

PRZYPADEK CHOROBY DEKOMPRESYJNEJ TOWARZYSZĄCEJ OBECNOŚCI PRZETRWAŁEGO OTWORU OWALNEGO (PFO) U LEKARZA NURKOWEGO

Krzysztof Dziewiatowski¹⁾, Romuald Olszański²⁾, Piotr Siermontowski³⁾

¹⁾ Oddział Neurologii, 7. Szpital Marynarki Wojennej w Gdańsku

²⁾ Emeritus Prof. Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie

³⁾ Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

STRESZCZENIE

Obecne obowiązujące w Polsce wytyczne i zalecenia nie wymagają prowadzenia rutynowych badań przeglądowych w kierunku obecności przecieku prawo - lewo w przebiegu przetrwałego otworu owalnego (PFO) u nurków. W poniższej pracy przedstawiamy przypadek lekarza nurkowego Marynarki Wojennej RP, który ponad wiele lat temu leczony był z powodu epizodu choroby dekompresyjnej typu I z objawami typu bends, towarzyszącymi zmianami skórnymi typu skóry marmurkowanej, drętwieniem kończyny górnej oraz układowymi zawrotami głowy. Powyższe objawy ustąpiły całkowicie po leczeniu w komorze dekompresyjnej. Dwadzieścia lat po powyższym epizodzie, w wieku 52 lat, lekarz został przyjęty jako pacjent do Oddziału Neurologii Szpitala Marynarki Wojennej w Gdańsku, gdzie diagnozowany był z powodu nawracających epizodów krótkotrwałego dwojenia oraz osłabienia prawej kończyny górnej. W czasie hospitalizacji wykonano przezczaszkową ultrasonografię dopplerowską (TCD) z kontrastem oraz echokardiografię przezprzełykową wykazując znacznego stopnia przeciek żyłno – tętniczy (RLS) poprzez przetrwały otwór owalny (PFO). Analizując retrospektywnie incydent choroby dekompresyjnej, który wystąpił 20 lat wcześniej, przypuszczamy, że występujące wówczas przemijające objawy neurologiczne oraz przedścionkowe mogły towarzyszyć przeciekowi żyłno – tętniczemu poprzez niezdiagnozowany wówczas przetrwały otwór owalny. W pracy wnioskujemy, że chociaż ryzyko wystąpienia poważnych powikłań neurologicznych lub przedścionkowych w przebiegu choroby dekompresyjnej jest niskie, w celu zwiększenia bezpieczeństwa nurkowania wydaje się zasadne opracowanie standardów wstępnego badania przesiewowego w kierunku obecności PFO u nurków, zwłaszcza nurków zawodowych, wojskowych oraz członkom personelu medycznego zaangażowanego w zabezpieczanie nurków. Przechaszkowa sonografia dopplerowska z kontrastem wydaje się być przydatna w badaniach przesiewowych na obecność RLS u nurków. W leczeniu hiperbarycznym wypadków nurkowych powinno być preferowane stosowanie komór wieloprzedziałowych

Słowa kluczowe: choroba dekompresyjna, nurkowanie, przetrwały otwór owalny, przechaszkowa sonografia dopplerowska z kontrastem (cTCD), kontrastowa echokardiografia przezprzełykowa, przeciek żyłno – tętniczy, przeciek prawo – lewo.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2021 Vol. 75 Issue 2 pp. 15 – 24

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2021-0008

Strony: 10, rysunki: 2, tabele: 0

page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: kazuistyczny (opis przypadku)

