

## 2 Uszkodzenie jaskrowe

Jak wspomniano we wstępie, istnieje różnica pomiędzy uszkodzeniem jaskrowym a czynnikami ryzyka, które prowadzą do uszkodzenia jaskrowego.

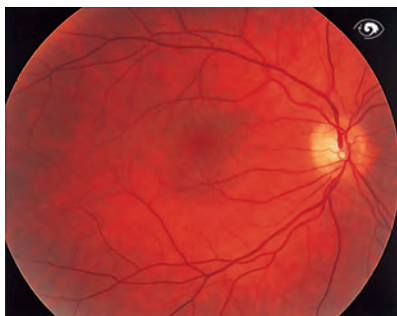
### 2.1. Fenomenologia uszkodzenia jaskrowego

Fenomenologia (opis i klasyfikacja zjawiska) opisuje tylko wygląd określonego uszkodzenia, bez rozważania jego przyczyny [gr. *phainomenon*: wygląd]. Z uszkodzeniem jaskrowym wiążą się dwa aspekty fenomenologiczne: morfologiczny i funkcjonalny. Aspekt morfologiczny opisuje zmiany widoczne na tarczy nerwu wzrokowego; np. charakterystyczne dla jaskry jest jej zagłębienie (zob. S1) [gr. *morphe*: forma; gr. *logos*: nauka lub wiedza o czymś]. Zmiany funkcjonalne dostarczają informacji o upośledzeniu widzenia, objawiającym się w jaskrze jako ubytki pola widzenia. Stąd szczególnie ważne jest badanie przez okulistę tarczy nerwu wzrokowego i, jeśli to konieczne, badanie pola widzenia.

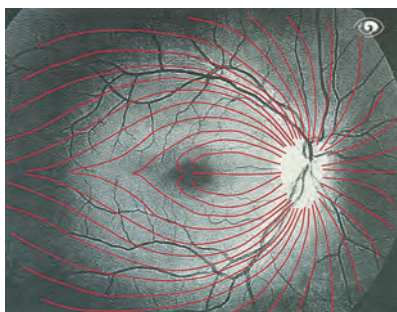
#### 2.1.1. Utrata włókien nerwowych w jaskrze

Jak już wspomniano, w jaskrze komórki nerwowe siatkówki i ich włókna powoli obumierają, znacznie osłabiając połączenie pomiędzy okiem a mózgiem. Ryc. 1.2 pokazuje przebieg włókien nerwowych. Ryc. 2.1 także przedstawia włókna nerwowe, ale widziane na zwykłym zdjęciu. Ponieważ włókna nerwowe są przezroczyste, mogą być ledwo dostrzegalne. Na ryc. 2.2 i 2.3 zdjęcia zostały zrobione w świetle, z którego usunięto kolor czerwony. Dzięki temu włókna stały się bardziej widoczne. Ryc. 2.2 przedstawia włókna nerwowe osoby zdrowej, a ryc. 2.3 – warstwę włókien nerwowych pacjenta z jaskrą.

Ludzkie oko jest połączone z mózgiem dzięki około jednemu milionowi włókien nerwowych. Włókna te przebiegają wachlarzowo przez najbardziej wewnętrzną warstwę siatkówki, zbiegają się w tarczy nerwu wzrokowego i opuszczają tylną część oka jako



**Ryc. 2.1.** Zdjęcie dna oka. Włókna nerwowe są ledwo widoczne



**Ryc. 2.2.** Zdjęcie dna oka. Włókna nerwowe naszkicowano na czerwono



**Ryc. 2.3.** Zdjęcie to, zrobione w świetle, z którego usunięto kolor czerwony, pokazuje utratę wiązki włókien nerwowych (\*)

pęczek zwany nerwem wzrokowym. Nawet osoba zdrowa traci włókna nerwowe w przebiegu naturalnego procesu starzenia się organizmu. U pacjentów z jaskrą utrata włókien nerwowych występuje szybciej.

### 2.1.2. Jaskrowa utrata tkanek

„Atrofia” jest inną nazwą zaniku tkanek, a pierwotna definicja znaczy „nieodżywiany” [gr. *trophein*: odżywiać]. Zanik (atrofia) tarczy nerwu wzrokowego (zwanej także głową nerwu wzrokowego) jest częściowym lub kompletnym ubytkiem tych włókien nerwowych, z których składa się nerw wzrokowy.

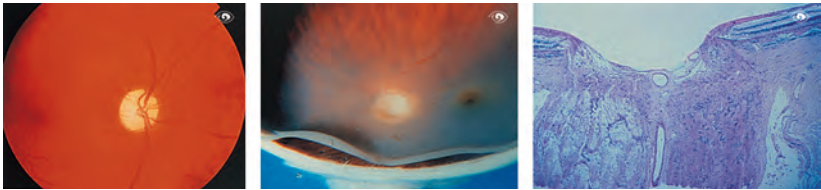
Poza jaskrą do zaniku nerwu wzrokowego mogą prowadzić także inne przyczyny, nazywane „zanikami prostymi nerwu wzrokowego” (nazwa ta podkreśla ich niejaskrowe pochodzenie). Przyczy-

nami zaniku prostego mogą być: przerwanie nerwu wzrokowego podczas wypadku, pewne choroby dziedziczne, a nawet niedobory niektórych witamin.

