

Najnowsze odkrycia na temat zespołu zaburzeń dekompresyjnych DCI i fizjologii nurkowania (część II)

Kontynuując tematy poruszone w [pierwszym artykule](#), opublikowanym miesiąc temu, przedstawiamy wyniki badań jakie były omawiane na konferencji zatytułowanej „The Science of Diving”, którą zorganizowano na zakończenie projektu badawczego PHYPODE.

Jednym z założeń było przyjęcie, że śródbłonek, będący wewnętrzną warstwą wszystkich naczyń krwionośnych, pełni ważną rolę w chorobie dekompresyjnej (ang. decompression sickness, DCS).

F. Guerrero (Laboratoire Optimisation des Régulations Physiologiques - ORPhy-, Uniwersytet w Breście, Francja) badał zmiany w funkcjonowaniu śródbłonek, jakie zachodziły po nurkowaniu. Generalnie, śródbłonek naczyń krwionośnych reguluje aktywność naczyniową i ma wpływ na działanie układu sercowo-naczyniowego, poprzez wydzielanie substancji, które mogą regulować wiele funkcji, takich jak przepływ krwi, reakcje zapalne, krzepliwość, stres oksydacyjny i inne. Zwiększona przepuszczalność śródbłonek - utrata kontaktu pomiędzy komórkami śródbłonek i osłabienie ich adhezji do podłoża - często występuje w DCS. Okazało się, że każde nurkowanie zmniejsza wazodylatację (rozkurczenie) naczyń krwionośnych, co wykazały pomiary rozkurczenia wywołanego przepływem (ang. Flow Mediated Dilatation, FMD). Wszystkie naczynia krwionośne, duże i całkiem małe, jak naczynia włosowate w tkankach i te, oplatające pęcherzyki płucne, są dotknięte skutkami nurkowania, szczególnie w przypadku DCS. Badania na nurkach nurkujących ze wstrzymanym oddechem (u których nie powstają pęcherzyki gazu) sugerują, że ciśnienie hydrostatyczne i hiperoksja (nadmierne natlenienie) mają destrukcyjny wpływ na śródbłonek, z powodu wywołanego stresu oksydacyjnego i uruchomionego procesu obumierania komórek. Wynika to ze stresu oksydacyjnego i wynikającego z niego niszczenia komórek śródbłonek. Ponieważ zdarzają się przypadki poważnej choroby dekompresyjnej bez żadnych zmian, można wnioskować, że sam śródbłonek nie ma takiego znaczenia, jak czynniki uwolnione z samego śródbłonek. Jednym z nich jest tlenek azotu (NO), wytwarzany przez śródbłonek. W badaniach nad zwierzętami, w których blokowano NO, badacze odkryli różnice związane z płcią: występowanie DCS było zwiększone u samic, a u samców pozostawało na tym samym poziomie. To odkrycie będzie jednym z tych, czym naukowcy zajmą się w przyszłości - różnice płci w mechanizmie DCS.

Jak wiadomo tlen jest ważnym w nurkowaniu gazem. Oddychanie czystym tlenem jest powszechnym i efektywnym sposobem postępowania w przypadku DCS. Tym nie mniej, **tlen daje również negatywne efekty**. Badania w tym zakresie prowadzone przez dr Jacka Kota (Krajowy Ośrodek Medycyny Hiperbarycznej, Gdański Uniwersytet Medyczny). Stres oksydacyjny jest wywołany przez niszczące działanie wolnych rodników (O_2 , H_2O_2 , OH), które są wytwarzane podczas niepełnej redukcji tlenu w komórkach. Te rodniki są agresywnymi i krótko działającymi molekułami, które niszczą cząsteczki DAN, protein i lipidów. Na szczęście organizm człowieka posiada system obrony antyoksydacyjnej, który pozwala zachować równowagę między antyoksydantami i wolnymi rodnikami i kontrolować uszkodzenia. Największe ciśnienie parcjalne tlenu występuje w płucach, które są pierwszą linią obrony. Uszkodzenia mogą prowadzić do zwłóknienia tkanki płuc. Jeśli to nastąpi, pacjenci cierpią na niedotlenienie nawet jeśli oddychają czystym tlenem. Dobrą wiadomością jest to, że ten rodzaj stresu oksydacyjnego w większym stopniu dotyka nurków technicznych, stosujących mieszanki z tlenem, niż szeroką rzeszę nurków rekreacyjnych, którzy nurkują z użyciem na przykład Nitroxu.