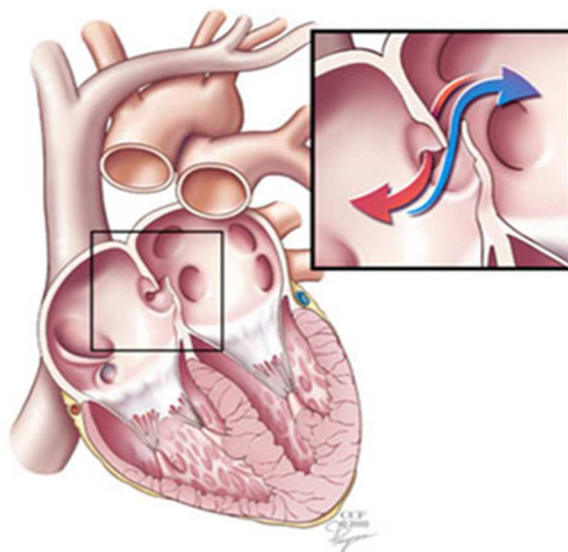
Termin nadesłania: 12.01.2021 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 23.03.2021 r.



WSTĘP

Przetrwały otwór owalny (PFO) jest występującym u około 25% dorosłej populacji wariantem anatomicznym polegającym na utrzymywaniu się połączenia między prawym i lewym przedsionkiem serca. U płodu otwór owalny ma olbrzymie znaczenie umożliwiając przepływ krwi utlenowanej z prawego do lewego serca, omijając nie funkcjonujące w życiu płodowym płuca. Utlenowana krew z łożyska matki wpływa do prawego przedsionka skąd poprzez otwór owalny lewego serca, a następnie jako krew tętnicza dopływa do wszystkich tkanek organizmu. Prawdopodobnie, u większości noworodków otwór ten zamyka się samoistnie w ciągu pierwszego roku życia [1]. U niektórych osób otwór owalny nie zamyka się całkowicie tworząc różnej średnicy kanał łączący prawy i lewy przedsionek. W zdecydowanej większości przypadków przetrwały otwór owalny nie ma żadnego znaczenia klinicznego i uważany jest za wariant anatomiczny. W pewnych sytuacjach związanych z fizjologicznym zwiększeniem ciśnienia w prawym przedsionku (kaszel, kichanie, tłocznia brzuszna, poród, dźwiganie ciężarów) może dojść do jego otwarcia i wystąpienia krótkotrwałego przecieku krwi żyłnej z prawego do lewego przedsionka (Fig. 1), którego następstwem może być zatorowość paradoksalna, gdy materiał zatorowy przedostaje się z układu żylnego do tętnic prowadząc do wystąpienia, między innymi, udaru niedokrwiennego mózgu [2].



Rys. 1 Przeciek krwi żyłnej z prawego do lewego przedsionka [3].

W czasie każdego nurkowania, a zwłaszcza w przypadku choroby dekompresyjnej, we krwi żyłnej nurka krążą pęcherzyki o składzie podobnym do mieszaniny oddechowej. W wyniku wzrostu ciśnienia w klatce piersiowej w trakcie pobytu pod wodą (prace podwodne, manewr Valsalwy) albo po nurkowaniu (dźwiganie sprzętu nurkowego, kaszel, kichanie, wciąganie się na brzuchu na pokład pontonu lub łodzi), pęcherzyki gazu mogą przedostawać się poprzez otwór owalny do krążenia systemowego. Krążące w układzie tętniczym pęcherzyki prowadzić mogą do pojawienia się łagodnych, nieistotnych klinicznie objawów, takich jak świąd skóry czy skóra marmurkowata. W następstwie gazowych zatorów tętniczych rozwinąć się może jednak również ciężka choroba dekompresyjna z objawami neurologicznymi lub objawami przedsionkowymi [4,5,6].

CASE REPORT

Pacjent l. 52, były lekarz wojskowy służący w jednostkach Marynarki Wojennej, przyjęty został do Oddziału Neurologii Szpitala Marynarki Wojennej w celu diagnostyki epizodów przemijającego dwojenia, które nawracało wielokrotnie w okresie ostatnich kilku lat. Dodatkowo pacjent podawał jednokrotny krótkotrwały epizod osłabienia siły mięśniowej prawej kończyny górnej. Chory negował występowanie schorzeń przewlekłych, nie przyjmował na stałe żadnych leków, w przeszłości nie występowały również u niego żadne istotniejsze zachorowania. Podczas zbierania wywiadu zgłosił jednak, że około 20 lat wcześniej, podczas służby w Marynarce Wojennej na stanowisku Lekarza Nurkowego wystąpił u niego epizod choroby dekompresyjnej.

