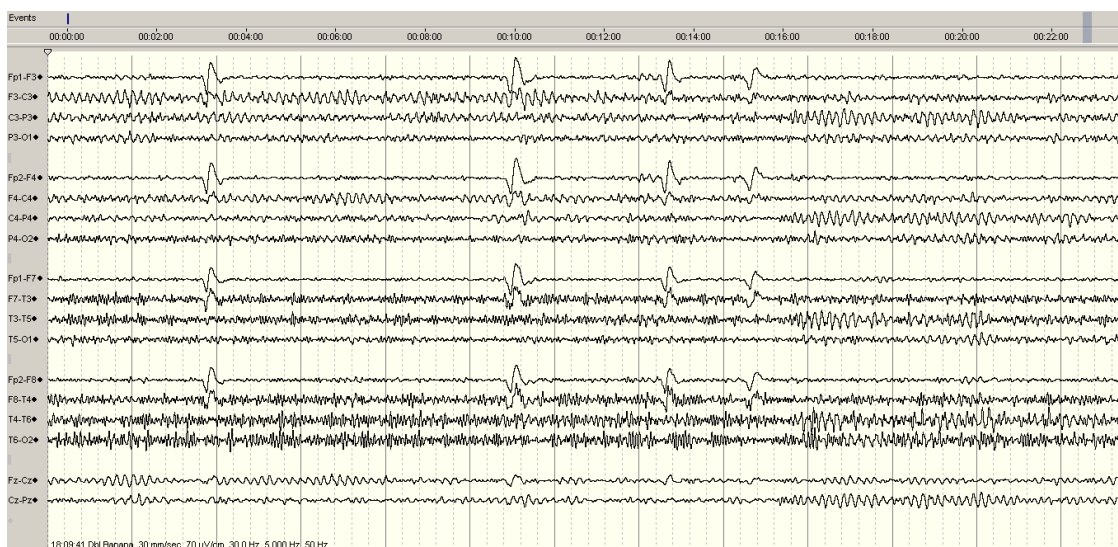


Obr. 3.29 EEG při hře - Proband 5

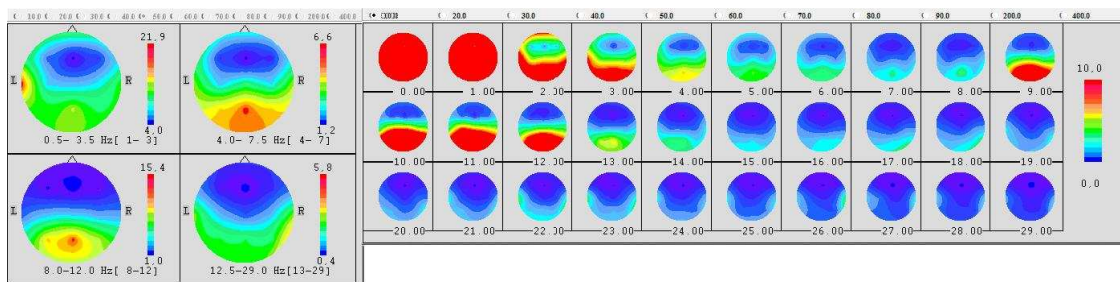


Obr. 3.30 BM při hře - Proband 5

Po dohrání proband zavírá oči na 30s. Alfa aktivita je zaznamenána v prvních 5 vteřinách na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, C3-P3, C4-P4, po 18s se objeví i na F3-C3, F4-C4 a Fz-Cz (Viz. Obr. 3.32). Po otevření očí nadále přetrvává v oblasti bipolárních zapojení elektrod Fz-Cz, Cz-Pz, F3-C3, F4-C4 na dobu 10s (Viz. Obr. 3.31). Poté opět zavírá oči, alfa aktivita se objevuje ve shodných oblastech jako při prvním zavření očí po dohrání. Když po 25s otvírá oči, alfa aktivita stále přetrvává na Fz-Cz, Cz-Pz, F4-C4 na dobu 9s. Nakonec zavírá oči, alfa aktivita je patrna na bipolárním zapojení elektrod F3-C3, C3-P3, F4-C4, C4-P4, Fz-Cz, Cz-Pz a dále se rozšiřuje na P3-O1, P4-O2, T5-O1. V průběhu posledních 10s získává na pravidelnosti a zvyšuje se amplituda. Z hlediska distribuce je tedy situace taková, že alfa aktivita je nejprve centrálně, poté rozšíření frontálním směrem a při opakovaném zavření očí se rozšíří i parietookcipitálním směrem bilaterálně.



Obr. 3.31 Nativní EEG po hře - Proband 5

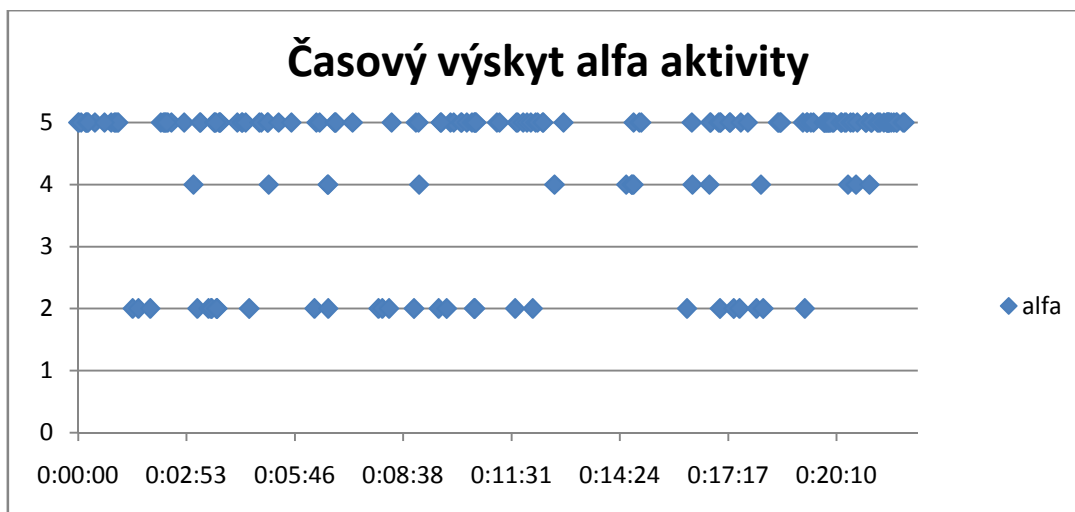


Obr. 3.32 BM po hře - Proband 5

U probanda 5 byl nejčastější výskyt alfa aktivity, která v podstatě téměř nemizela při nativním EEG před hrou i po hře. Byla tedy přítomna i při otevřených očích. V průběhu hry byl u tohoto probanda nejčetnější výskyt alfa aktivity ze všech probandů. Aktivita byla v podstatě přítomna v každé minutě hry na krátké 1s úseky (Viz. Příloha G)

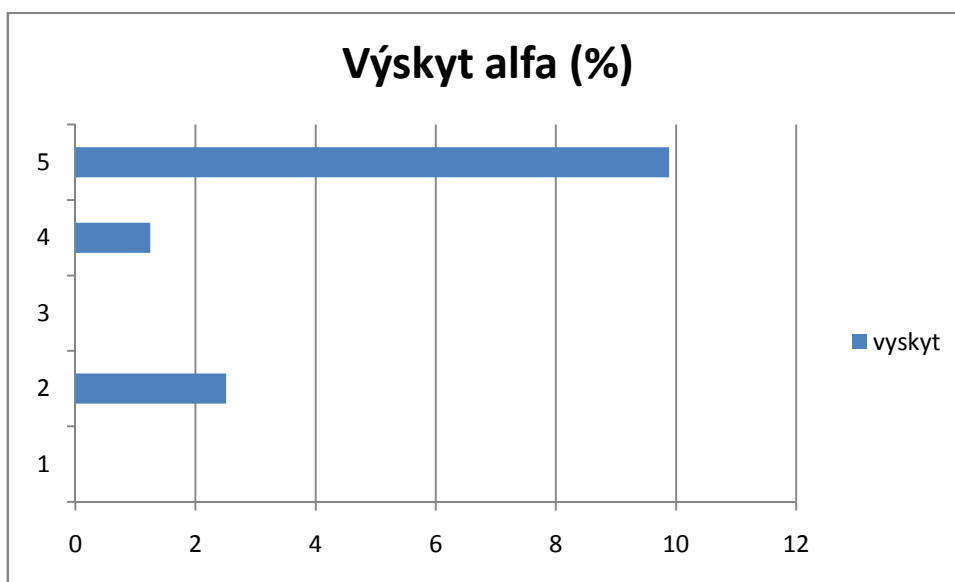
3.3.2 Shrnutí výsledků

Výskyt alfa aktivity byl prokázán u všech probandů při zavřených očích při nativním EEG před hrou i po hře. U některých byla tato aktivita patrna i při otevřených očích v krátkých úsecích, popisovaný jako jev habitace alfa. U všech probandů při opakovaném zavření očí docházelo k opětovnému objevení se alfa aktivity se zvyšující se amplitudou v průběhu času, označováno jako rebound fenomén. V průběhu hry byla alfa aktivita prokázána u čtyř probandů z pěti, avšak u Probanda 3 pouze ve velmi krátkých úsecích, které nesplňovaly v začátku stanovené parametry pro zanesení do časové osy (tedy trvání alespoň 400ms). Proto v grafickém zobrazení není u tohoto probanda zanesen výskyt alfa aktivity při hře. Časový výskyt alfa aktivity v průběhu hry znázorňuje Graf 3.1.



