

OPTOMETRYA OBJEKTYWNA

PRZEZ

ZYGMUNTA KRAMSZYKA

(Przedstawiono na posiedzeniu Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu dnia 13 lipca 1878 roku.)

Przedmiotem optometrii obiektywnej jest badanie stosunków optycznych oka za pomocą oftalmoskopu. Oglądając wziernikiem dno oka, widzimy je nie bezpośrednio, a przez pośrednictwo należącego doń optycznego przyrządu. Obraz więc wziernikowy jest rezultatem dwóch rozmaitych, składających się nań momentów i podwójny nosi charakter. Z jednej strony jest on istotnym wizerunkiem dna oka, z drugiej zaś strony zależnym jest od właściwości łamiącego światło przyrządu. Jeżeli z pomiędzy tych ostatnich własności wziernikowego obrazu usuniemy objawy wszelkiego rodzaju zmętnień środków łamiących oka, pozostaną czysto optyczne jego charaktery, zależne od kształtu i wzajemnej odległości powierzchni krzywych, od łamliwości środków optycznych i od długości osi oka, a więc od momentów, warunkujących optyczne nastawienie badanego oka. W tém właśnie leży możność zużytkowania obrazu wziernikowego dla optometrycznych celów.

Już z samego określenia optycznych przymiotów wziernikowego obrazu wypływa, że wspólnym ich charakterem być musi zmienność przy zmianie optycznych warunków, w jakich się badanie odbywa; zmieniać się więc one będą w miarę oddalania się badającego oka, w miarę rozmaitej dla badania użytej akomodacji i w miarę rozmaitych przed okiem badanym umieszczanych soczewek. W ten sposób łatwo się przekonać, że do optycznych własności obrazu oftalmoskopowego zaliczyć należy:

- 1) Położenie obrazu względem oka, które się objawia ruchami paralaktycznymi, mniejszą lub większą jego wyraźnością i natężeniem akomodacji, (lub łamliwością soczewki) do uwyraźnienia jego potrzebnej;
- 2) rozległość czyli pole obrazu;
- 3) powiększenie obrazu.

ART. II.

1

Postać obrazu, o ile od optycznych warunków zależy (astygmatyzm), da się zawsze odnieść do dwóch poprzednich warunków, to jest do jego położenia względem oka i do powiększenia.

Badanie wyliczonych własności obrazu wziernikowego wyczerpuje zakres ogólnej części nauki. Optometryja obiektywna szczegółowa wychodzi ze szczególnych form nastawienia optycznego oka i objawy wziernikowe rozbiiera w stosunku do każdej z nich oddzielnie.

CZEŚĆ OGÓLNA

I. — POŁOŻENIE OBRAZU WZIERNIKOWEGO

I. Przedmioty zewnętrzne widzimy wyraźnie tylko wtedy, gdy się ich obrazy dokładnie na dnie oka rysują. Przyrząd optyczny oka załamuje promienie wychodzące z wyraźnie widzianych przedmiotów w ten sposób, że się one dokładnie na dnie oka krzyżują. Dno oka, a ściślej mówiąc, siatkówka, jest miejscem optycznych obrazów wyraźnie widzianych przedmiotów. Na zasadzie własności ognisk sprzężonych twierdzenie to można odwrócić. Skoro dno oka, w odpowiednich warunkach umieszczone, stanie się przedmiotem świecącym, obraz jego utworzyć się musi w punkcie, na który oko w danej chwili jest nastawione, to jest w miejscu, gdzie znajdowałby się musiał przedmiot, któryby w danej chwili mógł być wyraźnie widziany. Jako prawidło przyjęć można, że oko wziernikiem badane nie akomoduje, a w każdym razie leży w mocy lekarza zmusić je do tego; oko więc takie nastawione jest na swój punkt najdalszy wyraźnego widzenia; w tym samym punkcie tworzyć się musi i obraz wziernikowy.

Stan refrakcyi oka wyraża się liczebnie podług nauki Donders'a przez odwróconą odległość jego punktu dali; wszystkie metody optometryczne redukują się ostatecznie do oznaczenia odległości tego punktu od oka. Wziernik pozwala niejako widzieć ten punkt bezpośrednio; spełni więc najważniejsze optometryczne zadanie, jeżeli położenie wziernikowego obrazu da się oznaczyć dokładnie. Łatwo zrozumieć że ta kwestyja stanowi środek ciężkości całej optometryi obiektywnej.

Punkt dali w oczach o rozmaitej refrakcyi znajdować się może przed okiem lub po za niem i to we wszystkich możliwych odległościach, począwszy od nieskończoności aż do odległości bardzo bliskich oka. Też same położenia zajmować może i obraz wziernikowy; stosunki optyczne oka stają się nawet jaśniejsze, jeżeli za punkt wyjścia weźmiemy nie przedmioty zewnętrzne, a oświetlone dno oka.

Rozmaitość refrakcyi oka zależy od stosunku pomiędzy jego osią, a odległością ogniskową łamiącego światło przyrządu. Skoro pomiędzy dwiema temi długościami istnieje zgodność zupełna, oko jest nastawione na odległość nieskończenie wielką, jest prawidłowe; gdy oś oka przeważa, oko jest nastawione na odległości dodatne i zowie się krótkowzrocznem, gdy przewaga jest po stronie odległości ogniskowej przyrządu optycznego, oko jest nastawione na odległości ujemne i nosi nazwę nadwzrocznego. Bardzo łatwo te wszystkie stosunki przedstawić na prostym przyrządzie optycznym. Jeżeli w ognisku soczewki skupiającej umieścimy jakikolwiek przedmiot, obraz jego utworzy się w odle-

głości nieskończenie wielkiej; jeżeli przedmiot od soczewki oddalać będziemy, obraz, rzeczywisty i odwrócony, utworzy się z przeciwnej strony soczewki, więc na stronie dodatniej i tym bliżej, im bardziej przedmiot od ogniska, więc i od soczewki oddalać się będzie; jeżeli na odwrót przedmiot do soczewki przybliżać będziemy, obraz jego, prosty i urojony, tworzyć się będzie z tej samej strony soczewki, więc w odległości ujemnej i tym bliżej, im przedmiot od ogniska głównego bardziej się będzie oddalać, a więc im bliżej soczewki znajdować się będzie. Jeżeli soczewka dla doświadczenia użyta ma odległość ogniskową bardzo krótką, jak przyrząd optyczny oka, wtedy przedmiot na bardzo niewielką tylko odległość od ogniska głównego oddalać potrzeba, ażeby jego obraz bardzo znacznie przebiegał przestrzenie.

Rezultaty tego doświadczenia dadzą się wprost odnieść do optycznych stosunków oka; tłumaczy ono doskonale położenie obrazu wziernikowego przy rozmaitych stanach refrakcyi. Zgodnie z tym doświadczeniem, obserwacja kliniczna uczy, że punkt dali, więc i obraz wziernikowy, począwszy od 1 lub 2 cali od oka, przebiegać może przez wszystkie stopnie odległości dodatniej, przez nieskończoność (dodatnią i ujemną), przez wszystkie stopnie odległości ujemnej, aż do odległości 2 lub 3 cali poza okiem. Wobec tego, głównym zadaniem optometrii obiektywnej jest wskazać drogi, które w każdym danym wypadku oznaczyłoby można dokładnie, liczebnie, z której strony badanego oka i w jakiej od niego odległości znajduje się widziany obraz wziernikowy. Na tak postawioną kwestyę odpowiada nauka w sposób zupełnie zadawalniający.

II. Przedewszystkiem charakter refrakcyi rozpoznać już można w pewnej od oka odległości z paralaktycznych ruchów wziernikowego obrazu. Dla uchwycenia tego objawu najlepiej jest oddalić się od badanego oka na tyle, ile pozwala odchylenie się na krześle. Skoro wtedy wziernikiem dno oka oświetlimy i zlekka poruszać będziemy głową, aby z rozmaitych stron na nie spoglądać, zdołamy w każdym prawie oku dojrzeć niektóre przedmioty na dnie jego się znajdujące, a mianowicie części naczyń krwionośnych. Jeżeli, uchwyciwszy takie naczynie i patrząc na nie, z lekka poruszymy głowę, naczynie także zdaje się poruszać i przybliżać do brzegu źrenicy, poza który wreszcie się kryje; odchyliwszy głowę w stronę przeciwną, widzimy je znowu i możemy poza przeciwny brzeg źrenicy przeprowadzić. W ten sposób przy lekkich poruszeniach głowy można widzieć pozorne ruchy naczyń przez całą szerokość źrenicy. Ażeby ruchy te były widocznymi, należy poruszać głowę w kierunku prostopadłym do przebiegu naczynia; gdy ruchy głowy odbywają się równoległe do kierunku naczynia, wtedy obraz żadnej zmianie nie ulega, bo ciągle w tym samym miejscu okazują się rozmaite części naczynia. Ruchy pozorne naczyń są pod względem kierunku albo zgodne z ruchami głowy, albo wprost im przeciwne; gdy więc np. głowę ku stronie prawej poruszamy, naczynie albo też na prawo, albo na lewo zdaje się poruszać. Pozorna szybkość tych ruchów jest rozmaita, to znaczy, że dla przeprowadzenia naczynia przez całą np. szerokość źrenicy, potrzeba wykonywać głowę ruchy raz mniej, raz więcej rozległe.

Pozorne te ruchy postrzegać można na wszystkich obrazach optycznych, otrzymanych za pomocą przyrządów odbijających lub załamujących promienie świetne, zwłaszcza gdy odległość ogniskowa przyrządu jest krótka. Patrząc na obraz optyczny jakiegokolwiek przedmiotu przez takie zwierciadło lub soczewkę i poruszając głowę, dostrzeżemy te same co w oku objawy. Bardzo łatwo przy tym znaleźć warunki, od których różnorodność ruchów zależy. Ile razy widzimy obraz prosty, a więc urojony, czyli co na jedno wyjdzie, znajdujący się poza soczewką, tyle razy ruchy jego pozorne z ruchami głowy są zgodne; gdy obraz jest odwrócony, a więc rzeczywisty, czyli, gdy tworzy się pomiędzy soczewką, a okiem patrzącym, wtedy ruchy jego pozorne przeciwne mają kierunek. W pierwszym

i w drugim wypadku pozorna szybkość tych ruchów jest tém większą, im obraz prosty lub odwrotny jest większy, im więc odległość jego od optycznego przyrządu jest znaczniejsza.

Pozorne te ruchy nie są wszakże wcale wyłączną własnością optycznych obrazów; otrzymujemy je zawsze, gdy, mając przed sobą dwa jakiegokolwiek przedmioty na osi wzrokowej w dość znacznej od siebie znajdujące się odległości, na jeden z nich patrzymy i poruszamy głową: przedmiot drugi poruszać się zdaje. Pozorne ruchy są zgodne z poruszeniami głowy, ilekroć bardziej odległego przedmiotu dotyczą; są im przeciwne, gdy się odnoszą do przedmiotu bliższego. Wszakże niezawsze za nieruchomy uważamy ten przedmiot, na który akomodacja nasza jest skierowaną; jeżeli, trzymając jakiegokolwiek przedmiot niewielkiej objętości przed tłem zupełnie jednorodnym, np. ołówek przed białym papierem, patrzymy na takowy i poruszamy głową, wtedy nie papier, a ołówek zdaje się poruszać. Taki sam zwykle bywa rezultat, jeżeli przedmioty są tego rodzaju, że jeden z nich daleko łatwiej może być jako ruchomy uważany. Ten sam przypadek mamy i w oku i dla tego, nawet gdy dokładnie na widziane naczynie akomodujemy, nie źrenica, a naczynie zdaje się poruszać; wszakże jest to kwestya w każdym razie podrzędna, bo idzie tu właściwie tylko o zmianę położenia naczynia względem obwodu źrenicy. Po zestawieniu warunków, jakie wpływają na powstawanie ruchów pozornych, na ich kierunek i rozległość, teoretyczne wytłumaczenie tego objawu jest bardzo proste.

Niechaj będzie (fig. 1) PP powierzchnia źrenicy, a r obraz wziernikowy, poza takową, w odległości ujemnej się znajdujący, oko, znajdujące się w A widzi r odnośnie do PP w r_1 ; skoro się A

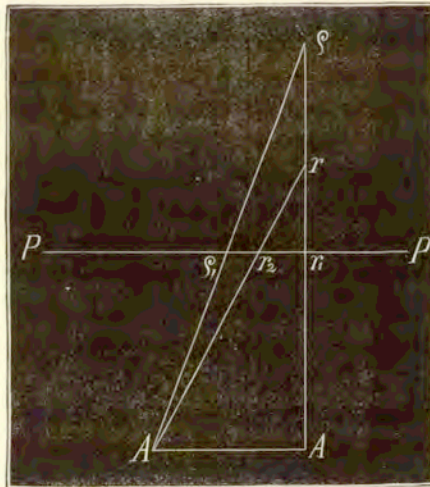


Fig. 1.

przeniesie do A_1 , wtedy, odnosząc do tejże samej powierzchni, widzi r w r_2 ; gdy więc oko przeniosło się z A do A_1 , obraz wziernikowy przesunął się w tym samym kierunku. Jeżeli weźmiemy obraz wziernikowy ρ , bardziej niż r od PP odległy, to proste wykreślenie wykazuje, że przy tém samym poruszeniu głowy AA_1 , obraz przesunie się od r_1 do ρ_1 , więc wykona ruch rozleglejszy niż raz r .

Jeżeli r (fig. 2.) znajduje się w odległości dodatniej, przed PP pomiędzy nią a okiem w A się znajdującem, w takim razie po przesunięciu głowy z A do A_1 obraz poruszać się zdaje z r_1 do r_2 w kierunku przeciwnym; obraz punktu ρ dalej od PP umieszczonego, przy tém samym poruszeniu głowy wykona poruszenie rozleglejsze $r_1 \rho_1$.

Bardzo łatwo stosunki te wykazać rachunkiem; w trójkątach rr_1r_2 i rAA_1 (fig. 1)

$$\frac{r_1 r_2}{AA_1} = \frac{rr_1}{rA}, \quad r_1 r_2 = \frac{rr_1 \cdot AA_1}{rA} = \frac{rr_1 \cdot AA_1}{rr_1 + r_1 A} = \frac{AA_1}{1 + \frac{r_1 A}{rr_1}}$$

$r_1 r_2$ rozległość paralaktycznego ruchu tém będzie większa, im większe AA_1 poruszenie głowy.

$r_1 r_2$ powiększa się ze wzrostem rr_1 odległości obrazu wziernikowego od powierzchni źrenicy.

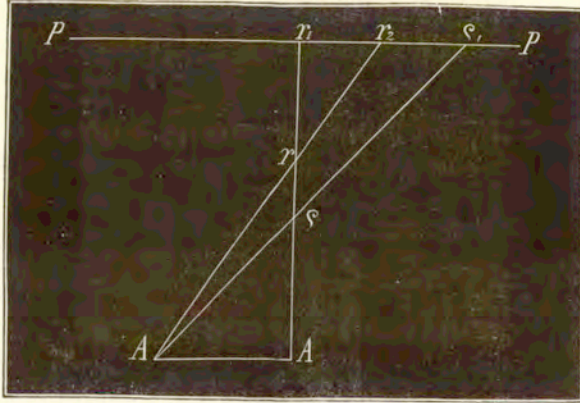


Fig. 2.

Gdy $rr_1 = 0$, to i $r_1 r_2 = 0$; przedmioty, w samej powierzchni źrenicy się znajdujące, nie wykonywają pozornych ruchów przy ruchach głowy.

Gdy r przeniesie się pomiędzy PP a oko badające, wtedy rr_1 przyjmuje we wzorze znaczenie ujemne; tak zmieniony wzór odpowiada (fig. 2) $r_1 r_2 = \frac{AA_1}{1 - \frac{Ar_1}{rr_1}}$; dopóki w tym wzorze $\frac{Ar_1}{rr_1} > 1$,

czyli, dopóki $Ar_1 > rr_1$, póty $r_1 r_2$ ma znaczenie ujemne, czyli ruch obrazu odbywa się w przeciwnym kierunku, aniżeli poruszenie głowy.