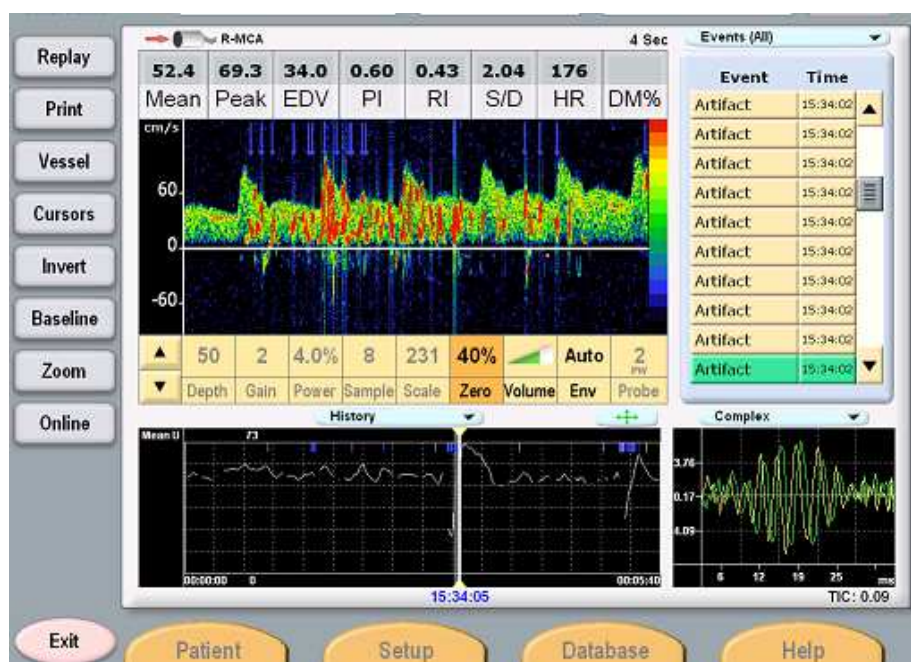
Pacjent podawał, że podczas zabezpieczania nurkowania wezwany został do nurka wojskowego, u którego rozwinęły się objawy choroby dekompresyjnej I typu z bólami mięśni i stawów. U nurka zastosowano rekompresję zgodnie z Tabelą 5 US Navy. Nurek wraz z lekarzem przebywał w czasie leczenia w jednoprzediałowej komorze dekompresyjnej. Podczas rekompresji nurek oddychał tlenem w trzema trwającymi 5 minut przerwami, w czasie których oddychał powietrzem atmosferycznym. Towarzyszący mu lekarz nurkowy oddychał w tym czasie przez 2 godziny i 15 minut powietrzem. Po zastosowanym leczeniu występujące u nurka objawy typu bends ustąpiły w ciągu pierwszych 20 minut leczenia.

Około dwóch godzin po zakończeniu leczenia, u lekarza nurkowego rozwinął się ból stawów barkowych oraz kolanowych z towarzyszącym wzrostem temperatury ciała do 38stC. Dodatkowo na skórze klatki piersiowej i brzucha pojawiły się zmiany o charakterze skóry marmurkowej, wystąpił świąd skóry, chory odczuwał również niewielkie

zdrętwienie prawej kończyny dolnej oraz zawroty głowy o charakterze wirowania. U pacjenta rozpoznano typ 1 choroby dekompresyjnej i rozpoczęto leczenie w komorze dekompresyjnej zgodnie z Tabelą 5 US Navy. Podczas procedury lekarz nurkowy, tym razem jako pacjent, oddychał tlenem z trzema trwającymi 5 minut przerwami, w czasie których oddychał powietrzem atmosferycznym. Wszystkie objawy wycofały u niego się po 18 minutach od rozpoczęcia leczenia.