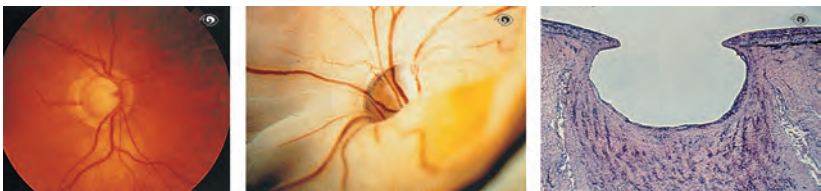
W jaki sposób można rozróżnić zanik prosty nerwu wzrokowego od zaniku jaskrowego? Ryc. 2.4 przedstawia prawidłową tarczę, ryc. 2.5 – zanik prosty, a ryc. 2.6 – zanik jaskrowy tarczy. Zdjęcia po lewej stronie przedstawiają tarczę nerwu wzrokowego osób żywych, zdjęcia w środku – osób zmarłych. Dlaczego oczy zmarłych są inne? W oczach tych nie płynie krew, dlatego ich siatkówka nie jest przezroczysta. Wyraźnie widoczne staje się żółte pole w tylnym biegunie, tzw. dołeczek, ponieważ nie ma już czerwonej barwy, która



**Ryc. 2.4.** Prawidłowa tarcza nerwu wzrokowego: u osoby zdrowej (lewa strona), w oku nieboszczyka (środek) i przekrój histologiczny (prawa strona)



**Ryc. 2.5.** Zanik prosty tarczy nerwu wzrokowego: oko pacjenta (lewa strona), oko nieboszczyka (środek) i przekrój histologiczny (prawa strona)



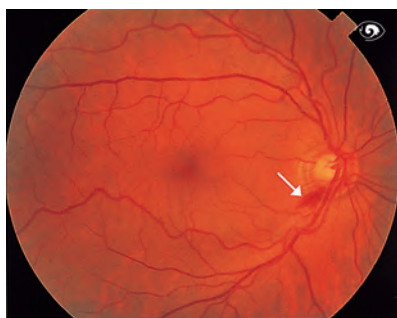
**Ryc. 2.6.** Zanik jaskrowy nerwu wzrokowego: oko pacjenta (strona lewa), oko nieboszczyka (środek) i przekrój histologiczny (prawa strona)

jest związana z krwią krążącą w żywym oku. Zdjęcia po prawej stronie przedstawiają histologiczny przekrój tarczy [gr. *hístion*: tkanka]. Histologia jest dziedziną medycyny, która zajmuje się badaniem pod mikroskopem różnych typów tkanek, po odpowiednim przygotowaniu danej próbki i pocięciu jej na niezwykle cienkie paski. Tkanki dodatkowo mogą być barwione przy użyciu różnych barwników, co umożliwia lepszą widoczność określonych struktur. Przykładowo, tkanka nerwowa absorbuje barwnik inaczej niż komórki mięśniowe; w niektórych tkankach depozyty glukozy wyglądają inaczej niż depozyty lipidowe itp.

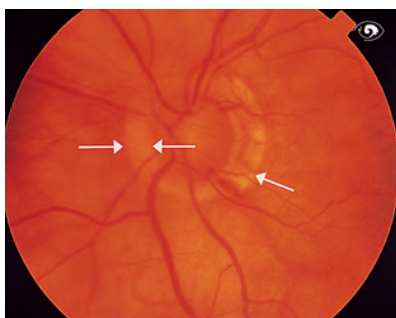
Zanik prosty nerwu wzrokowego charakteryzuje się utratą włókien nerwowych bez równoczesnej utraty innych tkanek, z których jest zbudowana tarcza.



**Ryc. 2.7.** Naczynia krwionośne zginają się bagietkowo na brzegu tarczy (→)



**Ryc. 2.8.** Mały krwotoczek na brzegu tarczy nerwu wzrokowego (→)



**Ryc. 2.9.** Okołotarczowy zanik naczyń nerwowej tarczy (→)

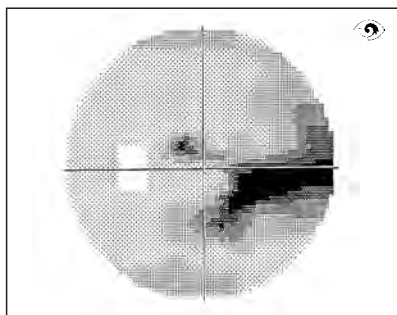
**Jaskrowy zanik nerwu wzrokowego** charakteryzuje się następującymi cechami:

- Na tarczy nerwu wzrokowego zaczyna się rozwijać typowe zagłębienie. Oprócz zaniku włókien nerwowych występuje także wyraźna utrata podtrzymujących naczyń krwionośne komórek glejowych. Komórki leżące poniżej struktury, takie jak blaszka sitowa, są przemodelowane na zewnątrz. Jest to bardzo powolny proces, który może trwać przez lata, a nawet dekady.
- Na obszarze zagłębienia naczyń krwionośne mogą zaginać się ostro ku tyłowi („bagnetowato”) w miejscu wychodzenia na brzeg zagłębienia (ryc. 2.7). Na brzegu tarczy mogą występować lokalne skurcze naczyń, jak również małe krwotoczki (ryc. 2.8), można też stwierdzić okołotarczowy zanik naczyń (ryc. 2.9). Jest to objaw utraty tkanki wokół tarczy. Fotoreceptory i komórki nabłonka barwnikowego tej części siatkówki, która graniczy z tarczą nerwu wzrokowego, są także zagrożone.