Skoro $Ar_1 < rr_1$, to $r_1 r_2 > 0$. Ten przypadek ma miejsce wtedy, gdy obraz znajduje się poza okiem badającym, a więc gdy badamy oko krótkowzroczne i gdy odległość wziernikowego obrazu od oka badanego jest większa aniżeli odległość oka badającego; przypadek ten graficznie przedstawiony jest na fig. 3.

Odległość względną obrazu i źrenicy przy jednoocznem patrzeniu oceniamy tu wyłącznie z poło-

żenia względnego ich obrazów na naszej siatkówce i te same można otrzymać rezultaty, wychodząc z przesuwania się przy ruchu głowy obrazów siatkówkowych dwóch punktów rozmaicie odległych. W powyższych wykreślonych figurach łatwo zauważyć, że obraz r w tym punkcie źrenicy PP znajduje się zdaje, z którym jednocześnie znajduje się na osi wzrokowej, z którym więc się zlewa w obrazie, utworzonym na siatkówce badającego oka.

Odnosząc te wyniki do refrakcyi badanego oka, możemy powiedzieć, że ruchy pozorne obrazów wzornikowych, są niezgodne z ruchami głowy przy stosunkowo mocniejszych stopniach krótkowzroczności, gdy się obraz znajduje przed okiem badanem, pomiędzy nim a okiem badającym; ruchy są zgodne przy nadwzroczności, przy prawidłowym wzroku i przy bardzo niskich stopniach krótkowzroczności; wogóle więc, gdy się obraz znajduje po za okiem badanem, między nim a okiem badającym.

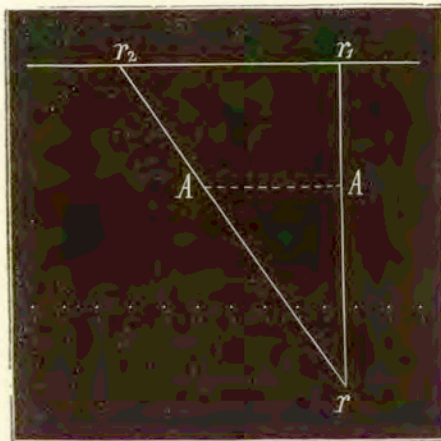


Fig. 3.

Te ruchy będą naturalnie tylko o tyle dla badającego oka widoczne, o ile obraz wzornikowy w danych wypadkach może być przez to oko wyraźnie widziany.

Ruchy paralaktyczne w oftalmoskopii były dotychczas rozbieżne przeważnie ze względu na rozpoznawanie zagłębień i wyniosłości na dnie oka; o znaczeniu ich dla rozpoznania stanu refrakcyi oka wspominają tylko niektórzy autorowie, jak MAUTHNER (*), KNAPP (**). Dla tego starałem się objaw ten bliżej nieco rozebrać.

III. Miejscem geometrycznym obrazów wzornikowych jest oś optyczna badanego oka w obie strony do nieskończoności przedłużona; w oczach o rozmaitej refrakcyi, obraz wzornikowy na każdym punkcie tej linii znajdować się może (1). Żadne oko badające, w którymkolwiek punkcie tej linii stale umieszczone, nie może widzieć wyraźnie wszystkich możliwych obrazów wzornikowych, bo żadne oko ludzkie nie rozporządza tak znaczną przestrzenią wyraźnego widzenia. Każde oko przy

(1) Mówię tu naturalnie o refrakcyi odniesionej do plamki żółtej, której zbadanie jest zwykle najważniejsze; jeżeli idzie o zbadanie refrakcyi dla jakiegokolwiek innego punktu dna oka, należałoby mówić właściwie o odpowiednie linii kierunkowej, nie o osi optycznej.

(*) *Lehrbuch des Ophthalmoscopie*. Wiedeń, 1868, str. 198.

(**) *Ueber die Diagnose des irregulären Astigmatismus*. Kl. M. Bl. 1864. Tom II., str. 304.

stałem umieszczeniu te tylko obrazy optyczne widzieć będzie mogło wyraźnie, które znajdują się jeszcze w granicy jego przestrzeni akomodacyjnej. (Mówimy w tym ustępie naturalnie tylko o bezpośrednim badaniu, bez użycia wszelkich soczewek poprawczych). Zwykle badające oko umieszcza się o ile można najbliżej badanego, gdyż tylko wtedy zyskuje dostateczną dla wziernikowego badania rozległość obrazu. Możemy dla uproszczenia pominąć odległość, jaka to oko wtedy jeszcze od badanego oka przedziela i przypuścić, że oko badające znajduje się w samym punkcie węzłowym badanego, gdyż ta doraźna metoda bezpośredniego badania nie może ubiegać się o taką ścisłość, dla której na milimetry licząca się przestrzeń miałaby już jakie znaczenie. W tym położeniu oko badające ma przed sobą całą przestrzeń ujemnych wziernikowych obrazów, poza sobą całą przestrzeń obrazów dodatnich, czyli ma przed sobą obrazy oczu nadwzrocznych wszelkiego stopnia (aż do obrazu oka prawidłowego), poza sobą obrazy wszelkiego stopnia oczu krótkowzrocznych. Które z pomiędzy wziernikowych obrazów będą wtedy mogły być widzianymi wyraźnie, zależy to od stanu refrakcyi badającego oka. Jeżeli badający ma wzrok prawidłowy, będzie mógł widzieć wyraźnie, począwszy od umieszczonego w nieskończonej odległości obrazu dna oka prawidłowego, wszystkie obrazy oczu nadwzrocznych, aż do obrazu w jego punkcie bliży umieszczonego, więc do obrazu oka, którego punkt dali odpowiada punktowi bliży oka badającego (Jeżeli uwzględnimy odległość przedzielającą oczy, to właściwie i obrazy wziernikowe oczu w wyższym jeszcze stopniu nadwzrocznych mogą być wyraźnie widziane.) Więc tylko przy małej sile akomodacji nie będzie mógł badający widzieć wyraźnie obrazu wziernikowego oczu w najwyższym stopniu nadwzrocznych. Za to całą przestrzeń obrazów ujemnych znajduje się poza granicami przestrzeni akomodacyjnej badanego oka, czyli dno oczu krótkowzrocznych nie może w tych warunkach być wyraźnie widziane.

Jeżeli oko badające jest krótkowzroczne, będzie widziało wyraźnie tylko obrazy wziernikowe oczu w wyższym stopniu nadwzrocznych, najniższy stopień nadwzroczności, jeszcze wyraźnemu badaniu dostępny, odpowiada stopniowi krótkowzroczności badanego oka. Obrazy oczu w niższym stopniu nadwzrocznych, prawidłowych, a tembardziej krótkowzrocznych leżą już poza najdalszym punktem wyraźnego widzenia badającego oka.

Oko badające nadwzroczne może przejrzeć po części i przestrzeń obrazów ujemnych, a więc i obrazy oczu w niższym stopniu krótkowzrocznych są wtedy dla badania dostępne. Dopiero obrazy wziernikowe oczu, których krótkowzroczność przenosi swym stopniem nadwzroczność badającego oka będą leżały poza granicami przestrzeni akomodacyjnej. Zyskując wszakże z tej strony, oko krótkowzroczne traci naturalnie po części (z powodu oddalenia swego punktu bliży) możliwość dokładnego widzenia dna oczu w wyższym stopniu nadwzrocznych.

Oko badające jest w stanie nie tylko orzec, że obraz wziernikowy znajduje się w jego przestrzeni akomodacyjnej, ale i w którym miejscu tej przestrzeni się znajduje. Już przy bezpośrednim wziernikowym badaniu możemy do pewnego stopnia oznaczyć i odległość wziernikowego obrazu. Wszakże bezpośredniej świadomości o położeniu obrazu nie mamy żadnej, jak wreszcie zwykle przy patrzeniu jednym okiem na przedmioty, których wielkości dokładnie nie znamy i przy braku wszelkich punktów porównania; w następstwie jeszcze do tej kwestyi będziemy musieli powrócić. W ocenieniu odległości kierować się musimy jedynie napięciem akomodacji potrzebnej dla wyraźnego widzenia danego obrazu. Napięcie to ocenić można po części już z pewnego uczucia, jakie mu towarzyszy; wszakże uczucie to zbyt jest słabe i tylko przy bardzo znacznej wprawie uchwycić się daje. Daleko łatwiej do tego samego celu dojść możemy.

Przedewszystkiem przy badaniu wziernikowym należy zupełnie uwolnić akomodację, co z łatwo-

cią osiągnąć możemy, wyobrażając sobie, że patrzymy w dal nieskończoną, a następnie wzmacniać ją powoli, jak gdybyśmy zwolna na coraz bliższe przedmioty uwagę zwracali; im później w ten sposób obraz wzornikowy stanie się dla nas zupełnie wyraźny, tem bliżej naszego oka się znajduje. Można też nie jednostajnie wzmacniać akomodację, a w kilku mniej więcej równych odstępach, z których każdy pewnej części przestrzeni akomodacyjnej odpowiada, i w ten sposób dokładnie oznaczyć można, w której z tych części obraz się znajduje. Postępowanie to nie wielkiej wymaga wprawy i dokładne daje rezultaty.

Chcąc dostrzedz i inne obrazy wzornikowe, które się przy tém położeniu po za granicami przestrzeni akomodacyjnej znajdują, należy zmieniać miejsce, przybliżać się do żądanego punktu lub oddalać się od niego (użycie soczewek poprawczych usuwamy tu ciągle). Ku stronie obrazów ujemnych nie możemy się przybliżyć, gdyż tu badane oko granicę stanowi, wszakże możemy oddalić swe oko w stronę przeciwną przez proste odchylenie głowy na krześle do 30 lub 40 cali; pole obrazu zmniejsza się przy tém wprawdzie i badanie staje się trudniejsze, wszakże wyraźność obrazu jeszcze dokładnie ocenić możemy.

Jakkolwiek i z większej odległości często jeszcze części naczyń widzieć można wyraźnie, wszakże byłoby to już połączone z niewygodami i niewiele nowych mogłoby dać wskazówek. Zaletą bezpośredniego badania jest to właśnie, że pozwala nam ono w sposób łatwy i bardzo szybko wejrzeć w optyczne stosunki badanego oka. Skoro w ten sposób swój punkt bliży oddala badacz od badanego oka, zyskuje możność wyraźnego widzenia obrazów, przedewszystkiem oczu w bardzo wysokim stopniu nadwzrocznych, a następnie oczu krótkowzrocznych z razu bardzo wysokich, a następnie coraz niższych stopni, aż do krótkowzroczności mniej więcej $\frac{1}{30}$; z oddalenia, jakie potrzebne było dla uwyraźnienia danego obrazu, można wniesć z dość znacznym przybliżeniem o położeniu jego. Wraz z punktem bliży, zmienia się i położenie najdalszego punktu wyraźnego widzenia, więc obrazy blisko tego punktu położone muszą znikać stopniowo. Skoro badający ma wzrok prawidłowy, więc gdy jego punkt dali w nieskończenie wielkiej odległości jest umieszczony, oddalenie się od oka naturalnie żadnego wpływu wyrzucić wtedy nie może; inaczej wszakże dzieje się z oczyma krótkowzrocznymi i nadwzrocznymi, których punkt dali znajduje się w pewnej skończonej (dodatniej albo ujemnej) odległości. Skoro się oko krótkowzroczne od badanego oka usuwa, przestaje widzieć obrazy oczu nadwzrocznych zrazu niższego stopnia, a następnie coraz wyższych stopni; oko nadwzroczne przestaje widzieć najbliżej jego punktu dali położone obrazy oczu krótkowzrocznych, a następnie oczu krótkowzrocznych w coraz niższym stopniu. Przy oddaleniu się na odległość 30 do 40 cali, tylko w bardzo słabym stopniu krótkowzroczne oko widzieć może obrazy oczu w najwyższym stopniu nadwzrocznych i naodwrot tylko do najwyższego stopnia nadwzroczne oko widzieć zdoła wyraźnie dno oczu w bardzo niskim stopniu krótkowzrocznych. To znikanie obrazów blisko punktu dali położonych, jest zarówno charakterystyczne, jak ich pojawianie się od strony punktu bliży i tak samo w celu dyagnostycznym może być użytkowane.

Sądzę, że wszystkie te stosunki bardzo jasno rysunkiem przedstawić się dają. Na obok stojących figurach (4, 5, 6,) linija podstawowa (+ —) przedstawia oś optyczną badanego oka — miejsce obrazów wzornikowych — podzieloną np. na cale; każdy punkt może być miejscem wzornikowego obrazu. Punkt O, w którym badane oko się znajduje i w którym dla uproszczenia oko badające umieścić możemy, stanowi granicę pomiędzy przestrzenią obrazów ujemnych, a dodatnich; poczynszy od O idąc w jedną stronę (ku —) zrazu najwyższe, a następnie coraz słabsze stopnie nadwzroczności,

w drugą stronę (ku $+$) zrazu najsilniejsze, a następnie coraz słabsze stopnie krótkowzroczności; obie strony przedłużają się w nieskończoność, gdzie się zlewają w miejscu odpowiadającym położeniu obrazu normalnego oka. Po nad tą linią umieszczona jest druga, wyobrażająca przestrzeń akomodacyjną badającego oka. Obraz wziernikowy może być wyraźnie widziany tylko w tych miejscach, gdzie się znajduje linia przestrzeni akomodacyjnej badającego oka nad miejscem obrazów wziernikowych. Dla oka prawidłowego (fig. 4) linije te odpowiadają sobie, począwszy od punktu bliży badającego oka aż do nieskończoności; dla krótkowzrocznego badacza (fig. 5), począwszy od punktu bliży aż do punktu dali umieszczonego w skończonej odległości; dla nadwzrocznego (fig. 6) linija ta jest po części umieszczona w przestrzeni dodatniej, po części w ujemnej, a obie te części zlewają się w odległości nieskończonej. Skoro oko badające przesuwa się, przesuwa się wraz z niem i linija jego akomodacyjnej przestrzeni, stanowiąca istotną jego własność, gdy linija podstawowa, jako do badanego oka należąca, pozostaje w miejscu; obie więc te linije przesuwiają się względem siebie, co tłumaczy zachodzące przy tém zmiany w widzeniu obrazów wziernikowych. Wyraźność obrazu, napięcie akomodacyi, jakie przy tém ma miejsce i zmiany w wyraźności w miarę oddalania się, albo zbli-

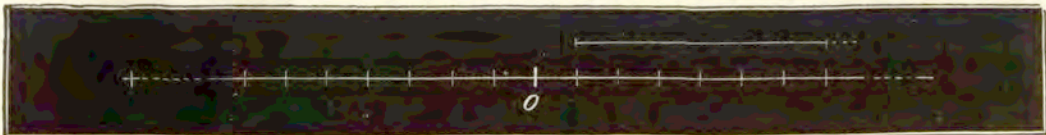


Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

żania do badanego oka są to chwile dające się użytkować dla oznaczenia refrakcyi. Łatwo pojąć, że oko prawidłowe, a tém bardziej nadwzroczne, może w ten sposób widzieć wyraźnie obraz każdego prawie oka badanego; oko krótkowzroczne może zbadać tylko wyższe stopnie wad łamliwości, ale za to dokładniej, gdyż przy poruszaniu głową, wszystkie prawie widziane obrazy w pewnem położeniu znikają, w innym pojawiają się znowu. Obrazy, które przy każdym umieszczeniu badającego znajdują się poza granicami akomodacyjnej przestrzeni, mogą być widziane tylko w okręgach rozpięchłych, ale i tu względna wydatność w jakiej występują, położenie w którym najwyraźniej dostrzedz się dają i w którym znikają zupełnie, ma wielką wartość dla badania. Bezpośrednie badanie w ogólności, wymagające nie wielkiej wreszcie wprawy i dające się dokonać w przeciągu chwili, pozwala badającemu zrobić sobie bardzo jasne wyobrażenie o warunkach nastawienia badanego oka.

