



**Wydział
Fizyki**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Medycyna nuklearna w diagnostyce ośrodkowego układu nerwowego

Joanna Rymko

*Opracowanie wykonane w ramach przedmiotu „Metody i Techniki Jądrowe
w Środowisku, Przemysle i Medycynie”*

Rok akademicki 2017/2018





Spis treści

1. [Podstawowe informacje o mózgu](#)
2. [Układ nerwowy](#)
3. [Ośrodkowy układ nerwowy](#)
4. [Mózgowie:](#)
 - a. [budowa](#)
 - b. [anatomia](#)
5. [Płat:](#)
 - a. [czołowy](#)
 - b. [ciemieniowy](#)
 - c. [skroniowy](#)
 - d. [potyliczny](#)
6. [Czym zajmuje się neuroradiolog?](#)
7. [Fizyk medyczny](#)
8. [Zadania fizyka medycznego](#)
9. [Czym jest medycyna nuklearna?](#)
10. [Metody obrazowania w medycynie nuklearnej](#)

11. SPECT:
 - a. SPECT w neurologii
12. PET:
 - a. PET w neurologii
13. Gammakamera:
 - a. gammakamera w neurologii
14. Tomografia komputerowa:
 - a. TK w neurologii
15. Cysternografia:
 - a. cysternografia-przebieg
16. Mapa aktywności mózgu:
 - a. obraz prawidłowy
 - b. patologia
17. Neurologia interwencyjna
18. Małoinwazyjne techniki obrazowania:
 - a. USG
 - b. MRI
 - c. fMRI
19. Porównanie dawek
20. Sytuacja medycyny nuklearnej w Polsce i na świecie
21. Przyszłość medycyny nuklearnej w neurologii:
 - a. protonoterapia
 - b. obrazowanie hybrydowe
 - c. wewnątrznaczyniowe podanie leku do guza
22. Bibliografia



Podstawowe informacje o mózgu

Mózg:

- Waga: ok. 1200-1400 g (u osoby dorosłej)
- 10 razy szybciej niż inne narządy zużywa energię
- Wykorzystuje 20% tlenu dostarczonego do organizmu
- Nieustannie pracuje, nawet podczas snu (jedynie część procesów ulega spowolnieniu)
- Po ok. 3 minutach bez tlenu komórki mózgowe zaczynają obumierać





Układ nerwowy

Podział:

- ze względu na funkcję:
 - układ somatyczny
 - układ autonomiczny(wegetatywny)
- ze względu na anatomię:
 - ośrodkowy
 - obwodowy

Ośrodkowy układ nerwowy: OUN/CNS

Elementy wchodzące w skład OUN:

- mózg
- mózdzek
- rdzeń przedłużony
- rdzeń kręgowy

Istota biała oraz szara są budulcem OUN. Pierwsza z nich to tkanka glejowa oraz naczynia włókien nerwowych niemających osłonki Schwanna. Istota szara tworzy włókna nerwowe, komórki nerwowe oraz naczynia krwionośne.





Mózgowie: budowa

Mózgowie-część ośrodkowego układu nerwowego chroniona przez kości czaszki.

Podział topograficzny mózgu:

- przodomózgowie
 - kresomózgowie (mózg)
 - międzymózgowie
- śródmózgowie
 - pokrywa śródmózgowia
 - konary mózgu
- tyłomózgowie
 - tyłomózgowie wtórne
 - rdzeniomózgowie



Mózgowie: budowa c.d.

Bardziej znany i powszechniej używany w opisie mózgowia jest podział kliniczny:

- półkule mózgu
- mózdzek
- pień mózgu
 - śródmózgowie
 - most Varola
 - rdzeń przedłużony



Mózgowie: anatomia

Główną częścią mózgowia jest składający się z dwóch półkul mózg. Powierzchnia mózgu jest duża dzięki znacznemu pofałdowaniu półkul, które są od siebie odseparowane (bruzda podłużna). Wielkie spoidło mózgowe jest jedynym obszarem łączącym obie półkule. Znajduje się w dolnej części mózgu.