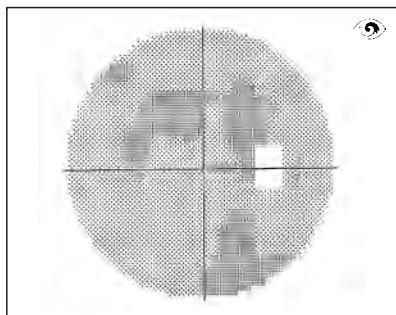
### 2.1.3. Ubytki funkcjonalne w jaskrze

Jak można przypuszczać, kiedy zmniejsza się liczba włókien nerwowych, dochodzi do pogorszenia funkcji wzrokowych. Ale zdziwiające jest to, że tak duża liczba aksonów musi obumrzeć, zanim pacjent uświadomi sobie upośledzenie wzroku. Widzenie jest niezwykle złożonym procesem, obejmującym wiele różnych aspektów, takich jak widzenie stereoskopowe, widzenie barwne, percepcja ruchu itp. Wszystkie te funkcje mogą być zaburzone u pacjenta z jaskrą. W relatywnie wczesnym stadium występują zaburzenia widzenia barwnego, czułości na kontrast i przystosowania wzroku do ciemności. Powtórzmy, ponieważ choroba ta rozwija się bardzo powoli, pacjent ledwo zauważy te zmiany. W późniejszym stadium choroby niektórym chorym bardzo przeszkadza jasne światło.

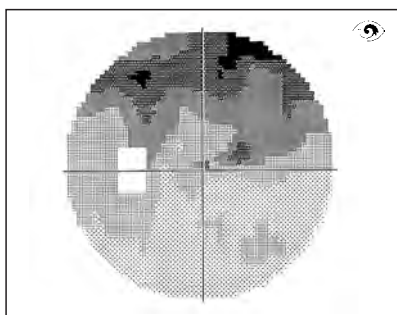
Najbardziej funkcjonalny charakter mają ubytki w polu widzenia. Pole widzenia danego oka stanowi zbiór wszystkich punktów, które są widziane równocześnie przy spoglądaniu na dany punkt fiksacji. Ubytki w polu widzenia określa się mianem mrocz-



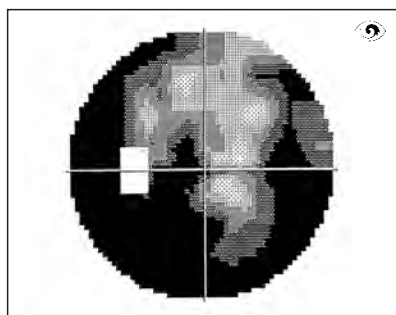
**Ryc. 2.10.** Pole widzenia pacjenta z jaskrą. Czarne pola oznaczają mroczki



**Ryc. 2.11.** Pole widzenia pacjenta z jaskrą z mroczkami względnymi



**Ryc. 2.12.** Pole widzenia pacjenta z jaskrą z umiarkowanym zaawansowanym uszkodzeniem



**Ryc. 2.13.** Pole widzenia pacjenta z jaskrą z bardzo zaawansowanym uszkodzeniem

ków (ryc. 2.10). Są to jak gdyby „dziury” w polu widzenia. Dzielimy je na mroczki względne i bezwzględne. Mroczek bezwzględny jest to kompletna utrata funkcji danej części pola widzenia; mroczek względny jest definiowany jako zmniejszona zdolność widzenia (ryc. 2.11). Większość mroczków pozostaje niezauważona przez pacjentów. Podobnie jak człowiek widzący prawidłowo jest nieświadomy swojej plamki ślepej, tak pacjenci z jaskrą odkrywają, że mają mroczki, albo w późnym stadium choroby, albo wcale. Raz jeszcze należy tu podkreślić, że ostrość wzroku zazwyczaj pozostaje prawidłowa nawet w przypadkach z zaawansowanymi ubytkami w polu widzenia. Pełna ostrość wzroku (20/20) w badanym oku wcale nie znaczy, że wzrok pacjenta jest doskonały. W pewnych warunkach pacjent z ja-

skrą z dużym ubytkiem w polu widzenia może czytać bez problemu nawet najmniejszy druk lub odczytać godzinę na odległym zegarku.

Ryc. 2.12 przedstawia umiarkowane, a ryc. 2.13 – zaawansowane uszkodzenie pola widzenia. Rozdz. S10 dostarcza więcej informacji na temat badania pola widzenia i jego oceny. Ubytki pola widzenia zostaną dokładniej omówione w rozdz. 6.5.

## 2.2. Jak powstaje uszkodzenie jaskrowe?

Uszkodzenie jaskrowe jest definiowane jako utrata komórek zwojowych siatkówki i ich aksonów, które łączą nerw wzrokowy z mózgiem. Dodatkowo proces chorobowy obejmuje także komórki glejowe (komórki podporowe).

W przypadku postępującej choroby pacjenci z jaskrą tracą komórki nerwowe i glejowe [gr. *glia*: klej]. Komórki glejowe dostarczają pożywienia komórkom nerwowym i służą im jako element podporowy, tak że komórki nerwowe mogą funkcjonować prawidłowo. Kiedy komórka obumiera bez towarzyszącej reakcji zapalnej – jest to tzw. „prosta” śmierć komórki – proces ten nazywamy „apoptozą” [gr. *apoptein*: spadać]. Umierające komórki były porównywane do liści spadających z drzew jesienią; w ten sposób wyrażenie to znalazło zastosowanie w medycynie.