W czasie powyższego epizodu pacjent posiadał ważne, dopuszczające go do nurkowania orzeczenie Wojskowej Komisji Morsko – Lekarskiej (WKML), przed zachorowaniem nie zgłaszał żadnych dolegliwości oraz negował incydenty choroby dekompresyjnej w przeszłości. Wykonana w ramach kwalifikacji do nurkowania echokardiografia przezklatkowa nie wykazała odchyłań od normy, coroczne badania laboratoryjne oraz konsultacje specjalistyczne wykonywane w ramach badań zleczanych przez WKML zarówno przed jak i po powyższym zachorowaniu były w normie. Podczas kolejnych ekspozycji na wysokie ciśnienie w komorze dekompresyjnej, do końca służby w Marynarce Wojennej nie obserwowano żadnych epizodów choroby dekompresyjnej.

Przy przyjęciu do Oddziału Neurologii, w badaniu przedmiotowych nie wykazano żadnych odchyłań od normy. W czasie hospitalizacji przeprowadzono u niego szereg badań dodatkowych. W badaniu rezonansu magnetycznego mózgowia, holtera EKG, holtera ciśnieniowego, USG Duplex tętnic dogłowych i badaniach laboratoryjnych nie wykazano odchyłań od normy. W celu wykluczenia zatorowości paradoksalnej związanej z przeciekiem żyłno – tętniczym, u chorego wykonano przezczaszkową sonografię dopplerowską z kontrastem. W trakcie badania, podczas dożylnego podawania kontrastu (zawiesina mikropęcherzyków powietrza w soli fizjologicznej), na tle widma prawej tętnicy środkowej mózgu wykryto obecność ponad 30 sygnałów odpowiadających mikrozatorowości w krążeniu mózgowym (HITS -high intensity transient signals). Wynik badania świadczył o obecności znacznego stopnia przecieku żyłno – tętniczego, prawdopodobnie poprzez drożny otwór owalny (Fig. 2).



Rys. 2 Widmo tętnicy środkowej mózgu z sygnałami HITS.

W celu potwierdzenia obecności przetrwałego otworu owalnego, wykonano echokardiografię przezprzełykową (TEE) z kontrastem. Badanie wykazało PFO ze znacznym przeciekiem krwi żyłnej z prawego do lewego przedsionka. Pacjent został skierowany na konsultację kardiochirurgiczną i zakwalifikowany do przezskórnego zamknięcia PFO za pomocą okludera. Chory postanowił nie poddawać się tej procedurze i zrezygnował z nurkowania.

DYSKUSJA

Leczenie choroby dekompresyjnej polega na sprężeniu nurka w komorze dekompresyjnej. W przypadku opisanym powyżej nurkowi wojskowemu, u którego wystąpiła choroba dekompresyjna typu 1, towarzyszył wykwalifikowany i doświadczony lekarz nurkowy. W czasie leczenia obaj przebywali w jednoprzeciadowej komorze hiperbarycznej. Po zakończeniu leczenia hiperbarycznego nurka z DCI, u samego lekarza nurkowego rozwinęła się choroba dekompresyjna typu I. Wszystkie objawy DCI doświadczane przez lekarza ustąpiły po leczeniu hiperbarycznym. Analizując retrospektywnie ten incydent, można zauważyć, że chorobie dekompresyjnej typu I towarzyszyły niewielkiego stopnia zaburzenia funkcji układu nerwowego (drętwienie kończyny dolnej), świąd skóry, zmiany skórne o typie skóry marmurkowej oraz niewielkie zawroty głowy o typie wirowania. Retrospektywnie, po przeprowadzonej wiele lat później diagnostyce, wysunięto podejrzenie, że objawy te mogły być spowodowane przeciekiem pęcherzyków gazu z prawego do lewego przedsionka poprzez drożny otwór owalny, który nie został jeszcze zdiagnozowany w czasie tego incydentu [6,7,8].