Wyróżniamy 4 płaty mózgu:

- czołowy
- ciemieniowy
- skroniowy
- potyliczny



Płat czołowy-funkcje

- wyuczone czynności ruchowe
- planowanie
- zapamiętywanie
- podejmowanie decyzji
- kultura osobista
- myślenie abstrakcyjne
- analiza oraz ocena emocji
- poczucie wstydu



Płat ciemieniowy-funkcje

- analiza barw i głębi
- czytanie
- pisanie
- rejestracja bodźców (temperatura, ból)
- orientacja przestrzenna
- integracja bodźców ruchowych, wzrokowych, słuchowych i czuciowych
- celowe ruchy
- rozpoznawanie ruchu
- rozumienie pojęć symbolicznych i geometrycznych



Płat skroniowy-funkcje

- wrażenia słuchowe
- rozpoznawanie muzyki
- rozumienie mowy
- pamięć werbalna
- rozpoznawanie obiektów
- analiza zapachów



Płat potyliczny-funkcje

- widzenie
- rozpoznawanie barw
- ocena głębi
- skojarzenia wzrokowe
- analiza ruchu
- analiza kształtu



Czym zajmuje się neuroradiolog?

Neuroradiolog-lekarz specjalizacji radiologia zajmujący się diagnozowaniem oraz leczeniem pacjentów. Zabiegi przeprowadzane przez neuroradiologa odbywają się w polu promieniowania rentgenowskiego lub z wykorzystaniem innej aparatury diagnostyczno-leczniczej w celu kontroli pracy oraz dokładniejszej nawigacji w ciele pacjenta.



Fizyk medyczny

- stosuje metody fizyki w technice radiacyjnej w celach medycznych
- działa lub doradza w dziedzinie dozymetrii i napromieniania pacjentów w chorobach nowotworowych, stosując złożone procedury fizyczne i techniki medyczne oraz wyposażenie wykorzystujące promieniowanie jonizujące
- zapewnia optymalizację i jakość zabiegów
- sprawuje kontrolę bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla celów medycznych w dziedzinie radioterapii onkologicznej, diagnostyce obrazowej oraz medycynie nuklearnej, doświadczalnej i klinicznej



Zadania fizyka medycznego

- stosowanie do radioterapii wiązek promieni X, promieni gamma, elektronów, neutronów i cząstek silnie jonizujących oraz promieniowania pochodzącego z zamkniętych źródeł radioizotopowych
- stosowanie w diagnostyce obrazowej wiązek promieni X, ultradźwięków, promieniowania mikrofalowego i pól magnetycznych
- stosowanie radionuklidów do radioterapii i diagnostyki (medycyna nuklearna)
- kontrola jakości wykorzystywanych urządzeń, kontrola jakości uzyskiwanych obrazów diagnostycznych
- ocena dawek i zagrożenia wynikających ze stosowania źródeł promieniowania jonizującego
- stosowanie metod fizyki w medycznych pracach badawczych



Czym jest medycyna nuklearna?

Medycyna nuklearna jest jednym z działów medycyny. Zajmuje się tematyką związaną z diagnozowaniem oraz leczeniem chorób przy użyciu radiofarmaceutyków. Radiofarmaceutyki są związkami chemicznymi składającymi się z dwóch elementów: znacznika (radioaktywny izotop promieniotwórczy) oraz nośnika-ligandu (związek mający zdolność pokonywania tzw. bariery krew-mózg przedostając się z naczyń krwionośnych do płynu mózgowo-rdzeniowego oraz osadzania się w tkankach pacjenta).

Medycyna nuklearna dzieli się na dwie podstawowe gałęzie:

- Nuklearną medycynę diagnostyczną- obrazowanie tkanek i narządów oraz procesów metabolicznych w nich zachodzących
- Nuklearną medycynę interwencyjną- niszczenie uszkodzonych komórek przy użyciu radiofarmaceutyku

Metody obrazowania w medycynie nuklearnej

Scyntygrafia oraz techniki tomografii emisyjnej: tomografia pojedynczego fotonu (SPECT) i pozytonowa emisyjna tomografia komputerowa (PET) są podstawowymi technikami obrazowania stosowanymi w medycynie nuklearnej. Dzięki zastosowaniu powyższych metod otrzymujemy nie tylko obraz danej struktury ludzkiego ciała, ale również funkcje czynnościowe, metabolizm badanego narządu.





SPECT

SPECT (*ang. Single Photon Emission Computed Tomography*)- tomografia emisyjna pojedynczego fotonu; technika tomografii obrazująca przestrzennie aktywność biologiczną badanego narządu z wykorzystaniem promieniowania gamma. Etapy badania SPECT:

1. Podanie pacjentowi radiofarmaceutyku (najczęściej bezpośrednio na naczynia, rzadziej doustnie). Najczęściej stosowane są:
 - ^{99m}Tc -HMPAO (heksametylopropylenoaminoooksym znakowany technetem)- stosowany do badania zmian zachodzących w dużych i średnich naczyniach mózgowych
 - ^{99m}Tc -ECD (ester dietylowy etylenodicysteiny znakowany technetem)- stosowany do badania przepływu mięsaszowegoOba znaczniki podaje się w ilości 555-1100 MBq, przeciętnie około 740 MBq (u osób dorosłych).
2. Radiofarmaceutyk ulega nagromadzeniu w danym obszarze.
3. Promieniowanie emitowane przez radioaktywny izotop jest rejestrowane przez zewnętrzny detektor-gamma kamerę.
4. Na monitorze komputera obrazowane są drogi przepływu izotopu przez narząd, obszary wydzielania oraz wydalania.



