



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Úloha radiologického asistenta při
perfuzním iktálním scintigrafickém
vyšetření mozku u epilepsie**

**The Role of Radiology Assistant in Brain
Perfusion Scintigraphy Imaging in
Epilepsy**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Eliška Mikulášková

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Karolína Karásková

Kladno 2023



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mikulášková** Jméno: **Eliška** Osobní číslo: **499623**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Úloha radiologického asistenta při perfuzním iktálním scintigrafickém vyšetření mozku u epilepsie

Název bakalářské práce anglicky:

The Role of Radiology Assistant in Brain Ictal Perfusion Scintigraphy Imaging in Epilepsy

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude popsání úlohy radiologického asistenta při perfuzním iktálním scintigrafickém vyšetření mozku u epilepsie. Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se bude zabývat vysvětlením principu scintigrafie, anatomii mozku zejména s přihlédnutím ke vzniku možných epileptogenních ložisek a vysvětlením důležitosti komunikace a spolupráce s pacientem při daném vyšetření. V praktické části student statisticky zpracuje a vyhodnotí data o daném vyšetření z vybraného pracoviště nukleární medicíny, zejména s důrazem na věkové rozložení pacientů, jejich pohlaví a radiační zátěži. Výsledky budou prezentovány formou grafů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠABATA, Ladislav, Nukleární medicína - technické základy: přístrojová a výpočetní technika v nukleární medicíně, základy radiofarmak a specifika radiační ochrany v nukleární medicíně, ed. , České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2019, ISBN 978-80-7394-734-7
- [2] KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK, Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami, ed. , Praha: Grada Publishing, 2018, ISBN 978-80-271-0168-9
- [3] PODZIMEK, František, Radiologická fyzika., ed. 1 vydání, V Praze: České vysoké učení technické, 2021, ISBN 978-80-01-06829-8

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Karolína Karásková

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Dana Prchalová

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Úloha radiologického asistenta při perfuzním iktálním scintigrafickém vyšetření mozku u epilepsie vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 17.05.2023

.....
Eliška Mikulášková

PODĚKOVÁNÍ

Své poděkování bych chtěla věnovat především MUDr. Karolíně Karáskové, za její vstřícnost, trpělivost, podporu a cenné rady, kterými mi byla nápomocná během psaní bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala konzultantce bakalářské práce Ing. Daně Prchalové a MUDr. Kateřině Michalové za jejich ochotu a rady při zpracování praktické části práce. Mé poděkování náleží také celému personálu Kliniky nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FN Motol za umožnění sběru dat do praktické části práce a ochotu mi věnovat svůj čas a pohodlí. Za cenné rady a psychickou podporu při psaní práce vděčím PhDr. Monice Donevové, Ph.D. a tímto jí též děkuji.

V neposlední řadě nemohu v poděkování opomenout svou rodinu a blízké přátele, kteří mi vždy stáli po boku a podporovali mě v nelehkých chvílích.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá úlohou radiologického asistenta při perfuzním iktálním scintigrafickém vyšetření mozku u epilepsie. Dále se zabývá celkovým průběhem vyšetření, anatomíí mozku a radiační ochranou.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je nejprve popsána nukleární medicína, princip detekce ionizujícího záření a vybrané zobrazovací metody nukleární medicíny. Dále je zmíněna anatomie centrálního nervového systému. V hlavní části je popsáno onemocnění epilepsie, průběh iktálního scintigrafického vyšetření a radiační ochrana společně s radiační zátěží.

V praktické části jsou kvantitativní formou šetření znázorněna data 91 pacientů v průběhu sedmi let. V praktické části je kladen důraz na porovnání aplikovaných dávek při iktálním a interiktálním vyšetření a zmapování statistických dat s přihlédnutím na pohlaví pacienta, opakovatelnost vyšetření a dalších adekvátních statistických záznamů podstatných pro toto vyšetření. Všechny výsledky jsou znázorněny v grafech nebo tabulkách.

Klíčová slova

Nukleární medicína; iktální vyšetření; epilepsie; epileptický záchvat; radiologický asistent; SPECT vyšetření; interiktální vyšetření

ABSTRACT

This bachelor thesis focusses on the role of radiology assistant in brain perfusion scintigraphy imaging in epilepsy. Describes the course of the examination, anatomy of brain and describes protection of radiation.

This thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part first describes nuclear medicine, the principle of ionizing radiation detection and selected imaging methods of nuclear medicine. Furthermore, anatomy of the central nervous system. The main part describes epilepsy, the examination of ictal scintigraphy, radiation protection and radiation exposure.

In the practical part, the data of 91 patients over the course of seven years are shown in a quantitative form of investigation. The practical part emphasis is placed on the comparison of applied doses during ictal and interictal examinations and the mapping of statistical data considering the sex of the patients, the repeatability of the examination and other corresponding statistical records essential for this examination. All results are shown in graphs or tables.

Keywords

Nuclear medicine; ictal SPECT imaging; epilepsy; epileptic seizure; radiology assistant; SPECT imaging; interictal SPECT imaging

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce.....	10
3	Přehled současného stavu.....	11
3.1	Nukleární medicína.....	11
3.1.1	Radiofarmaka.....	12
3.2	Detekce ionizujícího záření v nukleární medicíně.....	14
3.2.1	Princip scintilačního detektoru.....	14
3.3	Vybrané zobrazovací metody nukleární medicíny.....	16
3.3.1	Gama kamera.....	16
3.3.2	SPECT.....	18
3.4	Anatomie centrálního nervového systému.....	22
3.4.1	Hřbetní mícha.....	22
3.4.2	Mozkový kmen.....	23
3.4.3	Mozeček.....	24
3.4.4	Mezimozek.....	24
3.4.5	Koncový mozek.....	24
3.5	Epilepsie.....	26
3.5.1	Klasifikace epilepsie.....	27
3.5.2	Klasifikace epileptických záchvatů.....	28
3.5.3	Etiologie.....	29
3.5.4	Diagnostika epilepsie.....	30
3.5.5	Léčba.....	32
3.6	Průběh iktálního scintigrafického vyšetření u epilepsie.....	34

3.6.1	Komunikace s pacientem	36
3.7	Radiační ochrana v nukleární medicíně	37
3.7.1	Radiační ochrana pracovníku	40
3.7.2	Radiační ochrana pacientů	42
3.7.3	Radiační zátěž.....	43
3.7.4	Biologické účinky ionizujícího záření	46
4	Metodika.....	47
5	Výsledky.....	48
5.1	Kvantitativní šetření	48
6	Diskuze	71
7	Závěr	80
8	Seznam použitých zkratk.....	81
9	Seznam použité literatury	83
10	Seznam použitých obrázků	89
11	Seznam použitých tabulek.....	91

1 ÚVOD

Epilepsie je skupinou onemocnění projevující se opakujícími záchvaty provokovanými nebo náhodně přicházejícími. Jedná se o jedno z nejčastějších neurologických onemocnění.

Na její diagnostice a léčbě se podílí mnoho léčebných odvětví medicíny, nedílnou součástí tvoří nukleární medicína. K diagnostice tohoto onemocnění se využívá mnoho metod jako je vyšetření EEG nebo magnetická rezonance. K léčbě jsou nejčastěji z počátku volena režimová opatření a následně farmakoterapie. Pokud ani jedna z léčebných metod není dostatečně efektivní, ba naopak vzniklé kontraindikace ovlivňují pacientovi kvalitu života, je možná volba chirurgického zákroku. Před chirurgickým zákrokem, kde dojde k vynětí problémové části mozku, se musí udělat perfuzní iktální a interiktrální scintigrafické vyšetření mozku. Tato vyšetření na základě subtrakce získaných dat odhalí místa k vynětí.

V této práci je nejprve stručně popsán princip nukleární medicíny společně s principem detekce záření, následně je stručně rozebrána anatomie mozku, onemocnění epilepsie a průběh iktálního vyšetření. Daná vyšetření nejsou proveditelná bez radiologické asistenta, tudíž je v práci zmíněná jeho kompetence při vyšetření.

Následně je v této práci statisticky zhodnocen soubor dat z vyšetřeních 91 pacientů z Kliniky nukleární medicíny a endokrinologie 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Nemocnice Motol s rozdílnými průběhy vyšetření a aplikovanými aktivitami, jež jsou mezi sebou porovnány.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je seznámit s existencí iktálního scintigrafického vyšetření u pacientů s epilepsií a provést jej teoretickými podklady tohoto vyšetření včetně krátké sondy do indikovaného onemocnění, dále přístrojovou technikou a neposlední řadě i účinky ionizujícího záření a radiační ochranou proti nim. Bude vysvětlena kompetence radiologického asistenta při vyšetření.

Cílem praktické části bakalářské práce je porovnání aplikovaných dávek při iktálním a interiktálním vyšetření a zmapování statistických dat z průběhu období šesti let s přihlédnutím k pohlaví pacienta, opakovatelnost vyšetření a dalších adekvátních statistických záznamů podstatných pro toto vyšetření.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Nukleární medicína

Nukleární medicína je lékařský obor využívající ionizující záření emitované radionuklidy. Tyto radionuklidy jsou spojeny se specifickými farmaky a dohromady tvoří radiofarmaka. Každé radiofarmakum se vychytává v jiném orgánu, kde jej můžeme detekovat. Detekce poskytuje informaci o funkčnosti orgánu a ozáření omezeného objemu, kde se radiofarmakum akumulovalo. Podstatné je zmínit, že v nukleární medicíně dochází většinou k celotělovému ozáření, i když minimálnímu, ozářeny jsou i kritické orgány. Proto je zde nutné dbát na radiační ochranu pacienta a správné stanovení množství aplikované dávky pacientovi. Hodnota aktivity podaného radiofarmaka je dána výpočtem referenční hodnoty faktoru F v závislosti na tělesné hmotnosti pacienta. (1, s. 217), (2, s. 220-22)

Výhoda nukleární medicíny oproti samostatnému odvětví radiodiagnostickému a radioterapeutickému je, že se skládá z obou jmenovaných složek. Z radiodiagnostické metody vyšetření získáme strukturální informaci, zatímco z vyšetření na nukleární medicíně získáme informaci o patologických změnách a jejich vlastnostech na tkáň. Můžeme tedy říct, že radiodiagnostická větev se s nukleární medicínou doplňuje. Z radioterapeutického hlediska se využívá vnitřní zdroj záření, který je na základě farmakologické látky metabolickou cestou dopraven k nádoru, kde je zničen. Účinek a cíl radioterapie a nukleární medicíny jsou stejné, liší se principem a dopravením dávkové distribuce ionizujícího záření do cílového objemu. Nevýhodou nukleární medicíny oproti dvěma zmiňovaným odvětvím je práce s otevřenými radioaktivními zářiči. (3, s. 186-187, 216, 235-236,)

Zobrazovací diagnostika i radionuklidová terapie jsou založeny na stopovacím principu, jehož objevitelem je George de Hevesy. Funkčnost stopovacího principu je založena na identickém chemickém chování radioaktivních a stabilních nuklidů chemických prvků. Pokud tedy nahradíme atomy v molekule látky za radioaktivní izotopy jsme schopni detekovat ionizující záření. Na základě tohoto principu jsme schopni při diagnostickém zobrazování sledovat morfológickou, funkční i biochemickou složku daného orgánu. Při terapeutickém využití dostáváme radiofarmakum do cílového objemu. Radiofarmakum chceme využít jako vnitřní zdroj záření a ozářit daný orgán co nejvyšší možnou dávkou. Sledování a kontrolování daných dějů by nebylo možné bez techniky, která na základě principu detekce záření zobrazuje záření z daného radionuklidu. (1, s. 217), (3, s. 188), (4, s. 37)

3.1.1 Radiofarmaka

Radiofarmaka jsou látky složeny z biologicky aktivní složky a radioaktivní složky. Každá z těchto složek má své opodstatnění. Biologicky aktivní složka slouží jako transportér radioaktivní složky do daného orgánu. Na základě její farmakokinetiky můžeme předvídat její akumulaci na podkladě záření radioaktivní složky i její zobrazení. (3, s. 188)

Základní dělení radiofarmak je z hlediska terapeutického či diagnostického zobrazení. Pro radiofarmaka vhodná k diagnostickým účelům jsou typické radionuklidy emitující záření gama nebo pozitrony. Radiofarmaka, která jsou využívána k terapii, emitují záření beta minus, záření alfa a Augerovy elektrony. Radionuklidy se liší svojí energií, aktivitou, poločasem přeměny a maximálním dosahem ve tkáni. (3, s. 188-189) (1, s. 219-222)

Energie radionuklidu musí být dostatečně velká, aby nebyla pouze pohlcena vyšetřovaným orgánem, ale aby byly i detekovány detekčním zařízením. Pokud

by byla energie fotonu příliš velká, mohlo by dojít k nezaregistrování fotonu detekčním zařízením. Pro diagnostické účely bývají hodnoty energie gama záření od 100 keV až do 500 keV. Terapeutické energie beta zářiče bývají vyšší, aby zničila cílený objem. (3, s. 190)

Aktivita je zvolena dle chtěného výsledku, a to buď diagnostického nebo terapeutického. Celková aplikovaná aktivita musí vycházet z radiologických standardů. Její jednotkou je Becquerel, zkratkou Bq. V nukleární medicíně se využívají násobky této jednotky. S aktivitou se pojí další fyzikální veličina, a to je poločas rozpadu. V nukleární medicíně je potřebné, aby poločas rozpadu byl dostačující k detekci záření, ale nebyl dlouhý, aby pacient nebyl zbytečně vystaven delšímu záření, než je potřeba. (3, s. 189)

Výroba radionuklidů může probíhat třemi způsoby, a to v cyklotronu, jaderném reaktoru a specifickým způsobem za pomoci radionuklidového generátoru. V cyklotronech jsou částice urychlovány a následně narážejí na terč, kde dochází k přeměně vybraného neaktivního prvku na požadovaný radionuklid. V jaderném reaktoru je neaktivní terč ozařován neutrony. Příprava radionuklidu v radionuklidovém generátoru je dána rozpadem mateřského radionuklidu na dceřiný radionuklid. (4, s. 38)

Po výrobě radiofarmaka je nutná kontrola parametrů daného výrobku. U radiofarmak se ověřují tři parametry, jimiž jsou radionuklidová a radiochemická čistota a aktivita radiofarmaka. (3, s. 189)

3.2 Detekce ionizujícího záření v nukleární medicíně

Pro detekci ionizujícího záření jsou využívány detektory schopné převodu neviditelného záření na měřitelné jednotky. Mezi nejvyžívanější detektor v nukleární medicíně patří scintilační detektor. (5, s. 10-13)

3.2.1 Princip scintilačního detektoru

Scintilační detektor funguje na principu radioluminiscence. Určité látky jsou schopné po kontaktu s ionizujícím zářením vytvářet světelné záblesky. Tyto záblesky nazýváme scintilací a látky, které mají danou schopnost, scintilátory. (5, s. 10-13)

Detektor je složen ze scintilačního krystalu, fotonásobiče, zesilovače a vyhodnocovacího zařízení. Ionizující záření dopadne na scintilační krystal, kde vznikne záblesk na základě excitace atomů. Tento záblesk je roven rozdílné energii dvou energetických hladin. Viditelný foton je detekován fotokatodami ve fotonásobiči, kde dochází fotoelektrickým jevem k přeměně na elektrony. Tyto elektrony dopadají na elektrody zvané dynody. Na dynodách dochází k urychlování a lavinovitému násobení elektronů. Urychlování elektronů je způsobené elektrickým napětím, zatímco lavinovité násobení elektronů je způsobené materiálem, nacházejícím se na povrchu dynod. Pomnožený počet elektronů dopadá na konečnou elektrodu, kterou je anoda. Vzniká měřitelný elektrický impulz. (5, s. 10-13), (6, s. 254-256)

Scintilační detektory se dělí dle jejich složení na organické a anorganické. Zastoupení pro nukleární medicínu mají pouze anorganické scintilátory. Nejvyžívanějším krystalem je krystal jodidu sodného, který je dotován thaliem. Dalším možným rozdělením scintilačních detektorů je dle využití pro nezobrazovací metody v nukleární medicíně. Emitované záření gama

můžeme sledovat nejen zevní detekcí nazývanou měřením *in vivo*, ale i odběrem vzorku, nazývané *in vitro*. (5, s. 10-11,24)

Na oddělení nukleární medicíny se můžeme setkat i s polovodičovými detektory. Tyto detektory jsou složeny z křemíku a germania. Jejich hlavní předností je vysoká citlivost a vysoká energetická rozlišovací schopnost na základě nízké potřebné energie k uvolnění jednoho páru nábojů. Křemíkové polovodičové detektory jsou využívány v osobních operativních elektronických dozimetrech. Germaniové polovodičové detektory jsou využívány v laboratořích, kde jsou chlazené tekutým dusíkem. (5, s. 7)

3.3 Vybrané zobrazovací metody nukleární medicíny

Zobrazovací metody v nukleární medicíně nám umožňují zobrazit vychytávání podaného radiofarmaka v dané tkáni. Na základě geometrie zobrazovací roviny je dělíme na planární scintigrafii a tomografickou scintigrafii. Planární scintigrafie je dvourozměrné zobrazení trojrozměrného tělesa, zatímco tomografická scintigrafie poskytuje prostorové zobrazení trojrozměrného tělesa. Řezy trojrozměrného tělesa jsou u tomografické scintigrafie rekonstruovány ze série planárních snímků, které jsou nasnímány z různých úhlů. (1, s. 225)

Obecně využívanou zobrazovací metodou v nukleární medicíně pro dvourozměrný snímek rozložení radiofarmaka je planární scintigrafie. Ta může být statická, dynamická či celotělová. Mezi zobrazovací metody pro prostorové trojrozměrné zobrazení patří jednofotonová emisní tomografie, pozitronová emisní tomografie, dynamická tomografická vyšetření a hybridní vyšetření. Hybridní vyšetření se skládá z jedné jmenované modality využívané pro nukleární medicínu společně s metodou zobrazující struktury orgánů. (1, s. 225), (4, s. 27)

3.3.1 Gama kamera

Gama kamera neboli scintilační kamera nebo dokonce Angerova scintilační kamera je první a základní zobrazovací přístroj pro detekci ionizujícího záření v nukleární medicíně. Na jejím vzniku se podílel konstruktér H. O. Anger roku 1958. První verze gamakamery měla analogové elektrické části, momentálně je většina kamer digitalizovaná. (5, s. 29-30)

Podstatnou součástí scintilační kamery je detekční systém. Tvoří jej kolimátor, scintilační krystal, fotonásobiče a elektronika, která zpracovává

dané impulzy. Každá z těchto částí má své opodstatnění a na základě jejich existence a principu scintilačního detektoru vzniká správná detekce emise radionuklidu z vyšetřovaného pacienta. O detekci scintilace jsem se zmiňovala výše v předchozí kapitole. Dalšími podstatnými mechanickými částmi scintilační kamery jsou stojan a vyšetřovací lůžko pro pacienta. Stojan slouží pro upevnění detektorů, kdy u jednoduchých kamer umožňuje pouze dva základní pohyby detektorů, a to pohyb svislý a náklon. Nyní u většiny kamer SPECT je stojanem myšleno kruhové gantry, kde se nachází dva detektory. (4, s. 27), (5, s. 36)

3.3.1.1 Kolimátor scintilační gama kamery

Jedná se o olovenou desku zakrývající celé zorné pole detektoru a sloužící ke vzniku kvalitního obrazu. Uvnitř této desky jsou otvory ve tvaru šestiúhelníků. Emitující fotony z pacienta jsou rozptýlené do okolí všemi směry. Pokud bychom detekovali veškeré fotony, vzniklý obraz by byl nediagnosticské kvůli vysoké úrovni šumu. Pomocí kolimátoru vyselektujeme elektrony letící rovnoběžně s otvory v něm. Fotony s odlišnou dráhou letu, než je průřez otvoru v kolimátoru, jsou absorbovány olovenými přepážkami mezi otvory. (1, s. 228), (4, s. 28)

Kolimátor je odnímatelná součást gama kamery, což dovoluje nahrazení jednoho druhu kolimátoru za jiným. Existuje mnoho druhů kolimátoru, které mají různé geometrické uspořádání sept, různý celkový počet sept a různý průměr sept. Dělení kolimátoru může být podle energie použitého radionuklidu, citlivosti a poměrem polohového rozlišení. Podzimek (2021, s. 230) uvádí: „Nevhodná volba kolimátoru má za následek špatný kontrast, více šumu v obraze nebo horší polohové rozlišení.“ Výběr kolimátoru se určuje dle požadovaného vyšetření. (1, s. 228)

3.3.2 SPECT

SPECT neboli jednofotonová emisní tomografie pochází z anglického názvu single photon emission computed tomography. Společně s pozitronovou emisní tomografií umožňují prostorové zobrazení trojrozměrného tělesa. Princip jednofotonové emisní tomografie je založen na detekci pouze jednoho emitovaného fotonu záření gama z každé radioaktivní přeměny. Druhým typem modality k detekci záření je dvoufotonová pozitronová emisní tomografie. Zde se ale využívají pozitronové radionuklidy beta+, za vzniku anihilačního záření. Při anihilaci vznikají dva fotony o stejné energii, jejichž letící dráha svírá úhel 180 stupňů. Tyto dva fotony jsou následně detekovány. Obě tyto metody využívají k výslednému obrazu počítačovou rekonstrukci z nasnímaných impulzů na detektorech. Nejvyužívanějším radionuklidem u SPECT vyšetření je ^{99m}Tc , u vyšetření PET se využívá ^{18}F . (4, s. 32), (7)