Jakkolwiek objawy wziernikowe, dla bezpośredniego badania refrakcyi dające się użytkować, nie mogły być obce żadnemu wprawemu badaczowi, wszakże bliższy ich rozbiór napotkałem tylko w artykule STILLINGA *Ueber Ophthalmoscopische Refraktionsbestimmung. Monatsblätter für die Klin. Augenheil.* 1875, t. XII, str. 143—183.

IV. Metoda badania bezpośredniego, jakkolwiek cenne daje lekarzowi wskazówki, zadowolić wszakże

nie może. Od każdej optometrycznej metody koniecznie wymagać należy odpowiedzi leczebnych. Odległość wyraźnie lub niewyraźnie widzianego obrazu wzornikowego od badanego oka należy więc wymierzyć, co przy obiektywnem badaniu osiągnąć się daje przez użycie soczewek. Za pomocą soczewek możemy mierzyć nie tylko odległość obrazów wzornikowych, ale i odległość wszystkich przedmiotów od naszego oka. Możliwość ta leży w rozmaitej zbieżności, jaką soczewki nadają promieniom wychodzącym z przedmiotu, czyli, co na jedno wyjdzie, w rozmaitej odległości, na jaką soczewki rzucają obrazy widzianego przedmiotu; patrząc przez najrozmaitsze soczewki, możemy w ten sposób przesunąć obraz widzianego przedmiotu przez całą długość naszej osi optycznej. Każdy badacz ma na swęj osi optycznej dwa punkta stałe, które znać może i powinien; są to punkta graniczne jego przestrzeni wyraźnego widzenia — punkt dali i punkt bliży. Punkt dali w tém badaniu tém się charakteryzuje, że obraz oddalany od oka tylko do tego punktu wyraźnie się przedstawia, skoro poza ten punkt się oddali, może być widziany tylko w okręgach rozpięchłych. Punkt bliży tém się charakteryzuje, że obraz przybliżający się do oka będzie widziany wyraźnie tylko do tego punktu. Jeżeli w ten sposób za pomocą oznaczonej soczewki $\left(\frac{1}{F}\right)$ doprowadziliśmy obraz przedmiotu do jednego z tych punktów znanych (p lub r), to bardzo prosty rachunek pozwala obliczyć położenie obrazu.

Jeżeli chcemy obraz jakiegokolwiek wyraźnie widzianego przedmiotu oddalić od oka, czyli promienie zeń wychodzące mniej rozbieżnemi uczynić, należy użyć soczewki skupiającej; im przez mocniejszą soczewkę patrzymy na przedmiot, tém się on bardziej od oka oddala; najmocniejsza soczewka skupiająca, która jeszcze wyraźnie przedmiot widzieć pozwala, przeniosła jego obraz do naszego punktu dali; jeżeli jeszcze, choć bardzo nieznacznie, soczewkę wzmocnimy, obraz przedmiotu się zaciera. Jeżeli zaś obraz przybliżyć chcemy do oka, należy przez użycie soczewki rozpraszającej uczynić promienie zeń wychodzące bardziej rozbieżnemi; obraz znajduje się w punkcie bliży, gdy patrzymy przez najmocniejszą soczewkę wklęsłą, która jeszcze przedmiot wyraźnie widzieć pozwala.

Gdy przedmiot, którego odległość od oka zmierzyć chcemy (obraz wzornikowy), przedstawia się nie wyraźnie, w okręgach rozpięchłych, znajduje się wtedy poza granicami naszej przestrzeni wyraźnego widzenia — poza punktem dali lub z téj strony punktu bliży. W pierwszym razie potrzeba przedmiot do oka przybliżyć — potrzeba do jego uwyraźnienia użyć soczewek wklęsłych. Najślabsza z tych soczewek, która już przedmiot pozwoli widzieć wyraźnie, musiała umieścić jego obraz w naszym punkcie dali, najmocniejsza zaś, przez którą jeszcze przedmiot wyraźnie widzimy, przeniosła jego obraz do naszego punktu bliży. Jeżeli przedmiot widziany przedstawia się niewyraźnie z powodu zbytznego przybliżenia do oka, należy jego obraz oddalić przez użycie soczewek skupiających; przy najślabszej soczewce, przez którą obraz widzimy wyraźnie, znajduje się on w naszym punkcie bliży; przy najmocniejszej, znajduje się w naszym punkcie dali.

Dla badania obiektywnego refrakcyi przenosimy obraz wzornikowy do naszego punktu dali, gdyż w ten sposób przy zupełnym spoczynku akomodacyi jesteśmy w najwygodniejszych warunkach badania; badanie przedmiotu umieszczonego w punkcie bliży bardzo prędko męczy. Z szeregu soczewek, przez które na obraz patrzymy, ta będzie odpowiednią, która go do naszego punktu dali doprowadziła, to jest najmocniejsza soczewka wypukła przez którą jeszcze, lub najślabsza wklęsła, przez którą już obraz wyraźnie widzimy.

Metoda ta, ze stanowiska fizycznych metod mierniczych rozpatrywana, nie jest dokładną. Obraz wyraźnie widzianego przedmiotu może się na siatkówce nieco w obie strony przesunąć, nie tracąc przytem na swęj wyraźności. Więc przedmiot, na który patrzymy, możemy przybliżyć do oka lub

oddalać na pewną przestrzeń, a pozostanie on ciągle wyraźny, choć napięcie akomodacji przy tem się nie zmieni. Są to tak zwane linije akomodacyjne *Czermaka*. Im bardziej przedmiot jest od oka odległy, tém większą jest linija akomodacyjna, tém większe przestrzenie przebiegać on może, ażeby jego obraz na siatkówce przesunął się na daną odległość. W miarę więc odległości badanego przedmiotu od oka cal coraz mniejsze ma znaczenie; właściwą jednostką, jakiej tu do mierzenia używamy, jest jednostka refrakcyjna, t. j. najslabsza soczewka jaka służy za podstawę soczewkom przygotowywanym dla oftalmologicznych celów. Podług dawniejszych obliczeń jednostki takiej ściśle się nie trzymano — różnica pomiędzy dwiema najbliższymi soczewkami była rozmaita, obecnie za jednostkę przyjęto dioptryję ($\frac{1}{36}$ dawniejszej miary). Refrakcyję więc oka mierzymy za pomocą najwłaściwszych jednostek, bo jednostek tego samego rodzaju, jednostek refrakcyjnych.

Subiektywne badanie refrakcyi dzieli z badaniem obiektywnem téż same niedogodności. Oznaczamy subiektywnie odległość punktu dali, albo bezpośrednio oddalając przedmiot od oka, albo za pomocą mocnej soczewki wypukłej wzmacniamy poprzednio refrakcyję o pewną znaną ilość, albo wreszcie umieszczamy przedmiot w nieskończonej odległości (20 stóp) i za pomocą soczewki przenosimy na tę odległość punkt dali badanego oka. Przy obiektywnem badaniu refrakcyi badający postępuje w ten sam sposób jak gdyby badał swój punkt dali, tylko że niewiadomą jest tu odległość przedmiotu. Z tego widoczne, że zasada obiektywnego badania refrakcyi nie jest mniej dokładną, aniżeli zwykłe badanie subiektywne, a tylko téj właśnie dokładności wymagamy od obiektywnej metody.

Wszystkie możliwe przypadki, zachodzące przy obiektywnem badaniu refrakcyi, łatwo przewidzieć i obliczyć się dają z podstawowego wzoru dla soczewki. Kwestyja refrakcyi oka jest już o tyle dojrzałą, że mamy prawo rezultaty matematycznej spekulacji przenosić wprost do faktów klinicznych. Odpowiednio wybrana soczewka przenosi obraz wzornikowy, w punkcie dali badanego oka umieszczony, do punktu dali oka badającego — najdalsze punkta wyraźnego widzenia badającego i badanego oka stanowią w obec użytej soczewki ogniska sprzężone.

Stosunek zachodzący między temi trzema wielkościami wyrazi się wzorem $\frac{1}{R} + \frac{1}{r} = \frac{1}{F}$, jeżeli przez R oznaczmy odległość punktu dali w oku badającym, przez r téż samą odległość dla oka badanego, a przez F odległość ogniskową użytej soczewki. R i r nazywamy dodatnimi wtedy, gdy się przed okiem znajdują, gdy więc należą do oczu krótkowzrocznych, gdy promienie przez oświetlone dno oka wysyłane, wychodzą z oka w kierunku zbieżnym; w przeciwnym razie dajemy tym wielkościom znaczenie ujemne. Odnośnie do soczewki uważamy za dodatne promienie padające gdy są rozbieżnymi, promienie wychodzące zaś, gdy mają zbieżny kierunek. Promienie z oka wychodzące tylko wtedy rozbieżnie padać będą na soczewkę przed niem umieszczoną, gdy to oko jest nadwzroczne i tylko wtedy promienie z soczewki do punktu dali badającego oka idące będą zbieżnymi, gdy oko badające jest nadwzroczne. Chcąc więc odległościom R i r pozostawić znaki takie, jakie im ze względu na stan refrakcyi oczu nadawać zwykliśmy, musimy powyższemu wzorowi nadać kształt

$$-\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) = \frac{1}{F} \quad (1)$$

z kądem

$$r = -\frac{R}{1 + \frac{R}{F}} \quad (2)$$

R może być dodatne lub ujemne, stosownie do refrakcyi badającego oka. Dla każdego badacza R jest ilością stałą. Gdy badacz jest nadwzroczny, poprzedzający wzór przyjmuje kształt

$$r = - \frac{-R}{1 + \frac{-R}{F}} \quad (3)$$

Rozbierzemy te wzory (2) i (3) ze względu na najogólniejsze stosunki jakie przy badaniu refrakcyi zachodzą:

$$\text{gdy w} \quad (2) \quad -F < R \quad \text{to} \quad r > 0$$

$$\text{gdy w} \quad (3) \quad F < -R \quad \text{to} \quad r < 0;$$

gdy badający potrzebuje soczewki, mającej znak przeciwny, aniżeli jego wada refrakcyi (nadwzroczny, wypukłej; krótkowzroczny, wklęsłej) i której wartość bezwzględna jest wyższa od liczebnego wyrażenia téj wady — ma wtedy i tylko wtedy do czynienia z refrakcją takiego samego kierunku u badanego. Część użytej soczewki zubożętnia wadę refrakcyi badającego oka — część druga zubożętnia wadę badanego.

$$\text{Gdy w} \quad (2) \quad -F = R \quad \text{lub w} \quad (3) \quad F = -R, \quad \text{wtedy} \quad r = \infty,$$

gdy badający znalazł, dla danego wypadku, taką odpowiednią soczewkę, która jego wadę refrakcyi dokładnie zubożętnia, wtedy oko badane ma wzrok prawidłowy.

$$\text{Gdy w} \quad (2) \quad -F > R \quad \text{to} \quad R < r < 0$$

$$\text{gdy w} \quad (3) \quad F > -R \quad \text{to} \quad R < r > 0$$

jeżeli soczewka użyta ma znak przeciwny, aniżeli soczewka reprezentująca refrakcję badającego oka i łamliwość słabszą (ognisko dłuższe), wtedy badany ma wadę refrakcyi przeciwnego kierunku (jest nadwzrocznym gdy badacz jest krótkowzroczny i naodwrot) i niższego stopnia ($r > R$).

$$\text{Gdy} \quad F = \infty \quad \text{to w obu wzorach} \quad r = -R.$$

Jeżeli żadnej soczewki dla odpowiedniego badania nie potrzeba, to jest, gdy obraz bezpośrednio przedstawia się wyraźnie i najslabsza wypukła soczewka już niewyraźnym go czyni, wtedy wada oka badanego jest sprzeczna pod względem kierunku, a zgodna pod względem stopnia z wadą badającego oka.

$$\text{Gdy w} \quad (2) \quad F > 0 \quad \text{to} \quad R > r < 0$$

$$\text{gdy w} \quad (3) \quad F < 0 \quad \text{to} \quad R > r > 0,$$

jeżeli badający, dla oddalenia wzornikowego obrazu badanego oka do swojego punktu dali, potrzebuje soczewki tegoż samego co jego refrakcyja znaku (skupiającej, gdy jest krótkowzrocznym; rozpraszającej, gdy jest nadwzrocznym), wtedy refrakcyja badanego oka ma znak przeciwny i pod względem stopnia refrakcyję badającego oka przenosi.

Ażeby w każdym wypadku mieć odpowiedzi prędkie, powinien każdy, zajmujący się badaniem refrakcyi obliczyć sobie r dla rozmaitych soczewek, jakie w zwykłych skrzynkach lekarskich się

znajdują i ułożyć odpowiednią tabliczkę; uwalnia się w taki sposób od znużonego obliczania przy każdym szczególnym wypadku.

Gdy oko badające jest prawidłowe, to jest, gdy $R = \infty$, wzór (1) przyjmuje postać najprostszą $-\frac{1}{r} = \frac{1}{F}$, z kądem $r = -F$. W tym więc razie potrzebna soczewka wprost wskazuje stopień i kierunek refrakcji badanego oka bez żadnych obliczeń; $r = \infty$, gdy $F = \infty$, to jest, oko badane jest prawidłowe gdy badacz takim samym wzrokiem obdarzony nie potrzebuje żadnej soczewki dla badania (przy spoczynku akomodacji); $r > 0$, gdy $F < 0$, to jest, badane oko jest krótkowzroczne gdy potrzeba wklęsłej soczewki; jest zaś nadwzroczne, $r < 0$, gdy potrzebną jest soczewka wypukła $F > 0$. Każdy badający może się w tych wygodnych postawić warunkach jeżeli bada zawsze za pomocą soczewki wałę jego neutralizującej, albo gdy od znalezionej soczewki odejmie (z odpowiednim znakiem) soczewkę, która wałę refrakcji jego własnego oka zobojętnia.

Dotychczasowe obliczenie robione było ze względu na soczewkę, a więc od jęj punktu węzłowego, podczas gdy r i R odnoszą się do punktów węzłowych badającego i badanego oka. Odległość nieznaczną, jaka soczewkę od badającego oka oddziela możemy zupełnie pominąć, odległość zaś od oka badanego (1 do 2 cali) należy jako poprawkę uwzględnić dopiero wtedy, gdy $r < 20$ cali; przy słabszych stopniach refrakcji odległość tak mała żadnego nie ma znaczenia, bo jest mniejszą od prawdopodobnego błędu, jaki ze względu na istnienie linii akomodacyjnych popełniamy.

Jeżeli oko badane jest nadwzroczne, t. j. jeżeli obraz jego poza okiem się znajduje, to odległość jego punktu dali będzie nie r a $r - d$ (gdzie d oznacza odległość soczewki od oka); refrakcja oka nadwzrocznego wypada, z powodu odległości soczewki, zawsze słabsza aniżeli jest rzeczywiście. Jeżeli oko badane jest krótkowzroczne, to jest, jeżeli obraz wziernikowy przed okiem się znajduje, a jest odległy od soczewki na r , wtedy odległość jego od oka wynosi $r + d$; refrakcja oka krótkowzrocznego, bez uwzględnienia odległości, wypada zawsze zbyt wielka. Też same zupełnie względy zachodzą i przy subiektywnem badaniu refrakcji.