SPECT c.d.

Ruchome (rotujące) gamma kamery pozwalają na obserwacje warstwowe obrazów (tomografia). Obrazy te uzyskuje się przez okrężny ruch głowicy aparatu wokół ciała badanego.

W badaniach obrazowania mózgu wykonuje się 64 obrazowania, podczas których pacjent musi leżeć nieruchomo. Czas całego badania jest dość długi - wynosi ok 30-45 min. Może być to uciążliwe dla części osób.



Badania SPECT w neurologii

Tomografia pojedynczego fotonu jest jedną z technik służących badaniu przepływu krwi w mózgu, guzów mózgu oraz rozmieszczenia receptorów. Po wprowadzeniu do ciała pacjenta radiofarmaceutyku przy użyciu gamma kamery na ekranie komputera otrzymywany jest obraz. Widoczne są miejsca w mózgu nagromadzenia się lub braku znacznika. Mniejsze nagromadzenie lub brak oznaczają niedokrwienie badanego obszaru. SPECT w odróżnieniu od pozostałych metod medycyny nuklearnej umożliwia dostrzeżenie ognisk niedokrwieniowych zaraz po zablokowaniu naczynia, niedokrwienia względnego oraz niepełnej martwicy neuronalnej.

Badanie SPECT jest przydatne w diagnostyce:

- ogniw padaczkowych
- udaru mózgu
- zwężenia tętnicy szyjnej
- uszkodzeń w przepływie krwi tkanki mózgowej w urazach czaszkowo-mózgowych
- różnicowania chorób otępiennych
- określenie obszaru niedokrwienia po zawale mózgu w następstwie zatoru lub zakrzepu



Badania SPECT w neurologii c.d.

SPECT obecnie również stosowany jest w diagnostyce zaburzeń psychicznych, gdyż dzięki badaniu funkcji i aktywność mózgowych uwidaczniane są poszczególne struktury oraz przepływ krwi w nich, co pozwala na porównanie obrazów badanego z obrazami przedstawiającymi znane przypadki chorób i zaburzeń psychicznych. Pozwala to na wykrycie nieprawidłowości we wczesnej fazie.

Przykłady chorób i zaburzeń wykrywanych w badaniu SPECT:

- depresja
- demencja starcza
- schizofrenia
- problemy z pamięcią
- niestabilność emocjonalna
- dysleksja
- zaburzenia ruchu
- zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD)



PET

PET (*ang. Positron Emission Tomography*)- pozytonowa tomografia emisyjna; podobnie jak w technice SPECT do organizmu pacjenta wprowadzany jest radiofarmaceutyk znakowany krótkożyjącym izotopem promieniotwórczym, który ulega rozpadowi β^+ emitując pozyton. Wyemitowana cząstka, po przebyciu drogi kilku milimetrów w ciele pacjenta, zderza się z pierwszym napotkanym elektronem anihilując z nim. Efektem tego oddziaływania jest emisja dwóch fotonów gamma o energii 511 keV każdy poruszających się w przeciwnych kierunkach.

Współczesne skanery PET są urządzeniami hybrydowymi typu:

- PET-CT, PET/CT- połączenie PET z wielorzędowym tomografem komputerowym
- PET-MRI, PET/MRI- połączenie PET z rezonansem magnetycznym



Badania PET w neurologii

Badanie PET umożliwia ocenę aktywności metabolicznej mózgu oraz stan jego ukrwienia. Metoda ta jest również skuteczna do szybkiej diagnozy choroby Alzheimera (nawet 13 miesięcy przed pojawieniem się pierwszych klinicznych objawów choroby).

W wyniku badania PET określa się współczynnik metabolizmu glukozy (Cerebral Metabolic Rate for Glucose - CMRGlc) oraz oblicza regionalny mózgowy przepływ krwi (Regional Cerebral Blood Flow - RCBF).

Obrazowanie metodą PET pozwala zdiagnozować pierwotną postępującą afazję, która objawia się obniżoną aktywnością metaboliczną płatów ciemieniowych oraz skroniowych po lewej stronie, lecz obrazie prawej półkuli nie różni się od prawidłowego obrazu.