Přístroj je obvykle složen z kruhové gantry, dvou scintilačních detektorů a lůžka pro pacienta. Díky kruhovému tvaru gantry se můžou detektory okolo pacienta pomalu otáčet. Otáčení gantry může být kontinuální za průběžné akvizice nebo přerušované v nastavených úhlech pro snímání obrazu. Scintilační detektory můžou mít dvojí postavení, a to buď jsou detektory proti sobě, anebo můžou detektory společně svírat úhel 90°. Postavení detektorů se odvíjí od požadovaného vyšetření. Podstatné je, aby detektory byly co nejbližší k tělu pacienta, abychom získali nejlepší možné rozlišení. Rozměr pole detektoru určuje rozsah snímané oblasti. Existovaly jednofotonové emisní tomografie s více detektorovými systémy, kde počet detektorů měl pouze vliv na urychlení snímání, ale neosvědčily se. Nevýhodou rotačního snímání u SPECT vyšetření je nízká detekční účinnost a pomalost. Vykompenzováním této nevýhody by mohly být stacionární detektory. Jedná se o větší počet menších detektorů v kruhové gantry okolo pacienta. Tyto detektory dokážou snímat záření ze všech úhlů najednou,

aniž by obsahovaly pohyblivou část. Jejich výhodou je kratší čas snímání, možnost provedení dynamického SPECT vyšetření a rekonstrukce tomografických řezů v průběhu vyšetření. (5, s. 37), (4, s. 32) (7)

Rekonstrukce tomografických snímků probíhá ze sady planárních snímků, kterých bývá typicky 120. Tyto snímky vstupují do jedné ze dvou rekonstrukcí – metoda zpětné projekce a metoda iterativní rekonstrukce. Nastavení a použití správné rekonstrukce je důležitá část, jelikož na ní závisí výsledný obraz. (4, s. 32)

Metoda zpětné projekce dle názvu už prozrazuje, že využívá zpětného promítání dat z jednotlivých planárních snímků. Tyto snímky jsou vloženy do prázdné matice pod přesným úhlem nasnímání. Výsledný obraz vzniká sečtením všech projekčních dat. Nevýhodou této metody jsou artefakty, speciálně hvězdicové, vznikající ve vysokém rušivém strukturovaném pozadí. Dají se ale potlačit filtrací. Abychom předešli delšímu procesu zpracování dat, využíváme tedy rovnou filtrovanou zpětnou projekci na základě Fourierovy transformace. Druhou metodou rekonstrukce je iterativní rekonstrukce. Jedná se o algebraickou rekonstrukční techniku složenou z postupných kroků, porovnávající matematicky simulované projekce vzniklého obrazu s nasnímanými projekcemi. Na základě porovnání dvou zmíněných obrazů vznikají odchylky pro určité buňky v obraze a opravy v bodech původního obrazu. Tento proces se opakuje, dokud není splněno dopředu nastavené kritérium. Existuje i zdokonalená verze této metody, zvaná OSEM. Tato metoda funguje vytvořením menších skupin, zvané subsety. Na subsety je aplikován jednotlivě standardní postup iterativní rekonstrukce. Výhodou je, že vstupním odhadem další iterace následujícího subsetu je zhotovený předešlý subset. Rychlost této metody je dána počtem použitých subsetů. Iterativní metoda je z hlediska vzniku obrazu výhodnější, jelikož při ní nevznikají artefakty

a je zde možnost zavést korekci na kolimátor přímo do výpočetního algoritmu. Tato korekce u filtrované zpětné projekce nelze. Její nevýhodou je náročnost na výpočet a přístrojovou techniku. (4, s. 32-33), (7)

Vyšetření SPECT má své výhody i nevýhody. Hlavní výhoda oproti planární scintigrafii je, že nedochází k sumaci obrazu na základě zobrazení prostorového trojrozměrného tělesa do plochy. Díky tomu jsme schopni zobrazit překrývající se struktury v různé hloubce. Mezi další výhody patří přesnější určení anatomické polohy, zachycení malých lézí díky zvýšenému kontrastu a možné přesnější kvantitativní hodnocení na základě odstranění okolní aktivity v pozadí. Nevýhodou SPECT oproti planární scintigrafii je prostorové rozlišení, které je horší kvůli větší vzdálenosti kolimátoru od povrchu těla. (5, s. 38-39)

Dalšími nevýhodami jsou artefakty, vyšší obrazový šum, velká citlivost na homogenitu zorného pole kamery, atenuace a možná nestabilita osy rotace. Artefakty nejčastěji vznikají pohybem pacienta nebo z rekonstrukce. Šum v obraze se nedá odstranit žádnou metodou nebo zdokonalením přístroje, jelikož je dán kvantovou zákonitostí. Jediným způsobem potlačení šumu v obraze je zvýšením počtu detekovaných fotonů. Další z možností minimalizování šumu je využitím vhodné počítačové filtrace. Nehomogenita zorného pole vzniká anomáliemi mezi detekční účinností jednotlivých míst na scintilačním krystale a zaznamenáním scintilačních fotonů vycházejících z krystalu na jednotlivé fotonásobiče. Korekce nehomogenity zorného pole se může provést dvojím způsobem, zaprvé upravením fotonásobičů na jednotnou účinnost a zadruhé využitím počítačové korekce. Atenuace neboli absorpce záření gama. Záření gama při průchodu tělesem je absorbováno, a to má za následek snížení počtu detekovaných fotonů. Tento jev, zvaný atenuace vede k odlišnosti detekovaných počtů impulsů ze struktur uložených ve větších hloubkách oproti strukturám uložených na povrchu. Oprava

atenuace je podstatná při hodnocení klinických parametrů. Korekce se provádí dvěma metodami, a to geometrickou metodou a denzitní mapou z CT. Geometrická metoda vychází z transaxiálního řezu homogenní tkáně a stanovením lineárního součinitelem zeslabení. Metoda denzitní mapa z CT funguje na principu přepočtení absorpčních koeficientů na energii gama záření pro scintigrafii. Poslední zmíněnou nevýhodou je mechanická nestabilita osy rotace vznikající na základě tíhových sil během rotace ovlivněné gravitačním polem Země. Během rotace detektorů může dojít k uvolnění detektoru, což má za následek nepřesný pohyb po kružnici gantry a tím pádem k posunu centra rotace. Korekce tohoto jevu probíhá nasnímáním pevného tělesa speciálním programem a vypočítáním odchylek ze všech úhlů gantry. Tyto odchylky jsou uloženy do paměti počítače a při vyšetření jsou použity k počítačové korekci posunů v jednotlivých úhlech rotace. (7) (5, s. 38-39)

3.3.2.1 Hybridní systém SPECT/CT

Inovativním způsobem zlepšení vyšetření jsou hybridní přístroje. SPECT/CT je hybridní modalita spojena z jednofotonové emisní tomografie a výpočetní tomografie. Výpočetní tomografie je jednou z hlavních diagnostických modalit. Její funkční princip je na základě detekce prošlého rentgenového záření objektem. Na detektoru je zaznamenána intenzita zeslabeného prošlého záření. Složení přístrojů za sebe umožňuje 2 provedení dvou vyšetření na jednou bez možné změny polohy pacienta a lepší propojení strukturálních informací s patologickými funkčními změnami. Při iktálním perfuzním scintigrafickém vyšetření mozku u epileptiků se hybridní systémy nevyužívají z důvodu prodloužení času vyšetření. (3, s. 209)

3.4 Anatomie centrálního nervového systému

Centrální nervový systém je složen z mnoha podstatných struktur. Tyto struktury jsou zodpovědné nejen za pohyb, veškeré vjemy, reakce, emoce, ale hlavně za vitální funkce. Složení centrálního nervového systému je rozmanitý, počínaje šedou a bílou hmotou mozkovou a míšní, až po sestupné a vzestupné dráhy, mozkové komory a mozkomíšní mok. (8, s. 259)

Jednotlivé části mozku je možné rozdělit dle velikosti na mikroskopické a makroskopické složky. Mikroskopické části jsou základní stavební složky tvořící pevný celek. Jedná se o neurony a glie. Makroskopické složky jsou větší části viditelné okem. Mezi ně je řazen mozek, mícha a jejich části zmíněné v podkapitolách. (8, s. 259-264), (9, s. 1489-1516), (10, s. 390-391)

3.4.1 Hřbetní mícha

V latinské terminologii ji můžeme vyhledat jako *medulla spinalis*. Nachází se v páteřním kanále, jakožto dlouhý provazec složený z nervové tkáně. Její začátek navazuje na prodlouženou míchu a konec je nejčastěji mezi prvním a druhým bederním obratlem. Zde se mícha ztenčuje a vystupují z ní míšní kořeny. Je podstatné zmínit, že míšní kořeny vystupují v celém průběhu míchy. V místě ukončení míchy dochází ke ztenčení. Zůstávají zde zmíněné míšní nervy jdoucí ke svým příslušným otvorům. Dělení míchy je dle místa uložení v páteřním kanálu. Od okolních struktur jí oddělují míšní obaly. Odstupuje z ní 31 párů míšních nervů. Z míchy vystupují motorická nervová vlákna a vstupují do ní senzitivní nervová vlákna. Hlavní funkce míchy je míšní reflex a převod informací dalším úsekům a částím centrálního nervového systému. (8, s. 264-265); (9, s. 1596-1613); (10, s. 398-400)

3.4.2 Mozkový kmen

Mozkový kmen se dělí na tři části. Jedná se o prodlouženou míchu, Varolův most a střední mozek. Uložení mozkového kmene je mezi míchou a mezimozkem. Nejbližší komora je IV. komora, nacházející se v úrovni prodloužené míchy a Varolova mostu. Nachází se zde senzorycká kmenová jádra a jádra hlavových nervů, která zajišťují jejich reflexy. Díky tomu se podílí na funkci všech vjemů kmenových reflexů. 1648 (10, s. 402), (9, s. 1645-1648)

3.4.2.1 Prodloužená mícha

Pod latinským názvem *medulla oblongata* je navázána na hřbetní míchu. Na své kaudální části je rozšířenější než při navázání na hřbetní míchu. Rozšířený konec je vsunut do Varolova mostu. Nachází se zde i retikulární formace, kde jsou uloženy centra životních funkcí, například řízení dýchání nebo regulace srdeční činnosti. (9, s. 1639-1651)

3.4.2.2 Varolův most

Z latinské terminologie *pons Varoli*. Jedná se o místo podobné mohutnému límci, který je na dolní ploše prodloužené míchy. Nacházejí se zde skupiny jader hlavových nervů, v nichž začínají motorická vlákna hlavových nervů a končí senzitivní vlákna těchto nervů. Zde jsou uloženy i neurony retikulární formace. (9, s. 1639-1651)

3.4.2.3 Střední mozek

Latinsky nazývaný *mesencephalon* se nachází mezi Varolovým mostem a hemisférami koncového mozku, s nimiž je propojen. Na horní ploše středního mozku jsou čtyři zaoblené hrbolky nazývané čtverohrbolí. V předních dvou hrbolech je uloženo podkorové zrkové centrum pro zrkové reflexy. V zadních

dvou hrbolech je uložené podkorové sluchové centrum pro sluchové reflexy. (10, s. 408), (9, s. 1649-1656)

3.4.3 Mozeček

Latinskou terminologií nazýván *cerebellum*. Nachází se v týlní části lebky v zadní lebeční jámě, kde je spojen s koncovým mozkiem a mozkovým kmenem. Jeho stavba je podobná koncovému mozku, jelikož je rozdělen na dvě hemisféry se zářezy, ale velikostně je mozeček menší než koncový mozek. Mezi dvěma hemisférami je spojení nazývané mozečkový červ. V mozečku se nachází centra motoriky, jejichž úkolem je koordinace pohybu, kontrola vědomého i podvědomého pohybu, stabilita těla a motorická paměť. (10, s. 418-420), (9, s. 1717-1718)

3.4.4 Mezimozek

Latinsky nazývaný *diencephalon* se nachází okolo třetí komory mozkové a navazuje na mozkový kmen. Skládá se z nervových jader a drah tvořící párové vejčité struktury. Rozdělen je na šest částí, jejichž hlavní funkce je buď senzitivní nebo motorická. Za základní senzitivní strukturu je považován *thalamus* neboli brána vědomí. V *thalamu* nacházíme přepojovací struktury aferentních drah vedoucích do mozkové kůry. Za základní motorickou strukturu je považován *hypothalamus*, na jehož konci visí mozkový podvěsek. Uvnitř *hypothalamu* se vyskytují dvě skupiny jader. Každá skupina má odlišnou funkci, a to buď řízení endokrinních funkcí nebo řízení autonomních reakcí. (10, s. 424-431), (9, s. 1675-1685)

3.4.5 Koncový mozek

V latině nazýván *telencephalon*. Jedná se o vývojově mladší a objemem i počtem neuronů největší makroskopický úsek mozku. Dělí se na dvě

hemisféry, což jsou dvě polokoule vzájemně propojené. Povrch mozku tvoří šedá hmota, nazývaná se mozková kůra. Tato mozková kůra má vnější strukturu podobnou různě diferenciovaným rýhám, nazývaným *sulci*. (10, s. 432)

Mozkové hemisféry se dělí na 5 laloků dle místa uložení. V přední části je uložen čelní lalok, naléhající na čelní kost. Na čelní lalok navazuje temenní lalok, naléhající na temenní kost. Na temenní lalok navazuje týlní lalok, uzavírající zadní část koncového mozku. Boční stranu koncového mozku tvoří spánkový lalok, navazující na kost spánkovou, a ostrovní lalok, ležící mezi spánkovým, čelním a temenním lalokem. (10, s. 432)

Mozková kůra je rozdělena do funkčních oblastí dle Broadmannovy cytoarchitektonické mapy. Při mapování funkčních oblastí kůry je nalezena primární korová oblast a sekundární korová oblast. Primární korová oblast je plná motorických, sensitivních a smyslových spojení. Sekundární korová oblast má rozpoznávací a asociační funkci. (8, s. 444)

3.5 Epilepsie

Epilepsie je skupina neurologických nemocnění postihující část mozku a poukazující na dysfunkci tohoto daného úseku mozku. Projevuje se opakujícími epileptickými záchvaty, které mohou být reakcí na určitý podnět nebo se mohou objevit znenadání. Záchvaty začínají v lokální části, pokud ale dojde ke generalizaci záchvatu, způsobí to dysfunkci vícero částí v mozku. (11, s. 470)

Epileptický záchvat vzniká na podkladě nadměrného nebo abnormálního elektrického výboje v mozku, kdy důsledkem nich vzniká přerušování informací mezi mozkovými buňkami. Na základě toho dochází k narušení normální funkce mozku. Projevuje se ovlivněním motorických funkcí, kdy pacient má například nekontrolovatelné škubání končetin i celého těla. V tomto případě se jedná o klonický záchvat. Mezi projevy ovlivňující motoriku pacienta patří i další skupiny zmíněné v odstavcích dál. Není pravidlem ovlivnění pouze motorických funkcí, ale i funkcí sensorických a autoimunitních. Veškeré projevy se odvíjí od místa a velikosti postižené oblasti v mozku, farmakoterapie, stáří mozku a mnoha dalších individuálních faktorů. Záchvat bývá při nástupu lehce identifikovatelný, na rozdíl od jeho konce. Délka epileptického záchvatu je individuální, ale nikdy by neměla přesáhnout interval pěti minut. Pokud přesáhne dobu 5 minut může se jednat o *status epilepticus*, kde po intervalu 5 minut dochází k dekompenzaci mozku. Vzniká otok mozku a pacient začne kardiopulmonálně selhávat. Jedná o životu ohrožující stav. (12, s. 90), (11, s. 470-472) (13, s. 336-340)

Pacienti s epilepsií budou mít epileptické záchvaty, ale ne všichni pacienti, u nichž je diagnostikován epileptický záchvat mají epilepsií. (14, s. 254)

3.5.1 Klasifikace epilepsie

Určení správného druhu a příčiny vzniku epilepsie jsou dvě základní kritéria pro stanovení kvalitní léčby a prognózy onemocnění. Klasifikace se dělí na tři základní kroky, a to určení druhu epileptického záchvatu, určení typu epilepsie a stanovení epileptického syndromu. Určení druhu epileptického záchvatu je popsáno v kapitole nadcházející, v této kapitole se budeme věnovat stanovení druhu epileptického záchvatu a stanovení epileptického syndromu. (15, s. 32-36)

Rozdělení epilepsií je momentálně rozmanitější, než jak bylo dřív na dvě hlavní skupiny – *petit mal* a *grand mal*. Nyní dělíme epilepsii podle druhu záchvatu, syndromu, semiologie a dle anatomické souvztažnosti záchvatu. Existují čtyři kategorie epilepsie dle typu záchvatu, a to fokální epilepsie, generalizovaná epilepsie, epilepsie kombinovaná a epilepsie neznámého typu. U diagnostiky se vychází z výsledku interiktálního EEG, jež ale nemusí být dostačujícím diagnostickým prvkem k přesnému určení druhu epilepsie. Doporučují se tedy i jiné diagnostické metody vyhodnocující například pacientovy záškuby během epileptického záchvatu nebo nahlédnutí do rodinné anamnézy. Správná diagnostika druhu epilepsie by měla vycházet z celkového klinického obrazu pacienta. (15, s. 32-36) (13, s. 337-340)

V okamžiku, kdy máme popsáný typ záchvatu, známe výsledky EEG a zobrazovacích metod, můžeme přistoupit ke stanovení epileptického syndromu. Ty jsou často charakterizovány věkem nástupu symptomů nebo přidruženými komorbiditami a jejich pojmenování slouží jako pomůcka výběru vhodné léčby. (15, s. 32-36)

3.5.2 Klasifikace epileptických záchvatů

Základní rozdělení epileptických záchvatů vychází z klasifikace ILEA z roku 2017. Klasifikace rozčleňuje epileptické záchvaty na fokální, generalizované, epileptická záchvaty s neznámým začátkem a neklasifikované záchvaty. (15, s. 32-34)

Fokální epileptické záchvaty, dříve nazývané parciální, se dělí dle projevů na motorické, bez motorických projevů a fokální přecházející do bilaterálního tonicko-klonického projevu. Mezi skupinu motorických záchvatů řadíme například tonické, atonické a hyperkinetické projevy. Do skupiny bez motorických záchvatů patří kognitivní, emoční nebo senzorický projev. Záchvat fokální přecházející do bilaterálního tonicko-klonického. Jedná se o specifický záchvat, objevující se při rozšiřování fokálního záchvatu do obou hemisfér. Fokální záchvaty jsou jediné záchvaty, u kterých stanovujeme stav vědomí pacienta, tudíž zda si je pacient vědom celého incidentu či ne. (15, s. 32-35)

Generalizované epileptické záchvaty jsou záchvaty začínající v obou hemisférách zároveň. Někdy mohou být nesymetrické, a tak těžko odlišné od fokálních záchvatů. Obsahují podskupinu s motorickými projevy a bez motorickými projevy, jinak nazývanou absence. Mezi motorické záchvaty se řadí tonické, myoklonické a tonicko-klonické záchvaty. Absence jsou rozděleny na typické, atypické, myoklonické a záchvaty s myokloniemi vícečet, jež jsou hlavním projevem skupiny absencí. (15, s. 33-35)

Záchvaty s neznámým začátkem jsou záchvaty s nedostačujícím množstvím diagnostických informací pro zařazení do jedné z předešlých skupin. (15, s. 34)

3.5.3 Etiologie

Epilepsie je multifaktoriální onemocnění. Při hledání hlavní příčiny onemocnění se zprvu zaměřujeme na preferovanou zobrazovací metodu, která nám může objasnit nález strukturálního podkladu. Mezi další důvody vzniku onemocnění řadíme genetickou, infekční, metabolickou problematiku a autonomní příčina. Nejpočetnějšími skupinami jsou epilepsie strukturální a geneticky vázané epilepsie. (15, s. 35-36), (13, s. 337)

Strukturální etiologie je patrná na zobrazovacích metodách, kde viditelné ložisko je možným důvodem vzniku záchvatů u daného pacienta. Tato příčina může být způsobená úrazem, infekcí i nádorovým onemocněním. Do této skupiny etiologie spadají i onemocnění s genetickou příčinou. Je ale nutné podotknout, že vznik epilepsie není podmíněn genetickým podkladem, ale spíše morfologickou změnou v mozku. (15, s. 35), (13, s. 337)

Genetická příčina vzniká na základě genetické mutace, kde je epileptický záchvat základním projevem. Řadíme sem spíše vzácná onemocnění jako jsou chromozomální aberace a poruchy kortikálního vývoje. (13, s. 337)

Infekční etiologie je vázaná na určitý patogen napomáhající rozvoji epilepsie. Nejčastějším onemocněním bývá tuberkulóza, onemocnění HIV, mozková toxoplazmóza a mozková malárie. Větší zastoupení bývá v rozvojových zemích, kde se setkáme i s parazitárním onemocněním, jež má též vliv na možný vznik nebo rozvoj epilepsie. (13, s. 337-338) (15, s. 35-36)

Metabolická a autonomní etiologie je důsledkem metabolického onemocnění nebo imunitně vázaného zánětu centrálního nervového systému. Hlavním příznakem je epileptický záchvat. U metabolických příčin má epilepsie genetický nebo získaný podklad. Do této kategorie řadíme urémii a poruchu

metabolizmu aminokyselin. Mezi epilepsie autonomního původu řadíme například encefalitidu s protilátkami proti NMDA receptoru. (15, s. 35-36)

Příčiny onemocnění se mohou různě prolínat. Příkladem můžeme uvést pacienty s tuberózní sklerózou. U těchto pacientů dochází na genetickém podkladě ke změnám strukturálním, podstatnou pro epileptochirurgii. Můžeme tedy jejich onemocnění zařadit jak do strukturální etiologické skupiny, tak do genetické etiologické skupiny. (13, s. 337-338)