Obecnie wiadomo, że każda komórka ma zdolność zapoczątkowania swojej własnej śmierci. Zdrowa komórka potrzebuje informacji z własnego środowiska, że ciągle jest potrzebna. Jeśli to dodatnie sprzężenie zwrotne zostanie przerwane lub zastąpione przez informację negatywną, która informuje komórkę, że nie jest już potrzebna, może ona zacząć proces swojej destrukcji, realizując „program apoptozy”. W prawidłowych warunkach zdarza się to wtedy, gdy komórka przekroczyła swój określony rozwój lub staje się zbędna.

W tym modelu możliwe są dwa mechanizmy błędu: potencjał apoptozy może być albo zbyt silny, albo zbyt słaby. Oba mechanizmy są objawami choroby. Komórki guza, na przykład, charakteryzują się często brakiem zdolności apoptozy. Guz rozrasta się w sposób niekontrolowany, oderwany od naturalnych wpływów mechanizmów kontroli; w ten sposób zastępuje zdrową funkcjonalnie tkankę.

Niekorzystna jest jednak także patologiczna utrata komórek spowodowana przez nadmierną apoptozę. To zdarza się w poważnych chorobach zwyrodnieniowych mózgu, jak np. w chorobie Alzheimera. W jaskrze utrata komórek występuje najpierw w komórkach zwojowych siatkówki. Nie są znane wszystkie szczegóły tego procesu, czym jest on spowodowany lub jaki jest jego właściwy mechanizm. Podsumowanie obecnego poglądu na to zagadnienie przedstawiono w rozdz. 5.

Istnieje wiele czynników, o których wiadomo, że zwiększają prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia jaskrowego lub jego progresji; są to tak zwane czynniki ryzyka. Na niektóre możemy wpływać, np. na podwyższone ciśnienie wewnątrzgałkowe, niskie ciśnienie tętnicze krwi i dysregulację czynności naczyń krwionośnych (skurcz naczyń, zob. S11). Ale są także inne czynniki ryzyka, na które nie mamy wpływu, takie jak wiek, płeć, wada refrakcji itp. Waga różnych czynników ryzyka jest ciągle przedmiotem kontrowersji wśród okulistów. Podczas gdy niektórzy nadal traktują jaskrę wyłącznie jako problem podwyższonego c.w., inne grupy badawcze podkreślają ważność problemów krążeniowych w rozwoju choroby. Jest to sprzeczność tylko na pierwszy rzut oka. Powodem większości chorób są różne, złożone przyczyny i zależnie od punktu widzenia i doświadczenia, lekarz wywiera ważny wpływ na określone czynniki. Poniżej przedstawiliśmy przykład z życia codziennego.

### 2.2.1. Problem przyczynowości

Często dyskutuje się, dlaczego wydarzyło się coś, co spowodowało określone skutki. Mogą się pojawić całkiem odmienne opinie, które przeciwstawiają się sobie nawzajem.

*Każdego ranka pan Kowalski jeździ do pracy, która znajduje się po drugiej stronie rzeki. Czynność tę wykonuje od lat. Musi on przekroczyć most, który jest narażony na zmianę warunków pogodowych i często jest oblodzony. Pewnego zimowego ranka zamarznęta droga pokryta jest śniegiem. Jak zwykle pan Kowalski jest trochę spóźniony i nie zwolnił podczas przekraczania mostu. Jego samochód wpadł w poślizg, zjechał z drogi, wjechał w barierkę i uległ poważnemu zniszczeniu.*



I teraz powstaje pytanie: Co właściwie spowodowało wypadek i co zniszczyło samochód? Można wydać różne opinie. Być może grupa A twierdziłaby, że główną przyczyną wypadku była prędkość samochodu, niedostosowana do aktualnych warunków drogowych. Jeśli pan Kowalski prowadziłby wolniej, nawet bardzo wolno, najprawdopodobniej nie byłoby wypadku. Nikt nie może kwestionować opinii grupy A. Prędkość na pewno grała rolę. Ale grupa B, w skład której wchodzi pracownicy przemysłu samochodowego, ma inny pogląd na tę sprawę. Twierdzą oni, że gdyby pan Kowalski prowadził lepszy samochód, wypadek prawdopodobnie by się nie zdarzył. Grupa B także ma rację, ponieważ faktycznie tego samego dnia wiele innych samochodów jadących z tą samą prędkością przejechało przez most, nie ulegając wypadkowi – jednakże samochody te były wyposażone w system ABS (bezpieczniejszego hamowania) oraz w zimowe opony. Innego zdania jest grupa C: jej członkowie winią władze miasta. Uważają, że gdyby pługi usunęły lód i śnieg z mostu, nie byłoby wypadku. Dla nich przyczyną wypadku był oblodzony most i fakt, że droga nie była właściwie odśnieżona. Faktycznie jest wiele innych powodów, które mogłyby być czynnikami sprawczymi, np. czas reakcji kierowcy, itp.

Przykład ten podkreśla fakt, że dane wydarzenia są zazwyczaj spowodowane przez różnorodne, współdziałające czynniki. I zależnie od punktu widzenia obserwatora, ten lub inny czynnik będzie uznany za najważniejszy lub też problem zostanie zredukowany do jednej przyczyny.

