

## **POZIOM CUKRU WE KRWI NURKÓW POD WPLYWEM HIPERBARII**

**Augustyn Dolatkowski**, Janina Szczepiełwska, **Lucjan Łaba**, **Bogdan Łokucijewski**

Katedra Medycyny Morskiej i Tropikalnej WAM Gdynia

### **STRESZCZENIE**

Autorzy zbadali 104 nurków nurkujących w wodzie, 14 wykonujących nurkowania pozorowane w komorach dekompresyjnych i 11 osób grupy kontrolnej. Stwierdzono średni poziom cukru we krwi przed nurkowaniem 100mg%, po nurkowaniu 101 mg%, w grupie kontrolnej odpowiednio: 107 i 100 mg%, w grupie nurkowników pozorowanych: przed 102 i po 106 mg%. Stwierdzono iż stosowana dieta zapewnia badanym dostatecznie wysoki poziom cukru we krwi i chroni ich przed hipoglikemią. Konieczne są dalsze badania w komorach dekompresyjnych.

**Słowa kluczowe:** nurkowanie, poziom cukru

---

### ARTICLE INFO

---

PolHypRes 2017 Vol. 58 Issue 2 pp. 61 - 68

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.1515/phr-2017-0009

Strony: 8, rysunki: 0, tabele: 6

page **www of the periodical:** [www.phr.net.pl](http://www.phr.net.pl)

**Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

**Typ artykułu:** oryginalny

Publikowano Roczniku Służby Zdrowia Marynarki Wojennej  
1960

Przyjęto do druku w PHR 30-04-2017



## WSTĘP

Działanie podwyższonego ciśnienia na ustrój ludzki jest wielostronne i często przejawia się uchwytymi zmianami w układzie krążenia, oddechowym, krwi obwodowej [5,8,12,17] i przypuszczalnie w szeregu innych zmian.

W zależności od elastyczności procesów adaptacyjnych ustroju zakłócenia te mogą występować w czasie przebywania w atmosferze zwiększonego ciśnienia, ale mogą także utrzymywać się po zakończeniu jego działania. Niektóre z tych zjawisk nie są jeszcze dostatecznie poznane, czego dowodem są stale ponawiane badania nad fizjopatologią wysokich ciśnień.

Zachowanie się poziomu cukru we krwi podczas przebywania w atmosferze wzmożonego ciśnienia należy do zagadnień kilkakrotnie już badanych ze względu na duże znaczenie teoretyczne i praktyczne. Odnosi się to szczególnie do możliwości obniżenia poziomu cukru we krwi. Mimo bowiem wyrównawczych mechanizmów ustrojowych działanie hiperbarii może powodować groźne dla nurka zaburzenia w postaci hipoglikemii, której kliniczne objawy w postaci uczucia osłabienia i zawrotów głowy niekiedy podawali badani nurkowie. Fakt ten skłonił nas do podjęcia badań w tym kierunku.

Założeniem naszej pracy było zbadanie czy pod wpływem przebywania i pracy nurków w atmosferze hiperbarii występują uchwytne wahania poziomu cukru we krwi.

## MATERIAŁ I METODA

Badania przeprowadzono u nurków wojskowych w wieku 21 do 23 lat, wykonujących nurkowania treningowe w powietrznych aparatach nurkowych. Poziom cukru we krwi badano u 104 nurków, w sumie wykonano 208 oznaczeń. Nurkowania, podczas których wykonywano badania podzieliliśmy na 3 grupy w zależności od głębokości nurkowania. Były to nurkowania: do 40 metrów, do 60 metrów i powyżej 60 metrów [4]. Czas pobytu pod wodą wynosił średnio dla grupy nurkującej do 40 metrów 20 minut, dla grupy nurkującej do 60 metrów 35-50 minut, dla nurkujących na głębokości większe niż 60 metrów do 90 minut.

Równocześnie przeprowadziliśmy badanie poziomu cukru we krwi u 14 nurków, którzy nie nurkowali w wodzie, lecz wykonywali nurkowania pozorowane w komorach ciśnieniowych, gdzie poddawani byli ciśnieniu od 1 do 6 atm. Badano ich także przed wejściem i po wyjściu z komory, w których przebywali różnie długo, zależnie od ściśle określonego czasu rozprężenia wg tablic Haldane'a.