Graf 3.1: Časový výskyt alfa aktivity v průběhu hry u všech probandů

Na tomto grafu můžeme sledovat četnost výskytu alfa aktivity v průběhu hry, která trvala u každého probanda přibližně 20 minut. Nejvyšší četnost výskytu je u probanda 5, poté u probanda 2 a poté u probanda 4. U probanda 2 byl výskyt této aktivity pouze ve velmi krátkých úsecích a u probanda 1 se výskyt alfa aktivity v průběhu hry neprokázal. Procentuální výskyt alfa aktivity v průběhu hry znázorňuje Graf 3.2.



Graf 3.2: Procentuální výskyt alfa aktivity u všech probandů

Na tomto grafu sledujeme procentuální výskyt alfa aktivity v průběhu hry každého probanda. Procentuální výskyt byl vyhodnocen z délky trvání hry ve vteřinách a výskytem alfa aktivity opět ve vteřinách v průběhu hry. Nejvyšší výskyt vykazuje proband 5 s 9,88%, dále proband 2 s 2,51% a nakonec proband 4 s 1,24%.

Z hlediska distribuce byl výskyt alfa aktivity u dvou probandů velmi podobný, a to na centrálních bipolárních zapojeních u probanda 2 více parietálně na Cz-Pz s občasným rozšířením vlevo na C3-P3 a u probanda 5 více frontálně na Fz-Cz a místy na Cz-Pz. U probanda 4 s výskytem alfa aktivity v průběhu hry byla tato aktivita zaznamenávána více difúzně, nejčastěji byla patrna na bipolárním zapojení C4-P4 (centroparietálně vpravo), ale výskyt se prokázal i ve frontálních a temporálních oblastech F4-C4, T4-T6, F8-T4, T3-T5, F7-T3, Cz-Pz. Velká difúzní distribuce s vyšší amplitudou byla patrna asi v 7. minutě hry při opakovaném nácvičku jedné části Bachova Presta na bipolárních zapojeních elektrod C3-P3, P3-O1, F4-C4, C4-P4, P4-O2, F7-T3, T3-T5, T4-T6, Cz-Pz, tedy parietálně, centrálně ale i temporálně nad oblastmi sluchovými. Tento výskyt bychom mohli připisovat zapojení sluchových regionů kůry mozkové při opětovném nácvičku, tedy velkému soustředění na výšku i rytmus hudby. U probanda 3 se nejprve při čtení EEG záznamu nejevil výskyt alfa aktivity příliš zřejmý, avšak pozdější zpracování frekvenčního spektra s topografickým zobrazením prokázalo výraznou aktivitu především centrálně a mírně frontálně. Tento výskyt je však zobrazen pouze v krátkém časovém úseku.

Alfa aktivita při nativním EEG se u každého probanda také lišila distribucí, amplitudou, přítomností habituace alfa i rebound fenoménu. Rozdíly byly i v situaci před hrou a po hře, více však v amplitudě než v distribuci. Výskyt alfa aktivity při zavřených očích při měření nativního EEG byl přítomen u všech testovaných. U probanda 1 byl výskyt především centrálně a parietookcipitálně. Docházelo k rebound fenoménu s opětovným objevováním se alfa aktivity při zavřených očích s vyšší amplitudou. Stejně tomu tak bylo i při měření EEG po ukončení hry. U probanda 2 byla distribuce alfa aktivity při nativním EEG mírně odlišná distribucí od ostatních testovaných. Výskyt byl zpočátku především centrálně, poté parietookcipitálně, ale pouze vlevo. Při otevřených očích alfa aktivita přetrvávala na bipolárním zapojení elektrody Cz-Pz. Až při třetím zavření očí se zvyšuje amplituda a distribuce se rozšiřuje distribuce mírně i vpravo, avšak celkově amplituda alfa, ale i beta aktivity byla v průběhu celého záznamu poměrně nízká. Nativní EEG po hře se změnilo distribucí i amplitudou. Je přítomno významnější zvyšování amplitudy než před hrou a distribuce je centrálně i centroparietálně bilaterálně. Jak je řečeno výše, v průběhu hry se u tohoto testovaného objevovala alfa aktivita centroparietálně. Zajímavý však byl i výskyt alfa aktivity v situaci, kdy proband nehrál, ale měl otevřené oči a např. otáčel noty, tedy

připravoval se na další výkon. Distribuce této aktivity byla širší než v průběhu hry a to na bipolárním zapojení elektrod Cz-Pz, Fz-Cz, F4-C4, Fp2-F4, F3-C3, tedy frontálně a centrálně. Dalším významným jevem bylo zvyšování amplitudy alfa aktivity v průběhu hry Meditace s evidentně větší emotivní účastí probanda. Třetí testovaný vykazoval jen málo alfa aktivity v celém průběhu měření. Myšleno tedy jak před hrou při nativním EEG i v situaci zavřených očí, i po hře. Avšak jak bylo řečeno výše, v průběhu hry nakonec byl prokázán výskyt alfa aktivity centrálně a frontálně. Došlo u něj k rozšíření distribuce a především zvýšení amplitudy alfa aktivity při zavřených očích ihned po dohrání v porovnání se situací před hrou. V průběhu hry je dále přítomno velké množství artefaktů z pohybu očních bulbů. U probanda 4 byla přítomna alfa aktivita tak, jak je popsáno výše. Po dohrání je opět zaznamenáno zvyšování amplitudy alfa aktivity, distribuce je však velmi podobná situaci před hrou, i když jistý rozdíl byl i u tohoto probanda zaznamenán. Nejprve byla alfa aktivita patrna nad centrálními a temporálními oblastmi a až posléze, po opakovaném zavření očí se distribuce rozšiřuje parietookcipitálně. U probanda 5 téměř nedocházelo k vymizení alfa aktivity v průběhu celého měření. Výskyt alfy při otevřených očích můžeme vysvětlit přítomností habituace alfa a zvyšování amplitudy přítomností rebound fenoménu. Po hře se alfa aktivita objevovala nejprve centrálně (stejně jako v průběhu hry), poté frontálně a nakonec se rozšířila i parietálně. Alfa aktivita v průběhu hry při otevřených očích byla přítomna v podstatě v průběhu celého měření především na bipolárním zapojení elektrody Fz-Cz, Cz-Pz a místy i na C4-P4, C3-P3, T4-T6 a Fp2-F8.

Vyšší voltáže beta aktivity byly přítomny shodně u všech probandů parietookcipitálně a nad temporálními oblastmi. U některých byl dokonce zaznamenán i výskyt EMG aktivity v těchto oblastech, vycházející pravděpodobně z oblastí okcipitálních svalů. Tento výskyt souvisí se způsobem hry na housle, kdy jsou tyto svaly významně aktivovány.

Společné pro všechny probandy bylo zvýšení amplitudy alfa aktivity po dohrání v porovnání se situací před hrou. Distribuce této aktivity byla zaznamenána spíše centrálně a frontálně, u probanda 1 a 4 i temporálně a teprve při opakovaném zavření očí se distribuce rozšiřovala i nad parietookcipitální oblasti.

4. DISKUZE

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnocení EEG signálu při hře na housle se zaměřením na výskyt alfa aktivity před, v průběhu i po hře. Vyhodnocení bylo soustředěno i na další parametry tohoto výskytu, a sice na změny distribuce a amplitudy v průběhu celého měření. V rámci studie se podařilo dosáhnout stanovených cílů práce a ověřit stanovené hypotézy.