Jeśli przykład ten zastosujemy do zrozumienia uszkodzenia jaskrowego, to c.w. może odpowiadać szybkości samochodu. Jak opisano powyżej, jeśli kierowca utrzymałby szybkość pojazdu na poziomie wartości kompensującej niebezpieczne warunki drogowe (tzn. gdyby jechał bardzo wolno), prawdopodobnie wypadek by się nie zdarzył. To samo można odnieść do ciśnienia wewnątrzgałkowego. Jeśli c.w. każdego oka byłoby ściśle zaadaptowane do indywidualnych potrzeb (w niektórych przypadkach nawet niezwykle niskie ciśnienie wewnątrzgałkowe), wtedy uszkodzenie jaskrowe występowałoby niezwykle rzadko. Ale tak jak powolna jazda nie eliminuje całkowicie ryzyka wypadku, tak nadal możliwe jest powstanie i rozwój jaskry, nawet przy bardzo niskim c.w. Na szczęście zdarza się to bardzo rzad-

ko. Ze względów praktycznych, prowadząc samochód, powinno się utrzymywać określoną prędkość, ale należy także wziąć pod uwagę inne czynniki. Ryzyko wypadku można znacznie obniżyć, nawet bez zwolnienia ruchu pojazdów, przez rzetelne odśnieżanie i wysokiej klasy samochód. Podobnie, poprawiając obniżone krążenie krwi, można ochronić oczy niektórych pacjentów, tak żeby nawet „prawidłowe” ciśnienie wewnątrzgałkowe nie było już dłużej szkodliwe.

Przykład powyższy pokazuje, że nawet jedna przyczyna może prowadzić do zniszczenia, jeśli dany czynnik jest ekstremalny. Nawet najlepszy samochód może ulec wypadkowi pomimo dobrych warunków pogodowych, jeśli prędkość pojazdu jest niebezpiecznie wysoka. Podobnie podwyższone c.w. może powodować uszkodzenie nawet zdrowego oka. Ale podobnie jak na oblodzonej drodze ostrożny kierowca może wpaść w poślizg, tak samo istnieją pacjenci, u których rozwinię się jaskrowe uszkodzenie nerwu wzrokowego, pomimo niskiego c.w. Zatem staje się jasna potrzeba oznaczenia innych czynników ryzyka. Celem tego porównania jest podkreślenie, że większość chorób jest spowodowana przez wiele czynników współdziałających i że tylko jeden ekstremalny czynnik może spowodować uszkodzenie. Skupienie się na jednym czynniku ryzyka nie jest prawidłowe, ale i nie jest błędne; jest po prostu uproszczeniem. Aby właściwie ocenić sytuację, powinno się wziąć pod uwagę wszystkie czynniki i ich wpływ na siebie nawzajem (zob. rozdz. 5).

Podwyższone ciśnienie wewnątrzgałkowe jest niezwykle ważnym czynnikiem ryzyka rozwoju jaskry. Ponieważ czynnik ten może być łatwo monitorowany i leczony, był on w centrum zainteresowania przez kilka dziesięcioleci. W rozdz. 3 opisane zostały różne mechanizmy wzrostu c.w., rozdz. 4 zajmuje się dodatkowymi czynnikami ryzyka, a rozdz. 5 przedstawia, w jaki sposób współdziałają różne czynniki ryzyka, wywołując uszkodzenie jaskrowe.

### 2.2.2. Znaczenie ciśnienia wewnątrzgałkowego

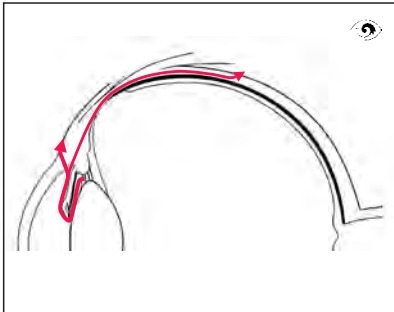
Z punktu widzenia fizyki ciśnienie panujące wewnątrz gałki ocznej jest niczym innym jak różnicą pomiędzy bezwzględnym c.w. a ciśnieniem atmosferycznym w danym momencie. Dlatego to, co rozumiemy przez ciśnienie wewnątrzgałkowe, jest faktycznie różnicą

ciśnień, względnym c.w. Ale jakie czynniki składają się na pojęcie ciśnienia wewnątrzgałkowego?

Aby ułatwić zrozumienie, należy wyjaśnić, że oko składa się z wielu części, w tym z przedniej i tylnej komory. Wewnątrz tych komór krąży płyn, który przypomina wodę, nazywany cieczą wodnistą. Jest on produkowany przez ciało rzęskowe oka i początkowo wydzielany do komory tylnej (zob. S1). Następnie płynie on przez źrenicę do komory przedniej (ryc. 2.14).

Część cieczy wodnistej jest kierowana przez siateczkę beleczkowania do kanału Schlemma. Ten okrężny kanał, zlokalizowany na granicy między rogówką a twardówką, łączy się z żyłami, które przebiegają przez powierzchnię twardówki. Ten splot żylny służy jako droga odpływu cieczy wodnistej z oka do układu krążenia.

Inna część cieczy wodnistej płynie przez przestrzeń śródmiąższową tęczówki i ciała rzęskowego pod twardówką. Następnie przenika przez twardówkę, która jest przepuszczalna dla płynów, do tkanki łącznej oczodołu, i jest drenowana przez naczynia krwionośne do układu krążenia. Pozostała część cieczy wodnistej jest bezpośrednio absorbowana przez naczynia krwionośne naczyńki, błony położonej za siatkówką. Te drogi odpływu cieczy wodnistej są nazwane drogą naczyńkowo-twardówkową. Naczyniówka składa się głównie z naczyń krwionośnych przypominających winogrona.