Przepisy dotyczące wstępnej oceny kandydatów do nurkowania wojskowego w Siłach Zbrojnych RP nie obejmują badań przesiewowych pod kątem wykrywania PFO. Wojskowa Komisja Morsko – Lekarska stosuje standardową echokardiografię przezklatkową (TTE), której czułość i swoistość w wykrywaniu PFO jest niska [9,10]. Za złoty standard w wykrywaniu PFO uważa się echokardiografię przezprzełykową (TEE) ze wzmocnieniem kontrastowym, która osiąga czułość i specyficzność 100% w porównaniu z autopsją [11]. Ze względu na swoją inwazyjność, echo przezprzełykowe stanowić może jednak duży dyskomfort dla badanego, obarczone jest również ryzykiem potencjalnie niebezpiecznych powikłań. Poważne powikłania będące następstwem TEE występują bardzo rzadko (0,2–0,6%) i obejmują: kurcz przełyku, perforację przełyku z zapaleniem śródpiersia, uszkodzenie strun głosowych, masywne krwawienie z guza przełyku, zaburzenia rytmu serca aż do zatrzymania krążenia włącznie oraz zgon (mniej niż 0,01%) [12]. Czynnikiem ograniczającym szersze zastosowanie TEE w badaniach przesiewowych PFO u jest również wysoki koszt i mała dostępność wymaganego sprzętu.

Alternatywą dla TEE jest przezczaszkowe USG dopplerowskie ze wzmocnieniem kontrastowym (c-TCD). Jest to prosta, tania, nieinwazyjna i bezpieczna metoda o bardzo wysokiej czułości i swoistości w wykrywaniu przecieku prawolewego (odpowiednio 97% -100% i 93-98%) [9,10,14]. Wykrywanie przecieku żylny – tętniczego (RLS) za pomocą c-TCD opiera się na standardzie opisanym w 2000 r. przez Jaussa i Zannette[15].

Podczas badania monitoruje się widmo przepływu krwi w tętnicy środkowej mózgu przed i po dożylnym podaniu kontrastu. Stopień nasilenia przecieku żylny - tętniczego określa się w sposób półilościowy podczas monitorowania przepływu w tętnicy środkowej mózgu licząc wykrytych ilość mikropęcherzyków przepływających w tętnicy środkowej mózgu [15,16]. Według protokołu Jaussa i Zannette, ocena ilości pęcherzyków dokonywana jest zarówno w spoczynku jak i po wykonaniu próby Valsalvy [15].

W ostatnich latach zmienia się podejście do diagnostyki PFO. W opublikowanych w 2019 Europejskich zaleceniach dotyczących postępowania z chorymi z przetrwałym otworem owalnym [17] przedstawiono metaanalizę badań nad efektywnością kontrastowej echokardiografii przezprzełykowej, i przezklatkowej oraz kontrastowego dopplera przezczaszkowego (cTCD) w diagnostyce PFO. Z przedstawionych danych wynika, że czułość uznawanej dotychczas za „złoty standard” TEE jest znacznie niższa niż uważano poprzednio i sięga jedynie 89%. Podkreślono, że zaskakująco niska czułość cTEE wynikać może z problemów z wykonywaniem próby Valsalvy podczas badania przez część pacjentów, co przyczynić się może do przeoczenia części, zwłaszcza mniejszych, otworów owalnych [18,19]. Z drugiej strony, czułość i specyficzność TCD z kontrastem oraz echokardiografii przezklatkowej z kontrastem w wykrywaniu przecieków żylny – tętnicznych osiągnęła odpowiednio 94% i 92% oraz 88% i 82%.

W podsumowaniu zaleceń dotyczących postępowania z chorymi z podejrzeniem obecności przetrwałego otworu owalnego stwierdzono, że obecnie echokardiografia przezprzełykowa nie może być dalej uznawana za „złoty standard” w poszukiwaniu przecieków żylny – tętnicznych (RLS – right – to – left shunt) a diagnostyka opierać się musi na komplementarnym zastosowaniu wszystkich opisanych powyżej metod diagnostycznych – echokardiografia przezklatkowa i TCD jako metody przesiewowe do wykrywania przecieku prawo-lewo a echokardiografia przezprzełykowa do potwierdzenia obecności PFO oraz oceny morfologii przegrody międzykomorowej [17].