Od położenia obrazu wziernikowego względem oka zależy kierunek wychodzących z oka promieni; każdej zmianie w położeniu obrazu odpowiadać musi zmiana w zbieżności lub rozbieżności promieni z oka wychodzących. Wszystkie więc powyższe stosunki, od położenia obrazu względem oka zależne, dadzą się wyłożyć, jeżeli za punkt wyjścia weźmiemy nie odległość obrazu a zbieżność wychodzących promieni. Tę drogę w wykładzie wybrała większa część autorów piszących w tym przedmiocie. Zdawało mi się, że wszystkie te stosunki jaśniej i z większą ścisłością przedstawić można, trzymając się powyższej, już przez *Helmholtza* wskazanej drogi, a następnie użytej przez niektórych autorów jako to: *Hasner'a* (1), *Stilling'a* (2), *Hirschberg'a* i *Thel'a* (3).

V. Dotychczas rozbieraną była tylko ze względu na optyczne jęj stosunki metoda oznaczania odległości obrazu wziernikowego od oka; musimy tu dotknąć jeszcze kilku punktów, jakie przy praktycznym wykonywaniu tęj metody uwzględnić należy.

(1) *Klin. Vorträge ueber Augenheilkunde*, 1860, I Abth.

(2) *l. c.*

(3) *Ueber die Untersuchung des Aufrechten Netzhautbildes*. — *HIRSCHBERG'S Beiträge zur Prakt. Augenheilkunde II. Heft*. Lipsk, 1877, str. 24 — 33.

Koniecznym warunkiem dla metody którą się zajmujemy jest zupełny spoczynek akomodacyi w oku badanem, gdyż tylko wtedy obraz wziernikowy tworzy się w punkcie dali i tylko w takim razie odległość punktu dali oznaczyć możemy. Z początku jako pewnik podaliśmy, że warunek ten przy oftalmoskopowaniu ma miejsce. Jest to zdanie *Mauthnera* ⁽¹⁾ prawie ogólnie przyjęte i najczęściej słuszne, o ile idzie o zbadanie refrakcyi. Zdarza się wprawdzie czasami, że akomodacyja w czasie badania jest rozmaita, że obraz wziernikowy wyraźnie widziany zaciera się nagle i pojawia znowu, ale i wtedy można uchwycić chwilę spokojną, odpowiednią dla zbadania refrakcyi. Skoro się badanemu wskazuje tylko kierunek w którym ma patrzeć, skoro nie ma potrzeby widzieć wyraźnie jakiegoś oznaczonego przedmiotu, zwykle akomodacyję zupełnie zwalnia.

Głównie należy się obawiać nie chwilowych skurczów niespokojnej akomodacyi, lecz tego spazmu stałego, który tak często przy subiektywnem badaniu sprawia, że oko badane po wkropleniu atropiny, mniejszą aniżeli przedtém przedstawia łamliwość. Wielokrotnie notowałem stan refrakcyi, mianowicie u nadwzrocznych, oznaczany subiektywnie i obiektywnie, przed użyciem atropiny i po zupełnem sparaliżowaniu akomodacyi; na rezultat badania obiektywnego atropina żadnego wpływu nie wywierała, był on taki sam, jak i rezultat badania subiektywnego w oku zatropinizowanym; tylko subiektywne badanie przed użyciem atropiny wskazywało stale silniejszą refrakcyję (H^m , nadwzroczność jawna). Zdanie *Mauthnera* można więc za słuszne uważać; stanowi ono jedną z ważnych zalet, jakie badanie obiektywne refrakcyi ma przed subiektywnem.

Jeszcze ważniejszym dla obiektywnej optometrii jest wzgląd na akomodacyę badającego oka. Przesztrzeń akomodacyjna tego oka jest tu istotnym optometrycznym przyrządem i lekarz tak nad nią zupełnie panować powinien, jak nad każdym przyrządem semiotycznym. Dokładna znajomość punktu dali własnego oka, jak również możność dowolnego uwalniania i napinania akomodacyi jest tu koniecznym warunkiem.

Panowanie takie nad własną akomodacyją nie należy do rzeczy trudnych; wyobrażając sobie, że patrzymy na przedmioty bardzo odległe albo bliższe, możemy akomodacyi dowolne nadać napięcie, a i rozerwanie związku koniecznego pomiędzy akomodacyją a uwagą zdaje się należeć do najłatwiejszych zwyczajów, jakie człowiek nad samym sobą odnieść może. Jeżeli pewne nadmierne napięcie akomodacyi, tak przy badaniu wziernikiem jak i wogóle przy patrzeniu, stale istnieje, przestaje tém samem być szkodliwe; idzie tylko o znajomość tego faktu, której łatwo nabyć można, porównywając rezultaty badania obiektywnego z rezultatami badania subiektywnego (mianowicie w oczach zatropinizowanych). Sądzę, że niesłusznie niektórzy autorowie upatrują jeden ze szkopułów obiektywnego badania w akomodacyi badającego oka.

Większa może trudność dla badania zachodzi w oznaczeniu chwili, kiedy dno oka przestajemy widzieć wyraźnie. Przedewszystkiem, ściśle biorąc, nie oznaczamy nigdy refrakcyi dla samej osi optycznej. Ażeby oznaczyć refrakcyę dla jakiegoś punktu dna oka, potrzeba koniecznie aby na tym punkcie znajdował się przedmiot, który możemy widzieć wyraźnie. Osie optycznej na dnie oka odpowiada plamka żółta. Jakkolwiek sądzę, że do rozpowszechnionych przesądów należy przekonanie, jakoby się plamka żółta rzadko tylko w rysunku prostym widzieć pozwalała, wszakże przedstawia ona za mało wyraźny rysunek, aby się dla obiektywnego badania refrakcyi dała zużytkować; tembardziej, że reflex rogówkowy znajdujący się przed nią i obraz entoptyczny soczewki jaki w nim widzi oko badające

(1) *Lehrbuch der Ophthalmoscopie*, Str. 73.

czynią obraz jeszcze mniej wyraźnym. Refrakcyję badanego oka oznaczać musimy w miejscu pod tyłu względami najważniejszym dla oftalmoskopii na tarczy nerwu wzrokowego. Jednakże tarcza ta, wzięta w całości, z powierzchnią niejednostajną, bo z zagłębieniem częściowem i naczyniami o znacznym rozmiarze przedstawia pole i zbyt obszerne i zbyt niejednostajne dla naszego celu; najlepiej więc jest użyć do tego zewnętrznej, ku plamce żółtej zwróconej granicy tarczy z jej cienkimi naczyniami, obwódka twardówki i naczyńki. Odróżnienie, przy jakich soczewkach te przedmioty jeszcze się zupełnie wyraźnie rysują a przy których zaczynają się zacierać, wymaga już pewnej wprawy. Przy subiektywnem badaniu refrakcyi za pomocą druków *Snellena*, lub *Jaegera* możemy dokładnie ocenić, czy widzenie jest zupełnie wyraźne, czy dane litery jeszcze jako takie dają się odróżnić. Pod tym względem badanie obiektywne stoi poza subiektywnem; ale ta strona ujemna ma o tyle mniejsze znaczenie, że nie badany ocenia wyraźność przedmiotu, lecz wprawny lekarz.

Obiektywne badanie refrakcyi wymaga jeszcze oprócz wziernika zupełnego zbioru soczewek. W najprostszym sposobie metoda ta wykonywa się przy pomocy zwykłych skrzynek optometrycznych; umieszczając kolejno przed okiem rozmaite soczewki, wyjęte ze skrzynki, dochodzimy do pożądanego celu; poza otworkiem wziernika znajdować się może soczewka, zobojętniająca wadę oka badającego. Ten sposób postępowania ma jeszcze tę zaletę, że soczewki poprawcze umieszczają się przed okiem badaniem zupełnie w ten sam sposób, jak przy subiektywnem badaniu, to jest w tej samej co okulary odległości. Wszakże bardzo ujemną stroną tego postępowania stanowi potrzeba bezustannego wyjmowania soczewek ze skrzynki i bezustanne przerywanie badania. *Hirschberg* radzi umieszczać zwykłe soczewki we wspólnej osadzie, którą się przed badaniem okiem przesuwa; wszakże i tu rozmiary przyrządu ciemną jego stroną stanowią. W ostatnim dziesiątku lat, gdy obiektywne badanie refrakcyi więcej się rozpowszechniło, podano bardzo znaczną liczbę wzierników, przy których poza otworkiem przesuwały się małe soczewki na wspólnej, około osi obracającej się płycie, umieszczone. Płyty takie były zastosowane już przy pierwszych wziernikach (*Rekoss*), wszakże soczewek tych było tylko kilka, bo szło tu właściwie tylko o umożliwienie badania wziernikowego przy rozmaitych stanach refrakcyi badającego i badanego oka, nie zaś ściśle o badanie przy zupełnym spoczynku akomodacyi. Przy następnych wziernikach te soczewki poprawcze zwykle znajdowały się oddzielnie i w razie potrzeby umieszczały się w odpowiednich grabkach pa za otworkiem wziernika; soczewki te wogóle miały nie wielką średnicę. Tylko przy wzierniku *Jaegera* osada dla soczewki obliczoną była na zwykłą średnicę soczewek lekarskich; ilość dodanych soczewek była też znaczniejsza i zbiór soczewek, jaki się w rękach każdego okulisty znajduje, mógł być zużytkowany.

W nowych oftalmoskopach jest dążność do umieszczenia na płytach jak największej liczby soczewek, co rzeczywiście badanie czyni łatwiejszem, prędzem i daleko wygodniejszym. We wziernikach *Knappa*, *Weckera*, *Loringa* wszystkie potrzebne soczewki umieszczone są na wspólnej płycie; pociągnęło to wszakże za sobą konieczność użycia soczewek o bardzo małej średnicy, co wielu za ujemną ich stroną uważa (*Hirschberg* zarzuca im działanie stenopeiczne). W innych wziernikach znajdują się 2 albo 3 płyty z soczewkami, z których, w każdym wypadku, umieszcza się odpowiednią poza wziernikiem; ten sposób badania pozwala nadać większe rozmiary soczewkom, ale sprawia już pewną w badaniu niewygodę; do takich należy wziernik *Jaegera-Schnabla* ⁽¹⁾.

Wreszcie przy wziernikach *Landolfa*, *Badala*, *Meyera* i *Baumeistera* znajdują się stale 2 płyty z so-

(1) *Ueber Refractions-Ophtalmoscope und ihre Anwendung. Deutsche Zeitschr. für prakt. Med.* 1877 n° 32 i 33.

czewkami, które, przesuując się względem siebie, dają rozmaite kombinacje, jak to *Javal* w swoim optometryrze urządził z soczewkami walcowymi.

Hirschberg ⁽¹⁾ ma nadzieję, że uda mu się zastosować do wziernika podany świeżo przez niego optometr utworzony z dwóch wypukłych soczewek na wzór lunety *Kepplera*.

Co się tyczy samego wziernika dla badania w rysunku prostym, to coraz większe uznanie zyskiwać się zdaje przekonanie, za którym *Jaeger* przez tyle lat w pismach swoich przemawiał, że najwłaściwsze dla tego celu jest zwierciadło słabo oświetlające z kilku przezroczystych płyt złożone, którego pierwotnie użył *Helmholtz* dla swojego wziernika. W wielu powyżej wyliczonych wziernikach znajduje się dodane albo zwierciadło *Helmholtza*, albo przynajmniej amalgamowane zwierciadło płaskie. Prócz tego przy zwykłych wziernikach, gdzie płyty z soczewkami mają kierunek z wziernikiem równoległy, istnieje konieczność ukośnego ich trzymania, czego uniknąć można, ustawiając zwierciadło ukośnie do podstawy wziernika; urządzenie to, które spotykamy już przy pierwotnym wzierniku *Helmholtza* i u *Jaegera*, zachował *Schnabl* w swoim wzierniku urządzonym do optometrycznych celów, który jest właściwie wziernikiem *Jaegera* zmodyfikowanym przez dodanie płyt z soczewkami. Podobnie urządzony jest i wziernik *Hirschberga*.

Dla wprawy w obiektywne badanie refrakcyi urządzono odpowiednie fantomy. Maurice *Pérrin* ⁽²⁾ podał przy znanym swoim przyrządzie trzy soczewki, reprezentujące krótkowzroczność, nadwzroczność i astygmatyzm; urządzenie to, dobre dla wykładu, nie jest dostateczne dla systematycznego ćwiczenia się w badaniu. W przyrządzie *Franza Mohra* ⁽²⁾ można przez wysuwanie dwóch rur, które go składają i przez umieszczanie w osadzie rozmaitych soczewek, otrzymać rozmaite stopnie refrakcyi. W ćwiczeniach wziernikowych, które prowadziłem ze studentami, używałem fantomu podług moich wskazówek przez mechanika *Berenta* w Warszawie urządzonego ⁽³⁾, gdzie przy stałej wypukłej soczewce można rozmaite stany refrakcyi otrzymać przez wysuwanie lub zesuwanie przyrządu, złożonego z dwóch cylindrów naksztalt lunety.

VI. Przy najwyższych stopniach krótkowzroczności $\left(\frac{1}{2} \text{ do } \frac{1}{5}\right)$ obraz wziernikowy odwrotny znajduje się przed okiem badanym, w miejscu odpowiadającym położeniu punktu dali. Skoro się badający od obrazu tego na pewną przestrzeń oddali, już bezpośrednio widzieć go może wyraźnie. Obraz znajduje się pomiędzy okiem badaniem a badającym; przestrzeń (D) oba te oczy rozdzielająca przedzielona jest przez obraz wziernikowy; jeżeli badający ma możność oznaczenia odległości (R') obrazu od własnego oka, łatwo mu znaleźć szukaną odległość (r) punktu dali w oku badaniem, gdyż $D=R'+r$, z kąd $D-R'=r$. Jeżeli badany jest krótkowzrocznym w niższym stopniu, albo nadwzrocznym, jeżeli więc obraz znajduje się przed okiem w znaczniejszej odległości, albo poza okiem, należy dla tego badania nadać mu takie same położenie, jakie ma w oczach w najwyższym stopniu krótkowzrocznych, t. j. należy oku badanemu sztucznie taką samą nadać refrakcyję. Refrakcyja ta otrzymuje się przez umieszczenie przed okiem mocnej soczewki wypukłej (F=2 lub 3 calom). Możemy już wówczas w taki sam sposób oznaczyć odległość odwrotnego obrazu (ρ) od soczewki. Znając ρ bardzo łatwo obliczyć żądane r, albowiem $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{r} = \frac{1}{F}$, czyli $\frac{1}{r} = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{F}$. Skoro więc od znalezionej refrakcyi odejmiemy łamli-

(1) *Description d'un oeil artificiel. Ann. d'Oculist. LX, 1869, str. 63.*

(2) *Der Ophthalmophantom. Würzburg, 1870.*

(3) *Pamiętnik Tow. Lek. War. 1875 str. 251.*

wość do danej soczewki, otrzymamy żadaną refrakcyję badanego oka. Postępowanie to, odpowiada zupełnie bezpośrednio oznaczaniu punktu dali przy subiektywnem badaniu. W oczach, w wysokim stopniu krótkowzrocznych, dokonać tego możemy wprost przez oddalenie książki od oka; w innych razach musimy przez umieszczenie przed okiem mocnych soczewek wypukłych (około $\frac{1}{6}$), uczynić je sztucznie krótkowzrocznym i od znalezionej w ten sposób refrakcyi odjąć łamliwość dodanej soczewki.

