

Roman Sobecki

## Badania nad zawartością tlenu w cieczy wodnistej komory przedniej oka królika. I. Określenie zawartości tlenu w cieczy wodnistej komory przedniej oka i we krwi tętniczej w warunkach fizjologicznych

Studies on oxygen content in aqueous humor of anterior chamber of rabbit's eye — I. Oxygen content in aqueous humor of anterior chamber and arterial blood under physiological conditions

**Summary.** The measurements of the partial pressure of oxygen  $pO_2$  in the aqueous humor of anterior chamber in both eyes and arterial blood, using the electrochemical — polarographic method, under physiological conditions, have been carried out in 20 rabbits. The mean value of  $pO_2$  oxygen partial pressure in aqueous humor was 8,48 kPa, whereas in arterial blood was higher — 9,69 kPa. The processes of infiltration (diffusion) from blood-vascular system and oxygen distribution in the aqueous humor of anterior chamber of the eye have been discussed.

Hasła: oksymetria, ciecz wodnista

Key words: oxymetry, aqueous humor


W ostatnich latach dużego znaczenia nabiera badanie utlenowania tkanek różnych narządów, w tym tkanek oka jako wykładnika ich funkcjonowania<sup>1,3-5,13,17,18,22</sup>. Znaczącym krokiem było wynalezienie i opracowanie metod, przy pomocy których w sposób inwazyjny, bądź w ostatnich latach nieinwazyjny, można określić zawartość tlenu w płynach ustrojowych<sup>2,5,6,11,16,21,22</sup>. Zawartość tlenu można mierzyć określając jego ciśnienie parcjalne ( $pO_2$ ). Jedną z metod pomiaru  $pO_2$  jest metoda elektrochemiczno-polarograficzna, zastosowana po raz pierwszy w praktyce przez *Davies* i *Brinka* w 1942 r., rozwinięta przez *Clarka* w latach 50-tych i modyfikowana przez *Lübbersa*, *Kunze* i in.<sup>21</sup>

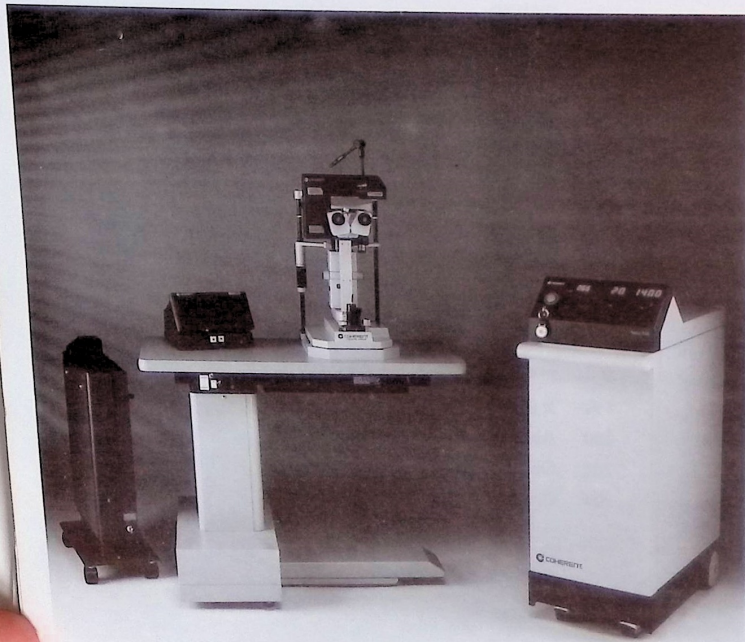
Procesy dostarczania i dystrybucji tlenu w gałce ocznej są mało poznane. Ważną rolę odgrywa w nich ciecz wodnista stanowiąca specyficzne „środowisko wewnętrzne” oka. Tlen w cieczy wodnistej komory

przedniej oka (cwkp) pochodzi w głównej mierze z układu krwionośnego ciała rzęskowego i tęczówki. W nielicznych pracach naukowych próbowano określić poziom tlenu w cwkp a ostatnio również w niektórych częściach oka w stanie fizjologicznym i w pewnych stanach patologicznych<sup>1,5,13,17,18</sup>. Aktualnie nie można przeprowadzić pomiaru  $pO_2$  w cwkp w sposób nieinwazyjny, dlatego też wiedza na ten temat jest ciągle niewielka. Pierwszych pomiarów  $pO_2$  w cwkp oka dokonał u królików *De Haan* w 1922 r. a w 1937 r. *Friedenwald* i *Pierce* u psów. W 1956 r. przy użyciu metody polarograficznej  $pO_2$  określił *Heald* i *Langham* a w 1959 r. *Kleinfeld* i *Neumann*<sup>5</sup> w oczach operowanych u ludzi. Wartości  $pO_2$  w cwkp oczu królików podawane przez różnych autorów charakteryzują się dużymi wahaniami np.: *Driest* określił te wartości od 22,8 mmHg do 42,8 mmHg<sup>5</sup>, *Fatt* — 50 mmHg<sup>7</sup>, *Drenckhahn* i *Lorenzen* 21 — 46 mmHg<sup>4</sup>, *Neumann* 45,4 mmHg<sup>5</sup>. Celem niniejszej części pracy jest określenie  $pO_2$  w cwkp oka królika i porównanie tej wartości z  $pO_2$  we krwi tętniczej w warunkach fizjologicznych oraz porównanie ewentualnych różnic w ilości tlenu w cwkp oka prawego i lewego a także we krwi tętniczej i obliczenie czy ta różnica jest statystycznie istotna.