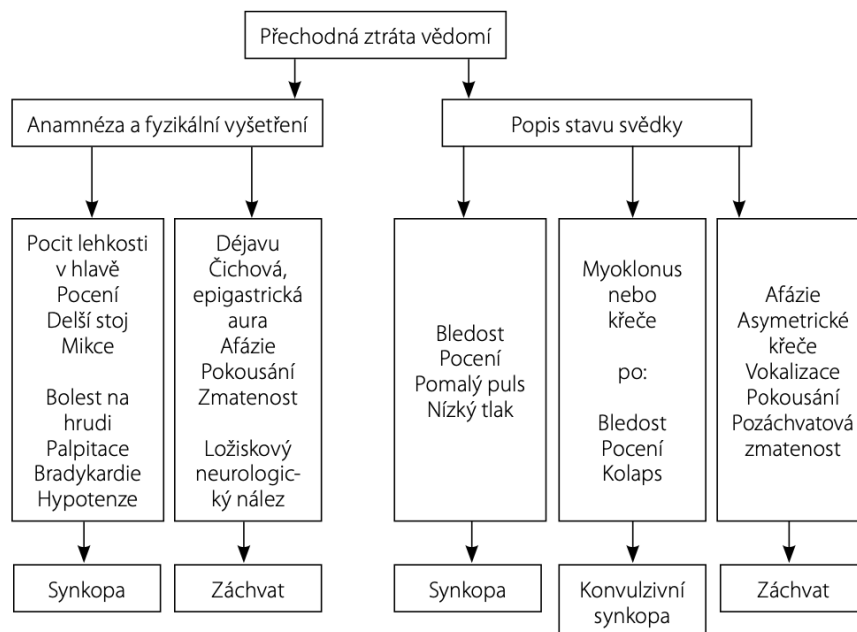
3.5.4 Diagnostika epilepsie

Správná a včasná diagnostika může poskytnout mnoho informací a urychlit průběh léčby u jakéhokoliv onemocnění, epilepsie není výjimkou. U diagnostiky epilepsie záleží na klinickém průběhu záchvatu, rodinné, osobní a farmakologické anamnéze, laboratorních testech, magnetické rezonanci, EEG vyšetření, popřípadě EKG vyšetření. Všechny tyto diagnostické subjekty by měly být v určité časové ose splněny, aby byly vyloučeny i ostatní diferenciativně diagnostické možnosti. (13, s. 337-339)

Při vyšetření prvního epileptického záchvatu je, dle rizika intrakraniálního poranění a rozsahu záchvatu, indikováno okamžité vyšetření CT. Toto vyšetření nám ukáže hrubé morfológické struktury mozku. Včasné EEG vyšetření po záchvatu může zachytit abnormality i na EEG křivce. Vyšetření by mělo proběhnout do 24 hodin. EEG vyšetření je vhodné pro efektivnější záchyt záchvatu zopakovat i po spánkovém nedostatku, kdy se nám zvyšuje možnost diagnostikovat záchvat. Následně bývají provedené laboratorní testy, kde přihlížíme k hodnotám sodíku a zvýšenou hladinu laktátu, jež může být příčinou epileptického záchvatu. V delším časovém horizontu by každý pacient po prodělání epileptického záchvatu měl podstoupit magnetickou rezonanci mozku ve specifickém protokolu. Oproti CT vyšetření je magnetická rezonance

mnohem citlivější na vyšetření měkkých tkání, například nízkostupňové nádory jsou detekovatelnější magnetickou rezonancí než CT vyšetřením. Z tohoto důvodu je magnetická rezonance podstatnou součástí diagnostiky mozku. (13, s. 338-339), (14, s. 259)

Nejzásadnější částí při diagnostice epilepsie je správné rozeznání neepileptického záchvatu od epileptického. Rozpoznání těchto dvou velmi podobných záchvatů nebývá lehké, ale je nutné ke stanovení adekvátní léčby. Neepileptické záchvaty se rozdělují na somaticky podmíněné a psychogenně podmíněné záchvaty. Častější zastoupení mají somaticky podmíněné záchvaty, kam patří synkopa, spánkové poruchy a tranzitorní ischemické ataky. Názorné rozlišení synkop a epileptického záchvatu je v Obrázku 1 – Anamnéza a fyzikální vyšetření v diferenciální diagnóze synkopy a epileptického záchvatu. (13, s. 337-340)



Obrázek 1 - Anamnéza a fyzikální vyšetření v diferenciální diagnóze synkopy a epileptického záchvatu (13, s. 339)

Méně zastoupené jsou psychogenně podmíněné neepileptické záchvaty, kam patří například panické poruchy, simulované záchvaty a disociativní

záchvaty. I když jsou psychogenně podmíněné záchvaty méně zastoupené, z hlediska diagnostiky jsou zrádnější, jelikož například záchvaty disociativní mají velmi podobný průběh jako záchvaty epileptické. (14, s. 254-255), (13, s. 339)

Ke správné diagnostice a odlišení záchvatů slouží nejen dostatečný popis incidentu, ale i vyšetřovací metoda nazývaná video-EEG monitorace. Cílem video-EEG je rozlišení epileptického záchvatu od neepileptického záchvatu. (13, s. 339)

3.5.5 Léčba

Terapie epilepsie začíná prokázáním epilepsie, ne epileptického záchvatu, jelikož jeden epileptický záchvat neoznačuje epilepsii. Při volbě léčby lékař musí zhodnotit mnoho kritérií jako je například věk pacienta, typ epilepsie, příčina epilepsie a další onemocnění a jejich farmakoterapie, aby nedocházelo k rozvoji jiného onemocnění či potlačení léčby. Lékař je povinen seznámit pacienta s možnostmi léčby a o případných nežádoucích účincích. V první řadě se zavádí režimová opatření. Pacient se vyhýbá podnětům, jež mu nedělají dobře a vyvolávají epileptické stavy. Následně je stanovena neurologem farmakoterapie. Jedná se o dlouhodobou léčbu antiepileptiky. Zpočátku se nejčastěji volí monoterapie širokospektrými antiepileptiky. Do této skupiny patří léky levetiracetam a lamotrigin. Jejich výhodou je nezhoršení záchvatovitých stavů. Pokud není tato terapie zdařilá přechází se na jinou alternativu monoterapie nebo se sestavuje speciální kombinace léčiv pro pacienta. (13, s. 341-342)

Existuje i skupina pacientů, u kterých farmakoterapie není efektivní a mají farmakorezistentní epilepsii. Aby pacient byl zařazen do této skupiny, musí mít podstoupenou nezdařilou farmakoterapii trvající minimálně 2 roky

tato farmakoterapie musí být složena z minimálně dvou nebo tří léčiv, podávaných v maximálně tolerovaných dávkách. Pokud i tato metoda léčby není zdařilá, zvažuje se léčba chirurgická. Mezi léčbu chirurgickou řadíme resekční zákrok v části mozku, kde vznikají epileptogenní ložiska, implantaci stimulatoru nervus vagus nebo se jedná o hlubokou mozkovou stimulaci. Pro resekční zákrok se stanovuje předoperační vyšetření ozřejmující místo záchvatu pomocí nukleární medicíny. (13, s. 341-342)

3.6 Průběh iktálního scintigrafického vyšetření u epilepsie

Průběh perfuzního scintigrafického vyšetření u epilepsie se liší dle daného pracoviště. Rozdíly bývají ale nepatrné. (16, s. 2)

Před příchodem pacienta na kliniku k vyšetření, je potřebné podání správných a hodnotných informací o vyšetření a jeho přípravě. U tohoto vyšetření by pacienti měli dodržet omezení kofeinu, alkoholu a energetických nápojů 24 hodin před vyšetřením. Naopak by ale neměli vynechat konzumaci jakýchkoliv jiných tekutin, aby byli dostatečně hydratováni. Omezit by měli kouření. Při dodržení těchto podmínek by pacient byl vyšetřen bez omezení. Pokud pacient nedodrží přípravu pro vyšetření, vyšetření bude ovlivněno požitými stimuly a může nastat špatná lokalizace epileptogenního místa. (16, s. 5)

Při příchodu pacienta na dané pracoviště je podstatným krokem ověření identity dané osoby. Následně ověříme jeho osobní a zdravotní data. Pokud pacient nebyl poučen o průběhu a důvodu vyšetření, poučí ho lékař a je mu poskytnut dokument o souhlasu s vyšetřením. Při vysvětlení tohoto vyšetření, lékař zjišťuje další potřebné informace, mezi ně například patří: anamnéza pacienta, vyloučení kontraindikací, neurologická a psychiatrická onemocnění a jejich stav, prodělané nemoci, operace a možné jiné radiační ozáření společně s momentální medikací. (16, s. 5)

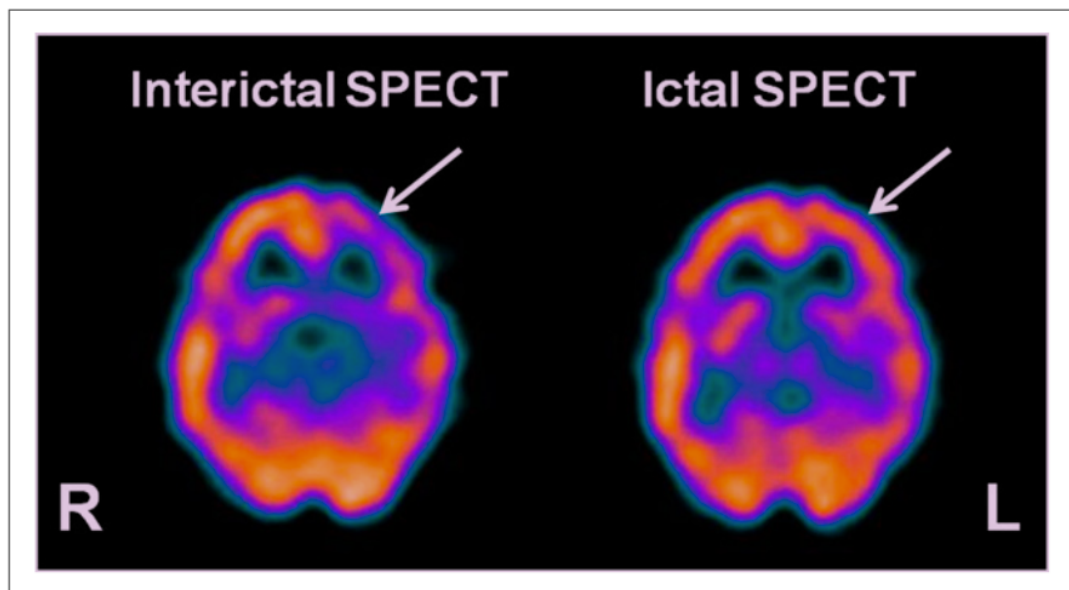
Pacienti jsou hospitalizováni na oddělení neurologie, kde dochází i k aplikaci radiofarmaka. Několik dní před podáním radiofarmaka musí pacient vysadit medikaci, aby bylo možné vybudit epileptický záchvat. Radiofarmakum se podává přes zavedenou kanylu v průběhu epileptického záchvatu. Aplikaci radioaktivní látky provádí neurolog na oddělení. (16, s. 5)

V průběhu 60 minut je pacient přivezen na oddělení nukleární medicíny, kde začíná vyšetření. Poloha pacienta má hlavní roli pro přesné odhalení epileptických i epileptogenních ložisek. Pacientova poloha je vleže na zádech. Hlava pacienta je orientovaná směrem do gantry a fixovaná k opěrce, aby byl eliminován jakýkoliv nechtěný pohyb. Napolohování pacienta je provedeno s detektory v boční poloze. Dle daného typu přístroje je určena výška stolu, pravidlem bývá, že mozek je v centru rotace. Oba detektory by měly mít přiblížení na stejnou vzdálenost, zpravidla pod 15 cm. Pokud plánujeme udělat i snímky za pomoci výpočetní tomografie, musíme si vymezit pro dané vyšetření pole snímání, kde je mozek umístěn do středu vymezeného zorného pole společně s mozečkem. Pacienta informujeme, že vyšetření bude probíhat zhruba 35 minut a požádáme o minimální pohyblivost. Pro kontrolu realizace vyšetření obkroužíme detektory kolem pacienta a zkontrolujeme, zda nevzniká nikde kolize v podobě kontaktu detektoru se stolem nebo pacientem. Pokud by došlo ke kolizi, detektory musíme oddálit na stejnou vzdálenost a kontrolu provést znovu. (16, s. 5)

Akvizice dat probíhá scintilačním detektorem s nízkoenergetickými kolimátory s fotopíkem 140 keV a 15 % oknem. Z programu v počítači volíme sken mozku a požadovaný typ akvizice dle požadavku vyšetření. Zde kontrolujeme a zapisujeme požadované údaje. Po ukončení snímání se zasílají výsledky k rekonstrukci. Polohu pacienta a akvizici dat provádí radiologický asistent nebo sestra vždy dle pokynů lékaře. Lékař následně zpracovává a vyhodnocuje výsledky vyšetření. (16, s. 5)

Po vyšetření je pacient převezen zpět na oddělení neurologie a s odstupem 2 dní se provádí interiktální SPECT vyšetření, kde se nečeká a ani nevyvolává epileptický záchvat. Z tohoto důvodu je možná realizace interiktálního SPECT vyšetření při nezdařilém pokusu iktálního SPECT vyšetření. (16, s. 5)

Finální výsledek snímání je vytvořen za pomoci subtrakční metody z iktálních a interiktálních nasnímaných dat. Pro představu jednotlivých výsledků z daných vyšetření je Obrázek č. 2 – Znázornění iktálního a interiktálního scintigrafického vyšetření. U iktálního SPECT vyšetření, z pohledu čtenáře vpravo, je vidět přesycení radiofarmakem v epileptogenním místě. Na rozdíl od interiktálního vyšetření, z pohledu čtenáře vlevo, kde je vidět naopak podsycení epileptogenní zóny. (17, s. 1777-1778)



Obrázek 2– Znázornění iktálního a interiktálního scintigrafického vyšetření. (17)

3.6.1 Komunikace s pacientem

Před vyšetřením, v průběhu vyšetření, a i po vyšetření je nedílnou součástí všech na oddělení komunikovat s pacientem. Komunikace je nedílnou součástí vyšetření a bez ní by ke správnému získání dat nemuselo dojít. Komunikace se dělí na verbální a neverbální. Ve zdravotnickém sektoru se využívají obě tyto skupiny. Při verbální komunikaci využíváme slova a řeč k vysvětlení situace a dorozumění se navzájem. Naopak při neverbální komunikaci se věnujeme našemu postoji těla, gestům, grimasám, ale i například tónu. (18, s. 17-18, 24.-25)

Radiologický asistent se na pracovišti nukleární medicíny setkává s různorodými pacienty. Proto je potřebné, aby zvážil vždy situaci a každému pacientovi přistupoval individuálně. U pacientů dětského věku se dle věkové skupiny a adaptace na prostředí rozhodujeme, zda komunikovat s ním nebo rodiči. Zpočátku se ale snažíme vždy komunikovat s vyšetřovanou osobou, pokud je jedinec schopný komunikace. U jedinců, kteří nejsou schopni komunikovat, se určitým způsobem obracíme na rodiče, ale nevynecháme jedince z celého komunikačního prostředí. Rodina nebo doprovod nám mohou pomoci při dorozumívání se s pacientem. Vždy ale při komunikaci oslovujeme nejdříve pacienta, následně rodinu nebo jeho doprovod. Na pracovišti se můžeme setkat i s pacienty různě emocionálně rozpoloženy někdy až agresivními. U těchto pacientů nepodněcujeme větší hněv a agresi. Naopak se snažíme situaci a pacienta uklidnit, například vyjádřením svého hněvu a porozumění jeho aktuální situaci. (18, s. 63, 75, 136), (19, s. 983-991)

3.7 Radiační ochrana v nukleární medicíně

Radiační ochrana v nukleární medicíně je odvětví velmi podstatné a potřebné k znalosti jejích principů ať už pro personál, který zde pracuje, nebo poučení pacientů, kteří toto pracoviště navštěvují. (3, s. 186-187)

Pracoviště nukleární medicíny nakládá s otevřenými radionuklidovými zariadení, se kterými se musí náležitě zacházet. Je potřebné, aby se dodržovaly zásady radiační ochrany, které vychází ze zákona č. 263/2016 Sb. Atomový zákon a náležitých vyhlášek SÚJB. Pro nukleární medicínu se jedná o vyhlášku 422/2016 Sb., Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. (1, s. 240)

Pracoviště má za povinnost mít vypracovaný organizační řád, provozní řád, program zajištění radiační ochrany, program monitorování a vnitřní havarijní plán. (3, s. 246-247)

Základem každého pracoviště, kde se pracuje s ionizujícím zářením je zachování čtyř principů radiační ochrany. Jedná se o:

- a) Princip zdůvodnění nám zdůrazňuje a připomíná, že aplikace ionizujícího záření by měly převažovat nad možnými riziky.
- b) Princip optimalizace ochrany nám říká, že počet ozářených pacientů a velikost podaných dávek má být konstantně udržována na nízké úrovni.
- c) Princip aplikace dávkových limitů nám připomíná, že každé ozáření má svoji hranici, a ta by neměla překročit limity dávek. Neplatí pro lékařské ozáření, které limitaci nemá. U lékařského ozáření vycházíme z principu ALARA.
- d) Princip zabezpečení zdrojů ionizujícího záření. Tento princip zabraňuje možnému zneužití radioaktivního zářiče třetí osobou. (3, s. 133), (20, s. 241-244)

Při vstupu na pracoviště nukleární medicíny si můžeme povšimnout dvou znaků vyskytujících se zde. Jedná se o znak sledovaného pásma a kontrolovaného pásma. Sledované pásmo je označeno znakem radiačního nebezpečí a doplněno informovanou větou: „Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření.“. Kontrolované pásmo je označeno znakem radiačního nebezpečí a doplněno informovanou větou: „Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, nepovolaným vstup zakázán.“. U znaku by měla být i informace o zdroji užívaného v kontrolovaném pásmu, jeho charakteru a možných rizicích způsobené jím. Pro názorné ukázání jsem pořídila

dvě fotografie znázorňující sledované pásmo a kontrolované pásmo nacházející se na pracovišti nukleární medicíny a endokrinologie ve FN Motol. (3, s. 249-250)



Obrázek 3 - Kontrolované pásmo na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2.LF UK ve FN Motol



Obrázek 4 - Sledované pásmo na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2.LF UK ve FN Motol

Doktor Josef Kubinyi a spol. ve své literatuře s názvem Principy radiační ochrany v nukleární medicíně, na straně 249. vymezuje sledované pásmo dvěma body. „Sledované pásmo je na pracovišti nukleární medicíny nutno: Vymezit všude tam, kde se očekává, že efektivní dávka by mohla být vyšší než 1 mSv ročně nebo ekvivalentní dávka by mohla být vyšší než 1/10 limitu ozáření pro radiační pracovníky pro oční čočku a končetiny; a vymezit všude tam, kde je nezbytné zajistit monitorování pracoviště.“ Do sledovaného pásma se tedy řadí veškeré prostory oddělení nukleární medicíny, vyjma místností označené kontrolovaným pásmem. Vstup do sledovaného pásma je vymezen pro radiační pracovníky kategorie A a B. Vstupující fyzické osoby, jež nejsou radiačními pracovníky, smějí vstoupit do sledovaného pásma, ale pod podmínkou stanovení operativních hodnot. Provozovatel sledovaného pásma je povinen stanovit operativní hodnoty v programu monitorování. Operativní hodnoty zajišťují

nepřekročení dávkových optimalizačních mezí pro obyvatelstvo, a tím chrání fyzické osoby vstupující do sledovaného pásma. (3, s. 249-250)

Kontrolované pásmo má přísnější podmínky a vstup do něj je striktně omezen. „Vymezuje se všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než 3/10 limitu ozáření pro radiační pracovníky pro oční čočku, kůži a končetiny.“, uvádí Jozef Kubinyi a spol., na 250. straně ve své knize Principy radiační ochrany v nukleární medicíně. Můžeme si povšimnout, že efektivní a ekvivalentní dávka pro daná pásma je odlišná a v kontrolovaném pásmu je vyšší, z tohoto důvodu je vstup do kontrolovaného pásma omezen více. Výkon práce zde může provádět jen pracovník kategorie A vybaven osobním dozimetrem. Vstup je povolen fyzické osobě, která je poučena o zákonitostech v prostoru kontrolovaného pásma a je starší 18 let. Osoby mladší 18 let mohou vstoupit do kontrolovaného pásma, jakožto pacienti nebo studenti. Do kontrolovaného pásma mohou vstoupit pacienti, kteří přišli na vyšetření, a těhotné ženy. Těhotné ženy smí vstoupit pod podmínkou vyšetření nebo jako pracovnice kategorie A, jinak do kontrolovaného pásma mají vstup zakázán. (3, s. 250)

3.7.1 Radiační ochrana pracovníku

Pracovníci pohybující se na oddělení nukleární medicíny jsou povinni být informováni a dodržovat základní striktní pravidla dle legislativy. Na pracovišti nukleární medicíny mají pracovníci nejen osobní dozimetr, ale využívají i prstový dozimetr. Běžným způsobem vystavení se vnějšímu ozáření je při manipulaci s radiofarmakem a blízkým kontaktem s pacientem. Riziko vnitřní kontaminace by mělo být minimální na základě dodržování pravidel v kontrolovaném pásmu, kde je zakázána jakákoliv konzumace jídla a nápojů. Dalším možným způsobem kontaminace je inhalací radioaktivně kontaminovaného vzduchu. Tato kontaminace nebývá častá,

a proto se zpravidla nemonitoruje. Monitorování vnitřního ozáření je vždy, pokud ozáření překročí limit pro obyvatelstvo, tudíž 1 mSv za rok. (3, s. 258)