Równoległe do badań z nurkami przeprowadziliśmy poziom cukru we krwi w grupie 11 osób, którą określiliśmy jako kontrolną. Grupę kontrolną stanowili ci sami nurkowie, pozostający w takich samych warunkach bytowych co grupa zasadnicza, w danym dniu nie nurkujący. W grupie tej określono poziom cukru trzykrotnie: o godz. 9.00 w dwie godziny po śniadaniu kiedy to grupa nurków zaczynała schodzenie do wody, o godz. 10.00 kiedy nurkowie znajdowali się na dnie oraz o godzinie 11.00, kiedy nurkowie wychodzili na powierzchnię, co odpowiadało badaniu „po nurkowaniu” w grupie doświadczalnej.

Grupa badana obejmowała zdrowych mężczyzn przebywających pod stałym nadzorem lekarskim, w jednakowych warunkach bytowych i jednakowo żywionych. Wartość kaloryczna dzienna pożywienia wynosiła 5700 kcal, z czego na śniadanie przypadało 1580 kal. (44g białka, 50 g tłuszczu, 241 g węglowodany).

Śniadanie badani spożywali o godz. 7.00, nurkowanie rozpoczynano o 9.00. Krew do badania pobierano z żyły łokciowej dwukrotnie, bezpośrednio przed nurkowaniem (przed nałożeniem skafandra) i po nurkowaniu (5 minut po wyjściu nurka z wody). Poziom cukru we krwi oznaczaliśmy metodą Hagedorna i Jensena wg Charłampowicz-Laszczkowej. [2] Krew pobierano z żyły łokciowej ze względu na wykonywaną równocześnie pracę nad frakcjami białkowymi w surowicy.

Pierwszą fazę badania, a mianowicie odbiałczenie krwi wykonywaliśmy natychmiast w miejscu pobierania próby. Dalsze czynności wykonywano w pracowni po upływie 3 do 5 godzin od chwili odbiałczenia, co wobec powyższego toku postępowania mogło powodować spadek poziomu glukozy o 10 mg% [3].

Błąd metody ustalono na podstawie przeprowadzonych badań wzorcowych roztworu glukozy oraz krwi jednego osobnika.

1. Błąd metody na podstawie 10 prób wzorcowego roztworu (200 mg w 100 ml.): poziom glukozy  $198 \pm 6,3$  mg%, średni błąd (S):1,9,
2. Błąd metody na podstawie 10 prób z krwi jednego osobnika: poziom glukozy  $100 \pm 6,6$  mg%, średni błąd (S):2,1.

## WYNIKI

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Poziom cukru we krwi w poszczególnych grupach.

Do 40 m (44 osoby)	Średnia A	odchylenie stand. S	Błąd stand. S	max	min
Przed nurkowaniem	101	±13,7	2,0	134	77
Po nurkowaniu	95	±13,2	2,0	123	70
$3S_1 + 3S_2 < A_2 - A_1 \quad 2 > 6$					
Do 60 m (27 osób)	Średnia A	odchylenie stand. S	Błąd stand. S	max	min
Przed nurkowaniem	97	±15,2	2,9	128	74
Po nurkowaniu	103	±15,9	3,1	134	64
$3S_1 + 3S_2 < A_2 - A_1 \quad 18 > 6$					
Ponad 60 m (33 osoby)	Średnia A	odchylenie stand. S	Błąd stand. S	max	min
Przed nurkowaniem	102	±13,5	2,3	132	75
Po nurkowaniu	108	±16,6	2,9	143	77
$3S_1 + 3S_2 < A_2 - A_1 \quad 15 > 6$					

Z tabeli wynika, że obserwowane różnice „przed” i „po” są niewielkie i są one statystycznie nieistotne; obliczeń dokonano wg wzoru :  $3S_1 + 3S_2 < A_2 - A_1$ , tzn. różnica jest wówczas istotna gdy suma potrojonych standardowych błędów (S) jest mniejsza od różnicy średnich arytmetycznych (A) obu porównywanych grup. Jak widać, suma potrojonych błędów jest większa od różnicy średnich, co świadczy o nieistotności statystycznej tych różnic [17,22].

U badanych wykonujących nurkowania pozorowane w komorach otrzymaliśmy następujące wyniki: przed ekspozycją:  $120 \pm 10,8$  mg %; po ekspozycji:  $106 \pm 10,7$  mg%. Wyniki badania nurków i grupy kontrolnej przedstawia tabela 2.

Tab. 2

Porównanie wartości poziomu cukru we krwi u nurków i w grupie kontrolnej.