Konsekwencje zatorowości paradoksalnej związanej z PFO są zwykle rzadkie i łagodne. Czasami jednak RLS może spowodować ciężką chorobę dekompresyjną z objawami neurologicznymi, skórnymi lub przedsionkowymi [7,8,16] Zgodnie z opublikowanymi wytycznymi i zaleceniami, badanie przesiewowe w kierunku PFO nie jest konieczne dla każdego nurka lub kandydata na nurka. Jednakże ocena powinna być przeprowadzona u nurków z historią choroby dekompresyjnej (DCI) z objawami mózgowymi, rdzeniowymi, przedsionkowymi lub skórnymi, z historią migreny z aurą, przebyłym udarem kryptogennym lub ubytkiem przegrody międzyprzedsionkowej (ASD) u krewnego pierwszego stopnia. Badanie przesiewowe w kierunku PFO jest również zalecane dla nurków, którzy doznali DCI po bezdekompresyjnym profilu nurkowym i nurków komercyjnych, którzy cierpią na migrenę z aurą [20,21,22].

Jeśli zostanie postawiona diagnoza RLS, zdecydowanie zaleca się nurkom modyfikację zachowania i bezwzględnie przestrzegać bezpiecznych profili nurkowych [22]. Dodatkowo, niektórym nurkom może być oferowane przezskórne zamknięcie PFO za pomocą okludera. Chociaż pierwsze przezskórne zamknięcie PFO wykonano w 1975 roku [23], jego dostępność i bezpieczeństwo przez wiele lat nie pozwalały na rutynowe zamykanie PFO. Dopiero niedawno opublikowane dane sugerują, że u niektórych nurków procedura ta może być skuteczna we wtórnej prewencji DCI związanej z przeciekiem wewnątrzsercowym [24,25].

W opisanym powyżej przypadku objawy neurologiczne, skórne i przedsionkowe u DMO nie występowały podczas kolejnych nurkowań i przez wiele lat pacjent nie zgłaszał żadnych innych dolegliwości zdrowotnych. Przeciek żylny – tętniczny w przebiegu PFO został wykryty dopiero 20 lat po incydencie nurkowym. Wcześniejsze wykrycie przetrwałego otworu owalnego, zwłaszcza podczas wstępnych badań komisyjnych przed rozpoczęciem służby przez naszego pacjenta na stanowisku Lekarza Nurkowego Marynarki Wojennej, pozwoliłoby na przydzielenie go na stanowisko, na którym ryzyko wypadków związanych z nurkowaniem byłoby minimalne.

Na koniec należy zauważyć, że podczas opisanej powyżej terapii rekompresyjnej zarówno nurek wojskowy z DCI jak i lekarz nurkowy przebywali w jednoprzediałowej komorze hiperbarycznej. Na szczęście objawy DCI u lekarza rozwinęły się dopiero po zakończeniu leczenia nurka, co pozwoliło bezpiecznie i skutecznie go ponownie sprężyć. Powyższy przypadek wykazuje, że jednokomorowe komory dekompresyjne mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla przebywającego w nich personelu, zwłaszcza gdy objawy choroby dekompresyjnej wystąpią nie tylko u leczonego nurka ale i u poddanego ekspozycji na zwiększone ciśnienie członka personelu medycznego. Brak służby wejściowej uniemożliwia personelowi medycznemu wejście do komory dekompresyjnej w czasie leczenia hiperbarycznego. Niektóre jednokomorowe komory hiperbaryczne są nadal używane w placówkach medycznych lub wojskowych, ale ten przypadek pokazuje, że w celu zwiększenia bezpieczeństwa zdecydowanie zaleca się stosowanie wyłącznie komór wyposażonych w służbę.