Pracovníci na nukleární medicíně jdou do přímého styku s určitým množstvím záření při manipulaci s otevřeným zářičem nebo naaplikovaným pacientem. Můžou se před ním adekvátně chránit nebo snížit riziko kontaminace daným otevřeným zářičem. Z tohoto důvodu bych ráda zmínila základní ochranu před vnějším ozářením. Skládá se ze tří hlavních pravidel. (3, s. 258-262)

- 1) Ochrana časem, u zdroje ionizujícího záření se pohybujeme, co nejkratší možnou dobu.
- 2) Ochrana vzdáleností, kdy musíme mít na paměti, že intenzita záření klesá se čtvercem vzdálenosti.
- 3) Ochrana stíněním slouží pracovníkům při situacích, kdy nemohou využít předchozích dvou pravidel. Na pracovištích nukleární medicíny se využívá stínění na stříkačky s daným radionuklidem, laminární boxy nebo speciální nádoby pro přepravu radionuklidu. (3, s. 258-262)

Pracovníci na oddělení nukleární medicíny jsou rozděleni do dvou kategorií – kategorie A a kategorie B. U pracovníků kategorie A očekáváme, že mohou obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně a jejich ekvivalentní dávka pro oční čočku může přesahovat limit 15 mSv ročně. Ekvivalentní dávka pro kůži a končetiny může být vyšší než 3/10 limitu ozáření těchto částí těla. U pracovníků kategorie B očekáváme, že nepřekročí limit 1 mSv/rok. Pracovníci kategorie A jsou povinni chodit jednou ročně na lékařskou prohlídku a jednou ročně na školení z radiační ochrany. Pracovníci kategorie B mají omezený vstup do kontrolovaného pásma na rozdíl od pracovníku kategorie A, viz v kapitole předešlé. (3, s. 259)

3.7.1.1 Radiologický asistent

Oddělení nukleární medicíny je složeno z týmu zdravotnických pracovníků. Jsou zde lékaři, sestry, fyzici, laboranti, a hlavně radiologičtí asistenti, kteří zodpovídají za průběh vyšetření a jeho výsledek. Kompetence radiologického asistenta pro pracoviště nukleární medicíny, ale i jiná pracoviště jsou zapsány ve vyhlášce č. 55/2011 Sb. Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků v § 7. Ve druhém odstavci této vyhlášky je u bodu g): *„Radiologický asistent, který je aplikujícím odborníkem s klinickou odpovědností za praktickou část lékařského ozáření, dále může bez odborného dohledu, bez indikace a v souladu s postupy lékařského ozáření provádět praktickou část lékařského ozáření při standardních diagnostických a léčebných výkonech v nukleární medicíně.“* (21) Ve třetím odstavci této vyhlášky § 7, bodu c) se dočteme o kompetenci aplikace radiofarmaka pod odborným dohledem, viz: *„Radiologický asistent dále může v souladu s postupy lékařského ozáření na základě indikace lékaře a pod odborným dohledem lékaře, sestry pro nukleární medicínu nebo odborného radiologického asistenta pro nukleární medicínu aplikovat radiofarmaka.“* (22)

3.7.2 Radiační ochrana pacientů

Pacienti, kteří dostali doporučení k vyšetření otevřenými zářiči vždy splňují dva základní principy, a to princip optimalizace a princip zdůvodnění. Zmíněné principy chrání pacienta před možnými nežádoucími účinky z lékařského ozáření. (3, s. 269)

Princip optimalizace nám zajišťuje, že pacient dostane minimální dávku záření, která nám ale umožní zobrazit požadované struktury nebo terapeuticky dosáhnout chtěného efektu. Princip zdůvodnění nám udává, že pro pacienta dané vyšetření je více přínosné než škodlivé. (3, s. 269)

Na základě Národních radiologických standardů si pracoviště vytváří své Místní radiologické standardy. V těchto standardech se nachází i diagnostické referenční úrovně, která nám doporučují aktivity radionuklidů potřebné k jednotlivým vyšetřením. Na základě přístroje, individuálního zobrazení a pacienta je možné tyto aktivity upravovat. (3, s. 270)

Je potřebné zdůraznit, že na pracovištích nukleární medicíny jsou pacienti vystaveni zanedbatelné dávce ionizujícího záření, ať už pochází ionizující záření z vlastního radiofarmaka, které bylo vpraveno do těla pacienta nebo z radiofarmak ostatních aplikovaných pacientů. Pacienti by měli být řádně poučeni o chování po opuštění pracoviště a o možném styku s dětmi a těhotnými ženami. (3, s. 269)

3.7.3 Radiační zátěž

Radiační zátěž lékařských vyšetření je opodstatněná a významná pro diagnostiku nebo terapeutický účinek jednotlivého pacienta. Expozice z diagnostických lékařských vyšetření je nízká a častokrát srovnatelná s dávkami z přírodního prostředí okolo nás. Vychází se zde z principu ALARA značící dávku ionizujícího záření tak nízkou, jak jí lze rozumně dosáhnout. Terapeutické využití vede logicky k vyšším expozicím, kde se snažíme, aby byla léčba daného problému, co nejefektivnější. Lékař zde musí zvážit možná rizika léčby, oproti přínosu léčby. (23)

Radiační zátěž z radionuklidových vyšetření na oddělení nukleární medicíny je dána aplikovanou aktivitou, poločasem rozpadu daného radiofarmaka, druhem a energií záření a stupněm akumulace radiofarmaka v určitých tkáních a orgánech. V neposlední řadě je předmětem zájmu biologická doba vyloučení radiofarmaka. Určení empirických stanovení a odhadů dalo vznik konverznímu faktoru pro radiofarmaka. Po vynásobení konverzního faktoru daného

radiofarmaka s aplikovanou aktivitou, stanovíme přibližnou efektivní dávku pro pacienta. Hodnoty konverzního faktoru nalezneme v diagnostických referenčních úrovních jako doporučené aplikované dávky. Tyto konverzní hodnoty jsou vypočtené pro pacienta s váhou 70 kg, je proto nutné zmínit, že pacient s odlišnou váhou bude mít hodnoty jiné. Aplikované místní diagnostické referenční úrovně pro KNME ve FN Motol jsou znázorněny v Obrázku 5 – Znázornění místních diagnostických referenčních úrovní pro vyšetření mozku. (23), (24, s. 3)

Název MRS	Radiofarmakum	NDRÚ [MBq]	MDRÚ KNME [MBq]
MOZEK			
4 Perfuzní scintigrafie mozku	99mTc - ECD (Neurolite)	800	700
	99mTc - HMPAO (Ceretek)	800	700
5 Perfuzní scintigrafie mozku u epilepsie - íktální	99mTc - ECD (Neurolite)	800	700
	99mTc - HMPAO (Ceretek)	800	700
7 123I DaTSCAN™	123I -FP-CIT (Ioflupan)	200	180
8 SPECT mozku po zátěži Diamoxem	99mTc - ECD (Neurolite)	800	700
	99mTc - HMPAO (Ceretek)	800	700
9 Stanovení mozkové smrti	99mTc - ECD (Neurolite)	800	700
	99mTc - HMPAO (Ceretek)	800	700

Obrázek 5 - Znázornění místních diagnostických referenčních úrovní pro vyšetření mozku (24)

Radiační zátěž u pacientů z radionuklidových vyšetření se dá snížit jedinečně ovlivněním biokinetiky. Biokinetiku radiofarmaka nemůžeme zcela ovlivnit, ale průběh radiofarmaka tělem a rychlejší vyloučení radiofarmaka z těla ano. Pacient je řádně poučen o zvýšeném přijímání tekutin a častým močením v průběhu dne. (23)

3.7.4 Biologické účinky ionizujícího záření

Při intenzivním ozařování může dojít ke škodlivým zdravotním účinkům. Biologické účinky ionizujícího záření mohou být na různých úrovních organismu. Na molekulární úrovni mluvíme o jejich přímém a nepřímém účinku na molekulární strukturu DNA. Přímým účinkem ionizujícího záření tak dochází k ovlivnění chemických vazeb molekul a tím ke změnám metabolismu a genetiky buněk. Ovlivňuje chemické vazby molekul, které na základě přímého účinku mohou pozměnit metabolismus a genetiku buněk. Nepřímý účinek vede ke vzniku volných radikálů na základě radiolýzy molekul vody. Vysoce reaktivní volné radikály vodíku a OH skupiny negativně ovlivňují a zasahují do normálního průběhu metabolismu. (3, s. 108-110)

Pokud budeme hodnotit důsledek celkového vlivu ionizujícího záření na organismus, budeme hovořit o možném vyvolání stochastických nebo deterministických biologických účincích. Stochastické neboli pravděpodobnostní účinky jsou závislé na efektivní dávce v časové distribuci. Nemají žádný dávkový práh, od kterého bychom mohli říct, že daný jedinec bude mít klinické příznaky. Jedná se tedy spíše o statistický jev, které se může, ale nemusí projevit. Mezi ně řadíme genetická poškození a nádory. Deterministické účinky mají svojí prahovou toleranci, kdy po překročení určité dávky víme, že daný pacient bude mít dané klinické projevy. Příkladem je jednorázové celotělové ozáření dávkou nad 0,7 Gy, kdy vzniká akutní nemoc z ozáření. Deterministické účinky se oproti stochastickým účinkům většinou ukazují brzy po ozáření. (3, s. 113-115), (25, s. 38-44)

4 METODIKA

V praktické části bakalářské práce byla využita jedna metoda zpracování údajů k celkovému, ale podrobnému náhledu na problematiku. Pro celkový náhled byla využita pseudonymizovaná data, a tato data byla zpracována kvantitativní analýzou.

Sběr dat probíhal na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2.LF UK ve FN Motol za asistence vedoucí práce a konzultantky. Sběr dat proběhl od 20.3.2023 až do 30.3.2023. Následné zpracování dat, úprava dat a vnesení potřebných informací do grafů a tabulek proběhlo v průběhu celého dubnového měsíce roku 2023 a na začátku května roku 2023.

Sběr kvantitativních dat byl na základě vytištěných průběhů vyšetření pseudonymizovaných pacientů. Z tohoto popisu průběhu vyšetření byla vybrána potřebná data, která byla zapsaná do tabulky. Do zmíněné tabulky byla zapsána tato data: číslo pacienta; pohlaví pacienta; věk pacienta v průběhu vyšetření; datum narození pacienta; podstoupená vyšetření v minulost; druh epilepsie; indikace k vyšetření; datum vyšetření; použité radiofarmakum pro vyšetření; doba, za kterou vyšetření proběhlo; aplikovaná aktivita; místo aplikace; čas aplikace; nález; prokázání významného ložiska; komentář ohledně opakovatelnosti vyšetření nebo jiného nestandardního provedení vyšetření. Zprvu byla nasbírána data pouze pro iktální vyšetření, jež byla následně doplněna informacemi z interiktálních vyšetření. Mezi tato data spadala: aplikovaná dávka při interiktálním vyšetření; datum vyšetření; doba, za kterou vyšetření proběhlo po aplikaci radiofarmaka; informace o případném opakování nebo možném neprovedení vyšetření.

5 VÝSLEDKY

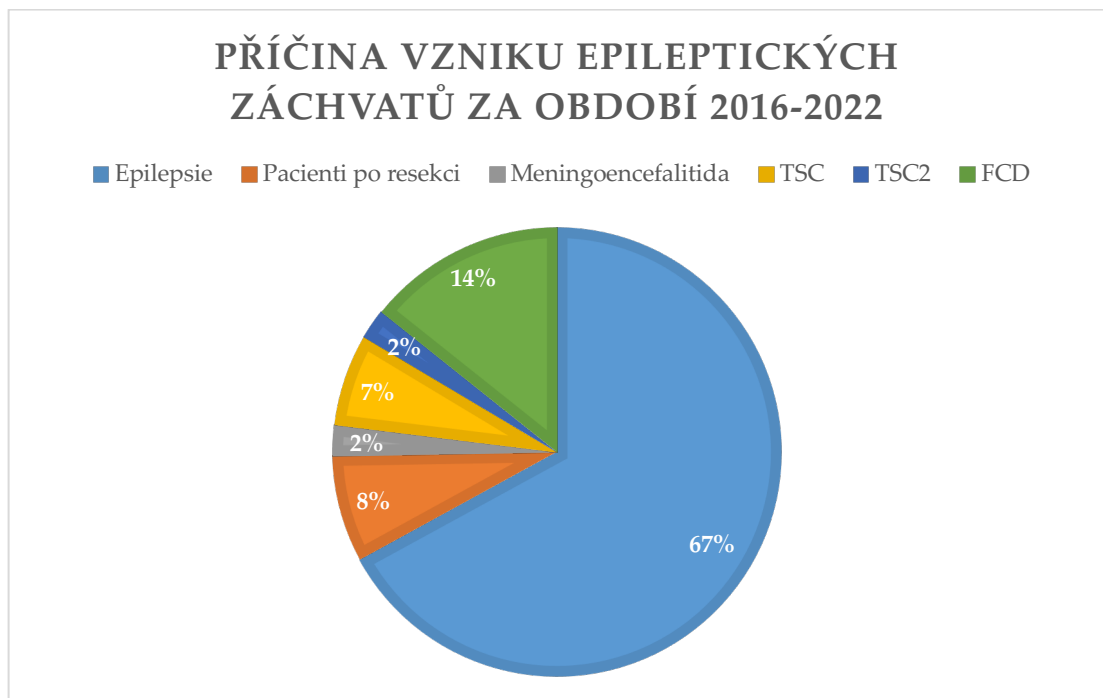
5.1 Kvantitativní šetření

Kvantitativní sběr dat se zabýval několika statistickými údaji. První výsledná data jsou zpracována v Tabulce 1 – Základní sledované objekty. Za 7 let se uskutečnilo 209 vyšetření. Do statistického sběru dat v období 2016-2022 bylo zapojeno 91 pacientů. Z tohoto celku bylo 16 pacientů, u kterých scintigrafické vyšetření mozku již proběhlo jednou ve sledovaném období. Pokud se podíváme na rozdělení dle pohlaví, tak mužů bylo o 5 méně než žen. Dle věku bylo větší zastoupení dětí než dospělých, kde nejvyšší věk pacienta byl 62 let, nejnižší věk pak 1 rok. V tabulce jsou zmíněné i počty pacientů s mentální retardací a počet pacientů, u kterých došlo k využití možnosti celkové anestezie. Poslední informace v tabulce poukazuje na výsledek vyšetření.

Tabulka 1 – Základní sledované objekty

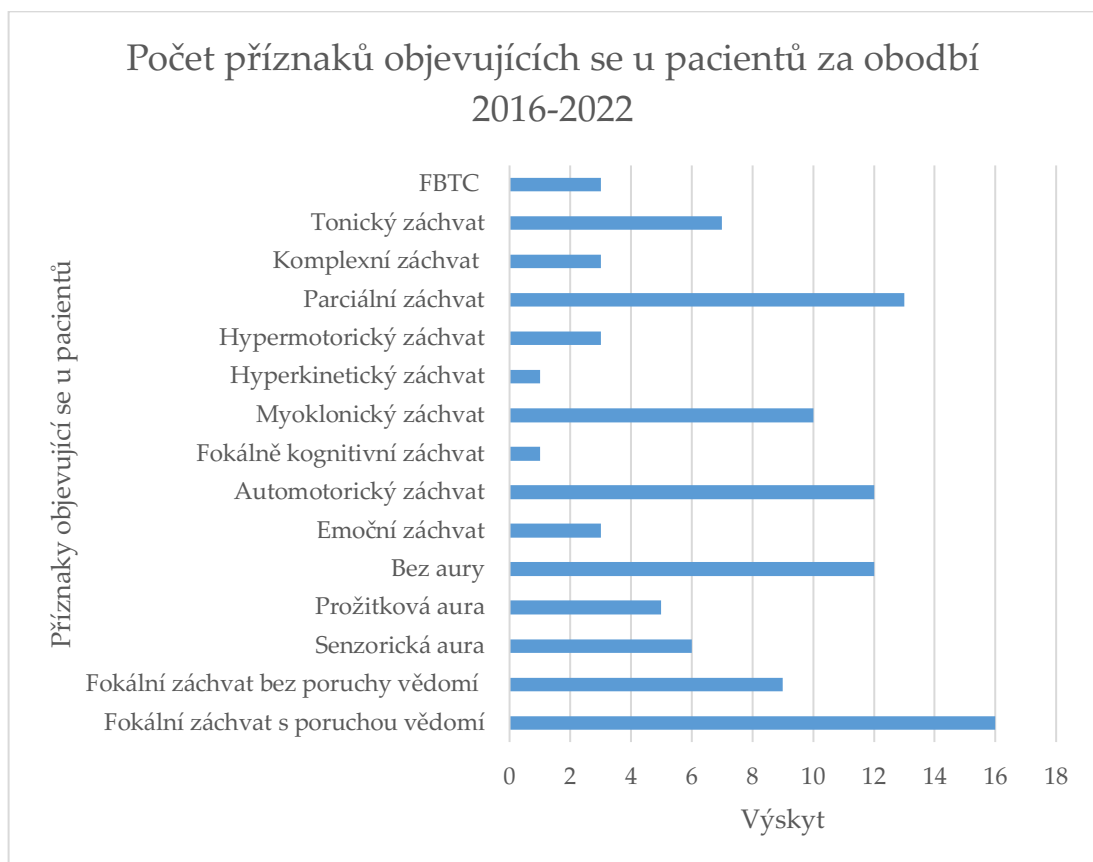
<i>Sledované objekty</i>	<i>Celkový počet</i>
<i>Pacienti</i>	91
<i>Vyšetření</i>	209
<i>Pacienti opakující vyšetření (v rámci let)</i>	16
<i>Ženy</i>	48
<i>Muži</i>	43
<i>Dospělí</i>	50
<i>Děti</i>	41
<i>Průměrný věk pacientů</i>	22,47
<i>Pacienti s mentální retardací</i>	4
<i>Pacienti s celkovou anestezí</i>	17
<i>Prokázané ložisko</i>	71
<i>Neprokázané ložisko</i>	36

Příčiny vzniku epileptických záchvatů a početní zastoupení je znázorněno v Obrázku 6 – Příčina vzniku epileptických záchvatů za období 2016-2022. Z grafu vyplývá, že největší zastoupení příčin vzniku epileptického záchvatu má samostatná epilepsie. Z 91 pacientů přišlo na vyšetření znovu 14 % pacientů po podstoupení chirurgického zákroku. Následně má své zastoupení i fokální kortikální dysplázie, tuberózní skleróza prvního a druhého typu. Tyto tři nemoci jsou zastoupeny procentuálně pod 10 % z celku.



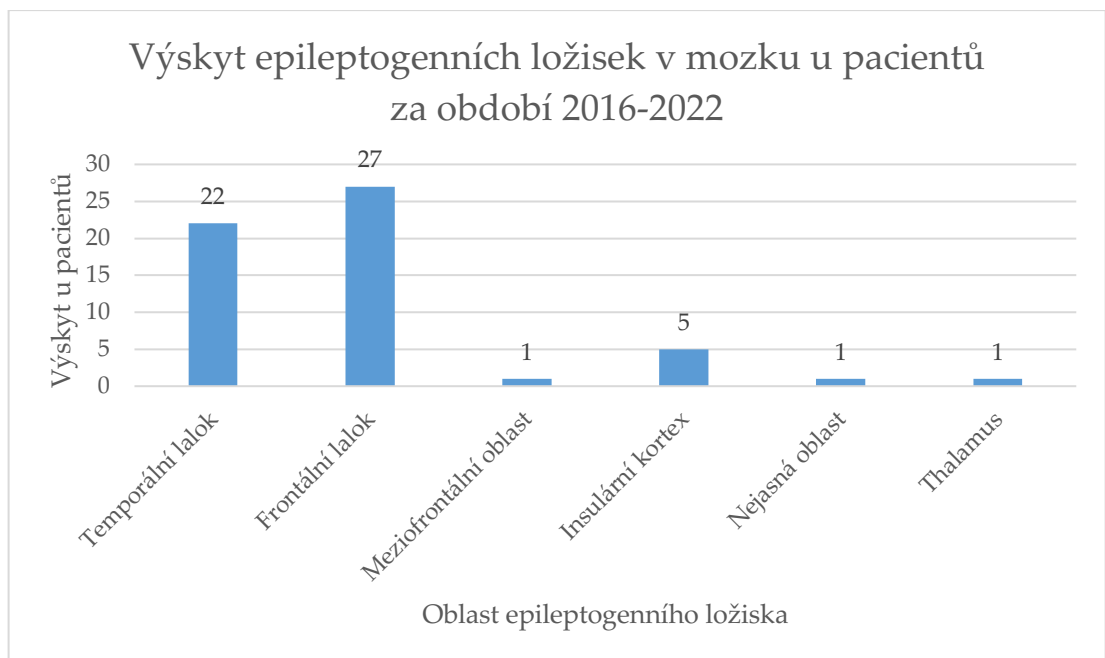
Obrázek 6 - Příčina vzniku epileptických záchvatů u pacientů za období 2016-2022

Epileptické záchvaty se projevují u každého pacienta individuálně. Zastoupení jednotlivých záchvatů a příznaků u pacientů z Kliniky nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK ve FN Motol jsou znázorněny v Obrázku 7 – Početní zastoupení epileptogenních záchvatů a příznaků u pacientů. V grafu můžeme vidět zastoupení fokálních záchvatů s poruchou vědomí i bez poruchy vědomí, zastoupení různých aur, tonických, komplexních, automotorických, fokálně bilaterálně tonicko-klonických záchvatů a mnoho dalších.