Z Kliniki Okulistycznej CMKP w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. Krystyna Czechowicz-Janicka

Reprint requests to:  
Dr Roman Sobecki  
ul. Lasek Brzozowy 13 m. 25, 02-792 Warszawa

 **COHERENT** LASERY YAGOWE I ARGONOWE



25 lat pracy  
spowodowało,  
że  
nie mamy  
sobie równych

ul. Królowej Jadwigi 37b/7  
30-209 Kraków  
Poland

tel.: (0-12) 21-58-10  
21-63-91

fax: (0-12) 21-71-46

tlx: 0326286 Vamp PL

**CONSULTRONIX**  
**LASERS**

Sp. z o.o.

## Material i metodyka

Do badania użyto 20 królików białych rasy nowozelandzkiej, płci mieszanej o wadze 2,0-2,5 kg. Po znieczuleniu worka spojówkowego i rogówki 4% roztworem Xylocainy pobierano kroplę cieczy wodnistej z komory przedniej oka prawego i lewego, nakłuwając rąbek rogówki cienką igłą (0,5 × 25 mm) nałożoną na strzykawkę. Tak pobraną ciecz wodnistą przenoszono bezpośrednio na elektrodę pomiarową oksymetru elektrochemiczno-polarograficznego MO 10.1 firmy Prācitronic po uprzednim wyskalowaniu aparatu, przy uwzględnieniu aktualnego (w momencie badania) ciśnienia powietrza atmosferycznego i tlenu. W podobny sposób dokonano pomiarów  $pO_2$  we krwi tętniczej pobierając cienką igłą krew z tętnicy usznej królika.

## Wyniki

Wyniki badania określano podając wartość średniej arytmetycznej  $pO_2$  w cwkp oka prawego i lewego oraz w krwi tętniczej, obliczając odchylenie standardowe i oceniając statystycznymi testami istotność różnicy uzyskanych wyników. Istotność oceniano w każdym porównaniu dwoma testami: Testem „t” Studenta (poziom istotności  $\alpha = 0,05$ ) oraz porównania średnich z błędem standardowym różnicy średnich<sup>10,19,20</sup>. Ciśnienie parcjale tlenu  $pO_2$  obliczono w kilopascalach (1kPa = 7,5 mmHg). W oku prawym  $pO_2$  wynosiło ono średnio 8,42 kPa ( $\pm 2,67$ ), w oku lewym 8,62 kPa ( $\pm 2,015$ ). Testami istotności stwierdzono, że różnica między średnią  $pO_2$  cwkp oka prawego i lewego jest nieistotna, obliczono więc średnią  $pO_2$  cwkp w obu oczach ( $n = 40$ ) i wyniosła ona 8,48 kPa ( $\pm 2,34$ ). We krwi tętniczej  $pO_2$  wynosiło średnio 9,69 kPa ( $\pm 1,66$ ). Przy pomocy testów istotności porównano średnią zawartość tlenu w cwkp oczu ze średnią zawartością tlenu we krwi tętniczej i stwierdzono, że ta różnica jest istotną statystycznie.

## Omówienie

Proces przenikania tlenu do cwkp jest nie do końca wyjaśniony, podobnie jak proces wytwarzania cieczy wodnistej<sup>7,12</sup>. Tlen w cwkp pochodzi przede