**Ryc. 2.14.** Ciecz wodnista płynie z komory tylnej do komory przedniej; opuszcza oko przez siateczkę beleczkowania lub przez naczyniówkę i twardówkę



**Ryc. 2.15.** Podobnie jak na tamie, pożądane ciśnienie można utrzymać tylko dzięki równowadze pomiędzy przyływem a odpływem

Ciecz wodnista jest aktywnie wydzielana przez oko, podczas gdy odpływ musi pokonać pewien opór (zob. S1). Jest to źródłem ciśnienia wewnątrzgałkowego. Ponieważ gałka oczna może tylko minimalnie rozszerzać się w każdym kierunku, c.w. jest rezultatem równowagi pomiędzy produkcją a odpływem cieczy wodnistej. Obniżona produkcja i/lub łatwiejszy odpływ powoduje obniżenie c.w. Z drugiej strony, ciśnienie wewnątrzgałkowe rośnie, kiedy ciało rzęskowe produkuje więcej cieczy wodnistej i/lub zwiększa się opór odpływu (zob. ryc. 2.15).

### Jaka jest rola c.w.?

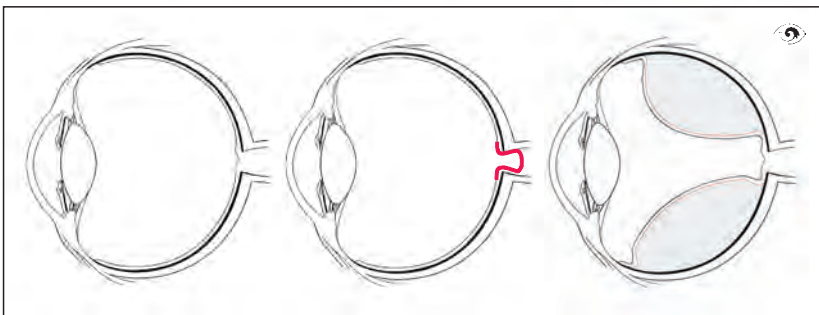
1. Ciśnienie wewnątrzgałkowe utrzymuje stały kształt oka. Kiedy patrzymy w innym kierunku, mięśnie oka wywierają dużą siłę na gałkę oczną. Pewna określona wartość c.w. jest niezbędną ochroną przeciwko deformacji gałki podczas jej ruchu lub mrugnięcia. Deformacje takie mogłyby odbić się na jakości obrazu na siatkówce (zob. S4), stąd ciśnienie wewnątrzgałkowe utrzymuje gałkę oczną w stałym kształcie.
2. Ciśnienie wewnątrzgałkowe jest także niezbędne, aby zapobiec obrzękowi niektórych tkanek oka, zastępując ciśnienie onkotyczne [gr. *onkos*: obrzęk]. Ciśnienie onkotyczne jest siłą ssącą wywieraną na płyny w sąsiadujących tkankach przez cząsteczki białka, które krążą we krwi. Z tą „siłą przyciągania” cząsteczki białka mogą aktywnie odwodnić tkanki otaczające naczynia krwionośne i usunąć z nich „odpadki komórkowe”. Jednak w ścianach naczyń krwionośnych naczyńówki są małe pory. Małe cząsteczki białek mogą opuszczać naczynia krwionośne przez te pory, pozbawiając je siły onkotycznej. Zastanówmy się jednak, na podstawie powyższych faktów i tego, że oko nie ma naczyń limfatycznych do drenażu, w jaki sposób może ono uwolnić się z końcowych produktów przemiany materii, ze swoich „odpadków”, i jak można uniknąć obrzęku tkanek? Odpowiedź jest związana z ciśnieniem wewnątrzgałkowym. C.w. sprawia, że płyn zawierający końcowe produkty przemiany materii przechodzi do krwi.

3. Krążąca ciecz wodnista stale opłukuje różne tkanki oka, w tym soczewkę i wewnętrzną warstwę rogówki (zob. S1). Zarówno soczewka, jak i rogówka, nie mają własnych naczyń krwionośnych, w przeciwnym wypadku straciłyby swoją przezroczystość, a to osłabiłoby funkcje wzrokowe. Aby przeżyć bez naczyń krwionośnych, muszą one być stale przepłukiwane i odżywiane przez ciecz wodnistą.

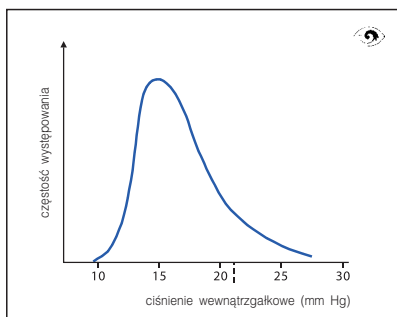
W skrócie: ciśnienie wewnątrzgałkowe jest niezbędne. Jeśli jest zbyt niskie przez dłuższy czas, pojawiają się zaburzenia, takie jak obrzęk naczyniówki. Nazywa się to odłączeniem naczyniówki. W takim wypadku funkcja wzrokowa jest osłabiona. W normalnych warunkach wzrok szybko się poprawia, gdy c.w. wzrasta do wartości prawidłowej. Na ryc. 2.16 pokazano, co dzieje się ze zdrowym okiem, gdy ciśnienie wewnątrzgałkowe jest za wysokie lub za niskie.

