

Tytuł: Zastosowanie metody spektroskopii bliskiej podczerwieni w lekkich urazach głowy u dzieci w warunkach Szpitalnego Oddziału Ratunkowego – doniesienie wstępne. / The utility of near-infrared spectroscopy in minor head injuries in children in Emergency Department – Preliminary results.

Słowa kluczowe: pourazowe uszkodzenie mózgu spektroskopia bliskiej podczerwieni dziecko lekki uraz głowy

Keywords: near-infrared spectroscopy traumatic brain injury child minor head injury

Autorzy:

lek. med. Stefan Anzelewicz - Katedra i Klinika Chirurgii i Urologii Dzieci i Młodzieży Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

prof. dr hab. Piotr Czauderna - Katedra i Klinika Chirurgii i Urologii Dzieci i Młodzieży Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

Streszczenie:

Cel: Celem pracy jest wstępna ocena przydatności klinicznej przenośnego spektroskopu bliskiej podczerwieni (Infrascanner ©) u dzieci z lekkim urazem głowy.

Materiały i metody: Włączani do badania byli pacjenci z punktacją w skali porażki Glasgow wynoszącą 14 i 15 pkt., bez braku utraty przytomności do 5 min, bez braku ran głowy do 5 cm długości, bez klinicznych cech złamania czaszki, wydolnych krążeniowo-oddechowo, w stanie stabilnym. Wykluczeni z badania byli pacjenci, zgłosili się po upływie ponad 24 godzin od urazu, u których stwierdzono malformacje naczyniowe mózgu i z wadami ośrodkowego układu nerwowego. Wyniki były porównywane z badaniami tomografii komputerowej (TK) głowy, badań ultrasonografii przezciemniczkowej (USG) oraz rozmowy telefonicznej braku oceny kontrolnej po 7 dniach od urazu. Wyniki badania gromadzono w formie elektronicznej. Analiza statystyczna została wykonana przy pomocy programu Microsoft Excel 2013.

Wyniki: Przebadano spektroskopem bliskiej podczerwieni 100 pacjentów w wieku od 6 miesięcy do 17 lat. W grupie tej wykonano 16 badań TK oraz 9 badań USG. Rozmowa telefoniczna braku ocena kontrolna została przeprowadzona u 77 pacjentów. Czułość badania spektroskopem bliskiej podczerwieni wyniosła 75%, swoistość 92%, wartość predykcyjna dodatnia 46% a wartość predykcyjna ujemna 98%. Poziom ufności wynosi 89%, a błąd maksymalny 8%.

Wnioski: Przeprowadzenie badania spektroskopem bliskiej podczerwieni u dzieci z lekkim urazem głowy wydaje się być dobrym testem przesiewowym w kierunku klinicznie istotnego pourazowego uszkodzenia mózgu celem kwalifikacji do wykonania badania TK. Konieczne jest jednak powiązanie wyniku tego badania z całościowymi ocenami klinicznymi. Wydaje się również, że szersza popularyzacja może zmniejszyć liczbę niepotrzebnie wykonywanych badań TK.

Abstract:

Abstract

Objectives: The aim of this study is to evaluate the clinical usefulness of a portable near-infrared spectroscope (Infrascanner © 1000, InfraScan inc., USA) among children with minor head injury at the Emergency Department.

Materials and methods: Patients enrolled to the study had Glasgow Coma Scale result of 14 or 15, did not suffer loss of consciousness or it lasted less than 5 minutes. They were not wounded in the head or the wound was less than 5 cm in length. They did not present clinical symptoms of skull fracture. The results were compared with the results of CT head scan, cranial ultrasound and phone interview or reassessment 7 days after injury. The results of the study were collected in an electronic form. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel 2013.

Results: A total of 100 patients ranging in age from 6 months to 17 years were examined using near-infrared spectroscopy. In this group, 15 head computed tomography (CT) scans and 9 cranial ultrasound (US) examinations were performed. Phone interview or reassessment after 7 days was completed in 77 patients. The sensitivity of the near-infrared spectroscopy was 75%, specificity 92%, positive predicted value 46%, negative predictive value 98%. The confidence level was equal to 89% and the maximum error was 8%.