WNIOSKI

Wytyczne i przepisy medyczne obowiązujące nie tylko w Marynarce Wojennej RP, ale także w wielu krajach na całym świecie mówią, że badanie na obecność przecieku wewnątrzsercowego nie jest wymagane ani w przypadku badania wstępnego, ani kolejnych badań okresowych, szczególnie u nurków bez historii choroby dekompresyjnej. Chociaż ryzyko ciężkich, neurologicznych, skórnych lub przedśionkowych postaci DCS jest bardzo niskie, w celu zwiększenia bezpieczeństwa nurkowania wydaje się rozsądne opracowanie standardów wstępnego badania przesiewowego PFO u nurków zawodowych, nurków wojskowych i nurkowego personelu nurkowego. Przechyłkowa ultrasonografia dopplerowska z kontrastem (c-TCD), jako prosta, nieinwazyjna i bezpieczna metoda o bardzo wysokiej czułości i swoistości w wykrywaniu przecieku prawo-lewego, wydaje się być przydatna we wstępnych badaniach przesiewowych w kierunku RLS u nurków.

W celu bezpiecznego leczenia dekompresyjnego nurków powinno być preferowane stosowanie komór wieloprzeciąłowych wyposażonych w służę umożliwiającą wejście do środka w czasie prowadzenia terapii hiperbarycznej.