Hypotéza 1: Předpoklad, že se v průběhu hry na housle objeví alfa aktivita v EEG signálu jako projev určité automatizace pohybové činnosti.

Tato hypotéza byla potvrzena. V průběhu hry na housle byl prokázán výskyt alfa aktivity v EEG signálu u čtyř probandů z pěti, i když u třetího probanda vždy s velmi krátkým trváním. Tento výsledek je ve shodě s jinými studiemi, kde se alfa aktivita také objevovala v průběhu vykonávání pohybové aktivity jako je jízda na bicyklovém ergometru (3) nebo v průběhu golfového odpalu (4, 39)

Ve shodě s dalšími autory se podařil prokázat výskyt alfa aktivity v průběhu pohybového výkonu při otevřených očích. V průběhu hry na housle byla přítomna u čtyř probandů z pěti. Ve třech případech byl výskyt v oblasti bipolárního zapojení elektrod Fz-Cz, Cz-Pz, u probanda 3 pak ještě nad frontálními oblastmi. Pozoruhodné je, že tato aktivita byla zaznamenána u dvou probandů, kteří nebyli profesionálními hráči na housle i přes časté vykonávání této činnosti a byli z testovaných nejmladší. Střetává se nám tu tedy teze dřívějšího nástupu únavy vzhledem k nižší praktické zkušenosti a dovednosti, ale právě i faktor věku a vyšší kognitivní kapacity stejně tak jako výskyt nad somatosensorickou areou vlevo. U probanda 4 byl výskyt alfa aktivity pozorován především nad bipolárním zapojením elektrod C4-P4 a F4-C4, ale i nad bipolárními zapojeními ve frontálních oblastech více vpravo. Výskyt v oblasti nad C4 by mohl korelovat s aktivitou v somatosensorické kůře. Proband po celou dobu hry nacvičoval a byla požadována především jemná motorika a koordinace levé ruky. Lokalizace i požadavek na plánování, výběr a regulace naučených komplexních sekvencí se shoduje s výsledky nejméně úspěšných odpalů u golfistů. (4)

Hypotéza 2: Dojde ke změně distribuce alfa aktivity v průběhu testování, ve smyslu posunu z parietookcipitálních oblastí před hrou k centrálním regionům v průběhu hry a po hře jako projevu nástupu centrální únavy a změny generátoru alfa aktivity v limbickém systému.

Došlo ke změně distribuce výskytu alfa aktivity, hypotéza změny distribuce je tedy prokázána. Tato distribuce byla před hrou parietookcipitálně, tak jak je běžný výskyt alfa aktivity při klidovém EEG. V prvních vteřinách po dohrání docházelo u všech probandů k posunu alfa aktivity centrálně až frontálně (u dvou probandů i temporálně). Až po opakovaném zavření očí se distribuce opět navrací do parietookcipitálních oblastí tak, jak tomu bylo před hrou.

Výskyt alfa aktivity jako korelátu relaxace, sníženého stavu vědomí a pouze při zavřených očích v klidu byl řadou studií diskutován. Hovoří se o ní, v souvislosti s nástupem ospalosti, únavy, ale i jako o korelátu kognitivních funkcí. Běžný výskyt v klidovém EEG je při zavřených očích s parietookcipitální distribucí.

Souvislost výskytu alfa aktivity a kognitivních funkcí byl již popsán v řadě studií. Hovoří se o tom, že parietookcipitální výskyt je silně závislý na pozornosti, dále rytmus dominantní na centrální elektrodě pravděpodobně pochází ze somatosenzorické kůry a obvykle souvisí s pohybem a přípravou na pohyb. (40) Souvislost alfa aktivity s kognitivními funkcemi lze podpořit studiemi Hanslmayra (14), Gruzeliara (13) i Zaehleho (49). Byla prokázána signifikantní korelace alfa neurofeedbacku se zlepšením kognitivních funkcí při plnění zadaných úkolů, a to parietookcipitálně vpravo. (14). Stejně tak A/T (alfa/theta) trénink měl výrazný pozitivní efekt na samotnou hudební produkci. (13) a při transkraniální stimulaci alfa aktivity z mediálních parietookcipitálních elektrod docházelo ke zvyšování této mozkové aktivity. (49) Teze změny generátorů alfa rytmu v limbickém systému je ve shodě s tvrzením, že limbický systém a dlouhé vzdálené obvody v mozku jsou převážně odpovědné za rozmanitost účinků A/T tréninku v rámci performing arts. Limbické okruhy slouží kognitivní stejně jako afektivní či motivační funkci včetně spojky mezi frontální a posteriorní kůrou. Tyto dálkové spoje poskytují pomalé rytmy v mozku během stavu hluboké relaxace a umožňují asociativní spojení v paměti a následné vyhledávání ve výkonu. (13). Mozkové oblasti zapojené v emočních procesech hrají důležitou roli v kognitivních funkcích jako je paměť, pozornost, asociativní funkce, percepce a zpracovávání vnitřních stavů nebo vnějších podnětů. (30). Odpovědi nižší alfa frekvence jsou tedy spojeny s pozorností a/nebo na stimul orientovanými procesy, zatímco odpověď vyšších frekvencí alfy reflektují vyšší procesy, jako jsou paměťové funkce a zpracování jazyka. (20)

Výskyt alfa aktivity nad centrálními oblastmi v průběhu hry a krátce po dohrání u všech probandů je ve shodě i s nástupem centrální únavy tak, jak to uvádí další současné studie. Popis distribuce však není plně jednotný, hovoří se o zvýšeném centrálním výskytu a poklesu v parietookcipitálních oblastech (22), ale i o různé distribuci alfa aktivity od frontálních, přes centrální až k parietálním oblastem dle plněného úkolu. (5)

Hypotéza 3: Po ukončení hry dojde ke zvýšení amplitudy alfa aktivity v EEG signálu jako projevu zvýšené synchronicity alfa aktivity v talamokortikálních okruzích.

Změna amplitudy alfa aktivity byla přítomna u všech probandů. Bezprostředně po dohrání byla u všech probandů zaznamenána alfa aktivita s vyšší amplitudou, než při nativním EEG před hrou. Tento jev byl velmi výrazný především u probanda 2 a 3, kde při nativním EEG měla alfa aktivita nízkou amplitudu. Dále při opakovaném zavírání očí po dohrání docházelo k dalšímu zvyšování amplitudy, což lze ale do jisté míry připisovat rebound fenoménu.

Výskyt alfa aktivity s vyšší amplitudou v centrofrontálním regionu a snižování amplitudy v okcipitální oblasti odpovídá nástupu centrální únavy až ospalosti (22). Podobné výsledky s výskytem alfy na začátku spánku byly prokázány i přes všeobecný předpoklad, že by se alfa aktivita v těchto okamžicích měla snižovat až vymizet. (8) Vyšší výskyt alfa aktivity u nezkušených řidičů oproti zkušeným opět dává otázku, zda se jedná o nástup únavy, či o proces učení a vyšší kognitivní kapacity (22).

Běžný výskyt alfa aktivity při klidovém EEG je s parietookcipitální distribucí, kdy může mít i hemisferální asymetrii (47). Pravidelná alfa aktivita se objevuje v období pátého až sedmého roku věku a má velmi dobrou reaktivitu. Tlumí se otevřením očí, ale i spontánně zvýšenou pozorností. Tedy dle zažitých předpokladů energetická mohutnost alfa aktivity je nepřímo úměrná pozornosti. Tedy čím větší pozornost, tím menší alfa aktivita a opačně, čím lepší relaxace, tím vyšší alfa (10). K poklesu mohutnosti alfa aktivity pak dochází u starších, asi mezi 50. – 60. rokem věku. (49)

Alfa aktivita byla prokázána, že se vyskytuje v průběhu pohybové činnosti, jako je hra na housle. Tato činnost má vysoce specifický charakter a souvisí s kognitivními funkcemi, plánováním a vykonáváním pohybu, ale i s emocemi. Distribuce, generování

rytmu a stupeň synchronizace elektrické aktivity mozku v alfa pásmu je dle současného stavu bádání závislý právě na druhu vykonávané činnosti. V souvislosti s tím se hovoří o konceptu DMN (default mode network), který se zakládá na důkazech o tom, že existují stálé vzory deaktivace přes síť mozkových oblastí, ke které dochází při zahájení vykonávání úloh. Tato mozková síť je aktivní při klidovém stavu s vysokým stupněm funkčního propojení mezi jednotlivými regiony. Aktivita této oblasti je právě v korelaci s alfa aktivitou v parietální a okcipitální oblasti. (21)

Jako korelát pohybového výkonu bylo ve studiích Baileyho (3) a Sammlerové (40) zvýšení mimo jiné zvyšování beta aktivity. Toto jsme prokázali i v této studii, kdy zvyšování frekvence i amplitudy beta aktivity bylo přítomno především okcipitotemporálně, u některých probandů až s výskytem EMG aktivity. Jak již bylo řečeno výše, tento jev má svou podstatu ve způsobu hry na housle, kdy jsou housle drženy především bradou a významně jsou aktivovány subokcipitální svaly.