Conclusions: Near-infrared spectroscopy (NIRS) in children after minor head injury seems to be a good screening tool for detection of clinically important traumatic brain injury. However its results should be closely correlated with clinical information and physical exam. , nevertheless there is insufficient data to use this technique in isolation from the general clinical assessment of the patient. More widespread NIRS application can lead to decreased number of head CT scans performed due to minor head injury in children.

Treść:

Wst?p

Urazy g?owy u dzieci s? cz?stym problemem w praktyce pediatricznej. Stanowi? przyczyn? nawet do 30% zg?osze? dzieci z urazami do Szpitalnych Oddzia?ów Ratunkowych (SOR)¹, np. w do?wiadczeniu SOR Szpitala Copernicus w Gda?sku w 2014 roku odsetek ten wynosi? 28,3%, za? dla Oddzia?u Klinicznego Medycyny Ratunkowej dla Dzieci USK nr 4 w ?odzi w 2011 roku wynosi? on 24,7%. Wed?ug statystyk, urazami g?owy ko?czy si? 15% wypadków sportowych u nastolatków, w wi?kszo?ci u ch?opców². Obra?enia mog? dotyczy? zarówno pow?ok czaszki, ko?ci twarzo- i mózgowczaszki, jak i struktur po?o?onych wewn?trz czaszki. Zdecydowana wi?kszo?? urazów dotyczy jedynie pow?ok. Tylko 5% dzieci zg?aszaj?cych si? do Szpitalnych Oddzia?ów Ratunkowych doznaje urazu struktur wewn?trczaszkowych, a oko?o 1% wymaga leczenia operacyjnego³.

Wi?kszo?? urazów g?owy u dzieci jest ?agodna w swojej naturze i nie wi??e si? z uszkodzeniem mózgu i p?nymi powik?aniami⁴. Ze wzgl?du na coraz ?atwiejszy dost?p do tomografii komputerowej, coraz wi?cej bada? jest przeprowadzanych. U dzieci wi??e si? to z nadu?yciem bada? tomografii komputerowej. Istniej? doniesienia, i? w skrajnych przypadkach badanie TK u pacjentów po urazach g?owy jest wykonywane zanim pacjent zostanie zbadany przez lekarza⁵. Badania s? cz?sto wykonywane przez techników radiologii w po?piechu ze wzgl?du na znacz? ilo?? pacjentów, co powoduje niedostateczne dostosowanie dawki promieniowania do danego pacjenta i nara?enie na zbyt wysok? dawk? promieniowania.

Mechanizm dzia?ania przeno?nego spektroskopu bliskiej podczerwieni stosowanego w niniejszym badaniu polega na emisji fali elektromagnetycznej o d?ugo?ci 805 nm, która jest absorbowana przez cz?steczki hemoglobiny bez wzgl?du na stopie? jej utlenienia. W przypadku wynaczynienia krwi w obr?bie mózgowia, st??enie hemoglobiny wzrasta w porównaniu ze st??eniem w krwi pozostaj?cej w naczyniach krwiono?nych oko?o dziesi?ciokrotnie. Im wi?cej promieniowania zostanie poch?oni?te, tym wi?ksza b?dzie ró?nica wzgl?dnej g?sto?ci optycznej hemoglobiny w mózgowiu⁶.

Najwi?kszym wyzwaniem diagnostycznym i leczniczym jest wyodr?bnienie z grupy wszystkich pacjentów dzieci z urazowym uszkodzeniem mózgu z jednoczesnym naciskiem na minimalizacj? ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie oraz ograniczenie liczby niepotrzebnych bada? radiologicznych, szczególnie tomografii komputerowych⁷.

Cel

Celem badania jest ocena korzy?ci p?yn?cych z zastosowania spektroskopii bliskiej podczerwieni (NIRS – Near-Infrared Radiation Spectroscopy) w lekkich urazach g?owy u dzieci w warunkach Szpitalnego Oddzia?u Ratunkowego.

Materiał i Metody

Badanie miało charakter prospektywny.

Urządzeniem wykorzystanym do przeprowadzenia badania był spektroskop bliskiej podczerwieni (Infrascanner© 1000, InfraScan Inc., USA). Badaną grupę stanowili pacjenci zaopatrywani w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym po urazach głowy w losowo wybrane dni. Badania były wykonywane przez dwóch lekarzy. Pierwszy lekarz wykonał 75% badań, drugi lekarz 25%. Grupa badana obejmowała 100 pacjentów pediatrycznych spełniających kryteria kwalifikacji. Badanie prowadzono w ciągu sześciu miesięcy: od lutego do lipca 2014 roku w trakcie 20 dyżurów medycznych.