Gammakamera

Badanie funkcjonalne wykorzystujące właściwości promieniotwórcze izotopów. Do ciała badanego wprowadza się substancję z pierwiastkiem radioaktywnym. Znacznik rozchodzi się po całym organizmie pacjenta i po upływie określonego czasu (zależny od czasu połowicznego rozpadu podanego pierwiastka-zazwyczaj kilka godzin) gammakamera rejestruje kwanty promieniowania gamma emitowane z ciała pacjenta. Promieniowanie to rozchodzi się we wszystkich kierunkach z różnym natężeniem (zależność od rodzaju tkanek otaczających badany organ, które pochłaniają część promieniowania).

Gammakamera zbudowana jest z kolimatora odpowiedzialnego za filtrację promieniowania-przepuszczanie tylko promieniowania padającego pod określonym kątem. Kolimator zazwyczaj jest ołowianą płytką z otworami rozmieszczonymi w formie plastra miodu. Następnie kwanty gamma trafiają na scyntylator, gdzie padające fotony wywołują emisję błysków świetlnych z powierzchni scyntylatora. Światło pada na fotokatodę fotopowielacza. Następuje emisja elektronów wielokrotnie powielanych w powielaczu. W efekcie powstają rejestrowane impulsy elektryczne.



Gammakamera w neurologii

Badanie z wykorzystaniem gammakamery pozwala na:

- lokalizację rozwijających się nowotworów oraz umiejscowienie przerzutów w ciele pacjenta
- ocenę żywotności guza w mózgu
- ocenę perfuzji w udarze mózgu
- lokalizację ognisk padaczkowych

Gammakamera jest również pomocna w diagnostyce choroby Alzheimera i Parkinsona.



Tomografia komputerowa

CT, TK (*ang. X-ray Computed Tomography*)-rentgenowska tomografia komputerowa; badanie obrazujące strukturę narządów wewnętrznych człowieka. Podczas TK badany leży na specjalnym ruchomym stole, który przesuwa go do wnętrza owalnego otworu aparatu CT. Lampa wytwarza promieniowanie rentgenowskie i porusza się w specjalnej ramie dookoła ciała pacjenta. Kwanty promieniowania przenikają przez organizm ludzki i ulegają osłabieniu przez znajdujące się po drodze tkanki i narządy. Każdy narząd w organizmie w innym stopniu osłabia promieniowanie. Dzięki temu otrzymujemy obraz konkretnych struktur wewnętrznych badanego.

Tomografia komputerowa w neurologii

Badanie CT pozwala wykryć m.in.:

- choroby centralnego układu nerwowego
- zmiany naczyniopochodne w mózgowiu (krwiak, zawał)
- krwawienie doczaszkowe
- ropień mózgu
- urazy głowy, kanału i rdzenia kręgowego
- choroby kości czaszki, gardła i krtani
- wrodzone wady ośrodkowego układu nerwowego
- choroby nowotworowe mózgowia

Często w celu wykrycia nowotworu badanemu podaje się dożylnie specjalny środek cieniujący, w celu uwidocznienia naczyń oraz lepszego zobrazowania stopnia ukrwienia tkanek. Silną reakcją na kontrast wykazują nerwiaki oraz oponiaki.

Współcześnie dzięki TK przeprowadza się zabiegi biopsji w trudno dostępnych miejscach oraz planuje się zabiegi z użyciem neuronawigacji.





Cysternografia

Cysternografia (radiografia izotopowa zbiorników podstawy czaszki)-badanie obrazujące krążenie płynu mózgowo-rdzeniowego. Podczas badania oceniany jest wygląd przestrzeni podpajęczynówkowej oraz śledzi się krążenie płynu mózgowo-rdzeniowego.

Wartość diagnostyczna:

- ocena drożności zastawki komorowo-przedsionkowej
- różnicowanie rodzajów wodogłowia
- weryfikacja podejrzenia płynotoku
- diagnostyka wycieku płynu mózgowo-rdzeniowego



Cysternografia-przebieg

Do ciała pacjenta przez nakłucie lędźwiowe wprowadza się substancję znakowaną izotopem promieniotwórczym (najczęściej technet o aktywności 350-500 MBq). W jamie podpajęczynówkowej znacznik rozprzestrzenia się wraz z krążeniem płynu mózgowo-rdzeniowego ukazując kanał kręgowy oraz zbiorniki podstawy mózgu. W odstępach czasu (najczęściej po 2, 6 i 24 h od podania znacznika) skanując scyntygrafem ciało pacjenta wykonuje się kilka projekcji (przednio-tylnych oraz bocznych). Otrzymane obrazy służą do oceny przepływu płynu mózgowo-rdzeniowego w czasie.