5. ZÁVĚR

Práce představuje pilotní studii, zabývající se problematikou registrace a vyhodnocení EEG aktivity v průběhu hry na housle. Výsledky prokázaly výskyt alfa aktivity během hudební produkce. Zároveň byly pozorovány změny v amplitudě a distribuci této elektrické mozkové aktivity ve srovnání s nativním EEG před hrou a po hře. Před výkonem byla distribuce alfa aktivity dominantní v parietookcipitálních oblastech, v průběhu hry se alfa posunula směrem k centrálním oblastem, kde přetrvávala i po ukončení hry. Teprve při opakovaném zavření očí se opět vracela do parietookcipitálních oblastí. Výskyt tohoto jevu je v literatuře spojován se zapojením somatosenzorické kůry během přípravy na pohyb, a s kognitivními procesy. Po dohrání dále docházelo ke zvyšování amplitudy alfa aktivity nad centrálními regiony, které je nejspíše důsledkem nástupu centrální únavy.

Studie prokázala výskyt alfa aktivity v průběhu pohybové činnosti, změny v její distribuci i amplitudě. Podařilo se popsat jeden z parametrů související s aktivitou mozku při výkonu vyžadujícím velkou míru koordinace, kognitivní kapacity, ale i emotivního prožitku. Změny v alfa aktivitě mohou naznačovat změny v generování alfa aktivity z různých mozkových oblastí, účastnících se řízení motoriky, kognitivních procesů a emočního prožívání, např. z limbického systému. Dálkové spoje poskytují pomalé rytmy v mozku během stavu hluboké relaxace a umožňují asociativní spojení v paměti a následné vyhledávání ve výkonu. Budoucí výzkum by mohl dále studovat spojení výskytu alfa aktivity při relaxaci a zavřených očích a při pohybovém výkonu.

Změny distribuce, generování rytmu a stupeň synchronizace elektrické aktivity mozku v alfa pásmu se odvíjí od druhu vykonávané činnosti. V této souvislosti se hovoří o výše popsaném konceptu DMN (default mode network), zabývající se stálými vzory deaktivace při zahájení vykonávání úloh. Do budoucna by bylo velmi zajímavé se dále soustředit na funkční propojení jednotlivých sítí dle tohoto konceptu, a pokročit tak v pochopení fungování lidského mozku při motorickém učení.

Stimulace těchto funkčních propojení by posléze mohla využívat pro nácvik motorického učení či rozvíjení kognitivních funkcí.

Seznam literatury

1. AMBLER, Z. *Neurologie pro studenty lékařské fakulty*, 5. Vyd., Praha: Karolinum 2004, 399 s., ISBN 80-246-0894-4
2. AUTOR NEZNÁMÝ History: From EEG to Quantitative EEG (QEEG). In: *Research Institute Brainclinics*, [online] [cit 2013-09-12]. Dostupné z: <http://www.brainclinics.com/history-of-the-eeg-and-qeeg>
3. BAILEY, STEPHEN P. ET AL. Changes in EEG during graded exercise on a recumbent cycle ergometer, *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 2008, pp. 505 - 511
4. BALBILONI, C. ET AL. Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms, *J Physiol*, 586.1, 2008, pp. 131 – 139
5. BARWICK, F. ARNETT, P. SLOBOUNOV, S. EEG correlates of fatigue during administrativ of a neuropsychological test battery, *Clinical Neurophysiology*, 123(2), 2012, pp. 278-284
6. BERLIT, P. *Memorix neurologie*, 4. Vyd., Praha: Grada Publishing, 2007, 464 s., ISBN 978-80-247-1915-3
7. ČIHÁK, R. *Anatomie 3*, 1. Vyd., Praha: Grada 1997, 655 s., ISBN 80-7169-140-2
8. DONÁT, J. FÁBER, J. Metoda kontinuálního sledování spektrálních pásem EEG signálu, *Neurologie pro praxi*, 1, 2005, pp. 31-35
9. FÁBER, J. *EEG atlas do kapsy*, 1. Vyd., Praha: Triton, 1997, 138 s., ISBN 80-85875-51-9
10. FÁBER, J. *Elektroencefalografie a psychofyziologie*, 1. Vyd., Praha 2001, IVS nakladatelství, 170s., ISBN 80-85866-74-9

11. FIELD, T. ET AL., Music Shifts frontal EEG in depressed adolescents. *Adolescence spring98* [online]. Vol. 33, Issue 129, p. 109-8p. [cit 28.2. 2014]. Dostupné z www: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail?sid=ba01c3a8-2ea1-47dc-89a6-0b982a7ccc68%40sessionmgr114&vid=1&hid=103&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=s3h&AN=589763>
12. FINNIGAN, S. ROBERTSON, I.H. Resting EEG theta power correlates with cognitive performance in healthy older adults, *Psychophysiology*, 48, 2011, pp. 1083-1087
13. GRUZELIER, J. A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration, *Cogn Process*, 10, 2009, pp. 101 – 109
14. HANSLMAYR, S. ET AL. Increasing Individual Upper Alpha Power by Neurofeedback Improves Cognitive Performance in Human Subjects, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 30, No. 1, 2005, pp. 1-10
15. HOŘEJŠÍ, Jaroslav, [editor]. *Lidské tělo - Srozumitelný a zevrubný průvodce po strukturách a funkcích lidského organismu*. [překl.] Jaroslav Hořejší a René Prahel. 3. vydání. Praha: CESTY, nakladatelství a vydavatelství, 1996. str. 336. ISBN: 80-7181-093-2.
16. HOVORKA, J. NEŽÁDAL, T. HERMAN, E. PRAŠKO, J. *Klinická elektroencefalografie*, Praha 2003, Maxdorf s.r.o., 289s., ISBN 80-7345-001-1
17. HUBIČKOVÁ, L. ŠPIDLEN, P. O. ŠPIDLEN, J. B. *Špidlenové čeští mistři houslaři*, 1. Vyd., Vydáno vlastním nákladem rodinou Špidlenů, 2003, 240 s., ISBN 80-239-1978-4

18. CHEN, J.L. PENHUNE, J.L. ZATORRE, R.J. Listening to Musical Rhythms Recruits Motor Regions of the Brain, *Cerebral Cortex*, 2008, 18, pp. 2844 – 2854
19. KOUKOLÍK, F. *Lidský mozek*, 3. Vyd., Praha: Galén, 2012, 400 s., ISBN 978-80-7262-771-4
20. KRAUSE, CH. M. PÖRN, B. LANG, A.H. LAINE, M. Relative alpha desynchronization and synchronization during perception of music, *Scandinavian Journal of Psychology*, 1999, 40, pp. 209 – 215
21. KNYAZEVA, G. G. EEG correlates of self-referential processing, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 7, 2013, Article 264, pp. 1-10
22. LAL, Saroj K. L., CRAIG, A. Electroencephalography Activity Associated with Driver Fatigue: Implications for a Fatigue Countermeasure Device, *Journal of Psychophysiology*, 15, 2001, 183 – 189
23. LANE, M. A. ET AL. Physiological Correlates of Emotion-Regulation During Prolonged Cycling Performance, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2011, 36: 181 – 184
24. LORIST, M. M. ET AL., Mental fatigue and task control: Planning and preparation, *Psychophysiology*, 2000, 37, pp. 614-625
25. LOZE, G. M. COLLINS, D. HOLMES, P.S. Pre-Shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: A comparison of best and worst shots, *Journal of sports science*, 2001, Vol. 19, Issue 9, pp. 727-733
26. MAMAN, P. KANUPRIYA, G. JASPAL, S.S. Role of Biofeedback in Optimizing Psychomotor Performance in Sports, *Asian Journal of Sports Medicine*, Vol. 3, No. 1., 2012, pp. 29-40