Wybierani do badania byli pacjenci z punktacją w skali komi Goswami (oraz w modyfikacji Hahna dla dzieci poniżej 3 roku życia) wynoszącą 14 i 15 pkt., bez utraty przytomności bądź z utratą przytomności do 5 min, bez rany skóry głowy bądź z obecnością rany długości do 5 cm niekolidującej z badaniem, bez klinicznych cech złamania czaszki, wydolnych krążeniowo-oddechowo, w stanie stabilnym. Wykluczeni z badania byli pacjenci, u których badanie miało miejsce po upływie ponad 24 godzin od urazu, u których stwierdzono malformacje naczyniowe mózgu a także pacjenci z wadami strukturalnymi ośrodkowego układu nerwowego (wrodzone, zespół Arnolda-Chiari itp.). Wszyscy pacjenci byli badani według tego samego schematu (rys. 1).

Pacjenci byli kierowani na badanie TK głowy w przypadkach opisanych w tab. 1 (na podstawie pracy Tyżo i wsp. Z modyfikacją własną). W przypadku dzieci z niezakończonym ciążem, po badaniu spektroskopem, w pierwszej kolejności wykonywano badanie USG przezciężkie, jako ocena przesiewowa. Badania NIRS były wykonywane niezależnie od standardowego postępowania diagnostycznego, a wyniki badania nie wpływały na dalsze decyzje diagnostyczno-terapeutyczne. Wyniki badania NIRS oraz dokumentacja pacjenta zostały zachowane w formie elektronicznej. Radiolog opisujący badania tomografii komputerowej i wykonujący badania USG przezciężkie nie był świadomy wyniku badania NIRS. Statystykę wykonano w programie Microsoft Excel 2016.

Wyniki

Przebadano w sumie 100 pacjentów. Charakterystyka pacjentów przedstawiona jest w tab. 2. Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy między średnim wiekiem grup dziewczyn i chłopców ($p > 0,05$ test T-studenta dla prób niezależnych).

U 9 pacjentów wysunięto podejrzenie krwawienia śródczaszkowego na podstawie badania klinicznego. U tych pacjentów otrzymano także dodatni wynik badania NIRS. Wykonano z tego względu 8 badań TK oraz jedno badanie USG przezciemiączkowe.

W 6 przypadkach TK potwierdziło obecność krwiaka w lokalizacji sugerowanej przez NIRS. W jednym przypadku w TK stwierdzono także złamanie czaszki, którego podejrzenie wysunięto we wcześniejszym badaniu RTG. W wykonanym badaniu USG także stwierdzono cechy krwiaka w miejscu sugerowanym przez NIRS. W żadnym wypadku nie było konieczne wdrożenie leczenia neurochirurgicznego. W badaniach kontrolnych wykonanych w trakcie hospitalizacji stwierdzono normalizację wyniku badania spektroskopem w 5 – 7 dobie od urazu. W pozostałych dwóch przypadkach badań TK nie stwierdzono cech krwiaka wewnątrzczaszkowego.

U 8 dzieci wykonano badanie TK ze względu na objawy kliniczne, pomimo prawidłowego wyniku w badaniu NIRS. W badaniach TK nie stwierdzono zmian patologicznych. W tej grupie jedno badanie TK było wykonane u pacjenta ze stwierdzonym upojeniem alkoholowym z utratą przytomności w wywiadzie. Ponadto wykonano 8 badań USG przezciemiączkowych, jednak w żadnym nie stwierdzono zmian pourazowych pomimo uzyskania w 4 przypadkach dodatniego wyniku badania NIRS. U 75 pacjentów nie stwierdzono wskazań do wykonania badania TK. Wynik badania NIRS był we wszystkich przypadkach ujemny. W 24 przypadkach z tej grupy wykonano badanie RTG. W jednym przypadku potwierdzono złamanie czaszki, podejrzewane z powodu obecności krwiaka podczepcowego okolicy skroniowo-ciemieniowej. Ze względu na doskonały stan pacjenta odstąpiono od wykonania badania TK (niemowlę). Dziecko przyjęło na Oddział celem obserwacji. Po zakończeniu wizyty w SOR pacjenci zostali skierowani do Poradni Chirurgii Dziecięcej celem oceny kontrolnej po tygodniu. Pacjenci hospitalizowani z powodu pourazowego uszkodzenia mózgu zostali skierowani po zakończeniu leczenia na Oddział do Poradni Neurologii Rozwojowej. Niezależnie od wizyt kontrolnych przeprowadzono rozmowę telefoniczną / ocenę dotyczącą objawów po tygodniu od urazu. Powyższe dane podsumowuje tab. 3.