Grupy	Godzina	9.00	10.00	11.00
Nurkowanie (104 osoby)	Średnia A	100	-	101
	Odchyl. stand.	±14,3	-	±16,1
	Błąd stand. S	1,4	-	1,5
	Max	134	-	143
	min	74	-	64
Kontrola (11 osób)	Średnia A	107	93	100
	Odchyl. stand.	±10,6	±10,3	±14,8
	Błąd stand. S	3,2	3,2	4,8
	Max	126	114	136
	min	90	79	87

Z tabeli wynika, że poziom cukru we krwi u nurków przed i po nurkowaniu jest w zasadzie taki sam (różnica 1mg%); w grupie kontrolnej badania o godzinie 9-tej i 11-ej wykazują też małą różnicę 7mg%.

Porównanie obu grup względem siebie w analogicznym czasie (godzina 9.00 i 11.00) też daje małe różnice (godzina 9.00 – 7 mg%, godzina 11.00 – 1mg%).

Porównanie statystycznej istotności tych różnic przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tab. 3

Grupy	Godzina 9.00	Godzina 11.00
Nurkowe	$100 \pm 14,3$	$101 \pm 16,1$
Kontrola	$107 \pm 10,6$	$100 \pm 14,8$
$3S_1 + 3S_2 < A_2 - A_1$	$13,8 > 7$	$18,9 > 1$

Tab. 4

Grupy	Godzina 9.00	Godzina 10.00	$3S_1 + 3S_2 < A_2 - A_1$
kontrola	$107 \pm 14,3$	$93 \pm 10,3$	$19,2 > 14$

Podobnie jak poprzednio, wszystkie różnice okazują się być statystycznie nieistotne. Jedyne interesujący wynik znajdziemy w grupie kontrolnej w badaniach o godzinie 9-ej i 10-tej, gdzie różnica jest bliższa statystycznej znamienności i wynosi 14 mg%.

Badanie o godzinie 10-tej, gdzie poziom cukru wyniósł 93 mg% odpowiada okresowi, kiedy nurek znajduje się na największej głębokości. W porównaniu z pozostałymi średnimi wyników, ta wartość jest najniższa.

Tab. 5

Porównanie wyników wartości  $A \pm$  odchyl. stand. całości przed ekspozycją;  $A=100$ , odchyl. stand. =  $\pm 14,3$ .

Grupa	A+odchyl. stand.=114	A-odchyl. stand.=86
do 40 m.	7	7
do 60 m.	3	8
ponad 60 m.	4	4
	14/13%/	19/18%/

Tab. 6

Porównanie wyników wartości  $A \pm$  odchyl. stand. całości po ekspozycji ;  $A = 101$ , odchyl. stand. =  $\pm 16,1$ .

Grupa	A+odchyl. stand.=117	A-odchyl. stand.=85
do 40 m.	2	11
do 60 m.	4	2
ponad 60 m.	10	3
	16/15%/	16/15%/

W tabelach 5 i 6 przedstawiono przypadki z wartościami wykraczającymi poza  $A \pm$  odchyl. stand. Wyszliśmy bowiem z założenia, że ten zakres obejmuje większość przypadków średnich i wartości poza tym zakresem zasługują na uwagę. Przed nurkowaniem mamy 13% powyżej i 18% poniżej wartości  $A \pm$  odchyl. stand.

Po nurkowaniu stosunek jest podobny; 15% powyżej i 15% poniżej wspomnianej wartości. Warto podkreślić, że w grupie nurkowań najgłębszych mamy 10 wyników ponad  $A +$  odchyl. stand. (po nurkowaniu), podczas gdy przed nurkowaniem w tej samej grupie mamy tylko 4 takie wyniki. Podobnie zwraca uwagę 11 wyników  $A -$  odchyl. stand. w grupie naj płytsze, po nurkowaniu.

## DYSKUSJA

W pracy naszej chcemy podkreślić dwa aspekty omawianego zagadnienia. Pierwszy to wpływ wzmożonego ciśnienia atmosferycznego na ustrój i drugi to właściwy dobór diety u ludzi nurkujących.

Wpływ hiperbarii na ustrój ludzki jest różnorodny i przejawia się między innymi zmianami w układzie krążenia i oddychania [5]. Wpływ ciśnienia na poziom cukru we krwi badano już wielokrotnie.