27. MASNANI, M. ET AL. Determination of Angry Condition based on EEG, Speech and Heartbeat, *International Journal on Computer Science and Engineering*, Vol. 4, No. 12, 2012, pp. 1897-1909, ISSN 0975-3397
28. MIŠUREC, J. CHMELAŘ, M. *Elektroencefalografie*, Brno 1990, Institut pro další vzdělávání středních zdravotnických odborníků v Brně, 194s., ISBN 80-7013-065-2
29. MOHYLOVÁ, J. KRAJČA, V. *Zpracování signálu v lékařství*, Žilina 2004, ŽU Žilina EF, ISBN 80-8070-341-8
30. MURUGAPPAN, M. RIZON, M. NAGARAJAN, R. YAACOB, S. Inferring of Human Emotional States using Multichannel EEG, *European Journal of Scientific Research*, Vol. 48, No. 2, 2010, pp. 281-299, ISSN 1450-216X
31. NAVRÁTIL, L. ROSINA, J. ET AL. *Biofyzika v medicíně*, 1. Vyd., Praha 2003, MANUS, s. 398, ISBN 80-86571-03-3
32. NIEDERMEYER, E. LOPES DA SILVA, F. *Electroencephalography, basic principles, clinical applications and related fields*, 5. Vyd., Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2005, 1309 s., ISBN 0-7817-5126-8
33. NOWLIS, DAVID P. KAMIYA, J. The control of electroencephalographic alpha rhythms through auditory feedback and the associated mental activity, *Psychophysiology*, Vol. 6., 1977, No. 4., pp. 476 - 484
34. OMATA K, HANAKAWA T, MORIMOTO M, HONDA M.: Spontaneous Slow Fluctuation of EEG Alpha Rhythm Reflects Activity in Deep-Brain structure: A Simultaneous EEG-fMRI Study. *PloS ONE* , roč. 8, 2013, č. 6, str. e66869.
35. PÁNEK, D. KOVÁŘOVÁ, L. PAVLŮ, D. KRAJČA, V. Elektroencefalografické koreláty výkonnostní motivace a únavy, *Rehabilitace a Fyzikální lékařství*, roč. 21, č. 2, v tisku

36. PAZDERA, J. *Vybrané kapitoly z metodiky houslové hry*. 1. Vydání. Praha: AMU Praha, 2007. ISBN 978-80-7331-085-1.
37. PETROVICKÝ, P. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi III. Svazek*, Martin: Vydavatelstvo Osveta, s.r.o., 2002, s. 542, ISBN 80-8063-048-8
38. PFEIFFER, J. *Neurologie v rehabilitaci*. 1. Vydání. Praha: Grada Publishing, 2007. 352 pp. ISBN 978-80-247-1135-5.
39. REINECKE, K. ET AL. From Lab to Field Conditions: A Pilot Study on EEG Methodology in Applied Sports Sciences, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36, 2011, pp. 265 - 271
40. SAMMLER, D. ET AL.: Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music, *Psychophysiology*, 44, 2007, pp. 293 – 304
41. SANEI, S. CHAMBERS, J. A. *EEG Signal Processing*, Chichester: John Wiley and Sons, 2007, 312 s., ISBN 978-0-470-02581-9
42. SYROVÝ, V. *Hudební akustika*, 2. Vyd., Praha: Akademie Múzických Umění, 2008, 440 s., ISBN 978-80-7331-127-8
43. TANAKA, M. ET AL. Fatigue – Associated Alterations of Cognitive Function and Electroencephalographic Power Densities, *PLoS ONE*, 2012, Vol. 7, Issue 4
44. TUNCEL, D. DIZIBUYK, A. KIYMIK, M.K. Time Frequency Based Coherence Analysis Between EEG and EMG Activities in Fatigue Duration, *Journal of Medical Systems*, 34, 2010, pp. 131-138

45. URBAN, P. Artefakty v EEG, Souhrny přednášek kurzu *Základy klinické elektroencefalografie*, 11.9. - 22.9. 2006, Vytisklo Ediční oddělení IPVZ – Praha, 2006, s. 142-144
46. VAN DER LINDEN, D. ELING, P. Mental fatigue disturbs local processing more than global processing, *Psychological Research*, 2006, 70, pp. 395 – 402
47. VOJTĚCH, Z. A KOL. *Atlas elektroencefalografie dospělých 1. Díl*, Praha 2005, Triton, 495s., ISBN 80-7254-6
48. WU, J. CHANG, W. HSIEH, CH. ET AL. Effect of Low-Level Laser Stimulation on EEG, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 11 pages
49. ZAEHLE, T. RACH, S. HERRMANN, CH. S. Transcranial Alternating Current Stimulation Enhances Individual Alpha Activity in Human EEG, *Plos One*, 2010, Vol. 5, Issue 11, pp. 1-7
50. ZATORRE, R.J. CHEN, J.L. PENHUNE, V. When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production, *Nature reviews/Neuroscience*, Vol. 8, 2007, pp. 547 – 558
51. ZENKL, L. *ABC hudební nauky*, 8. Vyd., Praha: Editio Bärenreiter, 2003, 199 s., ISBN 80-86385-21-3
52. ZHANG, L. ZHENG, CH. Lempel-Ziv complexity ganges and physiological mental fatigue level during different mental fatigue state with spontaneous EEG, *Health*, 1, 2009, pp. 35 – 38

Seznam obrázků a grafů

Obr. 2.1 Umístění elektrod v systému 10-20 (převzato a upraveno z 6).....	12
Obr. 2.2 Artefakt pohybu očních bulbů a víček, při zavření očí a rotaci bulbů vzhůru vzniká výchylka EEG stopy dolů. Naopak při vzniká výchylka EEG stopy směrem vzhůru (převzato a upraveno z 47).....	15
Obr. 2.3 Artefakt svalový (převzato a upraveno z 47)	16
Obr. 2.4 Alfa aktivita, maximum distribuce nad zadními oblastmi, frekvence okolo 10Hz a střední amplituda, nad předními oblastmi křivka nižší. (převzato a upraveno z 47).....	17
Obr. 2.5 Alfa aktivita. Při otevření očí v levé polovině dochází k vymizení alfa aktivity (alfa atenuační reakce), po zavření očí je zachycen návrat této aktivity (rebound fenomén) (převzato a upraveno z 47).....	18
Obr. 2.6 Beta aktivita – difúzní distribuce (převzato a upraveno z 47)	19
Obr. 2.7 Příklad grafického zobrazení brain mappingu. V BM je nejvyšší výkon v pásmu alfa symetricky biokcipitálně. Delta vpředu odpovídá očním a potním artefaktům. (převzato a upraveno z 47).....	22
Obr. 3.1 Průběh měření EEG signálu při hře na housle	41
Obr. 3.2 Nativní EEG před hrou - Proband 1.....	43
Obr. 3.3 BM před hrou - Proband 1	43
Obr. 3.4 EEG při hře - Proband 1.....	44
Obr. 3.5 BM při hře - Proband 1	44
Obr. 3.6 Nativní EEG po hře - Proband 1	45
Obr. 3.7 BM po hře - Proband 1.....	45
Obr. 3.8 Nativní EEG před hrou - Proband 2.....	47
Obr. 3.9 BM před hrou - Proband 2	47
Obr. 3.10 EEG při hře I. - Proband 2	48
Obr. 3.11 EEG při hře II. - Proband 2.....	49
Obr. 3.12 BM při hře - Proband 2	49
Obr. 3.13 EEG po hře - Proband 2.....	50
Obr. 3.14 BM po hře - Proband 2.....	50
Obr. 3.15 Nativní EEG před hrou - Proband 3.....	51
Obr. 3.16 BM před hrou - Proband 3	51
Obr. 3.17 EEG při hře - Proband 3.....	52
Obr. 3.18 BM při hře - Proband 3	52
Obr. 3.19 Nativní EEG po hře - Proband 3	53
Obr. 3.20 BM po hře - Proband 3.....	53
Obr. 3.21 Nativní EEG před hrou - Proband 4.....	54
Obr. 3.22 BM před hrou - Proband 4	54
Obr. 3.23 EEG při hře - Proband 4.....	55
Obr. 3.24 BM při hře - Proband 4	55
Obr. 3.25 Nativní EEG po hře - Proband 4.....	56
Obr. 3.26 BM po hře - Proband 4.....	56
Obr. 3.27 Nativní EEG před hrou - Proband 5.....	57
Obr. 3.28 BM před hrou - Proband 5	58

Obr. 3.29 EEG při hře - Proband 5.....	58
Obr. 3.30 BM při hře - Proband 5	59
Obr. 3.31 Nativní EEG po hře - Proband 5	59
Obr. 3.32 BM po hře - Proband 5.....	60
Graf 3.1: Časový výskyt alfa aktivity v průběhu hry u všech probandů	61
Graf 3.2: Procentuální výskyt alfa aktivity u všech probandů	61

Seznam příloh

A. Schválení etické komise	i
B. Informovaný souhlas – vzor	ii
C. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 1	iii
D. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 2	iv
E. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 3	v
F. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 4	vi
G. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 5	vii
H. Sekvence skladeb	viii

A. Schválení etické komise



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Elektroencefalografické koreláty prodlouženého pohybového výkonu u profesionálních hudebníků

Forma projektu: diplomová

Autor (hlavní řešitel): Bc. Zuzana Brabencová

Školitel (v případě studentské práce): MUDr. David Pánek, Ph.D.