Co się tyczy oznaczenia odległości wzornikowego obrazu od badającego oka (R_1), można tego dokonać rozmaitemi sposobami. Przedewszystkiem użyć może badacz w tym celu swojego punktu bliży—zbliżyć się do obrazu wzornikowego, dopóki on jeszcze wyraźnie będzie widziany i wtedy oznaczyć odległość D ; $D' - p = r$. Można zamiast punktu bliży użyć punktu dali, umieściwszy go poprzednio w niewielkiej odległości np. 8 cali od oka za pomocą odpowiedniej wypukłej soczewki; D należy wtedy oznaczyć przy największem oddaleniu, z jakiego obraz wzornikowy jeszcze się wyraźnie przedstawia. Przywzierniku *Hasnera*, urządzonego dla badania w odwrotnym rysunku, który się składa z dwóch rur wysuwalnych i ma wzornik i soczewkę stale umieszczone, znajduje się podziałka, z której odległość soczewki od badającego oka wprost się oznacza. Prof. *H. Schmidt-Rimpler* (¹), chcąc usunąć potrzebę panowania nad własną akomodacją, podaje następującą metodę. Światło lampy pada na zwierciadło wklęsłe o ognisku ośmio-calowem w promieniach równoległych, co przez oddalenie lampy na 20 stóp, albo przez umieszczenie przed płomieniem soczewki wypukłej da się osiągnąć, co wreszcie nie jest dla metody rzeczą konieczną. Obraz płomienia tworzy się wtedy w samym ognisku wzornikowego zwierciadła, a więc w stałej zawsze i łatwo oznaczyć się dającej odległości. Dla łatwiejszego uchwycenia okiem tego punktu radzi Schmidt umieszczać przed płomieniem siatkę, której obraz w tém samym utworzy się miejscu; nastawiając swe oko swobodnie na tę wygodną odległość i umieszczając obraz wzornikowy w tém samym miejscu, to jest oddalając się od badanego oka dopóty, dopóki się obraz wzornikowy i obraz siatki jednocześnie z zupełną wyraźnością nie przedstawia, ma badacz wszystkie dane potrzebne do obliczenia. Odczytawszy na miarce odległość oka badającego od soczewki, można jeszcze następnie obraz siatki rzucić na guzik metalowy przy soczewce umieszczony i w ten sposób odległość odwrotnego obrazu od badającego oka wymierzyć oddzielnie.

Metoda badania refrakcyi w odwrotnym rysunku wymaga, jak widzimy, dokładnego wymierzenia odległości, jaka oko badane i badające od soczewki oddziela; bardzo to utrudnia badanie; lecz ta trudność nie jest jeszcze najbardziej ujemną stroną metody. Soczewka rzuca obrazy odległych przedmiotów blisko ogniska głównego; przedmiot bardzo znaczne przebiegać może odległości, gdy jego obraz zmienia swe miejsce w bardzo nieznacznej tylko przestrzeni. Obrazy np. wzornikowe oczu nadwzrocznych, począwszy od prawidłowego aż do $H = \frac{1}{4}$, mieszczą się wszystkie w odwrotnym rysunku, gdy $F = 2$, pomiędzy odległością 2 do 4 cali od soczewki. Jeżeli więc błąd w wymierzeniu tylko $\frac{1}{4}$ cala wynosi, daje to w obliczeniu już błąd bardzo znaczny; a chyba tylko z trudnością da się osiągnąć taka ścisłość w wymierzaniu odległości, jaka punkt węzłowy badającego oko od środka soczewki oddziela. Można wprawdzie przez użycie słabszej soczewki powiększyć odległość pomiędzy odwrotnemi obrazami wzornikowemi, ale obrazy wtedy będą już od badanych oczu zbyt odległe, co dokładne ich badanie niemożliwym czyni. Dla tych względów metoda ta dotychczas prawa obywatel-

(¹) Eine neue Methode *Ophthalmoscopischer Refraktionsbestimmung*, Berl. *Klin. Woch.* 1877. N° 4 i dalsze.

stwa nie uzyskała i prawdopodobnie nigdy badania refrakcyi w prostym rysunku zastąpić nie zdoła. Tylko dla oczu w najwyższym stopniu krótkowzrocznych, gdzie badanie w rysunku prostym z powodu potrzebnych soczewek wklęsłych o bardzo krótkiem ognisku i z powodu mocnego odbicia światła, jest trudne, często niemożliwe, badanie w rysunku odwrotnym, nie wymagające wtedy żadnych soczewek, da się zastosować z korzyścią. Najlepiej wtedy umieszczać widziany obraz wzornikowy w swoim punkcie bliży, to jest odległość, oba oczy przedzielającą, wymierzać przy największem zbliżeniu, przy którym obraz wzornikowy jeszcze wyraźnie może być widziany.

II. — POLE OBRAZU WZORNIKOWEGO

I. Polem obrazu wzornikowego nazywamy tę część powierzchni dna oka, która przy badaniu wzornikowym przejść się pozwala; rozległość tego pola będzie rozmaita, stosownie do warunków w jakich się badanie odbywa, stosownie do tego mianowicie, czy badamy bezpośrednio, czy za pomocą soczewek i czy badający zachowuje się nieruchomo, czy też z rozmaitych stron w badane oko spogląda. Przedewszystkiem zająć się musimy najprostszym wypadkiem, gdy badający z jednego punktu bez pomocy soczewek patrzy w oko badane.

Pole obrazu wzornikowego ograniczone jest zawsze przez obwód źrenicy; dno oka za pomocą wzornika tylko o tyle przejść możemy, o ile na to otwór źrenicy pozwala; cała kwestyja pola wzornikowego wzrasta właściwie tylko z obecności źrenicy i rozbiór tej kwestyji pod względem optycznym redukuje się do twierdzenia o patrzeniu przez otwory.

Patrząc przez otwór na jakiegokolwiek tło, na jakiegokolwiek powierzchnię, widzieć możemy tę tylko jej część, z której promienie dochodzą do naszego punktu węzłowego; granicę dającego się przejść pola stanowią będą punkta, którym odpowiadające linije kierunkowe dotykają obwodu otworu.

Niechaj będzie AA (fig. 7) przecięcie powierzchni, na którą oko, mające w *k* swój punkt

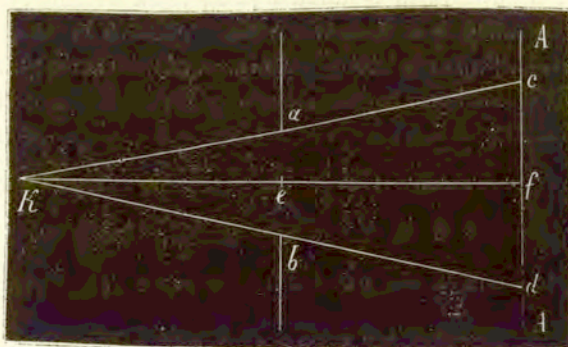


Fig. 7.

węzłowy, patrzy przez otwór okrągły o średnicy *ab*; średnicą pola widzenia będzie *cd*; z proporcyi $cd : ab = kf : ke$, wynika

$$cd = ab \frac{kf}{ke}$$

cd wzrasta w miarę wzrostu ab i kf i w miarę zmniejszania się ke , a więc pole widzenia w danym wypadku tem będzie większe, im większy jest otwór, im się bliżej takowy patrzącego oka znajduje i im bardziej przy tych warunkach badające oko od tła się oddala.

W tych samych zupełnie warunkach znajdujemy się w obec badania wziernikowego. Powierzchnia z której tu promienie świetlne w kierunku linii prostych wychodzą, a właściwie wychodzić się zdają, jest powierzchnia obrazu wziernikowego. Dla uproszczenia rachunku przyjmijemy chwilowo, że punkt węzłowy badanego oka zlewa się z punktem głównym i że ten wspólny punkt zasadniczy znajduje się w powierzchni źrenicy. Przyrząd optyczny oka będzie wtedy reprezentowała zwykła podwójnie wypukła soczewka, w której płaszczyźnie środkowej umieszczono przepoń.

Niechaj będzie A (fig. 8) oko tego rodzaju, o budowie nadwzrocznej, którego obraz wziernikowy znajduje się na powierzchni DD w odległości $cl = r$ od jego punktu węzłowego c .

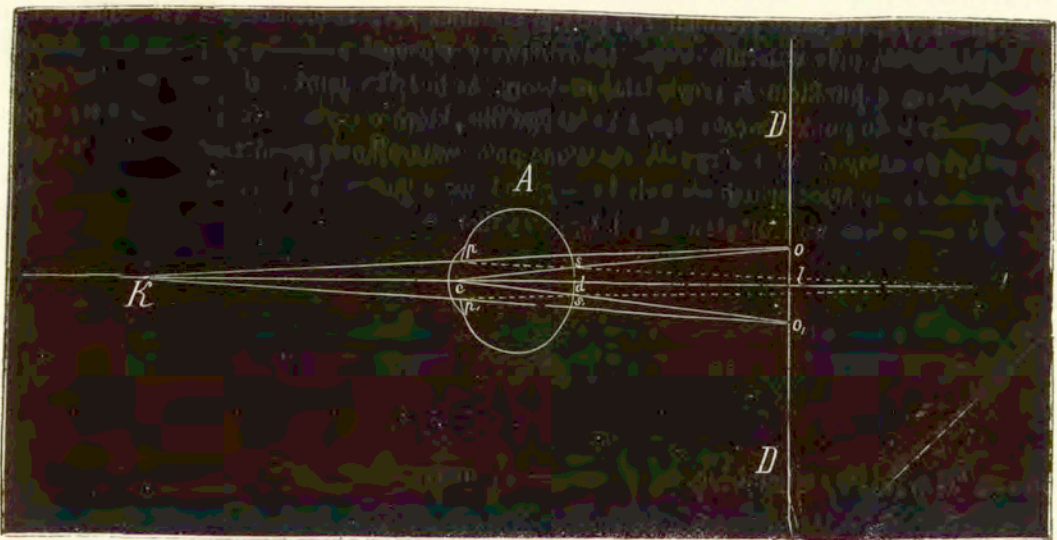


Fig. 8.

Oko badające, którego punktem węzłowym jest k przejrzeć może przez źrenicę pp_1 tylko część oo_1 té powierzchni; z poprzedniego wiemy że $oo_1 = pf_1 \frac{kl}{kc}$.

Wiedząc w ten sposób, jaką część obrazu wziernikowego przejrzeć możemy, łatwo obliczyć, jakiej części powierzchni dna oka obraz ten odpowiada; połączywszy końcowe punkta obrazu — o i o_1 z punktem węzłowym c , otrzymamy szukaną wielkość ss_1 przez przecięcie tych linii kierunkowych z powierzchnią oka. Podług zasad optycznych

$$ss_1 : oo_1 = cd : cl$$

$$ss_1 = oo_1 \frac{cd}{cl}$$

a wstawivszy zamiast oo_1 , wartość jego poprzednio obliczoną, otrzymamy

$$ss_1 = pp_1 \frac{kl.cd}{kc.cl}$$

Nazwijmy s średnicę szukanego pola wziernikowego (ss_1), p — średnicę źrenicy (pp_1), f_1 — odległość badającego oka od powierzchni źrenicy (kc), r odległość obrazu wziernikowego od punktu węzłowego (cl), a odległość dna badanego oka od tegoż samego punktu (cd); wzór ostatni przyjmie wtedy postać

$$s = p \frac{(f_1 + r)a}{f_1 r} = pa \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{f_1} \right).$$

Przyjrząwszy się fig. 8 widzimy, że promień świetlny wychodzący z punktu s przybrał po wyjściu z oka kierunek pk , tak samo promień $s_1 p_1$ przyjął kierunek $p_1 k$; ta okoliczność wskazuje nam nową drogę dla obliczenia pola wziernikowego. Odwróciwszy stosunek zachodzący pomiędzy oświetloną powierzchnią ss_1 , a punktem k , powiedzieć możemy, że te tylko punkta dna oka wysyłałyby przez źrenicę promienie do punktu węzłowego k badanego oka, które otrzymywałyby światło z tego punktu gdyby on był świetlnym. W ten sposób określone pole wziernikowe przedstawi się jako okrąg rozpięzchły, utworzony przez promienie świetlne wychodzące z punktu k i dążące po załamaniu się do punktu t . Z podobieństwa trójkątów tss_1 i $tp p_1$ wynika

$$ss_1 : pp_1 = dt : ct,$$

z kąd

$$ss_1 = pp_1 \frac{dt}{ct}$$

nazwawszy $ct = f_2$ i uwzględniając, że $dt = ct - cd$, otrzymujemy wzór

$$s = p \left(\frac{f_2 - a}{f_2} \right) = p \left(1 - \frac{a}{f_2} \right).$$

Łatwo okazać, że wypadki otrzymane tą podwójną drogą są zupełnie zgodne.

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{a} - \frac{1}{r},$$

z kąd

$$\frac{1}{r} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{a} - \frac{1}{f_2} = \frac{f_2 - a}{af_2}$$

$$a \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{f_1} \right) = \frac{f_2 - a}{f_2}.$$

Przy uwzględnieniu faktycznych stosunków, jakie w oku zachodzą, wzór przybiera postać bardziej

zawią. Punkt węzłowy, punkt główny i przecięcie powierzchni źrenicy z osią oka, stanowią punkta oddzielne, i odległości, do powyżej podanych wzorów wchodzące, należy odpowiednio do tych rozmaitych punktów obliczać; jakkolwiek ułożenie takiego wzoru żadnych nie przedstawia trudności, wszakże przybrać on musi postać, z której rozmaite zachodzące tu przypadki niełatwo wyczytać się dadzą. Nie wielkie wszakże uproszczenie, które na wypadek obliczeń żadnego prawie wpływu nie wywiera, niedogodność tę usunąć pozwoli. Powierzchnia źrenicy umieszczona jest w oku pomiędzy jego punktem węzłowym a głównym, bardziej wszakże do tego ostatniego zbliżona, tak że przestrzeń, dzieląca ją od idealnej rogówki zredukowanego oka, niewiele więcej nad jeden *mm* wynosi, co prawie żadnego nie ma znaczenia w obec odległości, z jakimi tu zwykle mamy do czynienia. Tak małą odległość tém śmieliej pominąć tu możemy, że musimy się wogóle w każdym wypadku posługiwać tylko przybliżonemi, uogólnionemi wartościami. Jeżeli w ten sposób umieścimy powierzchnię źrenicy w powierzchni głównej oka, wzór powyżej padany małej tylko zmianie ulegnie.

Figura 9 tém tylko od fig. 8 się różni, że punkt węzłowy *h* oddzielony jest od punktu *c*,

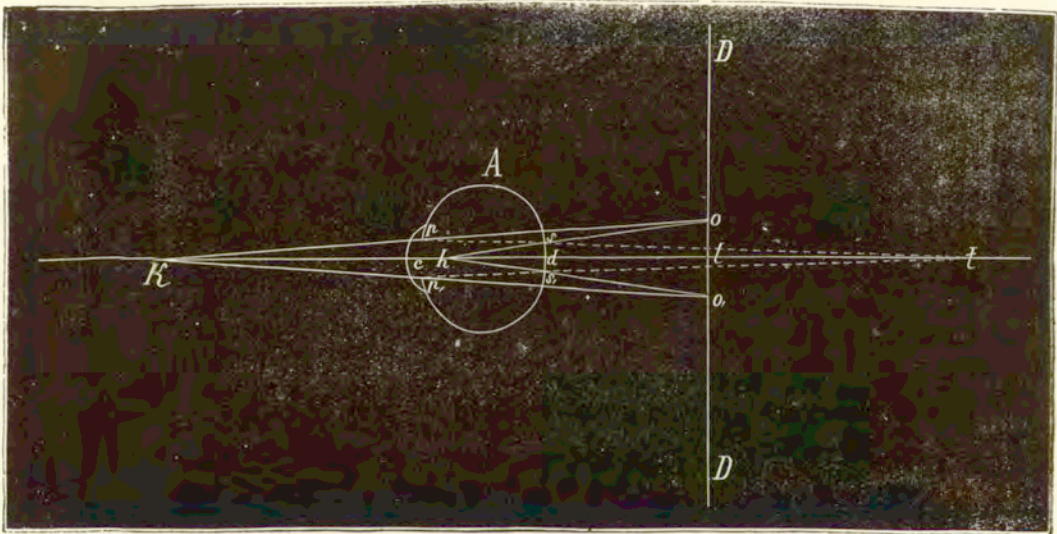


Fig. 9.

przecięcia się z osią oka, razem powierzchni głównej i powierzchni źrenicy; podług poprzedniego

$$o : p = f_1 + r : f_1$$

z kądem

$$o = p \frac{f_1 + r}{f_1}$$

Stosunek *o* i *s* odnosić wszakże należy do ich odległości od punktu węzłowego

$$o : s = hl : hd, \quad \text{z kądem} \quad s = o \frac{hd}{hl},$$

wszakże i te odległości z łatwością do punktu głównego odnieść możemy, gdyż (*Helmholtz. Phys. optik* str. 43 wzór 26)

$$\frac{hd}{hl} = \frac{n_1 a}{n_2 r} = \frac{F_1 a}{F_2 r},$$

gdzie a i r wyrażają odległości odniesione do punktu głównego. Wzór cały przybierze postać

$$s = \rho \frac{F_1}{F_2} a \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{f_1} \right) \quad (1).$$

Wzór drugi

$$s = \rho \frac{f_2 - a}{f_2} \quad (2)$$

zachowuje naturalnie poprzednią swą postać. Zgodność tych dwu wzorów i tu okazać się daje:

$$\frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = \frac{F_2}{a} - \frac{F_1}{r},$$

z kądem

$$F_1 \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{r} \right) = F_2 \left(\frac{f_2 - a}{f_2 a} \right)$$

$$\frac{F_1}{F_2} a \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{r} \right) = \frac{f_2 - a}{f_2}.$$

Jeżeli weźmiemy pod uwagę oczy o rozmaitym stanie refrakcyi, wtedy tylko pierwszy z tych wzorów i należąca doń figura zmieniać się będą; wzór drugi, wyrażający tylko wielkość okręgu rozpięzłego danego punktu, swęj postaci nie zmienia.