Scyntygrafia mózgu-mapa aktywności mózgu

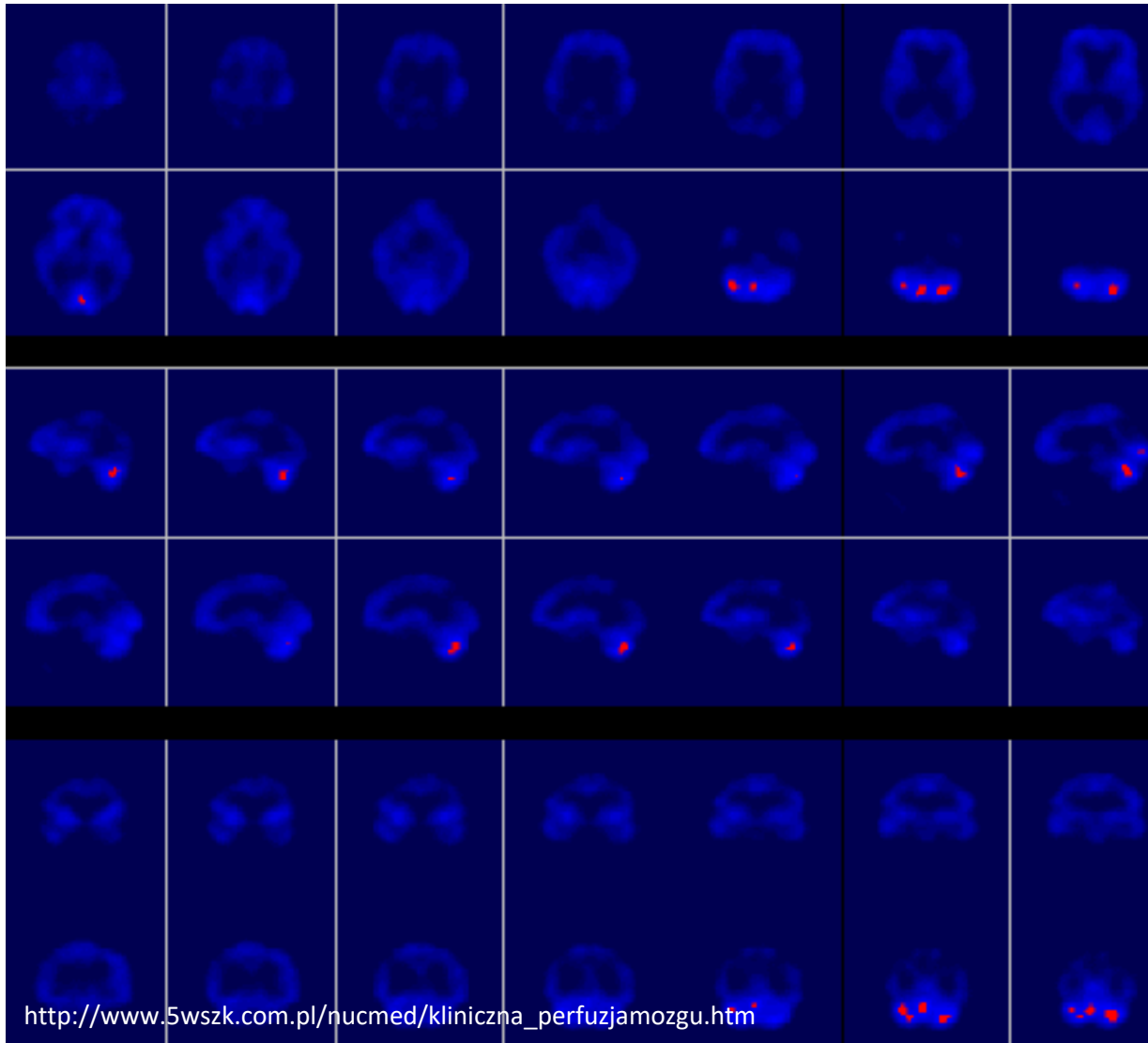
Mapa aktywności mózgu pozwala na uwidocznienie struktur w mózgu, w których zachodzi największa kumulacja izotopu promieniotwórczego-struktury mózgu o największej aktywności. W niektórych patologiach niewłaściwe obszary mózgu wykazują zbyt dużą aktywność. Dzięki stworzeniu mapy aktywności mózgu można określić te obszary.