Czas badania NIRS wynosi średnio 90 sekund. Najdłuższe badanie trwało u dzieci w przedziale 1 rok – 3 lata. Wynosi on średnio 140 sekund (120 – 210 sekund). Badanie u dzieci powyżej ukończonego 3 roku życia nie sprawiało problemów. W tych przypadkach badanie wynosiło średnio 55 sekund (40 – 120 sekund). U wszystkich zakwalifikowanych pacjentów udało się przeprowadzić badanie.

Kontakt telefoniczny / ocena po 7 dniach od urazu została nawiązana / została przeprowadzona z rodzicami 77 pacjentów. U dwóch pacjentów utrzymywały się bóle głowy, podczas gdy u pozostałych nie zaobserwowano żadnych objawów chorobowych.

W 2 przypadkach na 25 wykonanych RTG czaszki stwierdzono złamanie kości czaszki. Jak wyżej zaznaczono, w jednym przypadku na podstawie zdjęcia radiologicznego wysunięto podejrzenie złamania, potwierdzone badaniem TK.

Celem oceny czułości i swoistości NIRS załono, iż prawdziwie ujemny wynik, czyli brak cech pourazowego uszkodzenia mózgu, stwierdzono u 75 pacjentów, u których również w badaniu drogą kontaktu telefonicznego nie odnotowano żadnych nieprawidłowości. Ujemny wynik badania NIRS potwierdzony badaniem TK został uzyskany w 8 przypadkach. Ujemny wynik badania NIRS potwierdzony badaniem USG został uzyskany w 4 przypadkach. W sumie 12 przypadków ujemnego wyniku badania NIRS został potwierdzonych badaniami obrazowymi. Dla większej pewności oceny załono, iż 2 pacjentów, którzy prezentowali objawy po 7 dniach, mogą doznać pourazowego uszkodzenia mózgu. Byli to pacjenci, u których nie wykonano badania TK (brak wskazań klinicznych), a wynik badania NIRS był ujemny. Tabela 4 to tabela krzyżowa dla badania spektroskopem bliskiej podczerwieni.

Podsumowanie wszystkich wyników wskazuje na to, iż czułość badania infraskanerem wyniosła 75%, a jego swoistość - 92%. Ponadto wartość predykcyjna dodatnia wyniosła 46% a wartość predykcyjna ujemna 98%. Poziom ufności wyniósł w tym przypadku 89%. Błąd maksymalny wyniósł 8%. Obliczenia poziomu ufności oraz błęd maksymalnego zostały wykonane w oparciu o dane GUS z 2013 oraz o dostępne w literaturze wskaźniki urazów głowy u dzieci w Polsce^{1,3,9-12}.

Dyskusja

Złotym standardem w diagnostyce krwawienia śródczaszkowego zarówno u dorosłych jak i dzieci jest tomografia komputerowa. Istnieje obecnie szereg badań przeprowadzonych wśród dorosłych pacjentów, zgodnych z zasadami medycyny opartej na dowodach, o klasie zaleceń A i 99% ujemnej wartości predykcyjnej, które pomagają w podjęciu decyzji o konieczności wykonania badania TK w przypadku lekkich urazów głowy^{13 14}. Niestety, jak zauważył prof. Bagaj¹², istnieje tendencja, szczególnie w USA, do wykonywania badania TK głowy jeszcze zanim pacjent zostanie zbadany przez lekarza. Między innymi z tego względu liczba badań TK w USA wzrasta lawinowo. Dla porównania, w roku 1980 wykonano w USA 3 miliony badań TK, a w 2006 roku już 67 milionów badań⁵. Promieniowanie jonizujące działa szkodliwie na żywe organizmy. Im komórki szybciej się dzielą tym większe ryzyko powstania nowotworu. Poziom referencyjny TK głowy dziecka wynosi 34 mGy. Pearce i wsp. Opublikowali w czasopiśmie Lancet w 2012 niepokojące wyniki¹⁵, ujawniające, iż skumulowana dawka 50 mGy zwiększa 3x ryzyko zachorowania na białaczkę w wieku dorosłym, a dawka 50 mGy zwiększa 3x ryzyko powstania nowotworu mózgu w wieku dojrzalym. Niestety zdarzają się przypadki, kiedy dawka promieniowania badania TK głowy dziecka wynosi 95 mGy i więcej. Po wykonaniu jednego badania TK głowy ryzyko zgonu z powodu nowotworu wzrasta 2x w porównaniu z grupą dorosłych¹⁵. Z tego względu zastosowanie badania NIR w diagnostyce pourazowego uszkodzenia mózgu wydaje się optymalnym rozwiązaniem.