Wyniki badań prowadzonych w ramach projektu PHYPODE sugerują, że jest obecna indywidualna wrażliwość na DSC, na co wskazują odkrycia nurków, u których łatwo następuje otwarcie przetoki (ang. easy shunters), czy takich u których występuje wyjątkowo dużo pęcherzyków gazowych. Nurkowie różnią się jakością śródbłonna, genetycznie uwarunkowanymi predyspozycjami i tym podobnymi cechami. Jak już zostało to wspomniane, dobrą metodą obniżania ryzyka DCS jest prekondukcjonowanie, czyli przygotowanie nurka jeszcze przed zanurzeniem. Inną opcją jest opracowanie nowej technologii nurkowej i wprowadzenie zmodyfikowanych i bardziej złożonych modeli dekompresyjnych, który zintegruje informacje o stanie nurka ze zbieranymi w czasie rzeczywistym danymi na temat nurkowania.

Koncepcja „**Bionicznego nurka**” narodziła się kilka lat temu i jest oparta na zagadnienia związane z nowym algorytmem dekompresji (adaptacja algorytmu do parametrów fizjologicznych nurka), która połączy 24 godzinny monitoring parametrów fizjologicznych, takich jak częstotliwość bicia serca, indeks masy ciała (ang. Body Mass Index, BMI) i inne informacje osobiste. Celem jest opracowanie komputera nurkowego, który można dostosować do konkretnego nurka. I będzie modyfikował algorytm dekompresji do fizjologii nurka w czasie rzeczywistym uwzględniając odwodnienie, zmęczenie i wiele innych czynników, które pokazują, jak ciało człowieka reaguje na stres nurkowy.

Obecnie MARES testuje zmodyfikowany komputer nurkowy Icon HD, który wyposażony jest w potężny procesor i kolorowy wyświetlacz. Zbiera ona dane przed, w trakcie i po nurkowaniu, rozpoznaje objawy narkozy azotowej, przeprowadza obliczenia do dekompresji itp. Dotychczasowe osiągnięcia zaprezentował G. Distefano (Product Manager w firmie MARES, Genua, Włochy).

W badaniach nurkowych głównym celem stały się pomiary parametrów fizjologicznych. A z tym wiążą się nowe opcje, jakie mogą zaoferować rebreathery. I to zagadnienie przedstawił na konferencji N. Donda.

Aparat oddechowy jakim jest rebreather prowadzi mieszaninę oddechową w obiegu zamkniętym składającym się z kilku elementów. Oczyszcza wydychany przez nurka gaz z dwutlenku węgla (CO_2) i dodaje odpowiednią ilość tlenu (O_2), uzupełniając ilość, która została zużyta przez organizm nurka. Jako że rebreather odbiera wydychany przez nurka gaz, możliwe jest zbieranie danych na temat fizjologii człowieka podczas nurkowania. Badacze zdecydowali się na zainstalowanie szeregu czujników, które mierzą jakość i ilość gazów wdychanych i wydychanych przez nurka w różnych miejscach pętli rebreathera. Monitorowane parametry obejmują ilość tlenu wdychanego i wydychanego, ilość wydychanego CO_2 , częstość oddechów, całkowitą objętość oddechową, temperaturę wdychanego i wydychanego powietrza, poziom wilgotności. Inne parametry, jakie były zbierane to głębokość (ciśnienie), czas nurkowania, pozycja pod wodą, częstość ruchów płetwami, częstość bicia serca oraz szybkość zanurzania i wynurzania się nurka. Badano niezawodność czujników, a wartości zebranych parametrów były zamieniane w użyteczne dane, które przewodowo lub bezprzewodowo były przesyłane do modułu pamięci wyposażonego w odpowiednio dużą przestrzeń zapisu.

Medycyna nurkowa rozwija się. Wciąż pojawiają się nowe odkrycia na temat mechanizmów dekompresji. Do tej pory, ze względu na brak odpowiedniej technologii zbierania danych, informacje na temat fizjologii nurka były zbierane tylko w laboratoriach oraz przed i po nurkowaniu. Nigdy w trakcie nurkowania. Arne Sieber (badacz z IMEGO AB, Gothenburg, Szwecja) opracował nową technologię czujników do monitorowania **EKG i temperatury ciała** w zanurzeniu. Dane na temat metabolizmu organizmu nurka były zbierane przez rebreather, gdzie tlen, CO_2 , częstość oddechów, objętość oddechowa, minutowa objętość oddechowa i ciśnienie mogło być mierzone.