Poniżej prezentowane są prawidłowe oraz patologiczne obrazy mózgu:

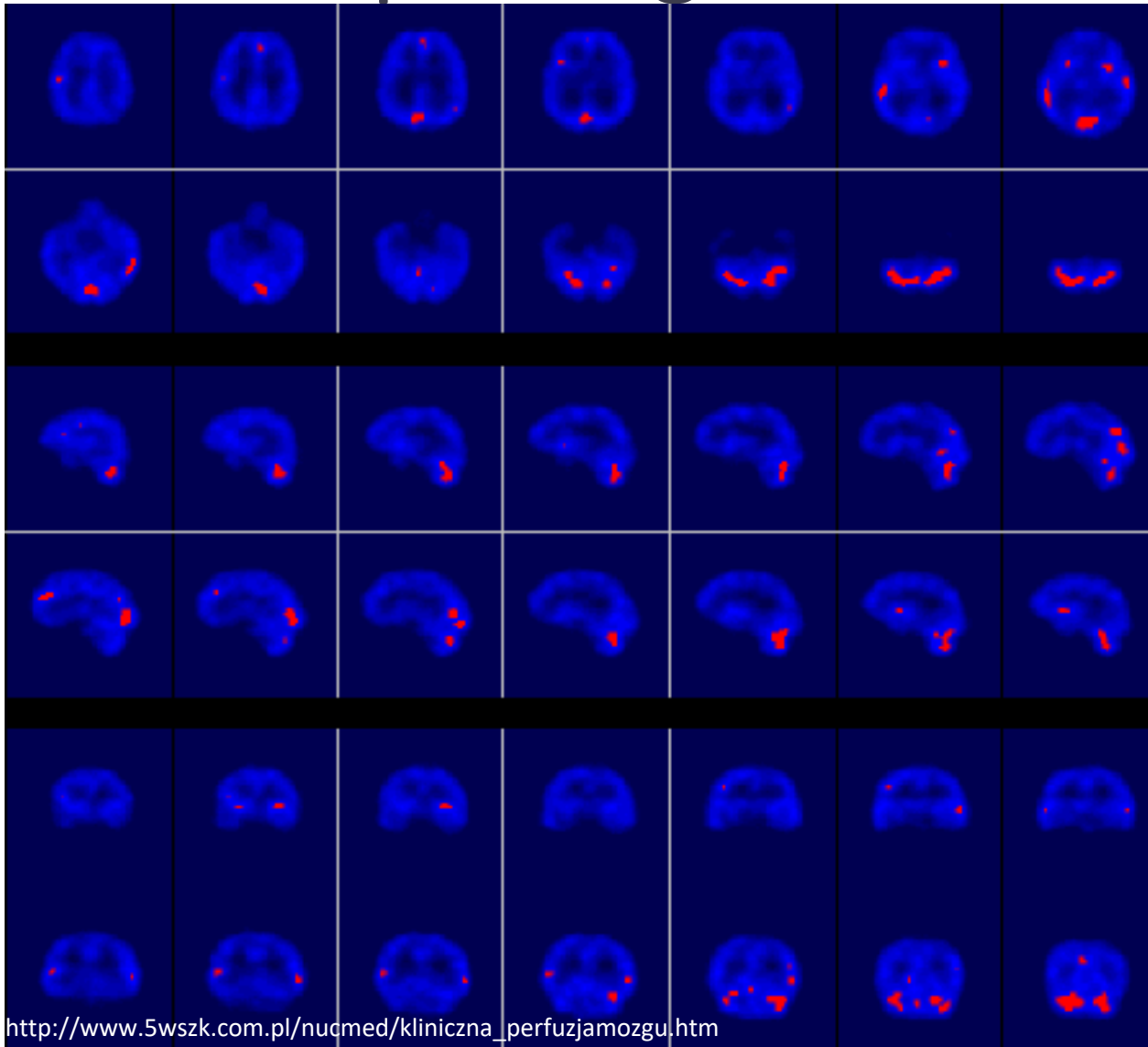
- obszary niebieskie-uśredniona aktywność mózgu
- obszary czerwone-najwyższa aktywność w mózgu



Mapa aktywności mózgu -obraz prawidłowy



Mapa aktywności mózgu -patologia





Neurologia interwencyjna

Neuroradiologia zabiegowa (interwencyjna)-młoda gałąź medycyny zyskująca coraz większą popularność polegająca na diagnozowaniu oraz leczeniu bez konieczności wykonywania zabiegów neurochirurgicznych, tradycyjnego, operacyjnego otwarcia czaszki pacjenta.

Neurologia zabiegowa polega na przezskórnym (najczęściej przez tętnicę udową) dostaniu się do mózgu. Jest ona metodą małoinwazyjnego leczenia chorób mózgu, głowy i szyi, kręgosłupa i rdzenia kręgowego, a także nerwów obwodowych.