W pediatrii istnieje rozbieżność w definicji urazu głowy i jego stopniowości. Trudno jest wytyczyć jasne granice, co jest spowodowane iż konsekwencje urazu głowy stanowią pewnego rodzaju continuum. W pediatrii zagranicznym pojawia się również definicja urazu głowy w zależności od wieku. U dzieci poniżej drugiego roku życia lekki uraz głowy definiuje się jako obecność w wywiadzie lekarskim zdarzenia, w którym doszło do urazu głowy bądź cechy urazu powłok czaszki, kości czaszki bądź mózgowia w badaniu przedmiotowym u czuwającego dziecka bądź dziecka, które

można wybudzić gosems b?d? lekkim dotykiem. U dzieci w wieku dwóch lat i starszych stosuje się, jako główne kryterium podziału, punktację według skali ?pi?czki Glasgow^{16–18}

. Przyczynę powyższego podziału s? trudno?ci w ocenie stanu klinicznego m?odszych dzieci, cz?sty brak objawów urazu ?ródczaszkowego, mo?liwo?? wyst?pienia pourazowego uszkodzenia mózgu i

z?amania czaszki pomimo wyst?pienia lekkiego urazu g?owy oraz fakt cz?stszego wyst?powania obra?e? zadanych celowo.

Na potrzeby artykułu przyjąłmy definicję stosowaną już w pi?miennictwie polskim z modyfikacją zgodną z dotychczasowym post?powaniem w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym naszej jednostki.

Bardzo ważnym krokiem w kierunku ujednolicenia post?powania w urazach g?owy u dzieci s? polskie wytyczne post?powania¹. Trudno jest porównać poszczególne badania kliniczne między sobą, ze względu na ró?ne stosowane kryteria. Do popularnych kryteriów i regu? kwalifikacji do badania TK nale??: Kanadyjska regu?a Tomografii Komputerowej¹³, regu?a CATCH, czyli Kanadyjska Ocena Wskaźa do Tomografii w Dzieci?cych Urazach G?owy¹⁹, regu?a CHALICE²⁰ oraz PECARN²¹. Można tak?e odnale?? w pi?miennictwie pozycję nawi?zując? do polskich wytycznych post?powania²². Jednak?e, niniejsza praca zosta?a zakończona zanim jeszcze pojawiły się nowe wytyczne Polskiego Towarzystwa Chirurgii Dzieci?cej dotycz?ce post?powania w lekkich urazach g?owy u dzieci¹.

Ważna próba przedstawienia algorytmu diagnostyki i post?powania w ?agodnych urazach g?owy miała miejsce na pocz?tku 2014 roku⁸. Nale?y tak?e podkreśli?, ?e wcze?niejsza propozycja algorytmu post?powania w lekkich urazach g?owy u dzieci miała miejsce już w 2010 roku³.

Istnieje niewiele bada? klinicznych potwierdzaj?cych skuteczno?? zastosowania spektroskopii bliskiej podczerwieni^{8,23–30}, a tylko trzy z nich oceniają? skuteczno?? w grupie pediatrycznej^{23,24,28}. Porównanie otrzymanych wyników z najwa?niejszymi bada? znajduje się w tabeli 5.

Ocenia się, iż już samo zastosowanie czytelnie okre?lonych regu? post?powania mo?e zmniejszyć liczb? wykonywanych bada? tomografii komputerowej o 20% do 40%^{21,31}, a dodatkowe wykorzystanie spektroskopii bliskiej podczerwieni - do dalszych 60%²⁶.