Podstawowym elementem systemu tego bionicznego lub jak kto woli cyfrowego nurka będzie nowy komputer nurkowy z bezprzewodowym interfejsem, do którego można podłączyć różne czujniki, i który ma

dość mocy obliczeniowej w mikroprocesorze, aby przeprowadzić całościowe obliczenia do dekompresji. Taki system jest obecnie używany do celów wojskowych, ale wkrótce będzie dostępny dla szerszej rzeszy użytkowników w różnych rodzajach systemów.

Podsumowując trzeba powiedzieć, że projekt badawczy PHYPODE przyniósł nadzwyczaj dużą ilość danych w postaci szczegółowej wiedzy jak również otrzymali dowód potwierdzający wartość wielu nurkowych zwyczajów, które były stosowane intuicyjnie, bez wiedzy, czemu warto to robić. Badano szczegółowo mechanizmy i przeprowadzono pomiary, testowano i szukano rozwiązań, które teraz będą prowadziły do opracowania bezpieczniejszych modeli dekompresyjnych. Ten nowy model dekompresyjny, zaimplementowany w spersonalizowanym komputerze nurkowym, będzie łączył wiele zbieranych w czasie rzeczywistym parametrów z innymi danymi medycznymi. Te cztery lata intensywnej pracy badawczej mogło być dużym wysiłkiem, ale bez wątpliwości przyczyniły się do rozwoju technologii nurkowej i stanowi ogromny skok w kierunku poprawy bezpieczeństwa nurkowania. Wskazał też nowe kierunki badań, w obszarach, gdzie pojawiły się nowe kwestie, i pomógł znaleźć odpowiedzi na te, które dręczyły badaczy dotychczas.

W czasie konferencji, kierownicy projektu mieli okazję zaprezentować książkę pod tytułem „**The Science of Diving, Things your instructor never told you**” („Nurkowanie i nauka. Rzeczy, o których twój instruktor nigdy ci nie mówił”), kompleksowe zestawienie aktualnie obowiązujących koncepcji i idei, jak również wyników najnowszych badań. Książka ta zawiera 11 rozdziałów i 273 strony i jest doskonałym przewodnikiem dla wszystkich zaangażowanych lub zainteresowanych nurkowaniem. Jest to książka dla lekarzy, personelu komór hiperbarycznych, naukowców, nurków zawodowych, operatorów nurkowych i uczestników kursów nurkowych. Unikając naukowego żargonu i używając żywego języka, książka poszerzy zrozumienie nawet najbardziej złożonych zagadnień naukowych.

Książka była napisana pod redakcją Profesora Balestra i Dr. Germonpré, przy współpracy M. Rozložnik, P. Buzzacott i D. Madden z European Underwater and Baromedical Society (EUBS, Europejskie Stowarzyszenie Podwodne i Baromedyczne), i napisana przez każdego z 14 badaczy zaangażowanych w projekt PHYPODE.

Polecana publikacja

“The Science of Diving, Things your instructor never told you”

„Nurkowanie i nauka. Rzeczy, o których twój instruktor nigdy ci nie mówił”. Opublikowane przez Lambert Academic Publishing, może być zakupione online [tutaj](#), lub zamówione w każdej księgarni za pomocą numeru ISBN: 978-3-659-66233-1. Ta książka jest sprzedawana w cenie 49.90 €, a dochód z jej sprzedaży jest przekazywany na EUBS, aby promować rozwój badań medycyny nurkowej.

Zasoby edukacyjne: korzyści z członkostwa w DAN

Członkowie DAN regularnie otrzymują informacje na temat interesujących konferencji, seminariów i innych imprez poświęconych bezpieczeństwu nurkowania. Specjalne rabaty na bilety lub bezpłatne zaproszenia do wzięcia udziału w konferencjach są jednymi z wielu [korzyści z członkostwa w DAN](#).

Abyś był na bieżąco z informacjami o wydarzeniach podobnych do konferencji PHYPODE, prosimy abyś [zarejestrował się na stronie DAN Europe](#). Będziesz regularnie otrzymywał nasze biuletyny i wartościowe informacje o planowanych szkoleniach z pierwszej pomocy, ubezpieczeniach nurkowych, webinarach i

wiele więcej.