LITERATURA

- Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin. Proc.* 1984; 59:17–20. DOI: 10.1016/S0025-6196(12)60336-X;
- Halperin JL, Fuster V. Patent foramen ovale and recurrent stroke: another paradoxical twist. *Circulation* 2002; 105: 2580–2582. doi.org/10.1161/01.CIR.0000020353.63751.2F;
- <https://my.clevelandclinic.org/-/scassets/images/org/health/articles/patent-foramen-ovale-02-heart-pfo-combo.ashx>;
- Wilmshurst PT, Ellis BG, Jenkins BS. Paradoxical gas embolism in scuba diver with an atrial septal defect. *Brit Med J* 1986;293:1277.DOI: 10.1136/bmj.293.6557.1277;
- Guenzani S, Mereu D, Messersmith M, Olivari D, Arena M, Spano A. Inner-ear decompression sickness in nine trimix recreational divers. *Diving Hyperb Med.* 2016 Jun;46(2):111-6;
- Wilmshurst PT. The role of persistent foramen ovale and other shunts in decompression illness. *Diving Hyperb Med.* 2015 Jun;45(2):98-104. Review;
- Kemper TC, Rienks R, van Ooij PJ, van Hulst RA. Cutis marmorata in decompression illness may be cerebrally mediated: a novel hypothesis on the aetiology of cutis marmorata. *Diving Hyperb Med.* 2015 Jun;45(2):84-8;
- Mitchell SJ, Doolette DJ. Pathophysiology of inner ear decompression sickness: potential role of the persistent foramen ovale. *Diving Hyperb Med.* 2015 Jun;45(2):105-10. Review;
- Concetta Zito M.D. Giuseppe Dattilo M.D. Giuseppe Oreto M.D. Gianluca Di Bella M.D., Annalisa Lamari M.D. Raffaella Iudicello M.D., et al. Patent Foramen Ovale: Comparison among Diagnostic Strategies in Cryptogenic Stroke and Migraine. *Echocardiography.* 2009;26:495-502. doi.org/10.1111/j.1540-8175.2008.00852.x;
- González-Alujas T et al, Diagnosis and Quantification of Patent Foramen Ovale. Which Is the Reference Technique? Simultaneous Study With Transcranial Doppler, Transthoracic and Transesophageal Echocardiography., *Rev Esp Cardiol.* 2011;64(2):133-139, DOI: 10.1016/j.rec.2010.10.014+0,+;
- Schneider, B., Zienkiewicz, T., Jansen, V., Hofmann, T., Noltenius, H. & Meiner tz, T. (1996). Diagnosis of patent foramen ovale by transesophageal echocardiography and correlation with autopsy findings. *American Journal of Cardiology*, 77, 1202–1209. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(96\)00163-4](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(96)00163-4);
- Flaschkampf F, Badano L, Daniel W et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography — update 2010. *Eur. J. Echocardiogr.* 2010; 11: 557–576. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq057;
- (González-Alujas, T., et al., Diagnosis and quantification of patent foramen ovale. Which is the reference technique? Simultaneous study with transcranial Doppler, transthoracic and transesophageal echocardiography. *Rev Esp Cardiol*, 2011. 64(2): p. 133-9.);
- Palazzo P, Ingrand P, Agius P, Belhadj Chaidi R, Neu JP. Transcranial Doppler to detect right-to-left shunt in cryptogenic acute ischaemic stroke. *Brain and Behavior.* 2019;9:e01091. DOI.org/10.1002/brb3.1091;
- Jauss M, Zanette E (2000). Detection of right- to- left shunt with ultrasound contrast agent and transcranial Doppler sonography. *Cerebrovasc Dis* 2000;10:490–496, DOI. Org/10.1159/000016119;
- Dziewiatowski K., Siermontowski P. Wykorzystanie przechyłkowej sonografii dopplerowskiej z kontrastem do diagnostyki przetrwałego otworu owalnego u nurków. *PolHypRes* 2019 Vol. 67 Issue 2 pp. 93 – 102;
- Pristipino, C., et al., *European position paper on the management of patients with patent foramen ovale. General approach and left circulation thromboembolism.* *Eur Heart J*, 2019. 40(38): p. 3182-3195;
- Johansson, M.C., et al., *Pitfalls in diagnosing PFO: characteristics of false-negative contrast injections during transesophageal echocardiography in patients with patent foramen ovals.* *J Am Soc Echocardiogr*, 2010. 23(11): p. 1136-42;
- Rodrigues, A.C., et al., *Importance of adequately performed Valsalva maneuver to detect patent foramen ovale during transesophageal echocardiography.* *J Am Soc Echocardiogr*, 2013. 26(11): p. 1337-43;
- Smart D, Mitchell S, Wilmshurst P, Turner M, Banham N. Joint position statement on persistent foramen ovale (PFO) and diving. South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) and the United Kingdom Sports Diving Medical Committee (UKSDMC). *Diving Hyperb Med.* 2015 Jun;45(2):129-31;
- The medical examination and assessment of divers (MA1). <http://www.hse.gov.uk/diving/ma1.pdf>;
- Sykes O, Clark JE. Patent foramen ovale and scuba diving: a practical guide for physicians on when to refer for screening. *Extrem Physiol Med.* 2013 Apr 1;2(1):10. DOI:10.1186/2046-7648-2-10;
- King T., Thompson S., Steinem C., Mills N. Secundum atrial defect: Nonoperative closure during cardiac catheterization. *J. Am. Med. Assoc.* 1976; 235: 2506–2509;
- Henzel J, Rudziński P.N, Kłopotowski M, Konka M., Dzielińska Z, Demkow M. Transcatheter closure of patent foramen ovale for the secondary prevention of decompression illness in professional divers: a single centre experience with long-term follow-up. *Kardiologia Polska*, 2018; 76, 1:153-157, DOI:10.5603/KP.a2017.018;
- Vanden Eede M, Van Berendoncks A, De Wolfe D, De Maeyer C, Vanden Eede H, Germonpré P. Percutaneous closure of patent foramen ovale for the secondary prevention of decompression illness in sports divers: mind the gap. *Undersea Hyperb Med.* 2019 Sep - Dec - Fourth Quarter;46(5):625-632.

lek. med. Krzysztof Dziewiatowski

kdziewiatowski@poczta.onet.pl

Oddział Neurologii

7 Szpital Marynarki Wojennej

ul. Polanki 117

80-305 Gdańsk

ORCID identifier No: 0000-0003-2557-3561