Popis projektu: Cílem studie je vyhodnocování aktivity mozkové činnosti v průběhu hudebního výkonu, která bude zaznamenávána pomocí elektroencefalografu. Rozsah studie bude do 15 probandů, u kterých bude snímána EEG aktivita přístrojem EEG Nicolet, a to v průběhu 30 minutové intenzivní hry na smyčkový nástroj. Měření bude probíhat na půdě UK FTVS pod dohledem MUDr. Davida Pánka, Ph.D.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Nebudou použity žádné invazivní techniky. Osobní údaje získané z šetření nebudou zveřejněny.

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 7.11.2013

Podpis autora: Brabencova'

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.

Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0166/2013

dne: 8.11.2013

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítko školy
UNIVERZITA KARLOVA v Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

1

.....
podpis předsedy EK

B. Informovaný souhlas – vzor

Vážená paní/Vážený pane,

Ráda bych Vás požádala o účast ve studii vykonávané v rámci mé diplomové práce s názvem Elektroencefalografické koreláty prodlouženého pohybového výkonu u profesionálních hudebníků, zadané na Katedře fyzioterapie na FTVS UK.

Cílem studie je vyhodnocování aktivity mozkové činnosti v průběhu hudebního výkonu, která bude měřena pomocí elektroencefalografu. Elektroencefalograf (EEG) je vyšetřovací metoda, která snímá na povrchu hlavy elektrické potenciály, které vznikají mozkovou činností. EEG vyšetření nemá žádná rizika, nevystavuje pacienta žádným škodlivým účinkům a není ani bolestivé. Vyšetření bude provedeno u každého účastníka jednou, a to na půdě FTVS UK, kdy bude účastníkovi studie naměřeno EEG v průběhu hudebního výkonu, který bude trvat přibližně 30 minut. Získané výsledky budou poté zhodnoceny a publikovány v rámci diplomové práce. S osobními daty účastníků studie bude nakládáno důvěrně a nebudou nikde zveřejněny.

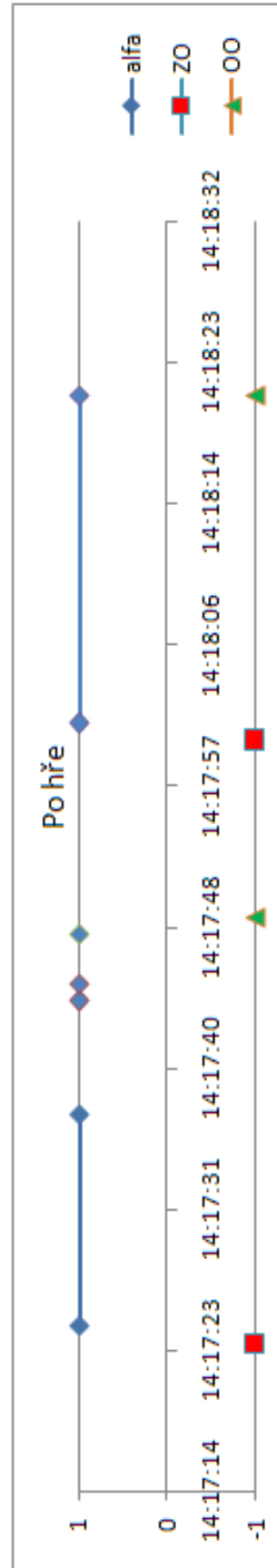
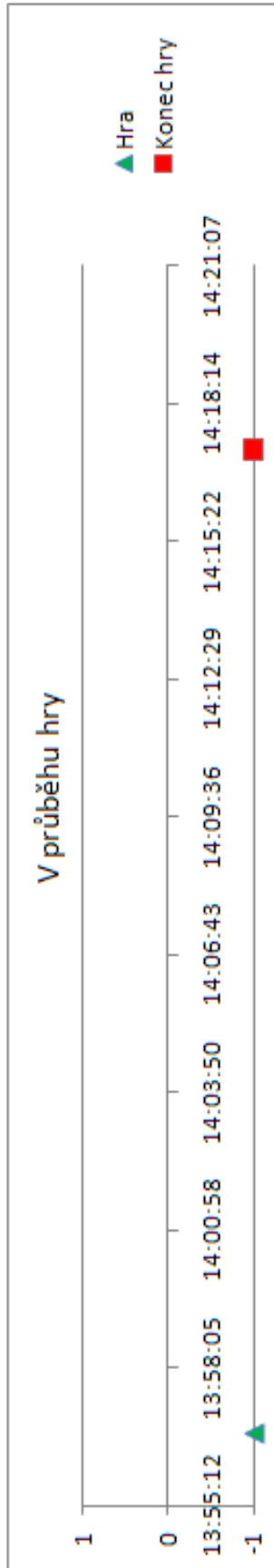
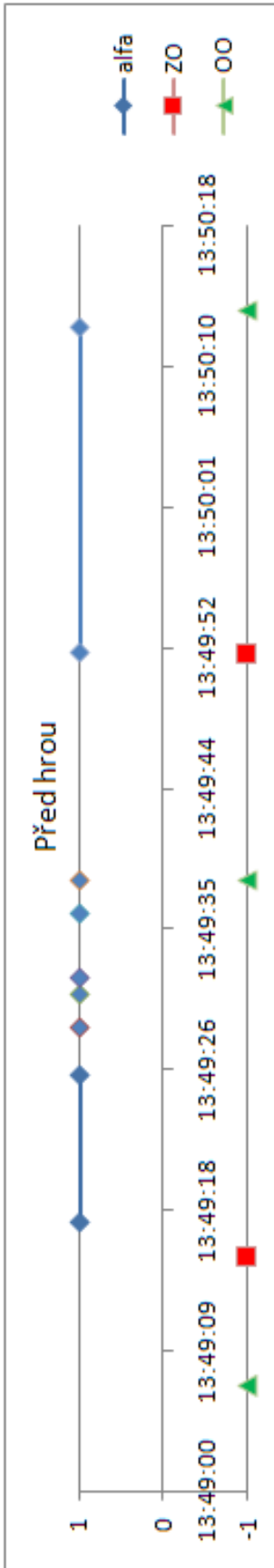
Účast ve studii je dobrovolná a není nijak honorovaná. Souhlas s účastí a s průběhem studie potvrďte prosím níže svým podpisem. Podepište ho po důkladném prostudování jeho znění.

Svým podpisem stvrzuji, že jsem byl/a poučen/a o cíli, významu a průběhu studie, měl/a jsem možnost položit otázky, které mi byly zodpovězeny, a má účast ve studii je dobrovolná.