Neuroradiolog interwencyjny przy użyciu angiografu naczyniowego RTG przez mikrocewniki wprowadza do ciała pacjenta mikronarzędzia medyczne pozwalające na leczenie określonych nieprawidłowości układu nerwowego. Promieniowanie rentgenowskie pozwala na bardzo precyzyjną nawigację wewnątrz organizmu.

Techniki medycyny nuklearnej a małoinwazyjne techniki obrazowania

Oprócz opisanych powyżej technik medycyny nuklearnej w obrazowaniu wykorzystuje się również techniki mniej inwazyjne. Poniżej opisano najbardziej popularne z nich.

- ultrasonografia-USG
- rezonans magnetyczny-MRI
 - funkcjonalny rezonans magnetyczny-fMRI





Ultrasonografia

Badania ultrasonografii (USG) wykorzystują zjawisko odbicia fali akustycznej (ultradźwiękowej) od tkanek w organizmie pacjenta.

W badaniu ultrasonograficznym niemożliwe jest zobrazowanie niektórych nieprawidłowości, np. w płucach, gdyż wypełnione są one powietrzem. Płuca charakteryzują się bardzo dużym współczynnikiem osłabienia fali dźwiękowej (ok. $40 \frac{dB}{cm * MHz}$). Kości również niezbyt nadają się do obrazowania ich struktur w badaniu USG, gdyż współczynnik osłabienia wynosi ok. $20 \frac{dB}{cm * MHz}$.



Ultrasonografia c.d.

Odbita fala ultradźwiękowa na granicy dwóch ośrodków o różnych gęstościach umożliwia ocenę wielkości, kształtu, a także struktury narządów wewnętrznych. Ultrasonografia różnicuje zmiany o charakterze litym od zmian o charakterze płynowym oraz jest uznawana za małoinwazyjną lub bezinwazyjną technikę obrazowania. Z tego powodu jest powszechnie używana do oceny rozwijającego się płodu, gdyż umożliwia ocenę zarówno wielkości, kształtu organów jak i ich funkcjonowania, przepływów w ciele płodu.



Rezonans magnetyczny

Rezonans magnetyczny (MRI) polega na umieszczeniu pacjenta w bardzo silnym polu magnetycznym. Wskutek porządkowania domen magnetycznych pod wpływem przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego z bardzo dużą dokładnością obrazowane są struktury wewnętrzne. MRI jest droższym badaniem niż CT oraz bardziej uciążliwym dla pacjenta ze względu na bardzo duży hałas podczas badania. Dotychczas nie stwierdzono niepożądanych skutków MRI. Nie wszyscy jednak klasyfikują się do tego badania, np. osoby z metalowymi implantami są dyskwalifikowani. Częściej zamiast rezonansu magnetycznego stosuje się TK. Pomimo faktu, iż występuje tam promieniowanie RTG (w MRI brak), to jest ono znacznie krótsze i mniej uciążliwe dla pacjenta.

Funkcjonalny rezonans magnetyczny

Badanie funkcyjnym rezonansem magnetycznym (fMRI) jest nieinwazyjną metodą obrazowania aktywności mózgu podczas normalnego funkcjonowania. Wykorzystuje ono zjawisko zmiany poziomu utlenowania krwi. Przez mózg ludzki przepływa krew, która dostarcza tlen oraz glukozę (energię) neuronom. Obszary mózgu o zwiększonej aktywności cechują się wzmożonym przepływem krwi. fMRI rejestruje te procesy elektryczne.

Rezonans magnetyczny umożliwia precyzyjną ocenę rodzaju i umiejscowienia nowotworu, diagnozuje stwardnienie rozsiane oraz chorobę Alzheimera. Podczas badania fMRI widoczne są również zmiany w aktywności mózgu podczas wykonywania przez pacjenta określonych czynności, np. widać, która część mózgu jest najaktywniejsza podczas wypowiedzania przez pacjenta słów. Dzięki temu jesteśmy w stanie ocenić miejsce oraz stopień uszkodzenia w płatach.