Obrázek 7 – Početní zastoupení epileptogenních záchvatů a příznaků u pacientů

Jednotlivé zastoupení umístění epileptogenních ložisek v konkrétních částech mozku je zastoupeno v Obrázku 8 – Výskyt epileptogenních ložisek v mozku u pacientů za období 2016-2022. V grafu je znázorněno 6 nejčastějších míst výskytu epileptogenních zón u pacientů, kde největší zastoupení má frontální lalok. Následně je pak vysoké zastoupení epileptogenních ložisek v temporálním laloku, v oblasti insulárního kortexu, thalamu, meziofrontální oblasti a v nejasné oblasti. Umístění ložisek ve frontálním a temporálním laloku dominuje oproti zbylým oblastem. Pouze u třech pacientů se objevila ložiska v meziofrontální oblasti, thalamu a nejasné oblasti.



Obrázek 8 - Výskyt epileptogenních ložisek v mozku u pacientů za období 2016-2022

Tabulka 2 - Umístění epileptogenních ložisek v mozku dle věku a pohlaví pacientů

Umístění epileptogenního ložiska	Muži		Celkem za muže	Ženy		Celkem za ženy
	Děti	Dospělí		Děti	Dospělí	
Temporální lalok	1	3	4	-	2	2
Temporálně vpravo	1	2	3	1	6	7
Temporálně vlevo	1	-	1	1	4	5
Frontální lalok	2	3	5	-	6	6
Frontálně vpravo	3	1	4	-	3	3
Frontálně vlevo	2	1	3	1	4	5
Meziofrontální oblast	-	-	0	1	-	1
Pravá hemisféra	4	3	7	2	5	7
Levá hemisféra	6	4	10	3	5	8
Insulární kortex	2	-	2	2	1	3
Premotorická pravá hemi	-	-	0	1	-	1
Nejasná oblast	-	-	0	-	1	1
Thalamu	-	-	0	1	-	1

Rozložení epileptogenních center na základě věku a pohlaví je znázorněno v Tabulce 2 – Umístění epileptogenních ložisek v mozku dle věku a pohlaví pacientů. Tabulka je rozdělena dle barvy na pohlaví. Pohlaví pak následně rozděleno dle věku na dětský a dospělý věk. Za každým sloupcem dané kategorie se nachází sloupec s celkově znázorněným počtem pacientů za kategorii pohlaví. U mužů bylo celkově nejvíce zastoupení ložisek v levé hemisféře. Následně v pravé hemisféře, frontálním laloku, temporálním laloku, temporálně vpravo a frontálně vlevo, v insulárním kortexu a temporálně vlevo. V celkově mužské kategorii pacientů nebylo nalezeno žádné ložisko v meziofrontální oblasti, premotorické pravé hemisféře, v thalamu a nejasné oblasti. Naopak v celkové kategorii žen došlo k nalezení všech ložisek ve zmíněných lokalizacích. Nejpočetnější zastoupení mělo umístění v levé hemisféře, pravé hemisféře a v temporální části vpravo. Následně ložiska byla detekovaná ve frontálním laloku, v levé části temporálního laloku, v levé části frontálního laloku, v insulárním kortexu, v pravé části frontálního laloku a v temporálním laloku. Ve vyšetřovaném souboru pacientů byla pouze u jednotlivců nalezena ložiska v meziofrontální oblasti, v premotorické části pravé hemisféry, v thalamu a v nejasné oblasti. Signifikantní rozdíl ve věkové

kategorii je největší v ženské kategorii ve frontálním laloku, kde se vyskytuje pouze u dospělých. Naopak v mužské kategorii se epileptogenní ložiska vyskytují v části frontálního laloku vpravo, větší zastoupení je o 2 pacienty u dětí, a v levé hemisféře, kde je větší zastoupení o 2 pacienty též u dětí. Pokud se zaměříme na dětskou kategorií pro obě pohlaví, můžeme si všimnout celkově největšího početního zastoupení ložisek u mužského pohlaví v levé hemisféře, u šesti pacientů. Naopak u žen dětského věku je největší početní zastoupení nalezených ložisek též v levé hemisféře, ale početní zastoupení je o 3 pacienty menší.

Vyšetření se dělí na dvě části, a to iktální a interiktální provedení. Výsledná data o daných vyšetření jsem tedy rozdělila dle provedení. Statistické zastoupení jednotlivých počtů u iktálního a interiktálního vyšetření jsou znázorněna v Tabulce 3 – Jednotlivé zastoupení statistických údajů u iktálního a interiktálního vyšetření. Mezi data k porovnání jsem vybrala počet pacientů, celkový počet vyšetření, počet uskutečněných vyšetření a další.

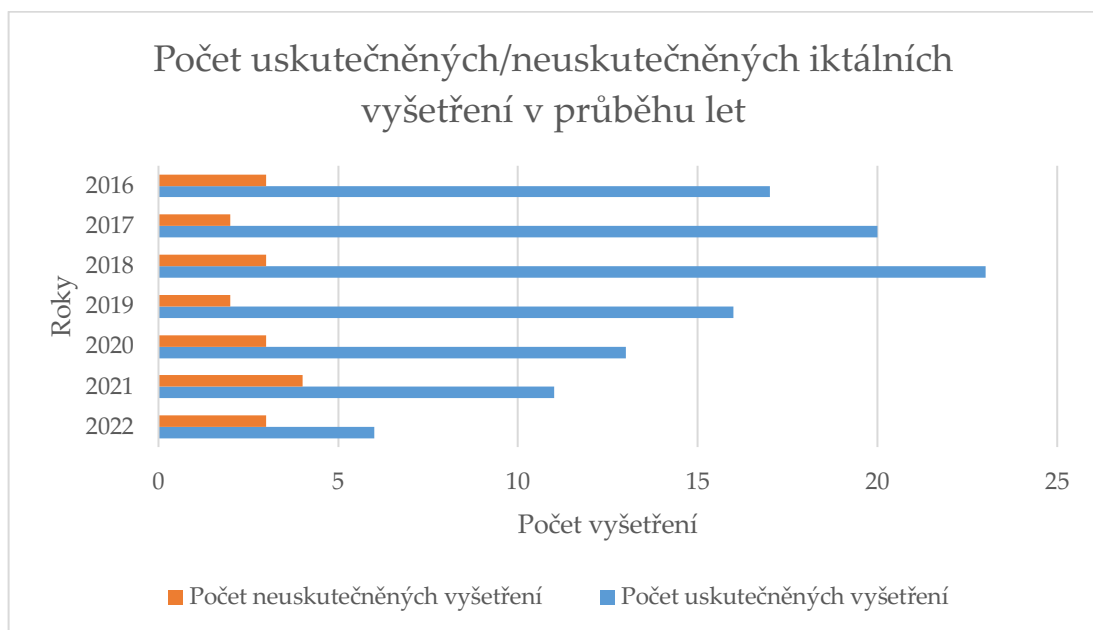
Tabulka 3 - Jednotlivé zastoupení statistických údajů u iktálního a interiktálního vyšetření.

	Iktální vyš.	Interiktální vyš.
Počet pacientů	90	91
Celkový počet vyšetření (očekávaných + opakujících se ve stejný den)	133	109
Počet uskutečněných vyšetření	113	96
Počet neuskutečněných vyšetření ve stejný den	20	0
Průměrná podaná aktivita [MBq]	589	587
Průměrná časová doba od podání RF do začátku vyš.[min]	109,273	75,893
Opakování vyšetření ve stejný den	7	2
Počet neuskutečněných vyšetření na základě předchozích dat	0	13

Z výsledků uvedených v tabulce vyplývá, že interiktální vyšetření podstoupilo o jednoho pacienta více než iktálních vyšetřeních. Celkový počet vyšetření nám znázorňuje počet standardně očekávaných vyšetření. U iktálních vyšetření vycházel počet vyšetření na 133. Z toho se ale 20 vyšetření neuskutečnilo v daný den, a tudíž se musela aplikace opakovat v jiný den,

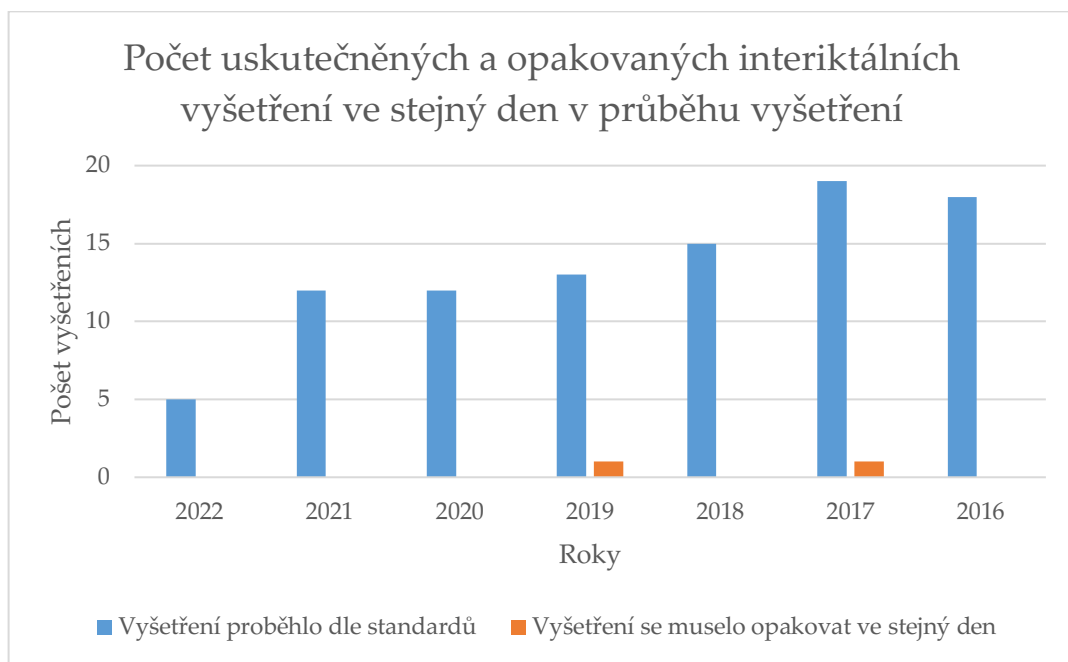
a 7 vyšetření se opakovalo ve stejný den. Počet uskutečněných vyšetření je roven 113. Danou selekci opakujících se vyšetření jsem provedla z důvodu odseparování zcela neúspěšných vyšetření v daný den oproti těm úspěšným ve stejný den, ale při opakovaném pokusu snímání. U interiktálních dat je celkový počet standardně očekávaných vyšetření s vyšetřeními proběhlými ve stejný den roven 109. Z těchto 109 pacientů bylo 16 pacientů, kteří dané vyšetření ve zkoumaném období nepodstoupilo a mohlo se vycházet z dat z minulého vyšetření. Tato výhoda šla uplatnit jedině u 13 pacientů, u zbylých 3 pacientů se muselo interiktální vyšetření opakovat znovu. Počet uskutečněných vyšetření je tedy roven 96. Jelikož k 91 pacientů, kteří dané vyšetření podstoupili, připočteme 3 pacienty, kteří dané vyšetření museli podstoupit znovu z důvodu opakované indikace a jejich data z předešlého vyšetření nemohla být využita, a připočteme 2 vyšetření opakující se ve stejný den. Počet neuskutečněných vyšetření je u interiktálního vyšetření roven nule, z důvodu neopakujícího se vyšetření v jiný den. Do tohoto počtu nejsou započtena úspěšná vyšetření opakující se ve stejný den, jejich počet je roven 2. Průměrná podaná aktivita u vyšetření iktálního a interiktálního je obdobná oproti průměrné časové době od odstupu podání radiofarmaka do počátku vyšetření.

Zaměření na iktální data a opakovatelnost daného vyšetření je zobrazeno v Obrázku 9 – Počet uskutečněných/neuskutečněných iktálních vyšetření v období 2016-2022. V každém jednotlivém roce je zobrazen počet zdařilých iktálních vyšetření a nezdařilých nebo neuskutečněných iktálních vyšetření. V roce 2021 došlo k nejvyššímu počtu neuskutečněných vyšetření za celé období sběru dat. Naopak v roce 2018 bylo celkově největší množství pacientů podstupující dané vyšetření. Výsledek zprůměrovaných dat z neuskutečněných vyšetření je 2,86 pacienta za rok. Naopak zprůměrovaný výsledek z počtu uskutečněných vyšetření je 15,14. Nejnižší počet vyšetření proběhl celkově v roce 2022, kdy se uskutečnilo celkem 9 vyšetření, z toho 6 vyšetření bylo úspěšných a 3 vyšetření se neuskutečnila.



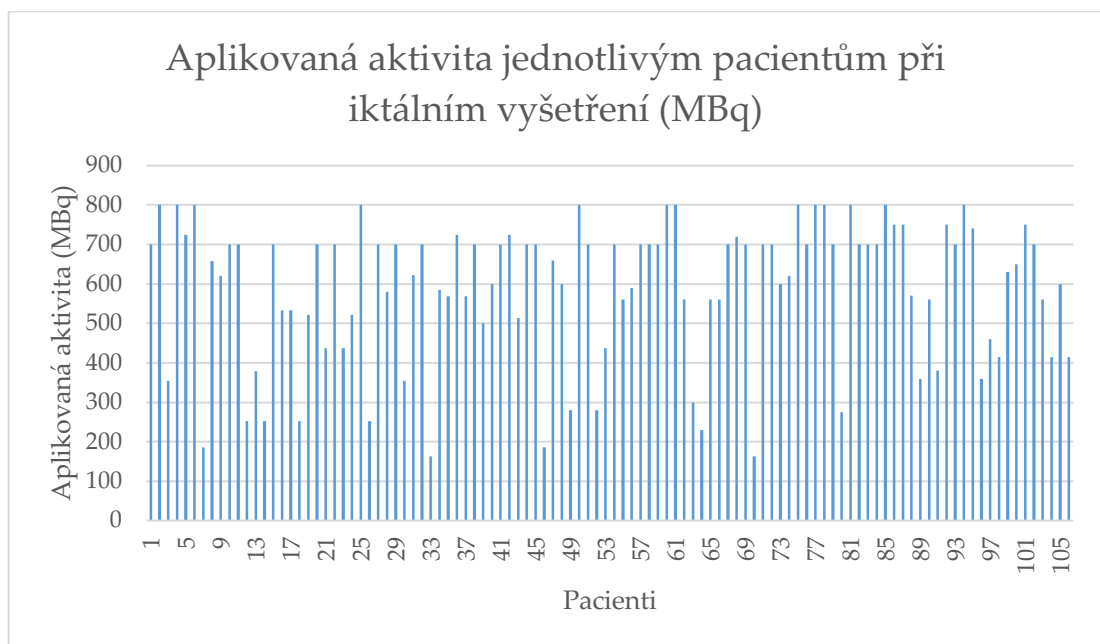
Obrázek 9 - Počet uskutečněných/neuskutečněných iktálních vyšetření v průběhu let v období 2016-2022

Zaměření na interiktální data a opakovatelnost daného vyšetření vychází z Obrázku 10 – Počet uskutečněných a opakovatelných interiktálních vyšetření ve stejný den v období 2016-2022. V každém jednotlivém roce je zobrazen počet zdařilých interiktálních vyšetření a opakovaných interiktálních vyšetření ve stejný den. Nejvyšší počet uskutečněných interiktálních vyšetření byl v roce 2017 a 2016. K opakování náběru dat došlo v roce 2019 a 2017, vždy pouze jedenkrát. Naopak nejmenší celkový zastoupení interiktálních vyšetření bylo v roce 2022.



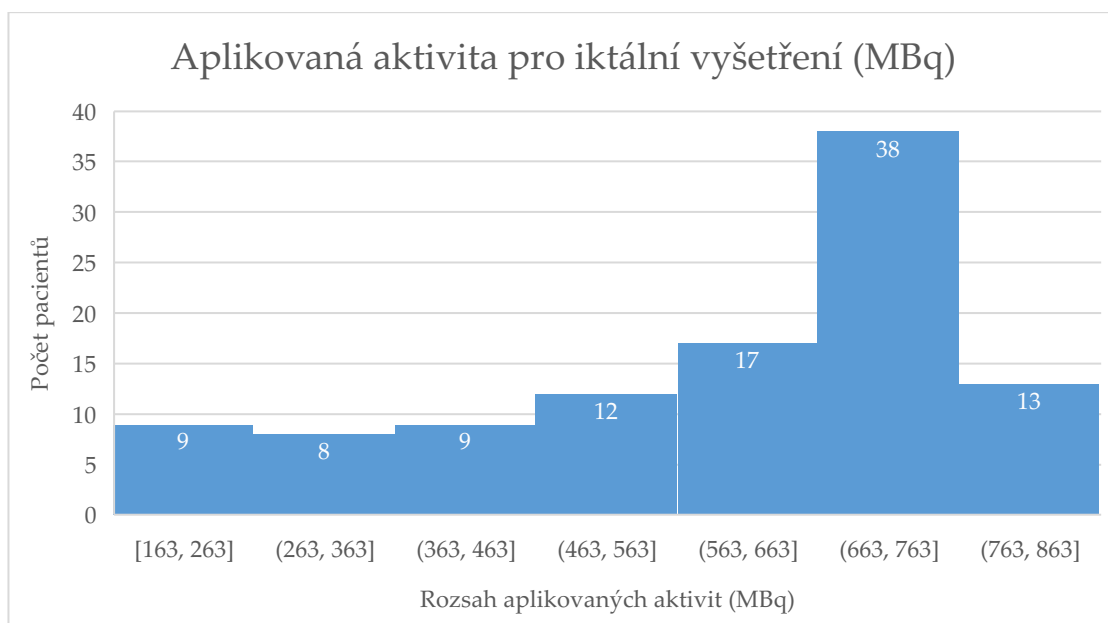
Obrázek 10 - Počet uskutečněných a opakovatelných interiktálních vyšetření ve stejný den v období 2016-2022

Množství aplikované aktivity při iktálním vyšetření u jednotlivých pacientů je znázorněno v Obrázku 11 – Množství aplikované aktivity jednotlivým pacientům při iktálním vyšetření (MBq). V grafu je znázorněno číslicemi na ose X 106 pacientů, u kterých proběhlo iktální vyšetření na první pokus bez problému. Na ose Y je znázorněno rozhraní aplikovaných aktivit pacientovi. Nejvyšší aplikovaná aktivita u iktálního vyšetření byla 800 MBq, nejnižší 163 MBq. Průměrná aplikovaná aktivita byla u iktálního vyšetření 589 MBq.



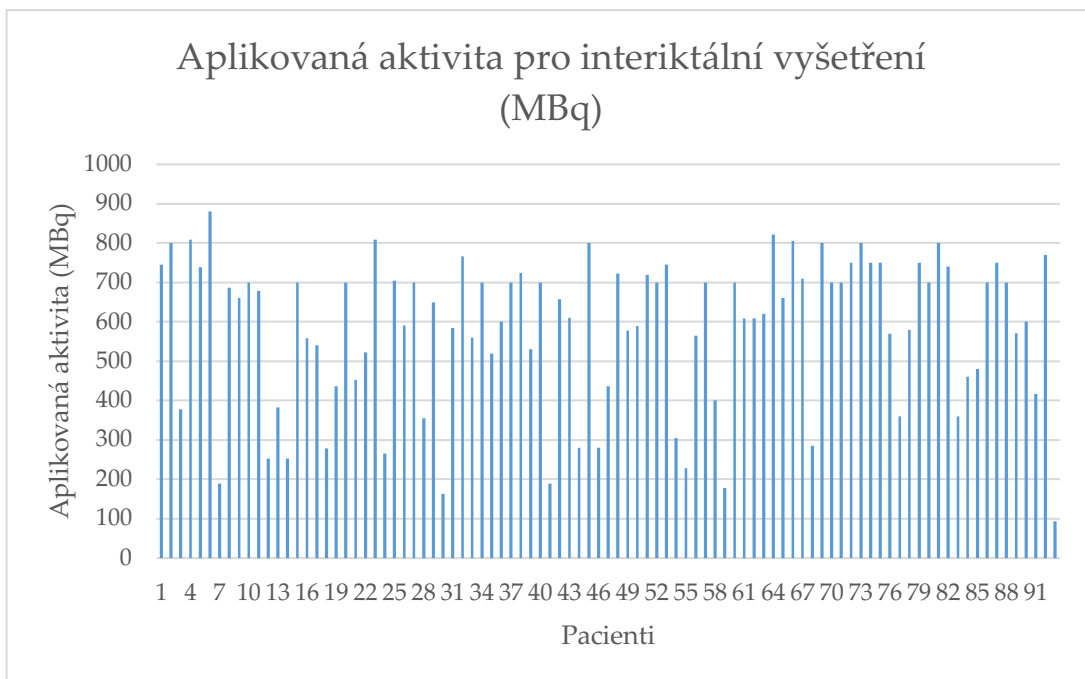
Obrázek 11 - Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při iktálním vyšetření

Celková data aplikovaných aktivit pro iktální vyšetření jsou zobrazena v Obrázku 11. Pro přehlednost je vložen histogram v Obrázku 12 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při iktálním vyšetření.