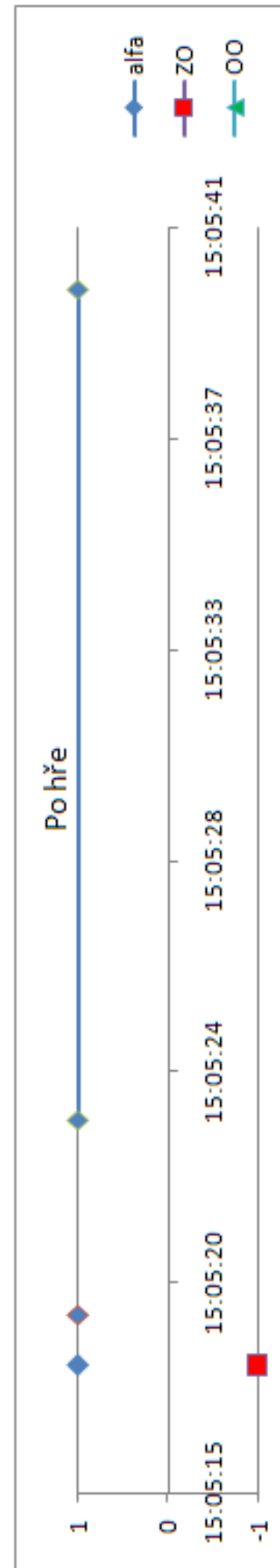
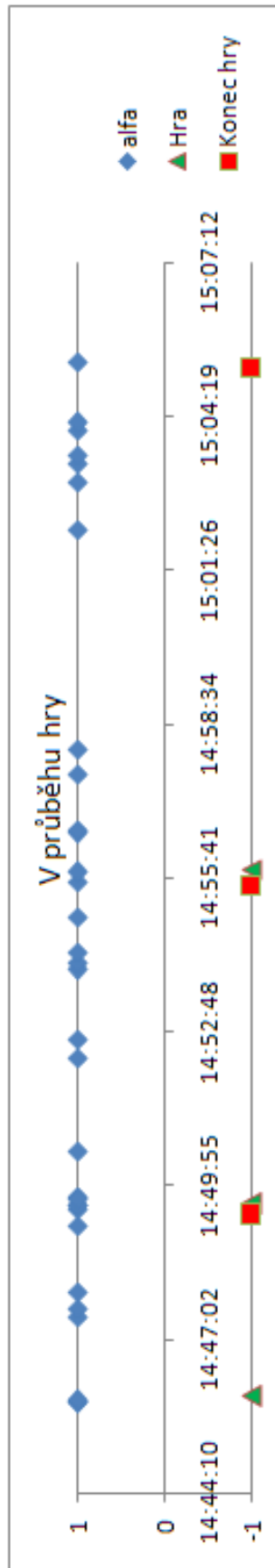
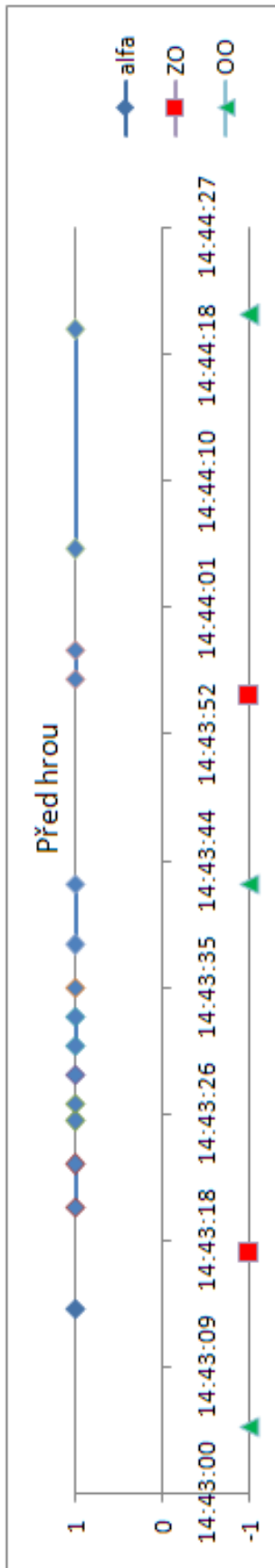
Datum

Podpis

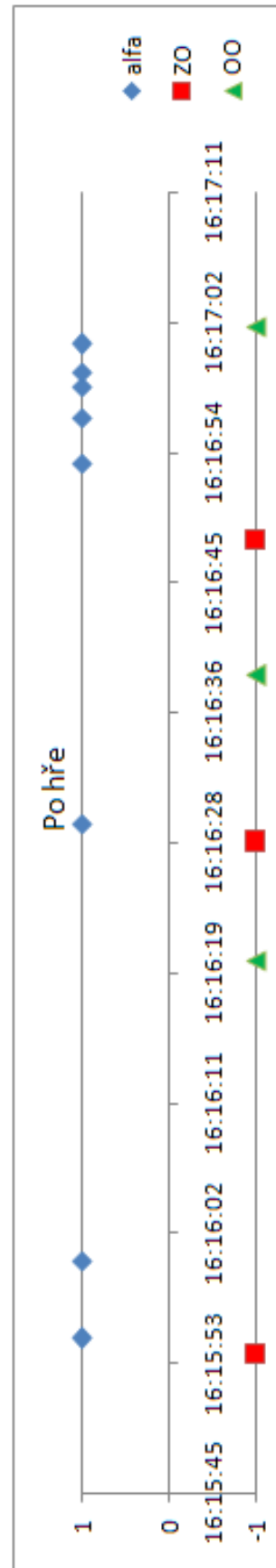
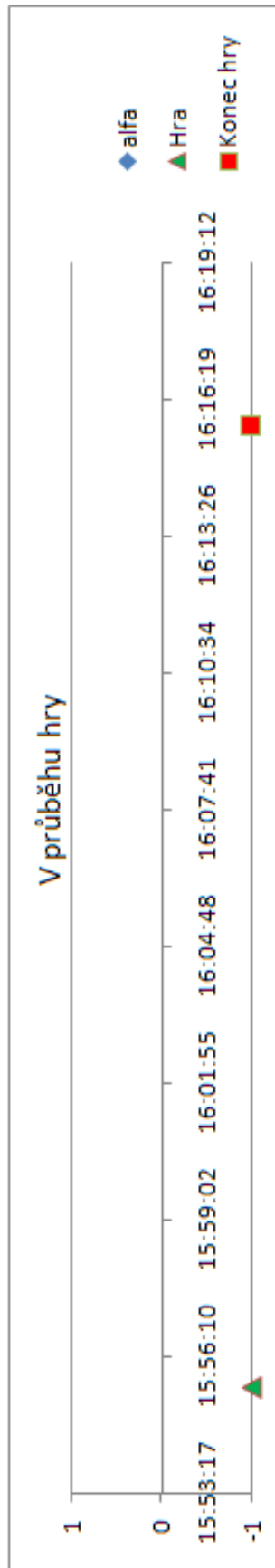
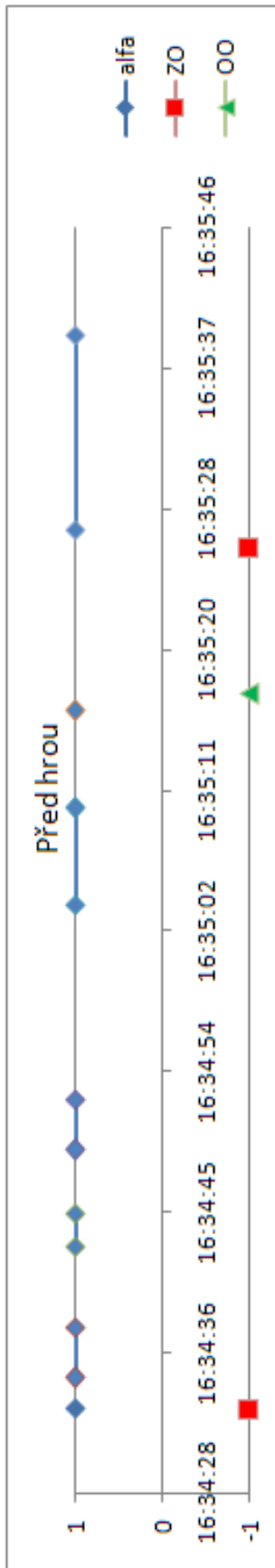
C. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 1