Porównanie dawek otrzymywanych przez pacjenta podczas badania z roczną dawką promieniowania naturalnego

Typ badania	Dawka [mSv]
rentgen klatki piersiowej	ok. 0,05
tomografia komputerowa klatki piersiowej	ok. 10
scyntygrafia znakowaną immunoglobuliną (poszukiwanie ognisk zapalnych)	ok. 2,8
scyntygrafia perfuzyjna mózgu (SPECT)	ok. 8,1
roczna dawka promieniowana naturalnego	ok. 2,6

Sytuacja medycyny nuklearnej w Polsce i na świecie

Na świecie bardzo powszechnie stosuje się najnowsze metody medycyny nuklearnej. Niestety w Polsce świadomość społeczna jest niższa. Ludzie słysząc określenie „nuklearna” lub „jądrowa” zaczynają się bać. Przypominają sobie skutki awarii w Czarnobylu. Medycyna nuklearna nie jest tym samym co elektrownie jądrowe. Od kwietnia 1986 roku nastąpił znaczny postęp w dziedzinie fizyki jądrowej. Współczesna medycyna nuklearna jest nieustannie rozwijana, aby była coraz bardziej skuteczna, a także coraz mniej inwazyjna dla pacjenta. Należy uświadamiać społeczeństwo jakie dobroczynne skutki niosą za sobą metody i techniki jądrowe nie tylko w medycynie, ale także w innych dziedzinach.

W Polsce myśląc o zastosowaniu technik jądrowych w diagnostyce oraz leczeniu ludzie myślą o nowotworach. Społeczeństwo jest często nieświadome zastosowania zjawiska promieniotwórczości w rozpoznawaniu i leczeniu innych chorób oraz patologii.



Przyszłość medycyny nuklearnej w neurologii

- Protonoterapia

W Polsce istnieje obecnie tylko jeden ośrodek (Kraków-Bronowice) wykorzystujący promieniowanie jonizujące pochodzące od protonów. Obszar leczenia nowotworów z wykorzystaniem ciężkich jonów jest bardzo obiecujący, gdyż pozwala na dokładne dostarczenie wysokich dawek promieniowania do zmian nowotworowych, chroniąc sąsiadujące z nowotworem organy szczególnie wrażliwe na promieniowanie. Przyspieszone w akceleratorze protony przekazują większość swojej energii pod koniec drogi w ciele pacjenta. Znając położenie guza jesteśmy w stanie określić jaką energię powinny mieć protony, aby pik Bragg'a pokrywał się z miejscem nowotworu. Za pikiem Bragg'a dawka gwałtownie spada. W związku z tym m.in. nowotwory głowy i szyi, okolicy okołordzeniowej, ośrodkowego układu nerwowego (guzy mózgu) mogą być skutecznie leczone z mniejszym narażeniem okolicznych tkanek.



Przyszłość medycyny nuklearnej w neurologii

- Obrazowanie hybrydowe

Nałożenie na siebie obrazów SPECT lub PET/CT lub MRI. Fuzja pozwala na integrację informacji diagnostycznych budowy oraz funkcji tkanek lub narządów (tzw. hybrydowych obrazów morfologiczno czynnościowych) w tym samym czasie.

Obecnie coraz powszechniejsze.



Przyszłość medycyny nuklearnej w neurologii

- Wewnątrznaczyniowe podanie leku do złośliwego guza mózgu.

W listopadzie 2017 r. w Centralnym Szpitalu Klinicznym MSWiA w Warszawie odbył się pionierski (pierwszy na świecie) zabieg polegający na wprowadzenie przez nakłucie w pachwinie pod kontrolą angiografu RTG do tętnic mózgu zaopatrujących guz bardzo małego cewnika (średnica ok. 0,4mm), przez który podano lek do guza. Zakwalifikowana do zabiegu pacjentka cierpiała na wielopostaciowego glejaka mózgu-nowotwór złośliwy. Po trzech dniach od zabiegu w kontrolnym badaniu rezonansu magnetycznego widać zmniejszenie guza aż o 5mm.

Na wyniki zabiegu oraz jego skuteczność trzeba jednak jeszcze poczekać.





Bibliografia

1. Bochenek A., Reicher M.: *Anatomia człowieka*. Wyd. 1(2). T. 4: Układ nerwowy ośrodkowy. Warszawa: PZWL, 1981
2. <http://www.5wszk.com.pl/nucmed> -weryfikacja 13.01.2018r.
3. <https://www.zwrotnikraka.pl/> -weryfikacja 13.01.2018r.
4. <http://www.affidea.pl/dla-lekarzy/> -weryfikacja 13.01.2018r.
5. *Opis zawodu "Fizyk Medyczny" w klasyfikacji zawodów i specjalności na stronie www Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej. psz.praca.gov.pl.*
6. https://ccb.ifj.edu.pl/pl.dla_medycyny.html -weryfikacja 13.01.2018r.
7. <https://cskmswia.pl/pl/a/wykonalismy-pierwszy-na-swiecie-zabieg-dotetniczego-podania-leku-do-guza-mozgu-pod-kontrola-rezonansu-magnetycznego> -weryfikacja 13.01.2018r.