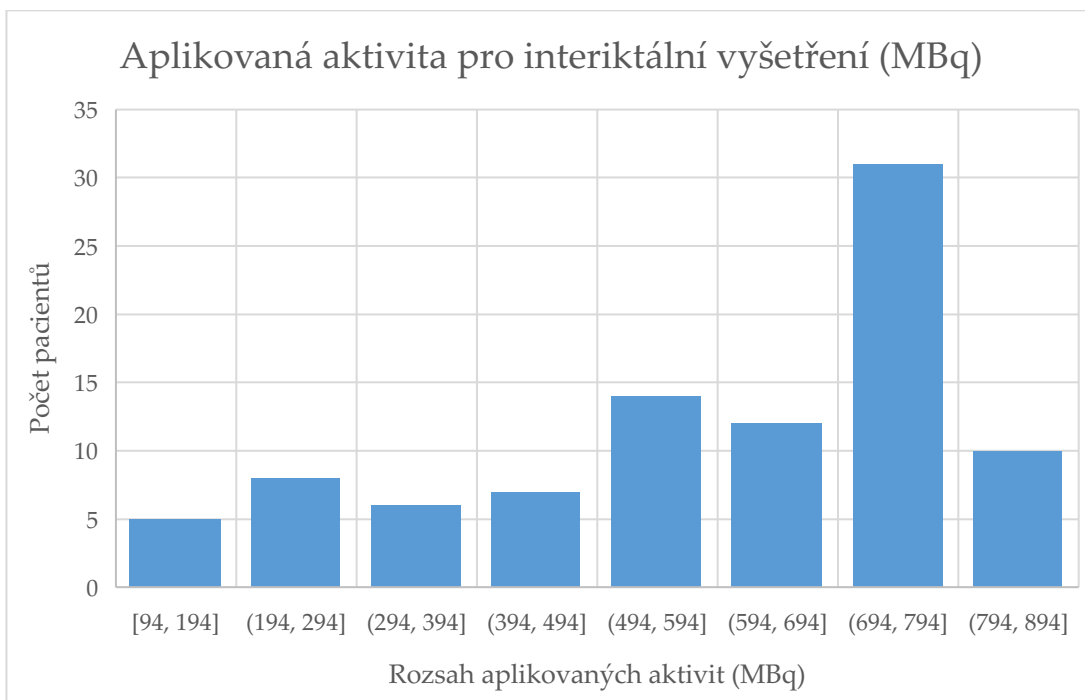
Obrázek 12 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při iktálním vyšetření

Množství aplikované aktivity pro interiktální vyšetření u jednotlivých pacientů je znázorněno v Obrázku 13 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při interiktálním vyšetření. V grafu je znázorněno číslicemi na ose X 106 pacientů, u kterých proběhlo iktální vyšetření na první pokus bez problému. Na ose Y je rozhraní aplikovaných aktivit pacientovi. Nejvyšší aplikovaná aktivita pacientovi u interiktálního vyšetření byla 880 MBq a nejnižší 94 MBq. Průměrná aplikovaná aktivita byla u interiktálního vyšetření 582 MBq.



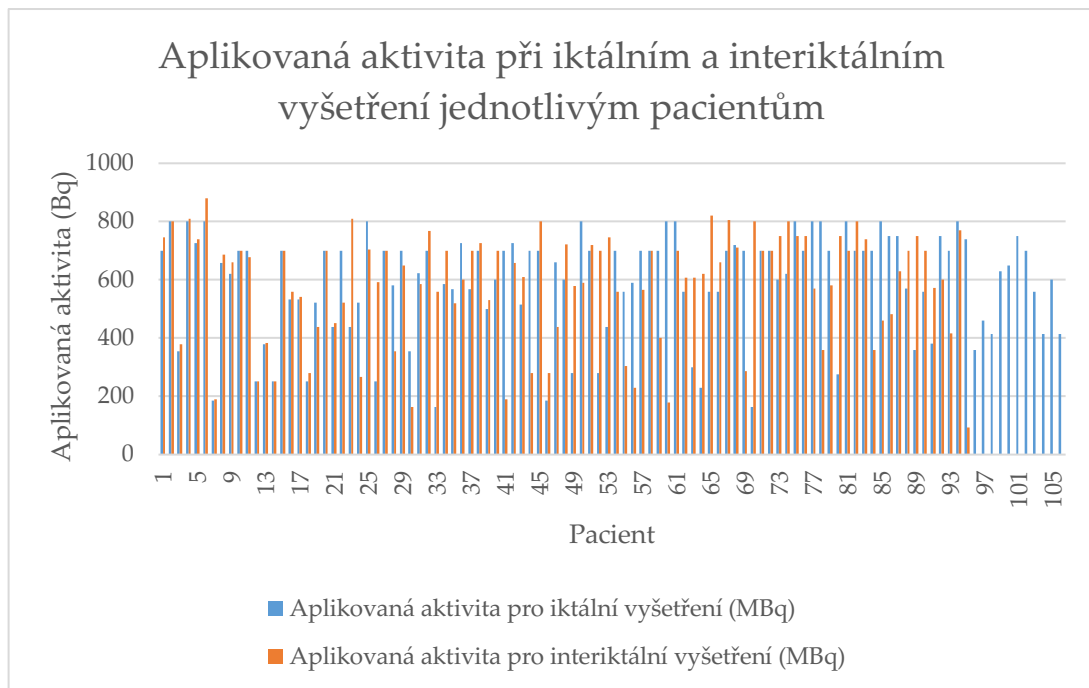
Obrázek 13 - Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při interiktální vyšetření

Celková data aplikovaných aktivit pro interiktální vyšetření jsou v Obrázku 13. Pro přehlednost je vložen histogram v Obrázku 14 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při interiktálním vyšetření.



Obrázek 14 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při interiktálním vyšetření.

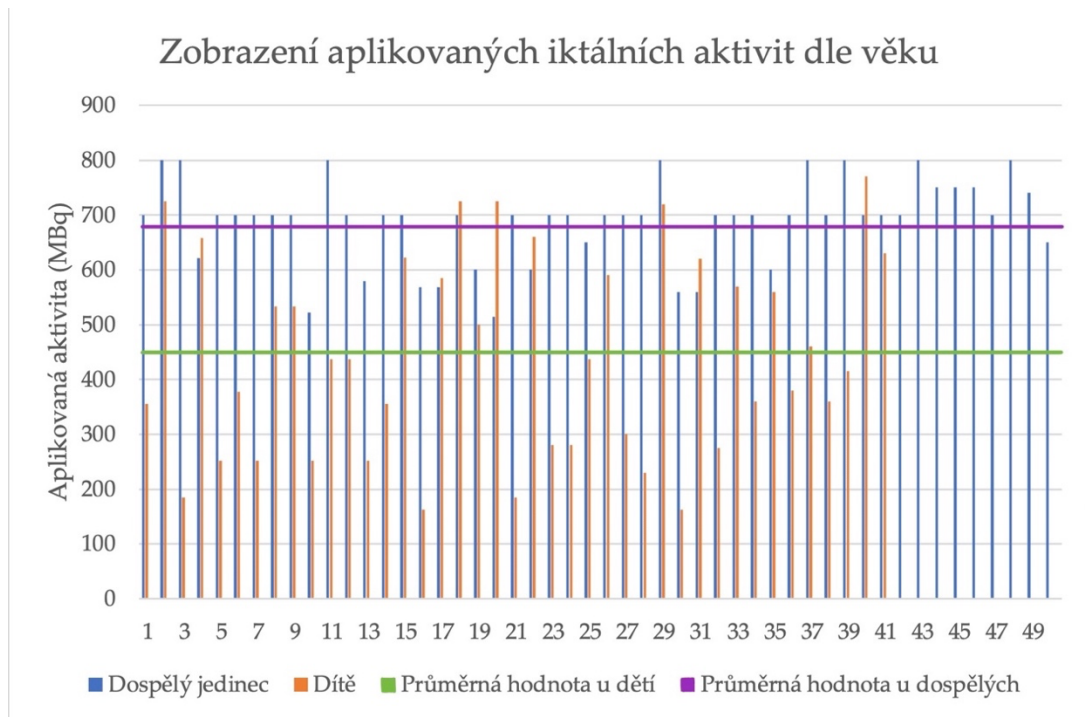
Srovnání iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit všech pacientů znázorňuje Obrázek 15 – Znázornění iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit pacientů při scintigrafickém vyšetření mozku. Modrá křivka znázorňuje aplikovanou aktivitu při iktálním vyšetření. Oranžová křivka znázorňuje aplikovanou aktivitu při interiktálním vyšetření.



Obrázek 15 - Znázornění iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit pacientům při scintigrafickém vyšetření mozku

Pro přehlednější zobrazení aplikovaných iktálních aktivit jednotlivým pacientům jsem zvolila Obrázek 16 – Zobrazení aplikovaných iktálních aktivit dle věku. 91 pacientů jsem rozdělila do dvou kategorií dle věku a o to na dospělé a děti. V grafu jsou znázorněné jednotlivé hodnoty aplikovaných aktivit pro dospělého a dítě. Dětský pacientů bylo celkově 41, zatímco dospělých 50. Průměrná aplikovaná hodnota pro dospělého pacienta byla 690 MBq, pro dětského pacienta byla průměrná naměřená hodnota 443 MBq. Nejvyšší aplikovaná iktální aktivita dospělému jedinci byla 800 MBq, nejnižší 514 MBq. Nejvyšší aplikovaná iktální aktivita dítěti byla 770 MBq, nejnižší 163 MBq. V grafu je na první pohled vidět, že jednotlivé aplikované iktální aktivity pro dospělé si jsou velmi podobné na rozdíl od aktivit aplikovaných dětem.

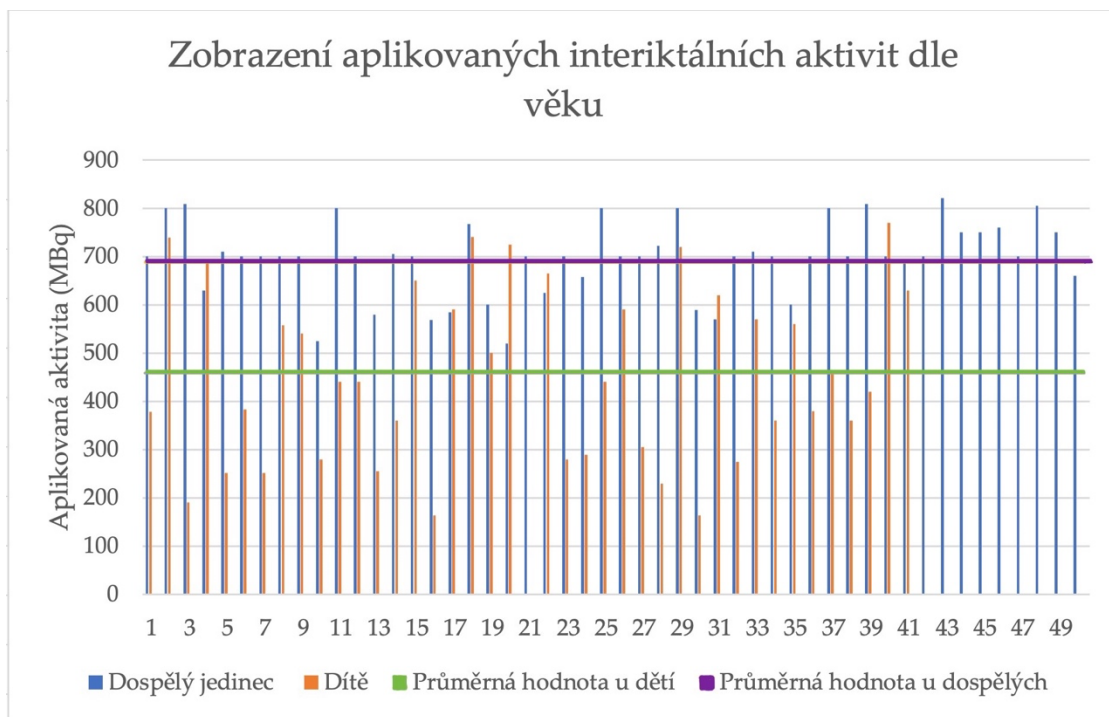
U těchto aktivit je patrnější větší velikostní rozmezí, na rozdíl od aktivit pro dospělého jedince.



Obrázek 16 - Zobrazení aplikovaných iktálních aktivit dle věku

Pro přehlednější zobrazení aplikovaných interiktálních aktivit jednotlivým pacientům jsem zvolila Obrázek 17 – Zobrazení aplikovaných interiktálních aktivit dle věku. 91 pacientů jsem rozdělila do dvou kategorií dle věku a o to na dospělé a děti. V grafu jsou znázorněné jednotlivé hodnoty aplikovaných aktivit pro dospělého a dítě. Dětský pacientů bylo celkově 41, zatímco dospělých 50. Průměrná aplikovaná interiktální hodnota pro dospělého pacienta byla 697 MBq, pro dětského pacienta byla průměrná aplikovaná hodnota 455 MBq. Nejvyšší aplikovaná interiktální aktivita dospělému jedinci byla 821 MBq, nejnižší 520 MBq. Nejvyšší aplikovaná interiktální aktivita dítěti byla 770 MBq, nejnižší 163 MBq. Nejvyšší a nejnižší interiktální aplikované aktivity u dětí byly shodné s hranicemi u iktální aplikované aktivity. V grafu je na první pohled vidět, že jednotlivé aplikované interiktální aktivity jsou

si velmi podobné na rozdíl od aktivit aplikovaných dětem. U těchto aktivit je patrnější větší velikostní rozmezí, na rozdíl u aktivit pro dospělého jedince.



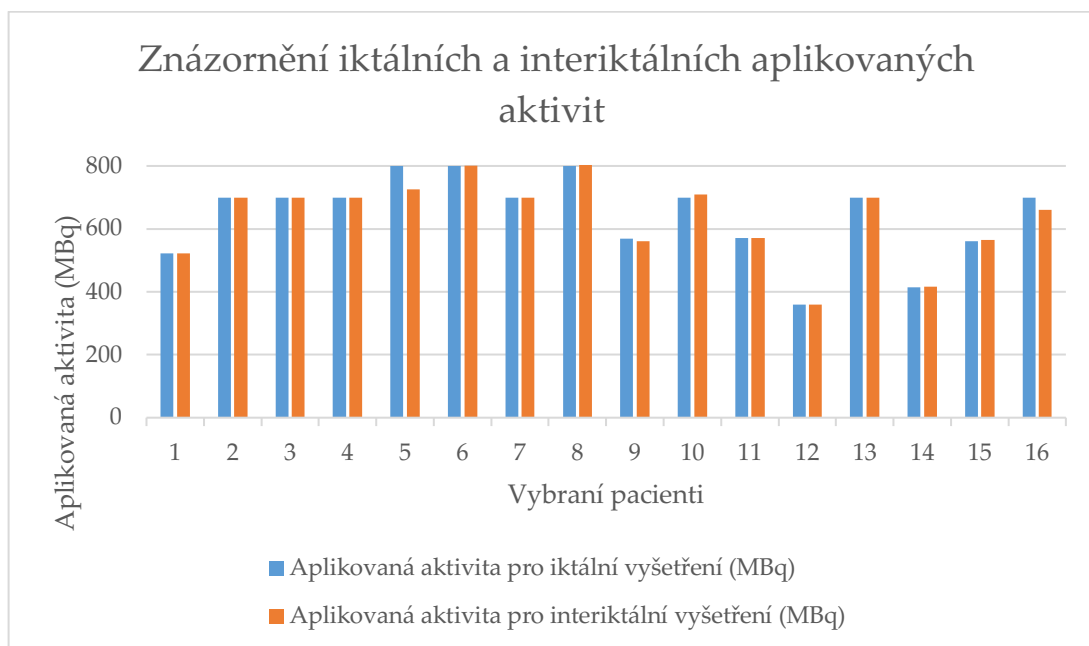
Obrázek 17 - Zobrazení aplikovaných interiktálních aktivit dle věku

Pro dosažení porovnání lepších výsledků jsem u šestnácti pacientů, kteří vyšetření podstoupili ve větším časovém rozmezí opakovaně, porovnávala aplikovanou aktivitu u iktální a interiktálního vyšetření. Aplikované aktivity pacientů jsem si vypsalala do Tabulky 4 – Znázornění aplikovaných aktivit pro iktální a interiktální vyšetření. V tabulce je vždy znázorněno jejich první iktální a první interiktální vyšetření. Toto znázornění jsem udělala na základě srovnání aplikovaných aktivit ve stejném časovém období, tudíž pacient měl při aplikaci stejnou váhu. Aplikované iktální aktivity se pohybovaly v rozmezí od 415 MBq do 800 MBq. Aplikované interiktální aktivity se pohybovaly v rozmezí od 417 MBq do 805 MBq. Aplikované aktivity se lišily minimální směrodatnou odchylkou – 14,29.

Tabulka 4 - Znázornění aplikovaných aktivit pro iktální a interiktální vyšetření

Pacient	A. pro iktální vyšetření (MBq)	A. pro interiktální vyšetření (MBq)
1	522	522
2	700	700
3	700	700
4	700	700
5	800	725
6	800	800
7	700	700
8	800	805
9	568	560
10	700	710
11	570	570
12	360	360
13	700	700
14	415	417
15	560	565
16	700	660

Data z Tabulky 4 jsem vynesla do Obrázku 18 – Znázornění iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit vybraným šestnácti pacientům. Ve sloupcovém grafu je znázorněna modrým sloupcem aplikovaná aktivita při iktálním vyšetření a oranžovým sloupcem aplikovaná aktivita při interiktálním vyšetření vybraným pacientům. V grafu je zřetelná rozmanitost aplikovaných aktivit jednotlivým pacientům a korelace aplikovaných aktivit jednotlivým pacientům. Nejvyšší rozdíl aplikované iktální a interiktální aktivity měl pacient č. 5. U něj byla aplikovaná iktální aktivita 800 MBq, zatímco interiktální aktivita měla o 75 MBq méně. U zbylých pacientů se rozdíl iktální a interiktální aktivity lišil maximálně o 10 MBq, minimálně o 2 MBq nebo se nelišil vůbec.

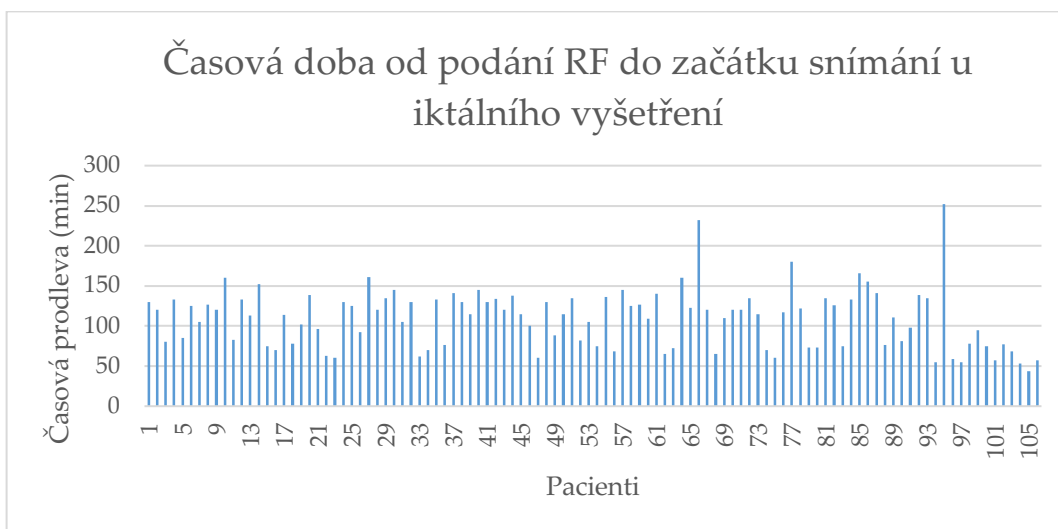


Obrázek 18 - Znázornění iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit vybraným šestnácti pacientům

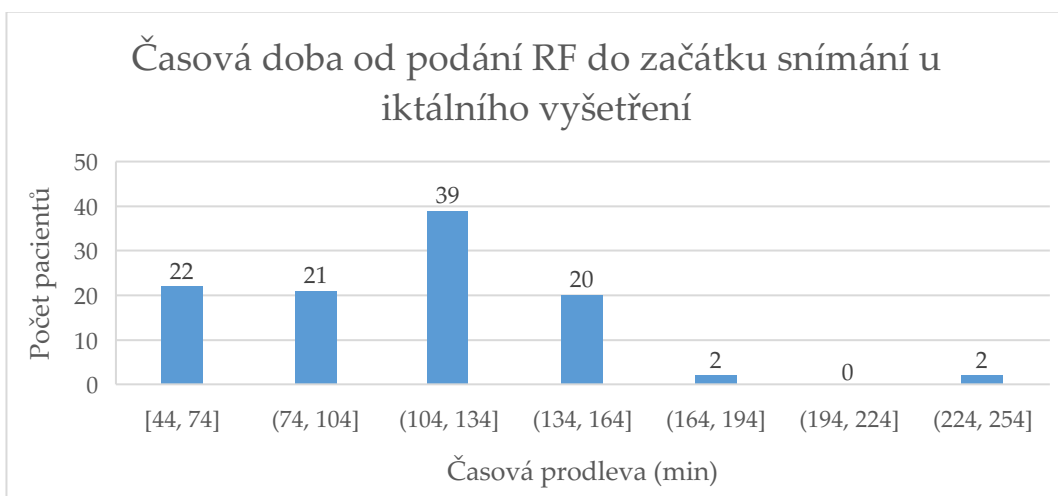
Dalším ovlivňujícím faktorem je časová prodleva. Tato časová doba je ohraničena mezi aplikací radiofarmaka a až po začátek snímání mozku. Časová prodleva pro iktální vyšetření u jednotlivých pacientů je znázorněná v Obrázku 19 – Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u iktálního vyšetření. Časová prodleva pro interiktální vyšetření

u jednotlivých pacientů je znázorněná v Obrázku 19 – Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u interiktálního vyšetření. Oba grafy znázorňují úspěšně provedená vyšetření.

Celková data v Obrázku 18 a v Obrázku 20 jsou pro přehlednost vložena do histogramů a znázorněna v Obrázku 19 – Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u iktálního vyšetření a v Obrázku 21 – Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u interiktálního vyšetření.