W cytowanej pracy [23] autorzy podają, że w badaniach nad wpływem hipobarii na poziom cukru we krwi otrzymano wyniki rozbieżne; od hipo- do hiperglikemii. Podobnie dzieje się w przypadku hiperbarii. Na podstawie naszych badań nie możemy wypowiedzieć się co do istotnego wpływu wzmożonego ciśnienia na poziom cukru, który przed i po nurkowaniu był na tym samym poziomie. Minusem naszej pracy jest niemożność wykonania krzywej glikemicznej, która w sposób daleko ściślejszy wskazuje na ewentualne zaburzenia przemiany węglowodanowej niż jedno czy dwukrotne badanie poziomu cukru.

W wypadku nurkowań głębokich jest to trudne do wykonania, a w wielu przypadkach niewykonalne. Poziom cukru we krwi w naszych badaniach wynosił przed i po nurkowaniu średnio 100 mg% przy czym w grupie nurkującej stosunkowo płytko najczęściej było niższych poziomów po nurkowaniu, natomiast w grupie nurkowań najgłębszych najczęściej było po nurkowaniu odchyłań najwyższych.

Z licznych wpływów, które poza hiperbarią działają na poziom cukru w krwi możemy wykluczyć moment pracy, gdyż w naszych badaniach były to nurkowania treningowe, w których nurek na dnie nie wykonywał żadnej pracy. Nieznacznej hiperglikemii obserwowanej w grupie nurkującej najgłębiej nie należy wiązać z czynnikami emocjonalnymi.

Są one częste u nurków młodych, niewykształconych i niedoświadczonych, nieprzystosowanych do warunków pracy.

Zarówno wpływ hiperbarii jak i bodźców emocjonalnych może odbywać się drogą hormonalną wskutek wzmożonego działania układu sympatycznego i wydzielania adrenaliny [12, 25] lub też innymi drogami.

W celu porównania wartości poziomów cukru u ludzi wybranych z tej samej grupy lecz nie nurkujących, badaliśmy grupę kontrolną, której wykonano normalną krzywą glikemiczną.

Przytaczamy z niej tylko trzy wartości - analogicznie do okresu badanego u nurków. O ile wartości skrajne są podobne, to poziom cukru o godzinie 10-tej jest nieco obniżony, zgodnie z fizjologiczną krzywą cukrową. Możemy założyć, że podobnie dzieje się u nurków, lecz obserwowany w grupie kontrolnej nieznaczny spadek poziomu cukru nie grozi nurkowi żadnymi powikłaniami w odróżnieniu od groźnych dla nurków rzeczywistych stanów hipoglikemicznych.

Grupy nurków badanej w komorach nie braliśmy pod uwagę w naszych obliczeniach ze względu na małą ilość przypadków, a ponadto, dlatego, że badanie nurków w komorach zasługuje na bycie tematem oddzielnej pracy. Mechanizm hiperbarii działa tu na ustrój w inny sposób niż dzieje się to w nurkowaniu rzeczywistym, gdyż nie mamy tu dodatkowych

czynników takich jak stres, praca, gęste środowisko, obniżona temperatura, czy nieważkość, które w widoczny sposób wpływają na ustrój nurka i moment działania samej hiperbarii trudno tu ocenić.

Porównanie wyników badania poziomu cukru we krwi w obu omawianych grupach zakłada zbliżony ich poziom w warunkach jednakowej diety. Wpływ jakości i ilości posiłków na poziom cukru we krwi jest znany i wszechstronnie przebadany [14,19].

Z danych z piśmiennictwa wynika, że w warunkach prawidłowych poziom cukru około godziny 10.00 jest niższy i wynosi 90-100mg%, a więc jest podobny do wyników naszych badań. Bardzo istotny jest wpływ rodzaju diety na poziom cukru we krwi. Z cytowanych prac wynika, że wyższy poziom cukru obserwujemy przy pokarmach mieszanych węglowodanowo-tłuszczowych [19].

Przy takiej też diecie poziom cukru w 2-3 godziny po śniadaniu jest dostatecznie wysoki, aby nurkowi nie groził stan hipoglikemii, a uczucie głodu występuje znacznie później niż przy posiłkach wysokowęglowodanowych. W świetle powyższego skład jakościowy śniadania otrzymywanego przez badanych nurków wydaje się właściwy.

Trudno jest odpowiedzieć na pytanie czy poziom cukru we krwi w okresie dłuższego pobytu pod wodą na większych głębokościach nie ulega znaczniejszej obniżce. Wymaga to dodatkowych badań nad wyizolowanym wpływem hiperbarii, które można przeprowadzić w komorach dekompresyjnych.

## WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań poziomu cukru we krwi u nurków przed nurkowaniem i po nurkowaniu nie stwierdzono odchyień statystycznie znamiennej.
2. W badanej grupie kontrolnej przy badaniu w 2 godziny po śniadaniu stwierdzono fizjologicznie niższe wartości cukru we krwi.
3. Konieczne są dalsze badania nad wpływem hiperbarii w warunkach komór hiperbarycznych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bomski H., Markiewicz K. Krzywa glikozy we krwi w czasie próby Hinesa-Browna. Polski Tygodnik Lekarski, nr 3, str.98, 1957;
2. Charłampowicz-Laszczkowa C. Mikrochemiczne analizy lekarskie krwi i moczu. Kraków, 1949;
3. Daszyński J. Zachowanie się poziomu glikozy we krwi w zależności od czasu wykonywania analizy, Przegląd Lekarski nr 5, str. 155. 1958;
4. Davies R. Deep diving and submarine operation. Part I. The St. Catherine Press Ltd. London. 1959 26 – 40;
5. Dolatowski A. – Zbiór Prac. Gdynia, 1957;
6. Heller J., Stebłowska D. – Biologicznie ważne ciała redukujące a metody oznaczania cukrów. Acta Physiologica Polonica nr 5, str. 565, 1954;
7. Huszcza A. – Ciśnienie atmosferyczne i jego wpływ na ustrój, Warszawa, PZWL, 1951;
8. Jacobson M.J. Kesonajna boleżń. Moskwa 1950;
9. Manitius A., Bielewski W., Nemirow R. – Normalne wartości niektórych właściwości fizycznych i składników chemicznych surowicy i krwi zdrowych ludzi, Polski Tygodnik Lekarski, nr 23, str. 1009, 1956;
10. Marek Kazimierz – Zachowanie się naturalnego odruchu warunkowego cukrowego u osób zdrowych i chorych na cukrzycę. Polski Tygodnik Lekarski, nr 21, str. 783, 1957;
11. Mills F.C. – Statisticeskije metody. Moskwa 1958;
12. Molfino F., Zannini D. Il lavoro portuale. Milano, 1956;
13. Mozołowski W. – Pojęcie normy i liczbowe ujęcie wyników w biochemii klinicznej. Postępy Biochemii rok II, str. 8, 1954;
14. Namysłowski L. – Żywnienie a wydajność pracy. Roczniki PZH, tom IX, nr 1, str. 53, 1958;
15. Paryski E., Nawrot A. – Prosta metoda oznaczania cukru we krwi i innych płynach. Polski Tygodnik Lekarski, nr 6, str. 190, 1955;
16. Pawelski S., Zawadzki Z. – Normy i stany prawidłowe w medycynie wewnętrznej. P.Z.W.L. Warszawa, 1958;
17. Rydygier J. – W sprawie zastosowania niektórych metod statystycznych „małej próby” do badań w medycynie. Polski Tygodnik Lekarski, nr 25, str. 739, i nr 26, str. 775, 1947;
18. Stolzmann Z. – Metody biochemii klinicznej, ich swoistość i sposób interpretacji. Postępy biochemii nr 2, str.21, 1954;
19. Węgierko J. – Cukrzyca. Warszawa, PZWL, 1954;
20. Wierzchowski M. – Ciężka praca mięśniowa a odpływ cukru z krwi na początku wysycania glikozą. Acta Biochemica Polonica vol.VI, nr 1, str.55, 1959;
21. Wiśniewski B., Bruhl W., Wolańska A., - O zachowaniu się glikozy i innych ciał redukujących we krwi po doustnym obciążeniu glikozą. Polski Tyg. Lek. Nr 3, str.98, 1956;
22. Zeyland J. – Metodologia naukowej pracy lekarskiej z uwzględnieniem statystyki. Polski Tygodnik Lekarski nr 4, str. 97, nr 5, str. 134, 1947;
23. Zysk J., Kaleta Z., Szamborski J. – Zmiany zawartości cukru we krwi w obniżonym ciśnieniu atmosferycznym. Acta Physiologica Polonica, vol. IV, 4, str. 297, 1953;
24. Żebrowski T., Herbert-Żebrowska H., Nawrot A. – Prosta półmikrometoda oznaczania poziomu cukru we krwi. Polski Tygodnik Lekarski nr 10, str. 359, 1957;
25. Żydowo M., - Niektóre zmiany biochemiczne krwi zdrowego człowieka pod wpływem adrenaliny. Acta Biochemica Polonica I, zes. 1-2, str. 139, 1954.

**Bogdan Łokucijewski**

Katedra Medycyny Morskiej i Tropikalnej  
Wojskowa Akademia Medyczna