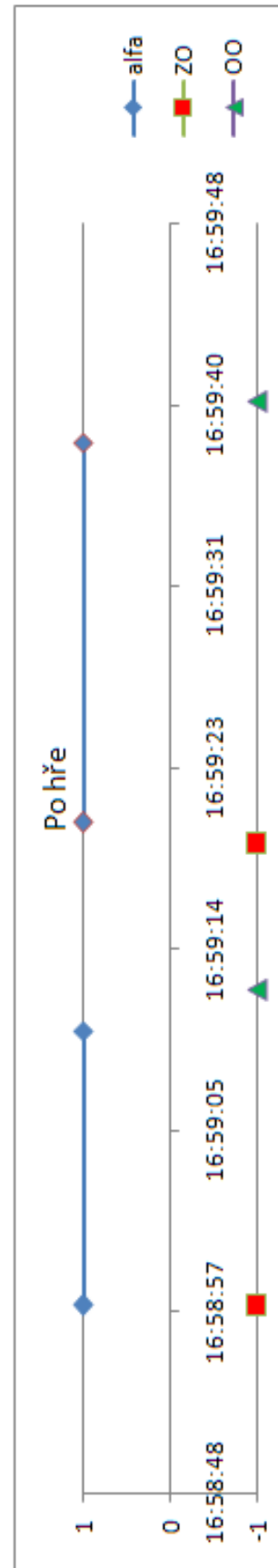
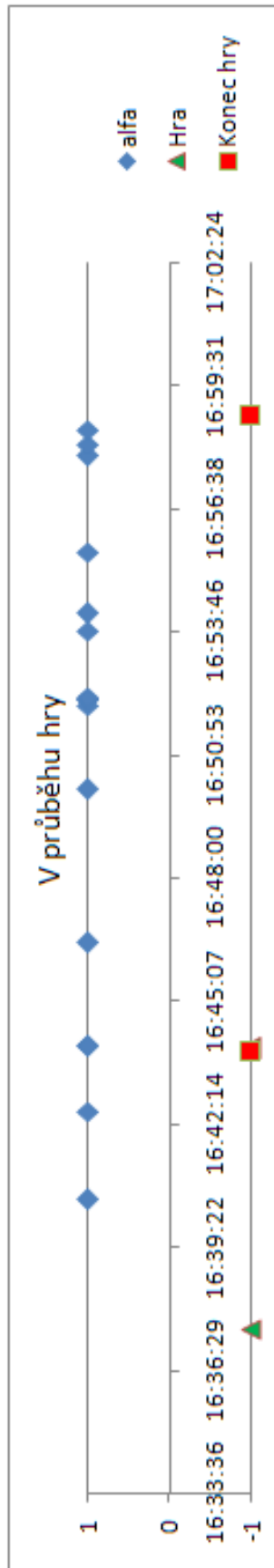
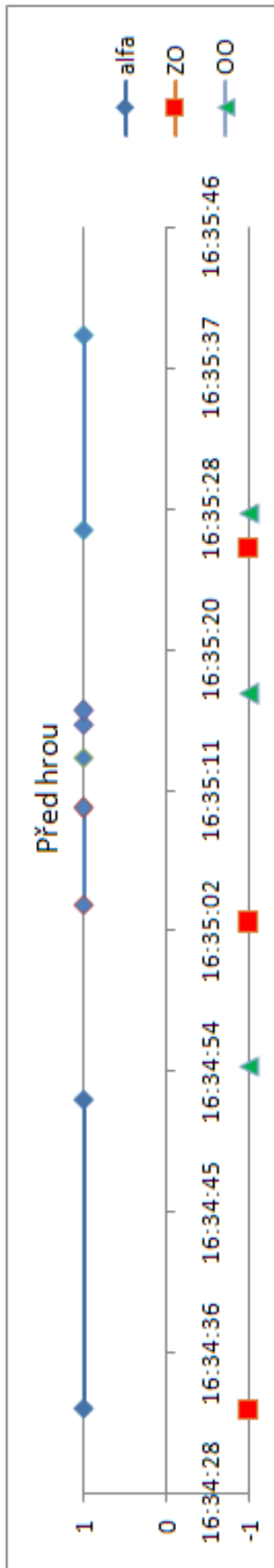
D. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 2



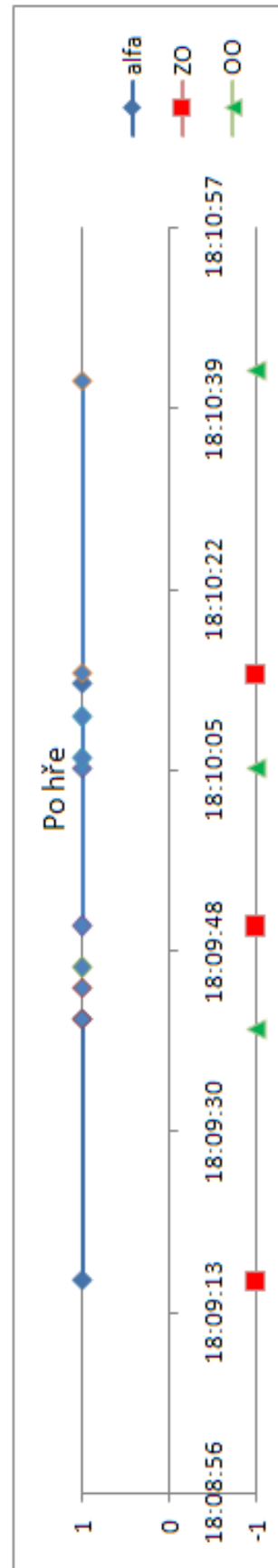
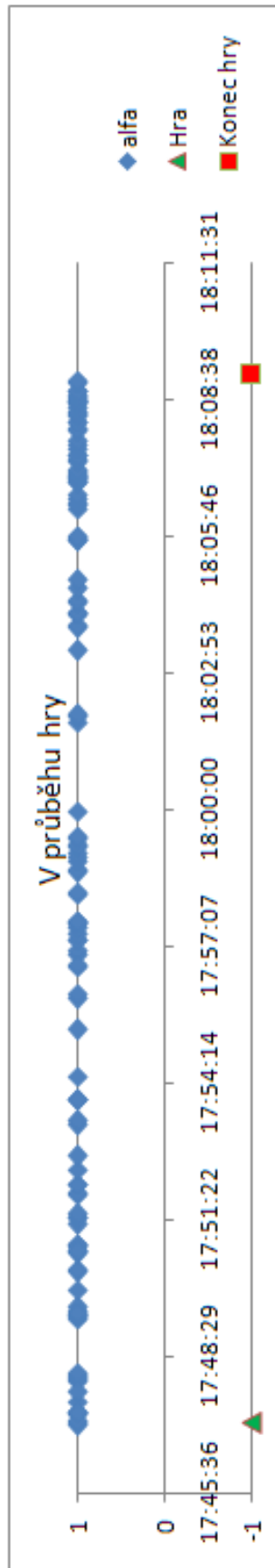
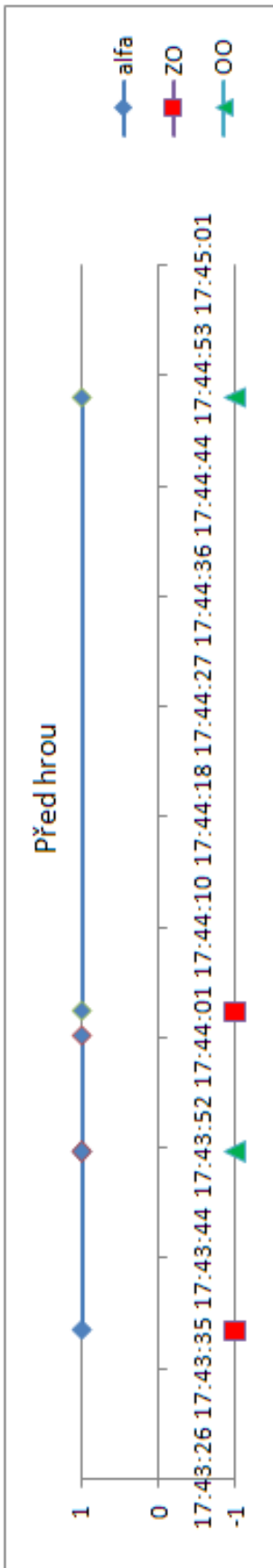
E. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 3



F. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 4



G. Grafické zobrazení časového výskytu alfa aktivity Proband 5



H. Sekvence skladeb

Proband 1:

J.S.Bach , Partita č. 2 d moll, Presto

J.S.Bach, Partita č. 2 d moll, Presto

Proband 2:

J.S.Bach, Dvojkonzert pro dvoje housle, d moll, 1. věta

W.A.Mozart, Malá noční hudba

M. Massenet, Meditace

Proband 3:

W.A.Mozart, Malá noční hudba

J.S.Bach, Partita č. 2 d moll, Presto

Proband 4:

J.S.Bach, Partita č. 2 d moll, Presto

Proband 5:

J.S.Bach, Koncert d moll pro dvoje housle, 1. věta

J.S Bach, Partita č. 2 d moll, Sarabanda

A. Vivaldi, Koncert G dur pro housle a orchestr, 1. věta

V. Monti, Czardas

J. Brahms, Uherský tanec č.5

Jazzová improvizace – Sweet Georgie Brown, Stompin at Deca, Troublant Bolero,
gypsy jazz

A.Vivaldi, Koncert G dur pro housle a orchestr, 1. věta