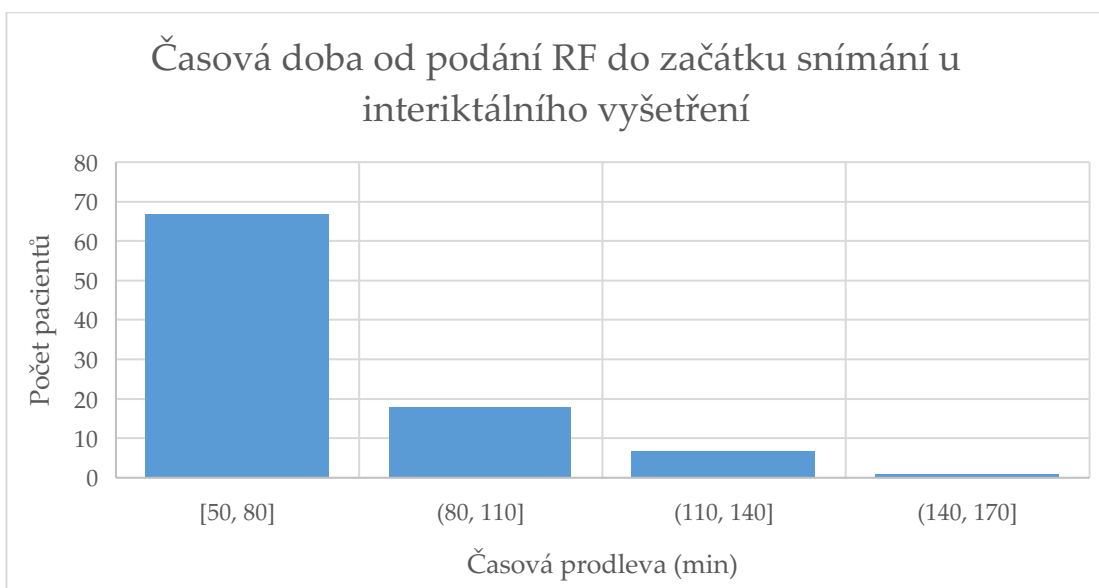
Obrázek 19 - Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u iktálního vyšetření



Obrázek 20 - Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u iktálního vyšetření



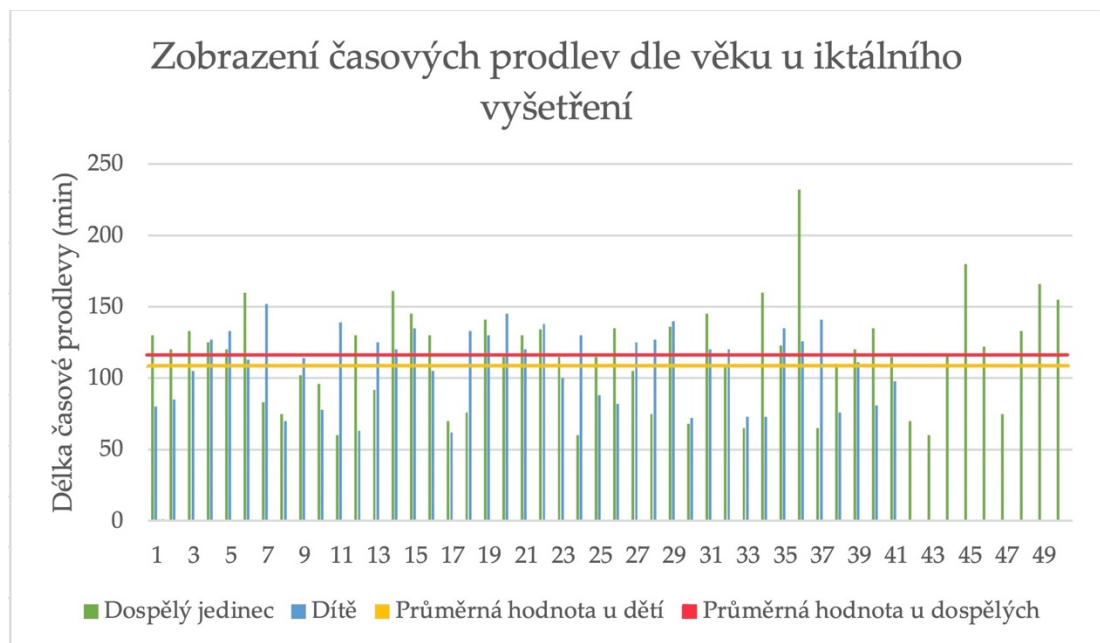
Obrázek 21 - Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u interiktálního vyšetření.



Obrázek 22 – Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u interiktálního vyšetření.

Pro přehlednější zobrazení časových prodlev u jednotlivých pacientů jsem zvolila Obrázek 23 – Zobrazení časových prodlev dle věku u iktálního vyšetření. 91 pacientů jsem rozdělila do dvou kategorií dle věku a o to na dospělé a děti. V grafu jsou znázorněné jednotlivé časové prodlevy pro dospělého a dítě. Dětský pacientů bylo celkově 41, zatímco dospělých 50. V grafu jsou jednotliví pacienti znázorněni barevně. Zelenou barvou

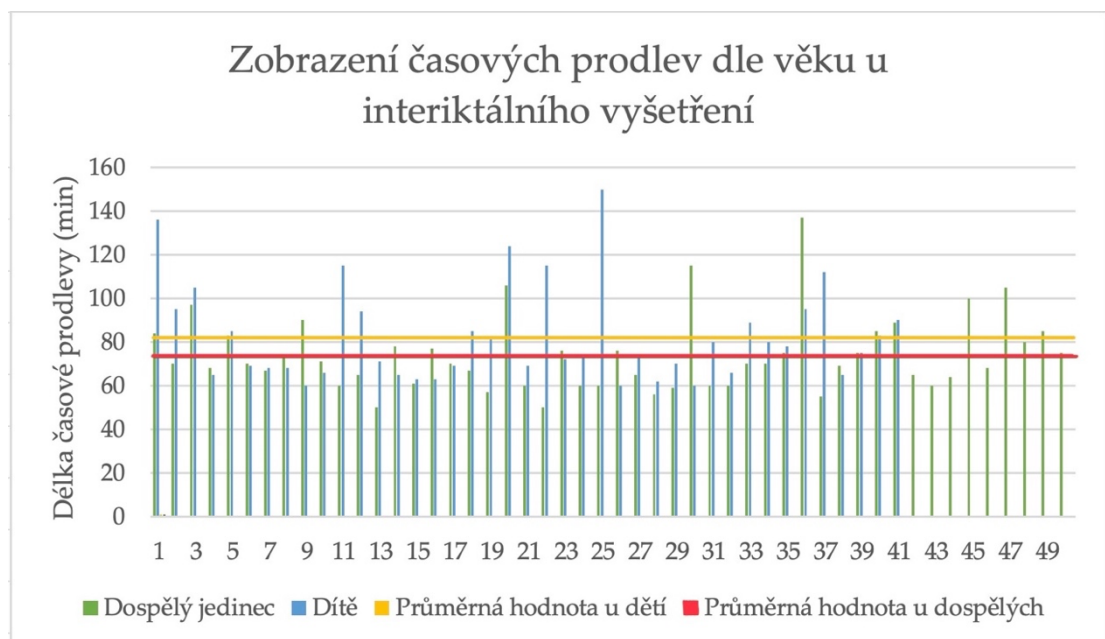
jsou pacienti dospělého věku, modrou barvou děti. Průměrná časová prodleva u iktálního vyšetření u dospělého pacienta bylo 115,88 minut, u dětského pacienta trvala průměrná časová prodleva 109,51 minut. Nejdelší časová prodleva u iktálního vyšetření u dospělého jedince byla 232 minut, nejkratší časová prodleva trvala 60 minut. Nejdelší časová prodleva u iktálního vyšetření u dítěte trvala 152 minut, nejkratší časová prodleva trvala 62 minut. V grafu jsou znázorněny viditelně vyšší hodnoty u dospělých pacientů oproti dětským. Tento viditelný fakt potvrzuje i průměrná časová doba prodlevy delší o 6 minut v dospělé kategorii.



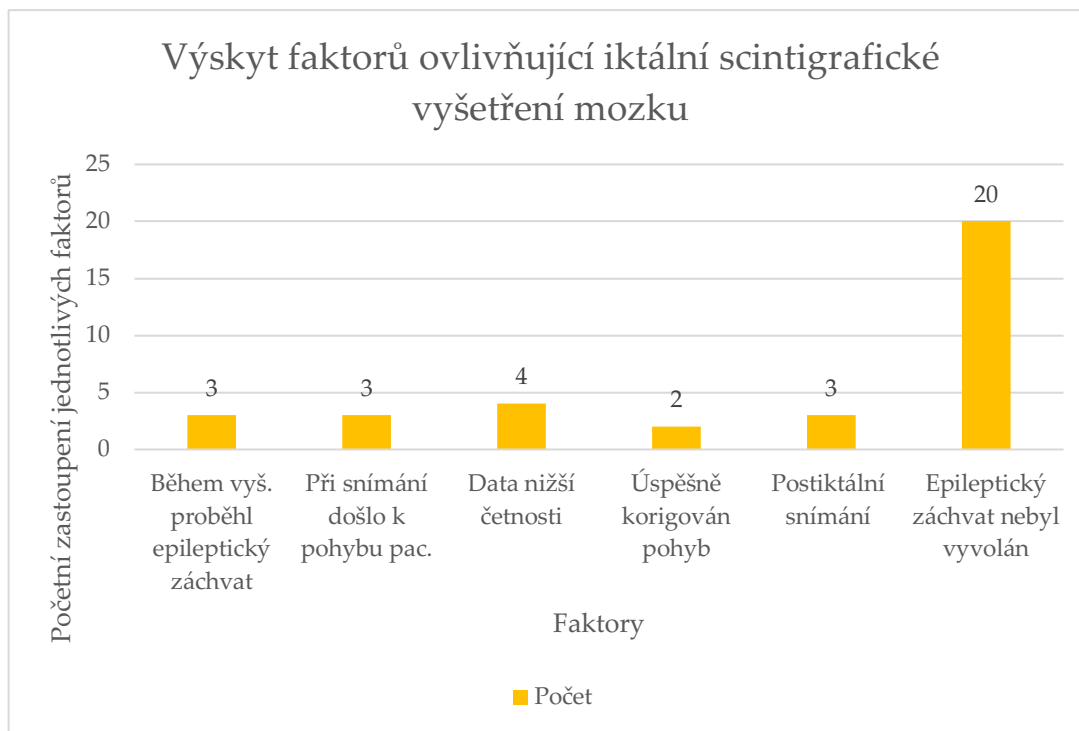
Obrázek 23 - Zobrazení časových prodlev dle věku u iktálního vyšetření

Pro přehlednější zobrazení časových prodlev u jednotlivých pacientů jsem zvolila Obrázek 24 – Zobrazení časových prodlev dle věku u interiktálního vyšetření. 91 pacientů jsem rozdělila do dvou kategorií dle věku a o to na dospělé a děti. V grafu jsou znázorněny jednotlivé časové prodlevy pro dospělého a dítě. Dětský pacientů bylo celkově 41, zatímco dospělých 50. V grafu jsou jednotliví pacienti znázorněni barevně. Zelenou barvou jsou pacienti dospělého věku, modrou barvou děti. Průměrná časová prodleva

u interiktálního vyšetření u dospělého pacienta bylo 73 minut, u dětského pacienta trvala průměrná časová prodleva 82,12 minut. Nejdelší časová prodleva u interiktálního vyšetření u dospělého jedince trvala 137 minut, nejkratší časová prodleva byla dlouhá 50 minut. Nejdelší časová prodleva u interiktálního vyšetření u dítěte trvala 150 minut, nejkratší časová byla dlouhá 60 minut. V grafu můžeme vidět větší zastoupení vyšších časových prodlev u dětských pacientů oproti dospělým pacientům. Tento viditelný fakt potvrzuje i průměrná časová doba prodlevy delší o 9 minut v dětské kategorii.



Obrázek 24 - Zobrazení časových prodlev dle věku u interiktálního vyšetření



Obrázek 25 - Výskyt faktorů ovlivňující iktální scintigrafické vyšetření mozku

Během iktálního vyšetření mohou nastat komplikace ovlivňující výsledný obraz. V průběhu období 2016-2022 nastalo celkem 15 situací, kdy mohlo dojít k ovlivnění výsledku vyšetření. Pouze u 7 případů k ovlivnění došlo. Mezi těchto 7 případů patří: 3x zaznamenání epileptického záchvatu v průběhu snímání, 3x zaznamenání pohybu pacienta v průběhu vyšetření a 1x nasnímaná data nižší četnosti na základě úniku radiofarmaka extravazálně. Těchto 7 vyšetření se opakovalo v tentýž den, bez opakované aplikace radiofarmaka. Pro porovnání jsem do grafu vnesla i data, kdy neproběhl epileptický záchvat v daný den. U dvaceti pacientů nedošlo k vyvolání epileptického záchvatu v daný den vůbec. Tudíž určený den proběhlo u většiny pacientů interiktální snímání a vyšetření iktální se opakovalo v průběhu několika dnů znovu. Zbylé kategorie znázorněné v Obrázku 25 – Výskyt faktorů ovlivňující iktální scintigrafické vyšetření mozku, spadají do celkového počtu 106 úspěšných vyšetření. Data byla hodnotitelná. V grafu jsou znázorněny faktory ovlivňující iktální scintigrafické vyšetření.

Největší početní zastoupení má nevyvolání epileptického záchvatu, bez něž je toto vyšetření neproveditelné. Následuje nasnímání dat nižší četnosti. Jak jsem avizovala na začátku tohoto odstavce, pouze 1x ovlivnilo nasnímání nižší četnosti dat finální obraz natolik, že vyšetření se opakovalo v tentýž den znovu. Stejně početně bylo zastoupeno: postiktální snímání; snímání s detekcí pohybu a v neposlední řadě epileptický záchvat v průběhu snímání.

6 DISKUZE

Teoretická část bakalářské práce byla věnována nukleární medicíně, přístrojové technice, vysvětlení rozdílu mezi epilepsií a epileptickým záchvatem a anatomii mozku. Práce byla zaměřena především na vysvětlení indikace scintigrafického perfuzního iktálního vyšetření mozku u epilepsie. Podrobně byl popsán postup vyšetření a jeho význam pro pacienty.

V rámci praktické části byla zpracována statistická data 91 pacientů, kteří podstoupili vyšetření jednou nebo vícekrát za období sedmi let. Těchto 91 pacientů bylo vybráno z interního databázového systému. Tento systém je využíván pro uchování patientských dat ve FN Motol. Výběr dat byl proveden pod odborným dohledem vedoucího práce a data byla v rámci bakalářské práce pseudonymizována. K dispozici byly poskytnuty anamnézy všech pacientů, informace o podstoupeném scintigrafickém vyšetření v průběhu sedmi let a snímky z iktálních a interiktálních vyšetření.

Celkový počet pacientů byl nepochybně ovlivněn využívanými jinými možnostmi léčby epilepsie, jimiž jsou režimová opatření a farmakoterapie. K topickému určení epileptogenní léze se přistupuje až po vyčerpání výše uvedených možností. Dalším limitem ovlivňující malé množství pacientů je sběr dat pouze z jednoho pracoviště. Toto vyšetření se rutinně provádí pouze ve dvou pražských nemocnicích, a to v FN Motol a v Nemocnici na Homolce. Celkový počet iktálních i interiktálních vyšetření byl roven 209. Toto číslo je větší než predikce k počtu pacientů, je to odůvodněno opakováním vyšetření u některých pacientů v průběhu sedmi let. Pokud je porovnáno jednotlivé zastoupení pacientů dle pohlaví, tak není možné konstatovat, že by epilepsie a epileptické záchvaty byly vázány převážně více na jedno pohlaví. Rozložení dle věku prokázalo větší zastoupení dospělých jedinců než dětí. Při hodnocení věku je zjištěno, že průměrný věk pacienta byl 22,47 let. Tento věk by odpovídal

však mladší dospělé generaci spíše než starší generaci. Při porovnání dat s nasbíranými daty z období 2013-2018 z bakalářské práce Simona Smrčka z roku 2018 na téma: Perfuze mozku se zaměřením na detekci epileptických center (26), dochází ke shodě dat. Nejpočetnější zastoupení věkové skupiny měla ve zmíněné práci skupina narozena v období 1990-1999, tudíž mladší dospělá generace. Na základě této shody by mohlo být řečeno, že na iktální scintigrafické vyšetření chodí spíše pacienti mladšího dospělého věku než děti a starší dospělí. Toto tvrzení podporuje i výsledný průměrný věk ze sesbíraných dat. Dalšími důvody, proč je vyšetření prováděno zejména u mladých dospělých je omezení radiační zátěže u dětí, zlepšení kvality života u mladší generace a celkově prokázání epilepsie spíše u mladší generace pacientů než u starší generace pacientů. V neposlední řadě je dlouhá doba vyčerpání všech možností léčby.

Příčiny vzniku epileptického záchvatu zobrazeny v Obrázku 6 a počet příznaků objevujících se u pacientů za období 2016-2022 v Obrázku 7 korespondují s informacemi v teoretické části bakalářské práce. Nejčastější příčinou vzniku epileptického záchvatu je onemocnění epilepsie. Nejpočetnějšími příznaky u pacientů za sledované období byly fokální záchvaty s poruchou vědomí, následně parciální záchvaty. Jak příčiny, tak příznaky jsou variabilní a individuální u jednotlivých pacientů.

Na otázku nejčastější lokalizace epileptogenních ložisek odpovídá Obrázek 8 – Výskyt epileptogenních ložisek v mozku u pacientů za období 2016-2022, kde je největší zastoupení ložisek ve frontálním laloku. Následně je pak vysoké zastoupení epileptogenních ložisek v temporálním laloku, v oblasti insulárního kortexu, thalamu, meziofrontální oblasti a v nejasné oblasti. S přihlédnutím k datům z Tabulky 2, u pohlaví u mužů i žen bylo nejvíce nalezených ložisek v levé hemisféře pro obě pohlaví. V bakalářské práci

Simona Smrčka z roku 2018 na téma: Perfuze mozku se zaměřením na detekci epileptických center (26), je lokalizace ložiska, z 43 případů, nejvíce nalezena v temporálním laloku, 36 případů. Následně ve frontálním laloku, parietotemporální oblasti a parietookcipitální oblasti. Ani jednou není v práci zmíněno lokalizované ložisko v levé hemisféře. Tato odlišnost je způsobena variabilitou práce. Shoda dat je v dominanci frontálního a temporálního laloku oproti ostatním částem mozku.

V Tabulce 3 jsou jednotlivá zastoupení statistických údajů u iktálního a interiktálního vyšetření. Rozdíl v počtu pacientů je jeden, z důvodu nepodařeného iktálního vyšetření u tohoto pacienta. Iktální vyšetření bude provedeno v budoucnosti. Počty uskutečněných vyšetření se liší, kvůli těžšímu provedení iktálního vyšetření a vyvolání epileptického záchvatu. U interiktálního vyšetření je možnost posuzovat data z minulých let a snížit radiační zátěž pro pacienta. Tato možnost je proveditelná pouze pokud mozek není ve vývoji anebo nedošlo k větším strukturálním změnám. U 3 pacientů z 16, kteří celkové vyšetření v minulosti již podstoupili, došlo ke strukturální změně mozku a bylo provedeno interiktální vyšetření znovu.

V Obrázku 9 a v Obrázku 10 jsou znázorněna jednotlivá uskutečněná, neuskutečněná a opakovaná iktální a interiktální vyšetření za zmíněné roky. Při sečtení uskutečněných vyšetření za dané roky, nám vyjde početní zastoupení za rok 2016 = 35, 2017 = 39 a za rok 2018 = 38. V porovnání s bakalářskou prací z roku 2018 (26) jsou data z FN Motol odlišná. V bakalářské práci autor uvádí celkový počet vyšetření za dané roky následující: 2016 = 28, 2017 = 38 a 2018 = 9. Data jsou si početně podobná nejvíce v roce 2017, nejméně pak v roce 2018, kde je rozdílnost o 29 pacientů. Bakalářská práce byla odevzdaná v roce 2018, z tohoto důvodu nemůžeme data za rok 2018 brát jako finální celkový počet vyšetření za rok 2018 z FN Brno. Z dat ve zmíněných

tabulkách je zřetelný úbytek vyšetření. U iktálních vyšetření je v roce 2022 vysoké zastoupení neuskutečněných vyšetření. Tento vysoký počet zastoupení neuskutečněných vyšetření byl z velké části z důvodu nevyvolání epileptického záchvatu. Ovlivňujícím faktorem nevyvoláním epileptického záchvatu může být pozdní vysazení medikace ovlivňující epileptické záchvaty.

Aplikovaná aktivita u iktálních a interiktálních vyšetření je znázorněna v obrázcích 11 a 13. Hodnoty aplikovaných aktivit by neměly být odlišné, jelikož by měl být dodržen výpočet dle váhy pacienta a koeficientů. Přesto ale byla naměřena nejvyšší aplikovaná aktivita u iktálního vyšetření 800 MBq a u interiktálního vyšetření 880 MBq. Nejnižší aplikované aktivity se též lišily. U iktálního vyšetření nejnižší naměřená aktivita byla 163 MBq, u interiktálního vyšetření 582 MBq. Odlišnost aplikovaných aktivit může být ovlivněna u iktálního vyšetření poločasem rozpadu a nedostatečnou objemovou aktivitou. Radiofarmakum je před výkonem připraveno vždy ráno na sedmou hodinu a odpoledne na dvanáctou hodinu. Pokud se čeká dlouho na vyvolání epileptického záchvatu u pacienta u radiofarmaka dochází s přibývajícím časem k rozpadu radionuklidu. Z tohoto důvodu musí být aplikovaná větší objemová aktivita, která je vypočtena. Převodní tabulka pro objemovou aktivitu v konkrétní čas je dodávána na neurologické oddělení spolu s radiofarmakem. Průměry obou aplikovaných aktivit jsou přibližně stejné. Průměrná aplikovaná aktivita u iktálního vyšetření byla 589 MBq, zatímco u interiktálního vyšetření byla průměrná podaná aktivita 582 MBq. Znamená to, že aktivity byly správně stanoveny a byly správně podávány i na neurologickém pracovišti.