Dla oka normalnego, gdzie $r = \infty$, a $a = F_2$ wzór (1) przybiera kształt

$$s = \rho \cdot \frac{F_1}{f_1},$$

co łatwo wyprowadzić z fig. 10, uwzględnivszy podobieństwo trójkątów kpp_1 i shs_1 .

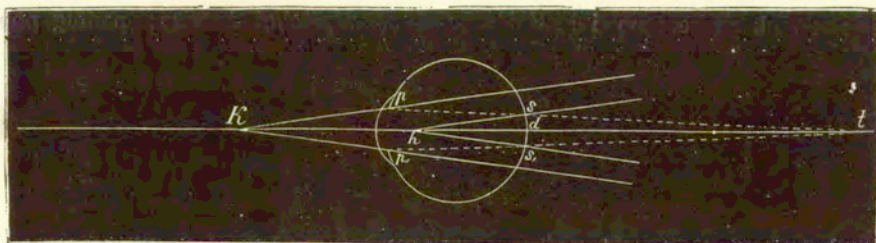


Fig. 10.

Dla oka krótkowzrocznego

$$s = \rho \frac{F_1}{F_2} a \left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{r} \right);$$

z figury 11ej widzimy téż, że odległość obrazu wziernikowego od oka badającego wyrazi się tu przez $r - f_1$.

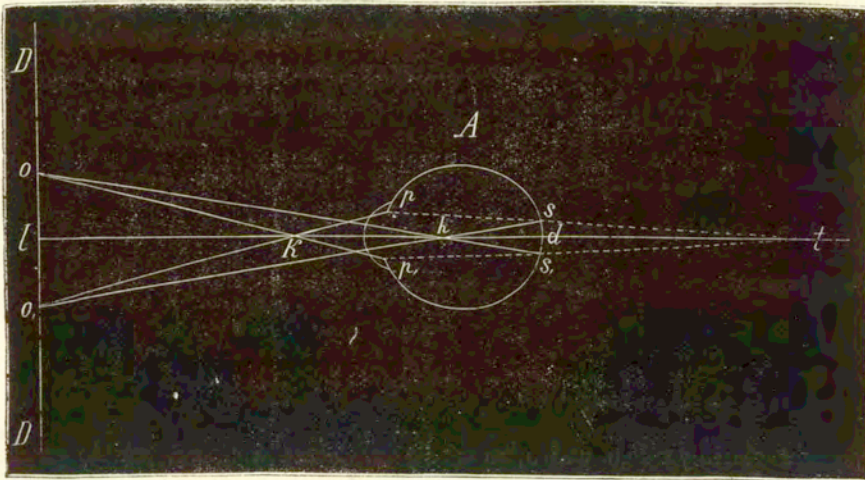


Fig. 11.

Jeżeli przy badaniu oka krótkowzrocznego obraz wziernikowy znajduje się pomiędzy okiem badanym a badającym, wtedy odległość obrazu od oka badanego równa się $f_1 - r$, (fig. 12) a wzór wyraża się przez

$$s = p \frac{F_1}{F_2} a \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{f_1} \right)$$

eżeli chcemy otrzymać wartość dodatnią.

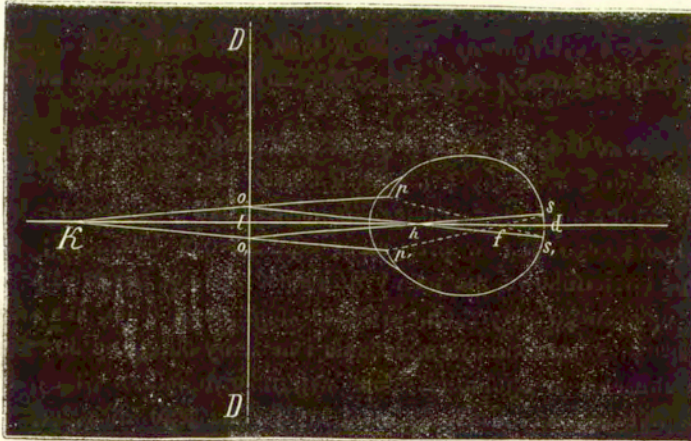


Fig. 12.

Dla oceny wszystkich, do wielkości pola wziernikowego odnoszących się stosunków, wystarczy bliższy rozbiór ogólnego wzoru (2)

$$s = p \frac{f_2 - a}{f_2} = p \left(1 - \frac{a}{f_2} \right).$$

Ze wzoru tego łatwo dojrzeć, że szukana średnica s może mieć wartość ujemną, mianowicie wtedy, gdy $a > f_2$, co tylko wtedy może mieć miejsce gdy $f_1 > r$, to jest, gdy badamy oko krótkowzroczne a znajdujemy się poza jego punktem dali, przypadek ten graficznie przedstawiony jest na fig. 12. Znak ujemny tyle tu tylko oznacza, że promienie, padające w badane oko, krzyżują się przed siatkówką i dopiero potem na siatkówce tworzą okrąg rozpięchły, co dla badania jest wreszcie rzeczą obojętną, gdyż tu nam idzie tylko o rozległość pola wziernikowego.

Ponieważ wielkość f_2 bezpośrednio wymierzyć się nie daje i musi być dopiero w każdym przypadku obliczoną specjalnie, lepiej więc w powyższym wzorze wstawić jej wartość $f_2 = \frac{f_1 F_2}{f_1 - F_1}$; wzór (2) przybierze wtedy postać

$$s = p \left(1 - \frac{a}{F_2} \cdot \frac{f_1 - F_1}{f_1} \right)$$

Przedewszystkiem widzimy z tego wzoru, że s się powiększa w miarę, jak się powiększa p , to jest, że pole wziernikowe wzrasta wraz ze źrenicą. Tłumaczy to trudność wziernikowego badania przy znacznem zwięzieniu źrenicy i korzyść, jaką badanie ze sztucznego jej rozszerzenia odnosi.

Prócz p zmienną dla danego oka jest jeszcze wielkość f_1 , to jest odległość pomiędzy badającym a badanem okiem. Gdy f_1 ma wartość bardzo znaczną, wtedy wyrażenie $\frac{f_1 - F_1}{f_1}$ zbliża się do jedności, a wartość s zbliża się do $p \left(1 - \frac{a}{F_2} \right)$; ponieważ wielkości a i F_2 w ogóle niewiele pomiędzy sobą się różnią, więc i s w tych warunkach niewiele tylko różnić się będzie od zera. Skoro więc badanie wziernikowe ze znacznej dokonywa się odległości, wtedy pole obrazu jest bardzo małe; i rzeczywiście na oświetlonem polu dostrzegamy wtedy co najwyżej bardzo małą cząstkę jakiegoś naczynia krwionośnego. Pole wziernikowe będzie w tych warunkach tém większe, im znaczniejsza jest różnica pomiędzy a i F_2 , im więc znaczniejszy stopień ametropii badane oko przedstawia.

Ażebym badanie wziernikowe mogło z korzyścią być dokonane, należy się starać o jaknajwiększe pole, co osiągamy przez zmniejszenie f_1 , przez zbliżenie się do oka badanego. Wszakże zbliżanie to, z przyczyn czysto fizycznych, musi mieć granicę. *Helmholtz* jako granicę taką uważa umieszczenie punktu węzłowego badającego oka w przednim ognisku oka badanego; w tych warunkach $f_1 = F_1$ a $s = p$; pole wziernikowe ma wtedy rozległość źrenicy, niezależnie od długości jego osi i od łamliwości jego optycznego przyrzędu. Wszakże zbliżenie się takie, na pół cala od oka badanego nie miewa miejsca przy wziernikowym badaniu i możemy odległość 30^{mm} uważać prawie już za granicę możliwego zbliżenia w ogólności. Pole wziernikowe będzie wtedy zawsze mniejsze od źrenicy, a warunki optyczne oka odzyskują swój wpływ na jego rozległość. Pole wziernikowe obliczone dla tej odległości obu oczu jest najważniejsze, gdyż z tej właśnie odległości badanie wziernikowe zwykle się dokonywa. Samo przyjrzenie się wzorowi uczy, że s zmniejszać się będzie w miarę malejącego F_2 i w miarę rosnącej wartości a ; im dłuższa jest więc oś oka, im krótsza jego odległość ogniskowa, tém mniejsze pole wziernikowe; pole widzenia będzie więc (przy stałych wartościach dla p i f_1) większe w oczach nadwzrocznych i w miarę wyższych stopni tej wady wzrokowej, coraz większe, mniejsze zaś w oczach krótkowzrocznych i to tém mniejsze, im krótkowzroczność wyższego stopnia dosięga.

Jeszcze wyraźniej wykazuje to wzór (1)

$$s = \frac{F}{F_2} p a \left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{r} \right),$$

gdzie wartość r bezpośrednio jest umieszczona. Wartość s będzie największa, gdy r ma wartość ujemną, więc w oczach nadwzrocznych, a wartość jego wtedy się powiększa w miarę malejącego r .

Gdy $r = 0$, wartość na s się zmniejsza. Jeszcze mniejszą się staje, gdy r przybiera wartość dodatnią (krótkowzroczność) i gdy w miarę rosnącej krótkowzroczności r maleje; gdy $f_1 = r$ wtedy $s = 0$; pole widzenia zredukowane jest do zera, gdy punkt węzłowy badającego oka umieszczony jest w punkcie dali oka badanego; s przybiera wreszcie wartość ujemną, gdy obraz wzornikowy się znajduje pomiędzy obu oczyma, co przy tak znacznem zbliżeniu, o jakim mowa, prawie nigdy mieć miejsca nie może.

Z tegoż samego wzoru (1) i odnoszących się do niego figur widzimy, że przy stałej wartości dla r pole widzenia wzrasta z powiększeniem a . Przy tym samym więc stanie refrakcyi pole widzenia tęp będzie większe im dłuższą jest oś oka; największe więc pole wzornikowe przedstawia oko o nadwzroczności krzywiznowej, najmniejsze zaś, oko o osiowej krótkowzroczności.

Ażeby lepiej uwydatnić różnice zachodzące w polu wzornikowem zależnie od refrakcyi badanego oka, podaję obliczenie podług powyższych wzorów dokonane dla najwyższego stopnia krótko i nadwzroczności; odległość punktu dali (r) przyjętą tu jest jako 50^{mm.}, a odległość $f_1 = 30^{\text{mm.}}$; pozostałe wielkości obliczone są podług zredukowanego oka (*Donders*).

Średnica pola wzornikowego dla oka krótkowzrocznego obliczona w ten sposób wynosi 1,15 mm., dla oka nadwzrocznego 2,45. Ponieważ średnica tarczy nerwu wzrokowego wynosi prawie 1,5 mm., więc na polu wzornikowem oka w najwyższym stopniu krótkowzrocznego tarcza ta się nie mieści, gdy w oku nadwzrocznem jeszcze dość znaczna przestrzeń dna jego na około tarczy będzie widzialną. Ponieważ pole widzenia wzornikowego przy badaniu, wydaje się być nieco większe, niż je rezultat tych obliczeń wykazuje, prawdopodobnie więc badamy zwykle w nieco mniejszej jeszcze odległości.

Pole widzenia wzornikowego dość więc znaczne przedstawia różnice, stosownie do refrakcyi badanego oka; wszakże różnice te dla ściśle optometrycznych celów użytkować się nie dadzą, tak z powodu braku metod pozwalających w każdym wypadku dokładnie jego średnicę wymierzyć, jako też z powodu wielkiej zmienności źrenicy.

II. Pole widzenia, którego rozległość obliczaliśmy, o tyle tylko w każdym wypadku całkowicie przejrzeć się pozwoli, o ile w całości będzie oświetlone. Warunek ten, mianowicie przy badaniu z bliska nigdy prawie nie jest wypełniony; oświetlona przestrzeń dna oka tylko część wzornikowego pola zajmuje. Ażeby całkowitą wielkość jego ocenić, należy przez poruszanie zwierciadłem odbłask świetlny na dnie oka przesuwać aż do brzegu obrazu, obwodem źrenicy otoczonego. Czy tym poruszeniem zwierciadła towarzyszą ruchy oka badającego, czy też zachowuje ono nieruchome położenie, to na rozległość pola wzornikowego żadnego wpływu nie wywiera, gdyż, używając terminów *Helmholtza*, skoro bierzemy pod uwagę tylko bardzo małą środkową część naszego pola wzrokowego, wtedy pole patrzenia powiększyć nie może pola widzenia. Wielkość oświetlonej przestrzeni dna oka obliczyć można w ten sam sposób i podług tych samych wzorów, które posłużyły dla obliczenia wartości całego pola wzornikowego. Różnica, jaka pomiędzy jednym a drugim polem zachodzi, zależy przedewszystkiem od różnego położenia badającego oka i źródła światła. Jeżeli zwrócimy uwagę, że źródłem światła nie

jest powierzchnia zwierciadła, tylko obraz od niego odbity, to jest punkt zbieżności odbitych promieni, to jasnym się staje, że różnica pomiędzy jego położeniem, a położeniem naszego oka jest w ogóle znaczna. Drugą ważną różnicę stanowi ta okoliczność, że przy oświetleniu nie mamy do czynienia z punktem świecącym, tylko z obrazem mającym pewne wymiary; sprawia to, że oświetlona przestrzeń dna oka większe mieć musi rozmiary, niż je wskazuje rachunek poprzedni, robiony dla pojedynczego punktu. Uwzględniwszy te dwie okoliczności, łatwo zrozumiemy różnice, zachodzące pomiędzy całkowitem polem wzernikowego obrazu a oświetloną jego częścią.

W praktyce wzernikowej używamy rozmaitych zwierciadeł — płaskich, wklęsłych, a nawet wypukłych, ztąd położenie zwierciadlanego odbłasku może być bezporównania rozmaitsze, aniżeli położenie naszego punktu węzłowego. Za pomocą różnych zwierciadeł możemy obraz zwierciadlany umieścić w dowolnej odległości przed okiem lub za niem. Zwykle w użyciu znajdują się zwierciadła płaskie, albo wklęsłe o promieniu około 10 cali.

Skoro badanie wzernikowe dokonywa się ze znacznej odległości, pole jego, jak widzieliśmy, jest bardzo małe; w jakichkolwiek warunkach umieszczony wtedy będzie obraz zwierciadlany, oświeci zawsze, dzięki swym wymiarom, większą powierzchnię dna oka aniżeli pole wzernikowe zajmuje, dla tego to przy badaniu zdaleka zawsze nam cała źrenica jednostajnie oświetloną się ukaże.