#### Jak wysokie jest prawidłowe ciśnienie wewnątrzgałkowe?

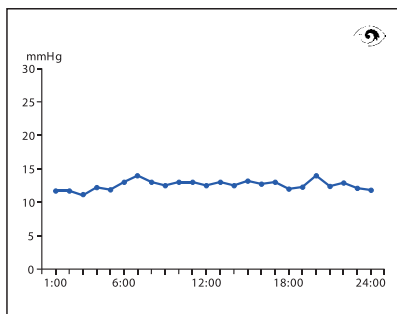
Odpowiedź zależy od tego, co uważamy za normę. Ze statystycznego punktu widzenia prawidłowe jest c.w. mieszczące się w zakresie ciśnień, które stwierdzano najczęściej w populacji ludzi zdrowych. Jednak nawet w populacji niejaskrowej zanotowano duże różnice ciśnień. C.w. u większości ludzi mieści się pomiędzy 9 a 21 mm Hg, ze średnią około 15 mm Hg.



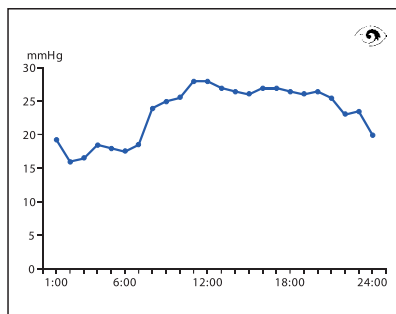
**Ryc. 2.16.** Jeśli ciśnienie wewnątrzgałkowe jest za wysokie, powstaje uszkodzenie jaskrowe (środkowy schemat); jeśli jest za niskie, występuje obrzęk naczyniówki (prawy schemat)



**Ryc. 2.17.** Częstość rozkładu wartości ciśnienia wewnątrzgałkowego w zdrowej populacji



**Ryc. 2.18.** U osób zdrowych w ciągu doby występują niewielkie wahania ciśnienia wewnątrzgałkowego



**Ryc. 2.19.** Pacjenci z jaskrą mają bardziej zaznaczone wahania dobowe ciśnienia wewnątrzgałkowego

Są także zdrowi ludzie, których c.w. wynosi  $<9$  mm Hg lub  $>21$  mm Hg, chociaż to rzadkie przypadki (ryc. 2.17).

Fakt, że c.w. większości ludzi zdrowych wynosi  $<21$  mm Hg, nie oznacza, że jest to granica, powyżej której w sposób nieunikniony wystąpi uszkodzenie jaskrowe. Jak pokażemy dalej, uszkodzenie nerwu wzrokowego może wystąpić przy c.w.  $<21$  mm Hg. Z drugiej strony są ludzie, którzy nie mają uszkodzenia jaskrowego i są zdrowi, chociaż ich c.w. kształtuje się  $>21$  mm Hg. Poziom c.w., który jest tolerowany, lub granica, powyżej której występuje uszkodzenie, różnią się i zależą od innych czynników ryzyka (zob. rozdz. 4 i 5).

Tak samo jak ciśnienie tętnicze, ciśnienie wewnątrzgałkowe rośnie i maleje. Wahania te są różne u różnych osób (ryc. 2.18). U pacjentów z jaskrą nie tylko występuje wzrost ciśnienia wewnątrzgałkowego; także wahania tego ciśnienia są częstsze niż w zdrowym

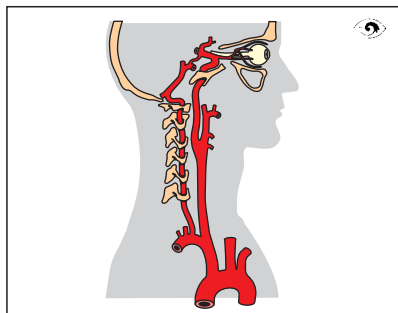
oku (ryc. 2.19). Aby monitorować te wahania c.w. i ciśnienia maksymalne, pojedynczy pomiar c.w. jest niewystarczający. Koniecznych jest kilka pomiarów o różnych porach dnia.

Uwaga: ciśnienie wewnątrzgałkowe jest mierzone w mm Hg. Hg jest skrótem chemicznym rtęci, stąd ciśnienie określane jest przez pomiary zmian wysokości w mm słupa rtęci.

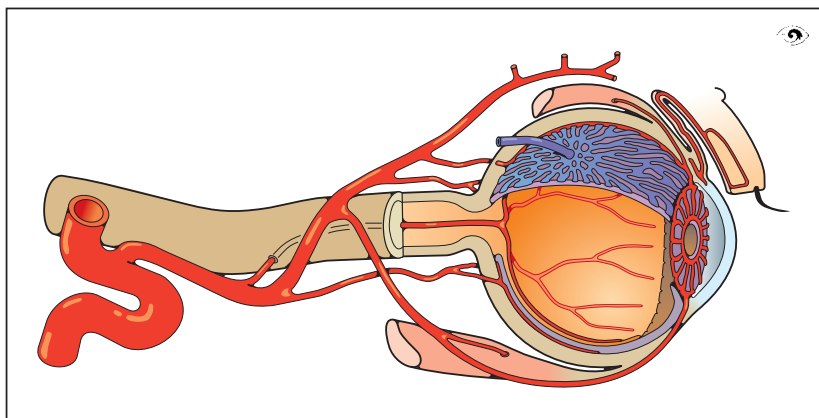
### 2.2.3 Znaczenie perfuzji ocznej

Podobnie jak w przypadku mózgu, krew do oka dostarczana jest dzięki tętnicy szyjnej [łac. *arteria carotis*] (zob. ryc. 2.20). Tętnica oczna – odgałęzienie tętnicy szyjnej, biegnie do oczodołu i zaopatruje oko i jego okolice w krew (ryc. 2.21). Wiele słów (takich jak np. okulistyka – *ophthalmology*) wywodzi się z rdzenia „ophtha”, który pochodzi ze starożytnego greckiego słowa *ophthalmos*, oznaczającego oko. Dlatego okulistyka to nauka o oku.