Aplikované aktivity pro obě vyšetření jsem individuálně rozdělila, pro přehlednější zobrazení, dle věku do dvou kategorií – děti a dospělí. Dětských pacientů bylo celkově 41, dospělých 50. Tato data jsou znázorněna v Obrázku 16 a 17. U iktálního vyšetření rozpětí aplikovaných aktivit pro děti

bylo od 163 MBq do 770 MBq. U dospělých pacientů bylo rozpětí aplikovaných aktivit pro iktální vyšetření od 514 MBq do 800 MBq. Průměrná aplikovaná aktivita u iktálního vyšetření pro dítě byla 443 MBq, pro dospělého jedince 690 MBq. U interiktálního vyšetření rozpětí aplikovaných aktivit pro děti bylo od 163 MBq do 770 MBq. U dospělých pacientů bylo rozpětí aplikovaných aktivit pro interiktální vyšetření v rozmezí od 520 MBq do 821 MBq. Průměrná aplikovaná aktivita u interiktálního vyšetření pro dítě byla 455 MBq, pro dospělého jedince 697 MBq. U pacientů dětského věku je viditelně větší rozmezí aplikovaných aktivit na rozdíl od pacientů dospělého věku. Větší rozpětí aplikovaných aktivit je způsobeno u pacientů v různém stupni vývoje. Váha je určujícím faktorem k vypočtení správného množství a aktivity podaného radiofarmaka. U dospělých jedinců bývá váha přibližně podobná na rozdíl od dítěte ve věku tří let a patnácti let, proto je u dospělých pacientů rozpětí menší. Rozhraní podaných aktivit dětem, pro obě vyšetření, je totožné, průměr je ale odlišný. Průměrní interiktální aplikovaná aktivita je větší o 12 MBq. Tato odchylka mohla vzniknout minimálně zvýšenou aplikací aktivity u více pacientů, nepřesným výpočtem nebo chybou při sběru dat. Rozhraní podaných aktivit dospělým pacientům, pro obě vyšetření, je odlišné. Interiktální vyšetření má větší variabilitu, na rozdíl od iktálního vyšetření. Horní hranice aplikovaných aktivit během interiktálního vyšetření dosahuje 821 MBq na rozdíl od iktálního vyšetření, které má horní hranici aplikovaných aktivit 800 MBq. Spodní hranice aplikovaných interiktálních aktivit během vyšetření má hodnotu 520 MBq, spodní hranice aplikovaných aktivit u iktálního vyšetření má hodnotu 514 Mbq. Průměr interiktální a iktální aplikované aktivity dospělému pacientovi se lišil o 7 MBq, interiktální aplikované aktivity bylo více. Tyto odchylky mohly vzniknout při čekání na epileptický záchvat, kdy došlo ke změně aktivity radiofarmaka, a nedostatečným natažením potřebného objemu radiofarmaka, nepřesným výpočtem nebo chybou při sběru dat. Jedná se ale o zanedbatelnou odchylku.

Časová prodleva mezi podáním radiofarmaka až po začátek snímání mozku je podstatná k dodržení a zachování kvalitního vyšetření. Šetření proběhlo u 91 pacientů rozdělených dle věku na kategorii dospělou a dětskou. Znázorněné časové prodlevy u jednotlivých vyšetření a pacientů jsou v Obrázku 23 a 24. Průměrná časová prodleva u iktálního vyšetření pro dospělého pacienta činila 115,88 minut. U dětského pacienta byla průměrná prodleva u iktálního vyšetření 109,51 minut. Obě tyto hodnoty neodpovídají 60 minutám, kdy by pacient měl být dopraven na Kliniku nukleární medicíny po vpravení radiofarmaka do žilního systému. Nejdelší časová prodleva u iktálního vyšetření pro dospělého jedince byla 232 minut, nejkratší 60 minut. Nejdelší časová prodleva u iktálního vyšetření pro dítě byla 152 minut, nejkratší 62 minut. U pacientů s vysokou prodlevou mohlo dojít k opakovanému snímání dat na základě pohybu nebo epileptického záchvatu, a proto celkový čas od aplikace radiofarmaka je dlouhý. Dalším ovlivňujícím faktorem je nedostatečná kompenzace pacienta po záchvatu, která zapříčinila vznik dalších epileptických záchvatů. Dlouhá časová prodleva od podání radiofarmaka ovlivňuje kvalitu získaných dat, která může následně zkreslovat hluchá místa. Ve článku Substraction Ictal SPECT coregistered to MRI (SISCOM) as a guide in localizing childhood epilepsy z roku 2019 (27), hodnotili proveditelnost a účinnost subtrakčního iktálního vyšetření registrovaného na magnetické rezonanci. U 44 pacientů dětského věku došlo k provedení iktálního SPECT vyšetření do 120 minut po aplikaci radiofarmaka. Průměrná časová prodleva byla 40 minut. Naměřená data se neshodují. Časové prodleva může být ovlivněna přepravou z oddělení neurologie na oddělení nukleární medicíny, spoluprací pacienta s personálem a úspěšností snímání. Průměrná časová prodleva u interiktálního vyšetření pro dospělého pacienta činila 73 minut. U dětského pacienta byla průměrná prodleva u interiktálního vyšetření 82,12 minut. Obě tyto hodnoty neodpovídají 60 minutám, kdy by se měl pacient dostavit na vyšetření po vpravení radiofarmaka do

žilního systému. Uvedené hodnoty prodlev při interiktálním vyšetření jsou bližší potřebným hodnotám pro provedení vyšetření uvedených v Místních radiologických standardech z FN Motol (28), oproti hodnotám u iktálního vyšetření. Nejdelsí časová prodleva u interiktálního vyšetření pro dospělého jedince byla 137 minut, nejkratší 50 minut. Nejdelsí časová prodleva u interiktálního vyšetření pro dítě byla 150 minut, nejkratší 60 minut. Přesnější časové údaje mohou být ovlivněné aplikací na oddělení nukleární medicíny a menší psychickou náročností pro pacienta i personál.

Posledním diskutovaným tématem jsou ovlivňující faktory při iktálním scintigrafickém perfuzním vyšetření. V Obrázku 25 je znázorněné jednotlivé zastoupení výskytu těchto faktorů ovlivňujících úspěšnost vyšetření. Ve zpracovaném souboru je celkem 35 pacientů. U 20 pacientů nebyl epileptický záchvat vyvolán vůbec. Příčiny, z jakého důvodu nebyl epileptický záchvat vyvolán, nebyly tématem bakalářské práce, a proto jsem jim nevěnovala pozornost. Jedním z důvodů dle mého úsudku může být vysoká funkčnost léčiv omezující epileptický záchvaty, a tudíž malý počet dnů pro vysazení těchto léků. Dalším důvodem může být i neefektivnost vyvolávacích podnětů pro epileptický záchvat na základě variability onemocnění epilepsií, kdy neznáme dokonale příčiny vzniku onemocnění a mechanismu jeho průběhu. Z tohoto důvodu není možnost aktivovat mechanismy se 100% účinností. U 3 pacientů došlo v průběhu snímání k prodělání epileptického záchvatu. Tento faktor je dle mého názoru obtížně ovlivnitelný, naším cílem by vždy měla být snaha o minimalizaci stimulačních a rizikových podnětů. U 3 pacientů byl v průběhu snímání detekován pohyb. Minimální pohyb pacienta je možné na finálních snímcích korigovat. Jedná se o faktor, který je možné částečně ovlivnit. Z tohoto důvodu je vždy nutností zůstat v klidu a poučit pacienta o zachování klidu během vyšetření. Bohužel, pro některé dětské pacienty je velmi těžké ležet 45 minut v klidu, proto se využívá celková

anestezie, která je převážně aplikovaná u malých dětí a jedinců s mentální retardací. V obrázku č. 25 je znázorněn i počet úspěšně korigovaných vyšetření, která byla ovlivněna pohybem pacienta. Data s nižší četností impulzů byla u 4 pacientů. Tato data vznikají na základě uniknutí radiofarmaka do podkoží nebo při delší časové prodlevě od aplikace radiofarmaka. Dle mého názoru se jedná o faktor, který se dá ovlivnit a minimalizovat, například včasným dostavením na vyšetření a správnou klinickou praxí při aplikaci radiofarmaka. Postiktální snímání bylo v obrázku č. 25 zastoupené vcelku 3x. Je ovlivněné časovou prodlevou mezi epileptickým záchvatem a aplikací radiofarmaka. Z důvodu určitých tonicko-klonických záchvatů nebo dlouhotrvajících záchvatů je někdy aplikace radiofarmaka pro personál náročná. Při těchto typech záchvatů se aplikace radiofarmaka může opozdit. Tento zmíněný ovlivňující faktor se dle mého názoru nedá ovlivnit bez omezení pacienta, což je dle mého názoru nebezpečné a neetické.

Při vypracování bakalářské práce mě velmi překvapil nízký celkový počet pacientů za období sedmi let. Tento počet je ale na druhou stranu pochopitelný z důvodu předcházejících léčebných postupů. Iktální i interiktální scintigrafické vyšetření u epilepsie je indikované jako příprava k neurochirurgickému zákroku. Je jedním z posledních možných léčebných postupů pro ovlivnění a zachování kvality života pacienta. Do budoucna má dle mého názoru toto vyšetření stejné zastoupení v nukleární medicíně jako doposud. Zatím nedošlo k vytvoření jiné vyšetřovací metody, která by iktální scintigrafii nahradila. Existuje iktální PET, ale vzhledem k ceně se používá v menší míře. Naopak se vyšetřovací modalita propojují a zdokonalují. Vyšetření se už nyní provádí i pro neepileptické záchvaty, jak se zmíněno v článku: SPECT activation patterns in psychogenic non-epileptic seizures in temporal lobe epilepsy patients od Seizure – European Journal of Epilepsy z roku 2021 (29). Je tedy možný

i nárůst počtu indikovaných pacientů pro toto vyšetření. Tuto otázku nám ale zodpoví až čas.

7 ZÁVĚR

Perfuzní iktální scintigrafické vyšetření mozku u epilepsie je diagnostické vyšetření prozatím nenahraditelné a nutně indikované k možnému provedení chirurgického zákroku. Toto vyšetření není proveditelné bez vyvolání epileptického záchvatu. Výsledek vyšetření vzniká subtrakcí dat nasnímaných při perfuzním iktálním scintigrafickém vyšetření mozku a při interiktálním scintigrafickém vyšetření mozku. Vyšetření je prováděno na oddělení nukleární medicíny radiologickým asistentem a lékařem nukleární medicíny.

Statisticky zpracovaná data 91 pacientů prokazují vysokou škálu podaných aktivit, nepřesahující limity NDRÚ s minimálně odlišnými aktivitami pro jednotlivé vyšetření. U 16 pacientů došlo v průběhu 7 let k opakování vyšetření na základě neúplné resekce epileptogenní zóny.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

A. – Aktivita

ALARA – As low as reasonably achievable; tak nízké, jak je rozumně dosažitelné

Bq – Jednotka intenzity záření zdroje radioaktivního záření

CT – Computed tomography; výpočetní tomografie

DNA – Deoxyribonukleová kyselina

EEG – Elektroencefalografie

EKG – Elektrokardiogram

FCD – Fokální kortikální dysplázie

FN – Fakultní nemocnice

keV – Kiloelektronvolt

kg – Kilogram

mSv – Milisievert

MDRÚ – Místní diagnostické referenční úrovně

NMDA – N-methyl-D-asparagová kyselina

NDRÚ – Národní diagnostické referenční úrovně

OH – Hydroxyl

OSEM – Ordered-Subser Expectatio Maximization

PET – Pozitronová emisní tomografie

RF – Radiofarmakum

SPECT – Jednofotonová emisní tomografie

SÚJB – Statní úřad pro jadernou bezpečnost

TSC – Tuberózní skleróza

TSC2 – Tuberózní skleróza

Vyš. – Vyšetření

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Aplikace ionizujícího záření*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 978-80-01-06829-8.
- (2) Věstník *Ministerstva zdravotnictví České Republiky*. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2016, ročník 2016, číslo 2. Dostupné také z: https://www.csfm.cz/userfiles/file/Dokumenty/Vestn%C3%ADk_MZ_ČR_2_2016.pdf
- (3) KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.
- (4) KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.
- (5) ŠABATA, Ladislav. *Nukleární medicína - technické základy: přístrojová a výpočetní technika v nukleární medicíně, základy radiofarmak a specifika radiační ochrany v nukleární medicíně*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2019. ISBN 978-80-7394-734-7.

- (6) PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 978-80-01-06900-4.
- (7) ULLMANN, Vojtěch. Radioisotopová scintigrafie: Tomografická scintigrafie. In: AstroNuklFyzika ® [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm#NevyhodySPECT>
- (8) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3: Třetí, upravené a doplněné vydání* [online]. 1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2016 [cit. 2022-09-24]. ISBN 978-80-247-5636-3. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/anatomie-3-2286/>
- (9) DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie: pro předmět Základy anatomie a fyziologie člověka* [online]. 3. přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2019 [cit. 2023-03-14]. ISBN 978-80-271-2111-3. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/somatologie-1225430/>
- (10) HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. 5. vydání. Praha: Triton, 2021. ISBN 978-80-7553-873-4.
- (11) FISCHER, Robert, Walter BOAS, Warren BLUME, Christian ELGER, Pierre GENTON, Phillip LEE a Jr., ENGEL. Epileptic Seizures and Epilepsy: Definitions Proposed by the International League Against Epilepsy (ILAE) and the International Bureau for Epilepsy (IBE). *Epilepsia* [online]. © The International League Against Epilepsy, 1999, 46(4), 470-472 [cit. 2023-05-03]. ISSN 1528-1167. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.0013-9580.2005.66104.x>

- (12) ŠARBOCHOVÁ, Ivana a Lukáš MARTINKOVIČ. Status epilepticus u dospělých pacientů v neurointenzivní péči. *Neurologie pro praxi* [online]. Olomouc: Solen, s.r.o, 2018, **18**(2), 88-93 [cit. 2023-05-10]. ISSN 1803-5280. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2017/02/04.pdf>
- (13) NEŽÁDAL, Tomáš. Epilepsie u dospělých - praktický pohled. *Medicina pro praxi* [online]. Olomouc: Solen, s.r.o., 2021, **18**(5), 336-342 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1803-5310. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2021/05/07.pdf>
- (14) MARUSIČ, Petr a Hana KRIJTOVÁ. Diagnosis of Epileptic Seizures. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* [online]. 2015, **78111**(3), 253-262 [cit. 2023-05-04]. ISSN 1803-6597. Dostupné z: [doi:10.14735/amcsnn2015253](https://doi.org/10.14735/amcsnn2015253)
- (15) MARUSIČ, Petr a Hana OŠLEJŠKOVÁ. *Nové klasifikace epileptických záchvatů a epilepsií ILAE 2017*. *Neurologie pro praxi* [online]. Olomouc: Solen, s.r.o., 2018, **19**(1), 32-36 [cit. 2023-05-04]. ISSN 1803-5280. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2018/01/07.pdf>
- (16) MICHALOVÁ, Kateřina. Perfuzní scintigrafie mozku u epilepsie - iktální. *Klinika nukleární medicíny a endokrinologie 2*. LF UK a FN Motol, 2021, .
- (17) KUMAR, Ajay a Harry T. CHUGANI. *The role of radionuclide imaging in epilepsy, Part 1: Sporadic temporal and extratemporal lobe epilepsy*. *Journal of nuclear medicine : official publication: Society of Nuclear Medicine* [online]. 2013, **54**(10), 1775-81 [cit. 2023-05-12]. ISSN 1535-5667. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23970368/>

- (18) PLEVOVÁ, Ilona a Regina SLOWIK. *Komunikace s dětským pacientem [online]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010 [cit. 2023-04-08]. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-7303-2. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/komunikace-s-detskym-pacientem-1317910/>
- (19) BEDNAŘÍK, Aleš a Mária ANDRÁŠIOVÁ. *Komunikace s nemocným: sdělování nepříznivých informací [online]*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2020 [cit. 2023-04-06]. ISBN 978-80-271-2288-2. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/komunikace-s-nemocnym-1317911/>
- (20) PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Ochrana přes ionizujícím zářením. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2022. ISBN 978-80-01-06971-4.*
- (21) ČESKO. § 7 odst. 2 *vyhlášky č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků - znění od 01.07.2022*. In: *Zákony pro lidi.cz [online]*. Zlín: © AION CS 2010-2023, 2010 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#p7-2>
- (22) ČESKO. § 7 odst. 3 *písm. a) vyhlášky č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků - znění od 01.07.2022*. In: *Zákony pro lidi.cz [online]*. Zlín: © AION CS 2010-2023, 2010 [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#p7-3-a>

- (23) ULLMANN, Vojtěch. Biologické účinky ionizujícího záření: *Radiční ochrana*. In: *AstroNuklFyzika* ® [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm#7>
- (24) PRCHALOVÁ, Dana. Místní diagnostické referenční úrovně: *Nukleární medicína a CT část SPECT/CT*. Fakultní nemocnice v Motole. Klinika nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FN Motol, 2022.
- (25) HAVRÁNKOVÁ, Renata, Zuzana FREITINGEROVÁ SKALICKÁ, Jiří HAVRÁNEK, Friedo ZÓLER a Pavel KUNA. *Základy radiobiologie*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zdravotně sociální fakulta, 2018. ISBN 978-80-7394-696-8.
- (26) SMRČKA, Simon. *Perfuze mozku se zaměřením na detekci epileptických center: [online]*. Brno, 2018. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/k7dd00/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Bc. Jana Švagriková.
- (27) FOIADELLI, Thomas, Lieven LAGAE a Karolien GOFFIN. *Subtraction Ictal SPECT coregistered to MRI (SISCOM) as a guide in localizing childhood epilepsy*. *Epilepsia Open* [online]. © The International League Against Epilepsy, 1999, 5(1), 61-72 [cit. 2023-05-10]. ISSN 2470-9239. Dostupné z: [doi:10.1002/epi4.12373](https://doi.org/10.1002/epi4.12373)
- (28) TÁBORSKÁ, Kateřina. *Perfuzní scintigrafie mozku*. *Klinika nukleární medicíny a endokrinologie 2*. LF UK a FN Motol, 2021.

- (29) DAMIÁN, Andrés, Mariana LEGNANI a Denisse RADA. *SPECT activation patterns in psychogenic non-epileptic seizures in temporal lobe epilepsy patients*. *Seizure: European Journal of Epilepsy* [online]. 1992, 2021(90), 110-116 [cit. 2023-05-12]. ISSN 1059-1311. Dostupné z: doi:10.1016/j.seizure.2021.02.030.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Anamnéza a fyzikální vyšetření v diferencíální diagnóze synkopy a epileptického záchvatu (13, s. 339).....	31
Obrázek 2– Znázornění iktálního a interiktálního scintigrafického vyšetření. (17).....	36
Obrázek 3 - Kontrolované pásmo na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2.LF UK ve FN Motol	39
Obrázek 4 - Sledované pásmo na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie 2.LF UK ve FN Motol	39
Obrázek 5 - Znázornění místních diagnostických referenčních úrovní pro vyšetření mozku (24)	45
Obrázek 6 - Příčina vzniku epileptických záchvatů u pacientů za období 2016-2022	49
Obrázek 7 – Početní zastoupení epileptogenních záchvatů a příznaků u pacientů	50
Obrázek 8 - Výskyt epileptogenních ložisek v mozku u pacientů za období 2016-2022	51
Obrázek 9 - Počet uskutečněných/neuskutečněných iktálních vyšetření v průběhu let v období 2016-2022.....	55
Obrázek 10 - Počet uskutečněných a opakovatelných interiktálních vyšetření ve stejný den v období 2016-2022	56
Obrázek 11 - Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při iktálním vyšetření	57
Obrázek 12 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při iktálním vyšetření	58
Obrázek 13 - Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při interiktální vyšetření	59

Obrázek 14 – Množství aplikované aktivity (MBq) jednotlivým pacientům při interiktálním vyšetření.....	59
Obrázek 15 - Znázornění iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit pacientům při scintigrafickém vyšetření mozku	60
Obrázek 16 - Zobrazení aplikovaných iktálních aktivit dle věku	61
Obrázek 17 - Zobrazení aplikovaných interiktálních aktivit dle věku.....	62
Obrázek 18 - Znázornění iktálních a interiktálních aplikovaných aktivit vybraným šestnácti pacientům	64
Obrázek 19 - Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u iktálního vyšetření	65
Obrázek 20 - Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u iktálního vyšetření	65
Obrázek 21 - Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u interiktálního vyšetření.....	66
Obrázek 22 – Časová doba od podání radiofarmaka do začátku snímání u interiktálního vyšetření.....	66
Obrázek 23 - Zobrazení časových prodlev dle věku u iktálního vyšetření....	67
Obrázek 24 - Zobrazení časových prodlev dle věku u interiktálního vyšetření	68
Obrázek 25 - Výskyt faktorů ovlivňující iktální scintigrafické vyšetření mozku	69

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Základní sledované objekty	48
Tabulka 2 - Umístění epileptogenních ložisek v mozku dle věku a pohlaví pacientů	52
Tabulka 3 - Jednotlivé zastoupení statistických údajů u iktálního a interiktálního vyšetření.....	53
Tabulka 4 - Znázornění aplikovaných aktivit pro iktální a interiktální vyšetření.....	63