Daleko większe urozmaicenie tych warunków znajdujemy przy badaniu z bliska. Obraz, od zwykle używanych zwierciadeł odbity, znajduje się w tych warunkach wogóle albo o kilka cali poza okiem, jeżeli używamy zwierciadła wklęsłego, albo o kilka cali przed okiem, jeżeli używamy zwierciadła płaskiego. Okręgi więc rozpięchłe pojedynczych punktów zwierciadlanego odbicia będą daleko mniejsze od pola wzernikowego, i kontury płomienia na dnie oka dadzą się dobrze rozpoznać wtedy tylko, kiedy wielkość okręgów rozpięchłych pojedynczych punktów jest bardzo mała w stosunku do rozmiarów całkowitego obrazu. Zwykle w tych warunkach tylko część pola wzernikowego jest oświetlona. Wielkość oświetlonej przestrzeni tém będzie większa (przyjmując naturalnie stałą wielkość płomienia), im mniej wyraźnie obraz płomienia rysować się będzie, to jest im większe na dnie oka roztacza okręgi rozpięchłe. Wielkość okręgów rozpięchłych wzrasta w miarę tego, im dalej od siatkówki, z przedniej albo tylnej jej strony, zbiegają się promienie w oko padające. Obraz będzie najmocniej oświetlony i dokładnie odrysowany, gdy się tworzy na samej siatkówce, co tylko wtedy może mieć miejsce, gdy obraz zwierciadlany umieszczony jest w punkcie, na który oko badane jest nastawione, a więc w jego punkcie dali; $s = 0$, gdy $a = f_2$ (wzór 2) i gdy $r = f_1$ (wzór 1).

Jeżeli więc wyraźny obraz płomienia widzimy na dnie oka i mamy możność obliczyć położenie zwierciadlanego odbłasku, znamy już tém samym punkt dali oka badanego; dla tego badania zastosować można oftalmoskop *Zehendera* złożony ze zwierciadła wypukłego połączonego z mocną wypukłą soczewką. Zmieniając odległość pomiędzy soczewką a zwierciadłem, możemy z łatwością nadać obrazowi zwierciadlanemu położenie dowolne. Wszakże, z powodu trudności obliczenia w każdym wypadku odległości obrazu od zwierciadła, piękny ten pomysł nie znalazł zastosowania w praktyce. Proponowano też zamiast tarczy nerwu wzrokowego, używać obrazu płomienia wyraźnie na dnie oka nakreślonego dla badania na nim refrakcyi oka podług zasad w poprzednim rozdziale podanych, co wszakże w obec zwykłego badania ostać się nie może.

III. Soczewki poprawcze, trzymane przed badającym okiem i służące dla uwyraźnienia obrazu,

o tyle tylko na rozległość obrazu wpływ wyrzec mogą, o ile zmieniają położenie punktu węzłowego w uzbrojonym oku; nieznaczny ten wpływ zupełnie pominąć możemy.

Zupełnie inaczej rzecz się przedstawia przy badaniu w rysunku odwrotnym; tu, mocną wypukłą soczewkę umieszczamy w ten sposób przed badanym okiem, że jej ognisko główne pada mniej więcej na powierzchni źrenicy; w tych warunkach obwód źrenicy i tęczka znikają zupełnie a obraz wziernikowy jest ograniczony przez obwód soczewki; obwód soczewki wypukłej odgrywa obecnie tę samą rolę, jaka przy badaniu w rysunku prostym przypada źrenicy. Jeżeli (fig. 13) odległość jc obrazu odwrot-

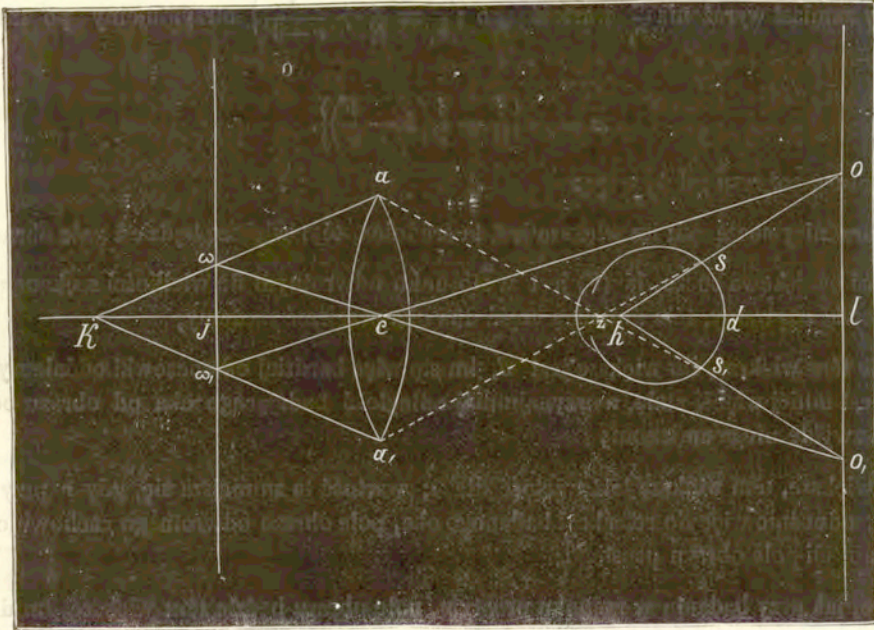


Fig. 13.

nego od soczewki oznaczymy przez r ; odległość soczewki od oka (Kc) przez d ; średnicę soczewki (aa_1) przez l , a średnicę pola obrazu ($\omega\omega_1$) przez O' , w takim razie, jak z poprzedniego i z obok stojącej figury widoczne.

$$l : O' = d : d - r',$$

obrazowi odwrotnemu O' odpowiada obraz pierwotny O (OO_1), który od soczewki odległy jest o $r - F$, gdzie r wyraża odległość punktu dali w badanym oku (hl), a F odległość ogniskową użytej soczewki (ch), a więc zarazem i odległość środkowego jej punktu od powierzchni źrenicy; z kądem

$$O' : O = r_1 : r - F;$$

wreszcie obraz o średnicy O jest obrazem optycznym części dna oka (ss_1) o średnicy s , przyczem

$$O : s = r : a \quad (a = hd = \text{osi oka})$$

z trzech tych proporcji wypada

$$l : s = dr r' : (d - r_1) (r - F) a$$

zkąd wartość dla s obliczyć można

$$s = la \frac{(d - r_1)(r - F)}{dr r'}$$

po odpowiedniej przeróbce wzorowi temu nadać można postać uproszczoną:

$$s = la \left(1 - \frac{F}{r}\right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{a}\right),$$

a wstawiając zamiast wyrażenia $\frac{1}{r_1}$ wartość jego $\left(\frac{1}{r_1} = \frac{1}{F} + \frac{1}{r - F}\right)$ otrzymujemy po łatwej przeróbce

$$s = la \left\{ \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \left(1 - \frac{F}{r}\right) \right\}.$$

Pole odwrotnego obrazu zależy więc:

- 1° od l , średnicy soczewki; im większą jest ta średnica, tym większe będzie i pole obrazu;
- 2° odległość ogniskowa soczewki (F) jest w stosunku odwrotnym do wielkości szukanego pola; im słabszej soczewki używamy, tym mniejszą część dna oka przejrzeć możemy;
- 3° s będzie tym większe, im większe jest d , im się więc bardziej od soczewki oddalamy; wszakże wielkość ta jest mniej więcej stałą, a przynajmniej odległość badającego oka od obrazu odwrotnego małym tylko zwykle ulega zmianom;
- 4° im r większe, tym większą jest wartość dla s ; wartość ta zmniejsza się, gdy r przybiera wartość ujemną; odnośnie więc do refrakcji badanego oka, pole obrazu odwrotnego zachowuje się zupełnie inaczej, aniżeli pole obrazu prostego;
- 5° wreszcie, jak przy badaniu w rysunku prostym, pole obrazu będzie tym większe, im dłuższą jest oś badanego oka (przy stałej refrakcji).

Obliczone podług tego wzoru pole odwrotnego obrazu wziernikowego dla rozmaitego stanu refrakcji osiowej daje następujące wypadki (przyjęto tu $l = 30^{\text{mm}}$, $d = 300^{\text{mm}} + r_1$ gdzie r_1 dla każdego wypadku obliczyć należy):

- 1° dla wzroku normalnego przy soczewce o 60^{mm} odległości ogniskowej

$$s = 8,30, \quad \text{gdy } F = 100^{\text{mm}}, \quad s = 4,50;$$

- 2° dla nadwzroczności 20D ($r = 50^{\text{mm}} = \text{równe } 2 \text{ calom}$),

$$\text{gdy } F = 60 \dots s = 5,40, \quad \text{gdy } F = 100 \quad s = 2,30;$$

- 3° dla krótkowzroczności 20D (obraz tworzy się po za soczewką wypukłą),

$$\text{gdy } F = 60 \dots s = 14,00, \quad \text{gdy } F = 100 \quad s = 13,00;$$

- 4° dla krótkowzroczności $\frac{1}{6}$ (150^{mm}),

$$\text{gdy } F = 60, \quad s = 10,00^{\text{mm}}, \quad \text{gdy } F = 100, \quad s = 6,00.$$

Pole widzenia wziernikowego jest przy badaniu w rysunku odwrotnym zupełnie oświetlone, gdyż odwrotny płomień lampy tworzy się bardzo blisko badanego oka, więc znajduje się zawsze w daleko korzystniejszych pod tym względem, niż nasze oko warunkach.

Tak samo, jak dla rysunku prostego, można i dla odwrotnego uważać pole wziernikowego widzenia, jako okrąg rozpięchły, utworzony przez promienie świetlne z punktu k wychodzące. Jeżeli promienie te zejdą się w punkcie z , wtedy szukane $s = l \cdot \frac{zd}{cz}$. Jeżeli przyjmujemy, że ognisko główne soczewki umieszcza się w punkcie węzłowym oka i że w tym ognisku tworzy się obraz, wtedy

$$s = l \cdot \frac{a}{F} \text{ (Helmholtz).}$$

HELMHOLTZ (1) określa pole widzenia wziernikowego, jako okrąg rozpięchły środkowego punktu źrenicy badającego na dnie badanego oka utworzony. Przy badaniu w rysunku prostym pole byłoby równe źrenicy badanego oka, gdyby się punkt wspomniany w jego ognisku znajdował; zwykle wszakże jest ono mniejsze i tem* mniejsze, im większa przestrzeń oba oczy rozdziela. Pole odwrotnego obrazu oblicza HELMHOLTZ z proporcji $\frac{v}{y} = \frac{u}{p}$, czemu odpowiada w zupełności powyżej podany wzór $s = l \frac{a}{F}$.

Podania Helmholtza prawie bez zmiany przyjęte zostały przez autorów (2) w późniejszym czasie o tym samym przedmiocie piszących, tylko STAMMESHAUS (3), rozwijając dalej to kreślenie, podaje ogólny wzór na pole prostego obrazu wziernikowego $\alpha\beta = \frac{ab \cdot dt}{A} \left(s = \frac{p(f_2 - a)}{f_2} \right)$ i takowy bliżej rozbiiera.

IV. Jeżeli bierzemy pod uwagę zupełne pole wziernikowego widzenia, jeżeli więc przy badaniu wziernikowym z rozmaitych stron na dno oka się zapatrujemy, możemy je przejrzeć o tyle, o ile weń w ogóle promienie światła dostawać się mogą; a więc przedmiotem wziernikowego badania może być cała ta przestrzeń siatkówki, której rzut na zewnątrz stanowi pole widzenia badanego oka.

III. — POWIĘKSZENIE OBRAZU WZIERNIKOWEGO

I. Wielkość, w jakiej się obraz wziernikowy badającemu oku przedstawia, jest różną od istotnej wielkości przedmiotu na dnie oka; stosunek dwóch tych wielkości zowie się powiększeniem obrazu. Obliczenie wielkości obrazu, utworzonego na siatkówce badającego oka, czyli, co na jedno wyjdzie, obliczenie kąta, pod jakim obraz wziernikowy widzimy, należy do najprostszych zadań optycznych i żadnych nie przedstawia trudności. Wszakże jednostka przestrzeni na dnie oka bardzo rozmaitym odpowiada wielkościom, stosownie do odległości w jakiej pole widzenia w danej chwili jest umieszczone.

(1) *Phys. Optik.*, str. 178 i 179.

(2) Jak w podręczniku Graefego i Saemisch. Str. 1 — 17.

(3) *Monatsblätter für die Klin. Augenteilh.* 1874, tom XIII, str. 1 — 17.

Widzenie obrazu wziernikowego odbywa się w warunkach zupełnie innych, aniżeli zwykle widzenie istotnych przedmiotów zewnętrznych; napięcie akomodacji, zbieżność osi widzenia, znana wielkość przedmiotów i tym podobne momenty, składające się na nasz sąd o odległości przedmiotów zewnętrznych, nie mogą kierować nami przy wziernikowym badaniu; tu sąd nasz o odległości ostatecznie widzianego obrazu na innych oprzeć się musi podstawach.

Warunki widzenia są dla obrazu wziernikowego w ogóle także same, jak dla subiektywnych zjawisk optycznych i bliższy rozbiór tych ostatnich bardzo nam ułatwi zrozumienie pierwszych.

Należy odróżniać podwójne warunki, w jakich się odbywa widzenie zjawisk entoptycznych, lub obrazów wtórnych, ze względu na wpływ, jaki te warunki wywierają na sąd nasz o wielkości rzekomo widzianego przedmiotu. Możemy mianowicie widzieć obrazy wtórne jednocześnie z przedmiotami zewnętrznymi, których odległość od naszego oka znamy i dowolnie zmieniać możemy; po usunięciu zaś światła, zakryciu, albo zamknięciu oka, powidok zajmuje część tylko ciemnego zresztą pola widzenia. W pierwszym razie entoptyczne objawy okazują się w tej samej odległości w jakiej się znajdują realne przedmioty zewnętrzne — widzimy wtórne obrazy, muszki latające i t. d. na tle przedmiotów, na które patrzymy chwilowo; przedstawiać się nam one więc muszą w coraz znaczniejszej wielkości, stosownie do większej odległości przedmiotów, na które patrzymy. Patrząc to na niebo, to na bliższe i coraz bliższe przedmioty i rzucając na tło ich zjawiska entoptyczne, widzimy je to w bardzo znacznym, to w mniejszym i coraz mniejszym powiększeniu. Ma to miejsce nawet i wtedy, kiedy oko nasze nie jest dokładnie zaakomodowane na przedmioty które widzi przed sobą. Jeżeli następnie zakryjemy oczy, powidok przedstawia się w ciemnym polu widzenia w stałej i niezmiennej wielkości. W braku wszelkich przedmiotów zewnętrznych, z którymi wielkość subiektywnego zjawiska porównywać byśmy mogli, przy zupełnym spoczynku akomodacji, zdawałoby się, że odnosimy wrażenie do naszego punktu najdalszego; przedmiotowe zjawiska świetlne przedstawiałyby się oczom rozmaitej refrakcji w rozmaitem powiększeniu. Oku normalnemu, nastawionemu na nieskończoną odległość, zjawiska te, czysto teoretycznie biorąc, przedstawiać się winny nieskończenie wielkimi; wszakże żaden przedmiot, część tylko pola widzenia zajmujący, mający więc swe granice, umysłowi naszemu, jako nieskończenie wielki imponować nie może. W każdym razie, gdyby istotnie napięcie akomodacji było głównym przewodnikiem dla sądu o odległości, powinnyby zjawiska entoptyczne przy zamkniętych oczach przedstawiać się w tej wielkości, w jakiej je widzimy rzucone na tło nieba. Wszakże każdy z badaniem wtórnych obrazów oznajmiony wie, że przy zamkniętych oczach zdają nam się one daleko mniejszymi. Mając dobrze rozwinięty woku wtórny obraz jakiego jasnego przedmiotu, możemy, zbliżając się z wolna np. do arkusza papieru i to zamykając, to otwierając znów oko, znaleźć odległość, przy której obraz na papierze zdaje się być tej samej wielkości, jak przy zamkniętym oku.