wszystkim z mikrokrążenia w obrębie ciała rzęskowego i z naczyń tęczówki. Z podanych obliczeń wynika, że ilość tlenu w cwkp jest wyższa niż wartości podawane przez cytowanych we wstępie autorów. Być może wpływ na wyniki miał fakt, że w odróżnieniu od cytowanych prac w wykonanym przez nas doświadczeniu zwierzęta znajdowały się w normalnych warunkach, nie były w stanie hipo- czy hiperventylacji, nie były znieczulane ogólnie, zawsze uwzględniano aktualne w czasie badania ciśnienie atmosferyczne i odpowiednią do tego zawartość tlenu w powietrzu. W niniejszej pracy stwierdzono wyższą zawartość tlenu we krwi tętniczej niż w cwkp. Zaobserwowane zjawisko trudno jest jednoznacznie wytłumaczyć. Wpływ na to może mieć szereg czynników i wymaga to osobnych badań. Podobnie jak w innych tkankach można przyjąć, że ilość tlenu w cwkp jest wprost proporcjonalna do różnicy ciśnień we krwi i w cwkp a odwrotnie proporcjonalna do wielkości i struktury przestrzeni oddzielającej krew od obszaru jakim jest komora przednia oka. Dystrybucja tlenu może być różna w zależności od dyfuzji tlenu, jego konsumpcji, rozpuszczalności<sup>18</sup>. Dużą rolę odgrywa wysycenie hemoglobiny tlenem, które podczas oddechania w normalnych warunkach nigdy nie osiąga 100%. Istnieje poza tym wiele czynników, które wpływają na wiązanie tlenu z hemoglobiną jak  $pCO_2$ , odczyn środowiska i in.<sup>2</sup> Na zawartość tlenu w cwkp może mieć wreszcie wpływ aktywność enzymów i czynnych związków chemicznych, których zawartość w soczewce jak i w cwkp jest duża, niekiedy kilkakrotnie większa niż w osoczu krwi a soczewka oka zaopatrywana jest w tlen w procesie tlenowego oddychania wyłącznie przez tlen pochodzący z cwkp<sup>24</sup>. Procesy te nie są jeszcze dobrze poznane i wymagają dalszych badań. Przedstawione pomiary  $pO_2$  w cwkp i we krwi zdrowych królików stanowią pierwszą część pracy. W drugiej części będą przedstawione wyniki pomiarów  $pO_2$  w cwkp i we krwi królików po doświadczalnym zmniejszeniu ukrwienia gałki ocznej.

Wykaz piśmiennictwa po II części pracy  
Praca wpłynęła: 25.07.1992.

Roman Sobecki i Barbara Terelak

## Badania nad zawartością tlenu w cieczy wodnistej komory przedniej oka królika. II. Zawartość tlenu w cieczy wodnistej komory przedniej oka i we krwi tętniczej w wywołanym doświadczalnie niedokrwieniu gałki ocznej

Studies on oxygen content in aqueous humor of anterior chamber of rabbit's eye — II. Oxygen content in aqueous humor of anterior chamber and arterial blood in experimentally provoked ischaemia

**Summary.** The ligature of the right common carotid artery has been performed in 20 rabbits. Then, the partial pressure of oxygen  $pO_2$  in the aqueous humor of anterior chamber of the both eyes and in the right and left ear artery was measured. An electrochemical polarographic oxymeter was used for this purpose. The measurements were carried out on the second day, in a week and in one month after performing the ligature. A statistically significant decrease of  $pO_2$  in aqueous humor of anterior chamber of the right eye and of ear artery on the right side was observed, especially on the second day and after a week. Blood circulation stoppage within the right common carotid artery causes, in spite of the preservation of collateral circulation, a significant  $pO_2$  decrease in aqueous humor. The  $pO_2$  measurement would be a valuable supplement to the methods applied in the measurement of ear artery blood circulation.

Hasła: oksymetria, ciecz wodnista, niedokrwienie oka  
Key words: oxymetry, aqueous humor, ischemia of eye

Odpowiednie utlenowanie tkanek oka pozwala na zachowanie ich prawidłowego funkcjonowania. Zabezpieczenie tych procesów warunkuje wydolny układ oddechowy i krążenia krwi a również mało poznany mechanizm przenikania tlenu do tkanek. Oko pod względem zaopatrzenia w tlen stanowi szczególny narząd w organizmie. Wynika to z budowy układu naczyniowego oka, zwłaszcza w obrębie siatkówki a również z istnienia specyficznego układu krążącego jaki tworzy ciecz wodnista komory przedniej (cwkp). Cwkp powstaje w niewyjaśniony sposób jako ultraprzesącz w obrębie mikrokrążenia ciała rzęskowego a bierze w tym udział szereg układów enzymatycznych komórek nabłonkowych wyrostków

rzęskowych ciała rzęskowego co określane jest również jako sekrecja<sup>7,12,23</sup>. Tlen w cwkp oka pochodzi prawie wyłącznie z układu krwionośnego. Dla soczewki oka cwkp jest jedynym źródłem tlenu w procesie jej odżywiania. Fakt ten nabiera dużego znaczenia, bowiem uważa się, że jedną z przyczyn zaćmy jest obniżona podaż tlenu<sup>24</sup>. Długotrwałe zmniejszenie ukrwienia i prawdopodobnie, w konsekwencji obniżenie utlenowania, stanowi jeden z czynników etiologicznych przewlekłych zapaleń błony naczyniowej i siatkówki oraz jaskry.

W pierwszej części pracy określono jaki jest poziom tlenu we krwi tętniczej i cwkp oka królika w warunkach fizjologicznych. Ciśnienie parcjale tlenu  $pO_2$  wynosiło odpowiednio: we krwi tętniczej 9,69 kPa i cwkp 8,48 kPa. Celem niniejszej — drugiej części pracy — jest zbadanie i określenie poziomu tlenu w cwkp i we krwi i we krwi tętnicy usznej królika po zmniejszeniu krążenia w obrębie głowy po jednej stronie.

Z Kliniki Okulistycznej CMKP w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. Krystyna Czechowicz-Janicka

Reprint requests to:  
Dr Roman Sobecki  
ul. Lasek Brzozowy 13 m. 25, 02-792 Warszawa