Badanie technik NIRS dzieci poniżej 3 roku życia jest zdecydowanie trudniejsze i wymaga wcześniejszego przygotowania opiekuna oraz opracowania instrukcji, jak dziecko ma być unieruchomione. W przypadku niniejszego artykułu badanie rozpoczęto po wykonaniu 100 badań na zdrowych ochotnikach, stąd prawdopodobnie wynika stosunkowo krótki czas badania przedstawiony w niniejszym artykule. W artykule Bressan i wsp.²⁴ średni czas badania wynosi 260 sekund, podczas gdy w niniejszej pracy średni czas badania wynosi 90 sekund. Należy podkreślić, iż prawidłowa pozycja dziecka w trakcie badania znacznie przyspiesza czas trwania badania.

Należy również zauważyć, iż niniejsze badanie wiązało się z pewnymi ograniczeniami. Przede wszystkim, ze względów etycznych, badanie nie mogło być randomizowane. Ponadto, nie u wszystkich pacjentów wykonano badanie TK, zaś sam kontakt telefoniczny mógł nie być wystarczający dla należytej oceny stanu dziecka. Dlatego nie można mieć pewności, iż pacjenci, u których wystąpiły bóle głowy w okresie kontroli po 7 dniach, nie przeżyli krwawienia śródczaszkowego. Trzeba też podkreślić, iż w badaniu skupiono się jedynie na wynikach krótkoterminowych.

Wnioski

Przeprowadzenie badania spektroskopem bliskiej podczerwieni u dzieci z lekkim urazem głowy wydaje się być dobrym testem przesiewowym w celu wykrycia klinicznie istotnego pourazowego uszkodzenia mózgu. Konieczne jest jednak powiązanie wyniku tego badania z całościową oceną kliniczną pacjenta. Wydaje się również, że jego szersza popularyzacja może zmniejszyć liczbę niepotrzebnie wykonywanych badań tomografii komputerowej. Konieczne jest jednak przeprowadzenie dalszych badań w tym zakresie, szczególnie porównujących wyniki badania spektroskopem bliskiej podczerwieni (NIRS) oraz tomografii komputerowej celem jednoznacznej oceny skuteczności badania NIRS.

Piśmiennictwo:

1. Skotnicka-Klonowicz G, Godziński J, Hermanowicz A, et al. Postępowanie w lekkich i średniociężkich urazach głowy u dzieci - wytyczne Polskiego Towarzystwa Chirurgów Dziecięcych. *Stand Med Probl Chir Dziecięcej*. 2014;(4):42-50.
2. Łcisło I. Opieka nad chorym z urazem czaszkowo-mózgowym. In: Walewska E, ed. *Podstawy Pielęgniarstwa Chirurgicznego*. Warszawa: PZWL; 2012:216-231.
3. Hilger T, Bagaj M, Zagierski J, Bazyński R, Małka R, Płoszyński Z. Minor head injury in children--proposed algorithm for clinical management. *Med Wieku Rozwoj*. 2010;14(1):28-36.

4. Da Dalt L, Marchi AG, Laudizi L, et al. Predictors of intracranial injuries in children after blunt head trauma. *Eur J Pediatr*. 2006;165(3):142-148.
5. Schenkman L. Second Thoughts About CT Imaging. *Science* (80-). 331(6020):1002-1004.
6. InfraScan I. Infrascanner White Paper. 2014. <http://infrascanner.com/wp-content/uploads/2014/12/Infrascanner-white-paper.pdf>.
7. Applegate KE, Cost NG. Review article: Image Gently: A Campaign to Reduce Children's and Adolescents' Risk for Cancer During Adulthood. *J Adolesc Heal*. 2013;52(Supplement):S93-S97.
8. Tyzo B, Trojanowski T, Szczepanek D, Rola R. Algorytm wstępnego postępowania w łagonych urazach głowy z wykorzystaniem przenośnego spektroskopu bliskiej podczerwieni. *Neurol Prakt* . 2014;2:13-20.
9. Radecka P, Kwiatkowski S, Milczarek O. Analiza wytycznych dotyczących postępowania w lekkich i średnio ciężkich urazach głowy u nieletnich w latach 2000 -2012 . Czy istnieje możliwość ujednolicenia wskazań do wykonywania badań obrazowych?? Ostry dyżur 2013;6;3:99-104.
10. Hilger T, Baglaj M. Late Sequelae of Minor Head Injury in Children - Is Routine Follow-Up Necessary? *Adv Clin Exp Med*. 2009;18(2):169-176.
11. Baglaj M, Ładogórska J. Lekki uraz głowy u dzieci - czy hospitalizacja i badanie radiologiczne są konieczne w każdym przypadku? Badania ankietowe wśród chirurgów dziecięcych. *Przegląd pediatryczny* . 2007;37(1).
12. Baglaj M. Minor Head Injury in Children - an Urgent Plea for Definition. *Adv Clin Exp Med* . 19(6):661-668.
13. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet*. 2001;357(9266):1391.