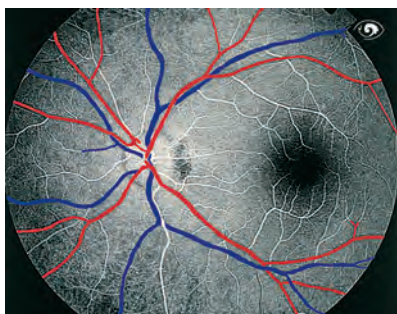
Odcinek przedni oka zaopatrują w krew naczynia krwionośne docierające do mięśni oka. Jego tylny odcinek jest zaopatrywany przez dwa różne układy naczyń krwionośnych. Tętnica środkowa siatkówki [łac. *arteria centralis retinae*] wchodzi do gałki ocznej razem z nerwem wzrokowym i zaopatruje w krew siatkówkę [łac. *retina* – *rete*: sieć]; jest to tzw. krążenie siatkówkowe (zob. ryc. 2.22). Naczyniówka (zob. S1) jest zaopatrywana przez odgałęzienia tętnic rzęskowych tylnych krótkich. Naczynia te wchodzi do tylnego bieguna gałki ocznej przez twardówkę (ryc. 2.23). Jest to krążenie naczyniówkowe.



**Ryc. 2.20.** Tętnica szyjna zaopatruje w krew oko i przednią część mózgu; tętnice kręgowie zaopatrują tylną część mózgu



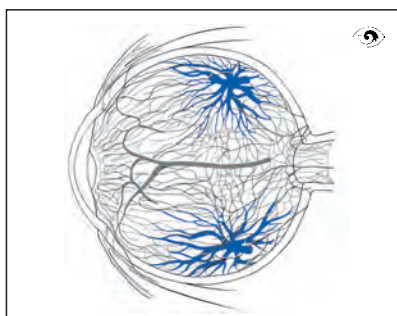
**Ryc. 2.21.** Tętnica oczna zaopatruje w krew oko i jego okolice



**Ryc. 2.22.** Naczynia krwionośne siatkówki. W celu uzyskania jasności obrazu zaznaczono tętnice na czerwono, a żyły na niebiesko



**Ryc. 2.23.** Na tym zdjęciu zabarwiono ciemnym barwnikiem tętnicę rzęskowe tylne



**Ryc. 2.24.** Krew odpływa z naczyniówki do żył wirowatych



Krew żylna opuszcza siatkówkę przez żyłę środkową siatkówki [*vena centralis retinae*]. Tak jak tętnica środkowa siatkówki, żyła ta wychodzi z gałki na tarczy nerwu wzrokowego i biegnie przez krótki odcinek w nerwie wzrokowym. Odpływ krwi żylny z naczyniówki odbywa się za pomocą układu żył wirowatych, co trafnie opisuje kształt tych żył (zob. ryc. 2.24).

Krażenie krwi w tarczy nerwu wzrokowego jest jedyne w swoim rodzaju. Powierzchnia tarczy jest zaopatrywana przez krew tętniczą z krążenia siatkówkowego, a zewnętrzne części nerwu – z krążenia naczyniówkowego. Odpływ żylny całkowicie łączy się z krążeniem siatkówkowym dzięki żyłce środkowej siatkówki.

Krażenie w tarczy nerwu wzrokowego ma cechy wspólne krążenia dla siatkówki i naczyniówki (ryc. S1.52). Substancje naczyniowoczynne, tzn. leki, które mogą wpływać na średnicę naczyń krwionośnych, mogą dotrzeć do tarczy nerwu wzrokowego przez naczyniówkę. To wyjaśnia, dlaczego tarcza jest tak podatna na zaburzenia krążenia. Zagadnienie to zostanie szczegółowo opisane w rozdz. 5.

U pacjentów z jaskrą często można stwierdzić obniżony przepływ krwi w gałce ocznej, czyli zmniejszoną perfuzję oczną. Jest to bardzo ważny czynnik ryzyka, który zostanie dokładnie opisany w rozdz. 4.2.7. W rozdz. 5 udowodnimy, że obniżenie przepływu krwi zwiększa wrażliwość oka na ciśnienie wewnątrzgałkowe.

### Podsumowanie

Uszkodzeniem jaskrowym nazywamy utratę komórek zwojowych siatkówki i ich aksonów. W przypadku jaskrowego uszkodzenia tarczy nerwu wzrokowego, oprócz utraty włókien nerwowych, dochodzi do nieodwracalnego uszkodzenia komórek gębowych i naczyń krwionośnych, co prowadzi do powstania zagłębienia tarczy nerwu wzrokowego. W konsekwencji powstają ubytki w polu widzenia, które w początkowych stadiach choroby są ledwo zauważalne przez pacjenta. Na uszkodzenie jaskrowe wpływa wiele czynników; najbardziej godne uwagi są: podwyższone ciśnienie wewnątrzgałkowe i obniżony przepływ krwi w gałce ocznej.