14. Haydel MJ, Preston CA, Mills TJ, Luber S, Blaudeau E, DeBlieux PMC. Indications for computed tomography in patients with minor head injury. *N Engl J Med*. 343(2):100-105.
15. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 380(9840):499-505.
16. Schutzman SA, Greenes D, Barnes P, et al. Evaluation and management of children younger than two years old with apparently minor head trauma: Proposed guidelines. *Pediatrics*. 2001;107(5):983-993.
17. Duhaime AC, Alario AJ, Lewander WJ, et al. Head injury in very young children: Mechanisms, injury types, and ophthalmologic findings in 100 hospitalized patients younger than 2 years of age. *Pediatrics* 90:179–185 Aug 1992. *Ann Emerg Med*. 1993;22:143.
18. Schutzman SA, Greenes DS. State of the Art: Pediatric minor head trauma. *Ann Emerg Med* . 2001;37:65-74.
19. Osmond MH, Klassen TP, Wells GA, et al. CATCH: a clinical decision rule for the use of computed tomography in children with minor head injury. *C Can Med Assoc J = J L'association Medicale Can*. 2010;182(4):341-348.
20. Dunning J, Daly JP, Lomas J-P, Lecky F, Batchelor J, Mackway-Jones K. Derivation of the children's head injury algorithm for the prediction of important clinical events decision rule for head injury in children. *Arch Dis Child*. 2006;91(11):885-891.
21. Kuppermann N, Holmes JF(1), Dayan PS(6), et al. Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *Lancet* . 2009;374(9696):1160-1170.
22. Lewartowska-Nyga D, Skotnicka-Klonowicz G. Minor head trauma - trivial matter or serious diagnostic and therapeutic problem? The role of Infrascanner in the diagnostic process. *Dev period Med* . 2016;20(2):126-133.
23. Salonia R, Bell MJ, Kochanek PM, Berger RP. The utility of near infrared spectroscopy in detecting intracranial hemorrhage in children. *J Neurotrauma*. 2012;29(6):1047-1053.

24. Bressan S, Daverio M, Martinolli F, et al. The use of handheld near-infrared device (Infrascanner) for detecting intracranial haemorrhages in children with minor head injury. *Child's Nerv Syst*. 2014;30(3):477-484.
25. Leon-Carrion J, Dominguez-Roldan JM, Leon-Dominguez U, Murillo-Cabezas F. The Infrascanner, a handheld device for screening in situ for the presence of brain haematomas. *Brain Inj*. 2010;24(10):1193-1201.
26. Braun T, Kunz U, Schulz C, Lieber A, Willy C. Near-infrared spectroscopy for the detection of traumatic intracranial hemorrhage: Feasibility study in a German army field hospital in Afghanistan. *Unfallchirurg*. 2015;118(8):693-700.
27. Ghalenoui H, Azar M, Khalatbari M, Saidi H, Yahyavi ST, Razavi HB. Near-infrared laser spectroscopy as a screening tool for detecting hematoma in patients with head trauma. *Prehosp Disaster Med*. 2008;23(6):558-561.
28. Semenova ZB, Marshintsev A V., Melnikov A V., Mesheryakov S V., Adaev AR, Lukyanov VI. Infrascanner in diagnosing intracranial injuries of children with the craniocerebral trauma. *Pediatr Neurosurg Neurol*. 2011;4(30):73-87.
29. Robertson CS, Zager EL, Narayan RK, et al. Clinical evaluation of a portable near-infrared device for detection of traumatic intracranial hematomas. *J Neurotrauma*. 2010;27(9):1597-1604.
30. Coskun F, Sezer EA, Karamercan MA, Akinci E, Vural K. An assessment on the use of infrascanner for the diagnosis of the brain hemotoma by using support vector machine. 2010;5(14):1911-1915.