Pomimo trudności i niedokładności tej metody znalazłem, wiele razy doświadczenie to powtarzając, zgodnie odległość mniej więcej 8 do 10 cali.

Toż samo doświadczenie, jak z obrazami wtórnymi powtórzyć mogłem i z muszkami latającymi, gdyż patrząc ku słońcu, jeszcze i przy zamkniętych powiekach widzę je dosyć wyraźnie. Do takiegoż samego rezultatu doszedł *Schnabl* nieco inną drogą. Patrząc jednym okiem na fantom oftalmoskopowy na normalne oko nastawiony, a drugim na ścianę do której się zbliżał z wolna, znalazł, że w odległości około ośmiu cali od ściany obraz w tej samej przedstawiał się wielkości, jak wtedy, gdy jednym tylko okiem na fantom poglądał. Przy znaczniejszym jeszcze zbliżeniu obraz już tylko bardzo mało mniejszym się wydawał i zdawał się po za tłem znajdować. *Schnabl* zdaje się przypuszczać, że przyczyną tego zjawiska jest świadomość nasza o umiejscowieniu dna oka; nie umieszczamy obrazu

z jednej strony poza głową badającego, z drugiej strony przed naszym punktem bliży. Dla zupełnego usunięcia akomodacji, oczy swe do tych doświadczeń atropinizował. Jakkolwiek w tym punkcie go nie naśladowałem, wszakże mam zupełną świadomość spoczynku akomodacji mojej podczas doświadczeń.

W niedawnych jeszcze czasach, kiedy krótkowzroczność zdawała się normą dla wzroku, ta odległość 8 do 10 cali była bardzo łatwą do wytłumaczenia; miał to być najdalszy punkt wyraźnego widzenia, spoczynkiem akomodacji wskazany. W obec dzisiejszych pojęć o refrakcyi oka ta *średnia odległość wyraźnego widzenia, odległość projekcyi*, zdaje się nie mieć żadnej anatomicznej lub fizyologicznej podstawy; wszakże wyższa nad teorię potęga faktu zmusza nas do przyjęcia takowej.

Też same podwójne warunki, które odróżniamy przy widzeniu zjawisk entoptycznych, napotykają się przy badaniu wzornikiem. Jeżeli zbliżamy się bardzo do badanego oka, jak to zwykle czynimy dla badania w rysunku prostym, aby mieć znaczne pole widzenia, wtedy obwodu tęczy wyraźnie widzieć nie możemy; przytém warunki oświetlenia dna oka pozwalają nam dojrzeć tylko część pola wzornikowego; obraz więc, wszelkiego tła pozbawiony i część tylko ciemnego zresztą pola widzenia zajmujący, przedstawia się jak zjawisko entoptyczne w ciemności.

Jeżeli zaś zdaleka wśród jednostajnie oświetlonej źrenicy widzimy obraz wzornikowy, albo gdy badamy w rysunku odwrotnym, wtedy rzucamy obraz wzornikowy na tło źrenicy lub soczewki, których wielkość i odległość od oka znamy; odpowiada to widzeniu zjawisk entoptycznych na tle oświetlonych przedmiotów.

II. Po tych wstępnych uwagach łatwo już możemy obliczyć powiększenie obrazu wzornikowego. Przypuszczając będziemy, wraz z większością autorów, że oko badające nastawione jest przy spoczynku akomodacji na obraz wzornikowy, czyli pominiemy wpływ soczewek poprawczych na wielkość obrazu siatkówkowego w badającym oku.

Fig. 14 przedstawia rysunkiem wielkość obrazu wzornikowego w oku nadwzrocznym; powiększe-

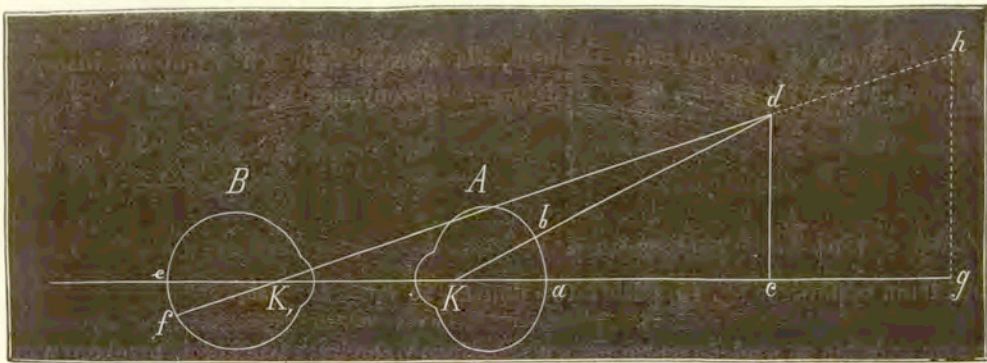


Fig. 14.

niem (V) nazywamy stosunek pomiędzy ostatecznie widzianym obrazem (hg) a przedmiotem jego (ba) na dnie badanego oka umieszczonym ($\frac{hg}{ba} = V$). Ażeby obliczyć ten stosunek, należy odróżnić trzy pary należących do siebie obrazów optycznych.

Przedmiot ba , odpowiadający oświetlonej części dna badanego oka tworzy obraz cd w punkcie dali. Obrazy te umieszczone są w punktach a i c sprzężonych względem punktu węzłowego k ; odległość ka , to jest oś badanego oka od jego punktu węzłowego do siatkówki oznaczać będziemy przez a , odległość punktu dali, ck , przez r .

Oko B nastawiane jest, jak przyjęliśmy wyżej, na ten obraz wziernikowy cd ; znaczy to, że na dnie ef badającego oka tworzy się wyraźny obraz cd ; punkta c i e są sprzężone względem punktu k_1 ; $ck_1 = ck + kk_1 = r + d$, jeżeli linię kk_1 oddzielającą badane oko od badającego, oznaczymy przez d .

Wreszcie oko badane rzuca obraz siatkówkowy ef na poprzednio określoną odległość rzutu kg , którą nazywać będziemy δ i w punkcie g tworzy się obraz hg , jaki się ostatecznie badającemu oku przedstawia.

Te trzy pary należących do siebie obrazów optycznych pozwalają nam ułożyć trzy odpowiadające im proporcje

$$1^\circ \text{ z trójkątów } \quad efk_1 \text{ i } k_1 hg \dots \quad hg : ef = k_1g : k_1e$$

$$2^\circ \text{ z trójkątów } \quad efk_1 \text{ i } dk_1c \dots \quad ef : cd = ek_1 : k_1c$$

$$3^\circ \text{ z trójkątów } \quad dkc \text{ i } bka \dots \quad cd : ab = ck : ak.$$

Pomnożywszy trzy te proporcje otrzymujemy równanie

$$\frac{hg}{ab} = \frac{k_1g \cdot ck}{k_1c \cdot ak},$$

$$\text{czyli} \quad V = \frac{\delta}{a} \cdot \frac{r}{r+d}, \quad V = \frac{\delta}{a \left(1 + \frac{d}{r}\right)}.$$

Jeżeli uwzględnimy, że w oku nadwzrocznem, dla którego wzór ten wyprowadziliśmy, r ma wartość ujemną, więc wzór ogólny, dla r dodatniego obliczony mieć będzie kształt

$$V = \frac{\delta}{a \left(1 - \frac{d}{r}\right)}.$$

Wzorowi temu odpowiada fig. 15, gdzie łatwo dojrzeć, że $k_1c = kc - kk_1$.

Rozbierając wzór ten ze względu na rozmaite w skład jego wchodzące wielkości, przekonywamy się, że V , powiększenie obrazu wziernikowego, zależne jest :

1° od odległości rzutu δ , którą przyjęliśmy poprzednio jako wielkość stałą; jeżeli wszakże drugim okiem patrzymy na przedmioty zewnętrzne i w ten sposób sąd nasz o odległości widzianych przedmiotów zmieniamy, możemy obrazowi wziernikowemu nadać wielkość dowolną ;

2° od a z którym V jest w stosunku odwrotnym ; im dłuższą więc jest oś badanego oka

wzrasta w miarę, jak się badające oko od badanego oddala; powiększenie obrazu oka nadwzrocznego w tych samych warunkach słabnie.

Wzrost d tém większe mieć musi [znaczenie, im mniejsze jest r ; a więc w miarę oddalania się badającego oka, wielkość obrazu wziernikowego tém znacznie wzrasta lub się zmniejsza, im wyższy stopień krótko lub nadwzroczności przedstawia oko badane; ma to ważne znaczenie przy rozpoznawaniu astygmatyzmu.

Z fig. 14 i 15 łatwo téż wywnioskować, jaki wpływ na wielkość obrazu wziernikowego wywierają oddalenie badającego oka. W miarę oddalenia kąt dk_1c na fig. 14 widocznie zmniejszać się będzie, na fig. zaś 15 musi wzrastać; ponieważ zaś przyjęliśmy, że odległość rzutu jest wielkością stałą, więc przy mniejszym kącie widzenia, obraz mniejsze mieć musi rozmiary.

III. Skoro się oko badające więcej od badanego oddali, zaczyna widzieć wyraźnie źrenicę i do jej powierzchni obraz wziernikowy odnosi; odległość projekcyi traci swe znaczenie, a na jej miejsce występuje odległość badającego oka od źrenicy oka badanego; ponieważ obliczenie kąta widzenia w ten sam dokonywa się sposób, więc powiększenie wyrazi się wzorem (dla oka nadwzrocznego)

$$V = \frac{d}{a} \cdot \frac{r}{r+d},$$

gdzie zamiast δ , w liczniku wstawiono d .

Wzorowi temu nadać można postać

$$V = \frac{1}{a\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{d}\right)}.$$

Do takiego samego wyrażenia dochodzimy i ze wzoru na [pole widzenia wyprowadzonego na str. 16.

$$s = pa\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{f}\right),$$

z kąd

$$\frac{p}{s} = \frac{1}{a\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{f}\right)}.$$

Jeżeli więc podzielimy powierzchnię źrenicy przez oświetloną część pola widzenia, otrzymamy na powiększenie ten sam wzór, do którego bezpośrednio doszliśmy (łatwo bowiem zauważyć, że f w ostatnim wzorze ma też samo znaczenie, co d we wzorze poprzednim). I rzeczywiście pewna część dna oka w obrazie wziernikowym wypełnia całą źrenicę; stosunek więc powierzchni źrenicy do pola wziernikowego odpowiada w zupełności powiększeniu; pole obrazu wziernikowego i w ogóle każdego optycznego obrazu, który widzimy na powierzchni rzucającego go przyrządu, jest odwrotnie proporcjonalne do powiększenia.

Ze wzoru

$$V = \frac{1}{a\left(\frac{1}{d} + \frac{1}{r}\right)}$$

widzimy że dla oczu nadwzrocznych, więc dla urojonych obrazów optycznych, powiększenie wzrasta

ze wzrostem d ; im więc bardziej od badanego oka oddalac się będziemy, tém obraz wziernikowy w znaczniejszym przedstawi się nam powiększeniu. W miarę jak wartość r się zmniejsza, czyli jak wartość $\frac{1}{r}$ wzrasta, powiększenie d coraz ma mniejsze znaczenie; im więc nadwzrocność wyższego dosięga stopnia, tém powolniej powiększa się obraz wziernikowy w miarę oddalenia badającego oka. V powiększa się więc powolniej niż odległość i to tém powolniej, im wartość na r jest mniejsza. Dla wzroku normalnego

$$V = \frac{d}{a};$$

powiększenie wzrasta więc proporcjonalnie do odległości.

Dla krótkowzrocności wzór przyjmuje postać

$$V = \frac{1}{a\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{r}\right)}$$

dopóki tu $\frac{1}{d} > \frac{1}{r}$, czyli dopóki $d < r$, dopóki więc obraz prosty (za pomocą szkieł wklęsłych) widzieć będziemy, dopóty z powiększeniem d wartość na V wzrasta; łatwo dojrzeć ze wzoru, że powiększenie wzrasta prędzej niż odległość i to tém prędzej, im wartość na r jest mniejsza. Skoro się więc oddalamy od oka krótkowzrocznego, wielkość obrazu wziernikowego wzrasta prędzej niż dla oka nadwzrocznego i normalnego i to tém prędzej, im krótkowzrocność wyższego stopnia dosięga.

Skoro wreszcie w ostatnim wzorze $\frac{1}{d} < \frac{1}{r}$, czyli $d > r$, V przybiera wartość ujemną; — obraz wziernikowy odwrotny znajduje się wtedy przed okiem badanem, pomiędzy niem a okiem badającym, możemy wtedy, chcąc wzorowi dodatnią wartość zachować, nadać mu kształt

$$V = \frac{1}{a\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{d}\right)}$$

Ztąd jest widoczne, że V zmniejsza się w miarę wzrostu d ; im [się bardziej od takiego obrazu oddalamy, tém się on mniejszy nam wydaje; zmniejszenie tém się szybciej dokonywa, im krótkowzrocność słabszego jest stopnia.

Graficznie przedstawiają się te przypadki w sposób następujący :

Na figurze 17 PP przedstawia przecięcie powierzchni, na którą rzucamy widziane obrazy; $a_1 b_1$ i $a_{11} b_{11}$ przedstawiają obrazy wziernikowe dwu oczu w rozmaitym stopniu nadwzrocnych, które, przy umieszczeniu oka badającego w punkcie c , przedstawiają się pod tym samym kątem widzenia, w téj samój wielkości $\alpha\beta$.

Skoro oko badające oddali się do punktu c wtedy obraz $a_1 b_1$ przedstawi się w wielkości $\alpha\beta'$

a obraz a_{11} b_{11} w wielkości $\alpha\beta_{11}$; obrazy więc wziernikowe oczu nadwzrocznych powiększają się w miarę oddalenia oka badającego; powiększenie dokonywa się tym prędzej, im nadwzroczność niższego jest stopnia.

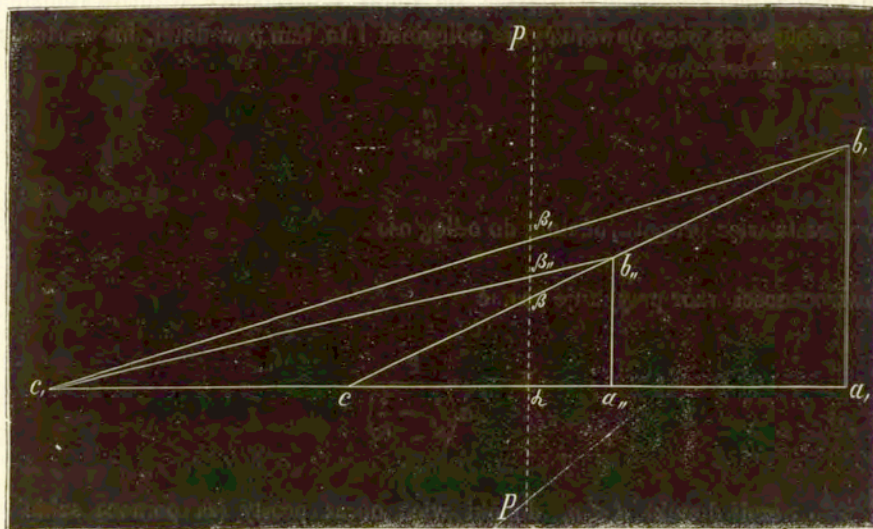


Fig. 17.

Obrazy wziernikowe oczu o prawidłowym wzroku, wzrastają jak okazuje figura 18, proporcjonalnie do odległości.

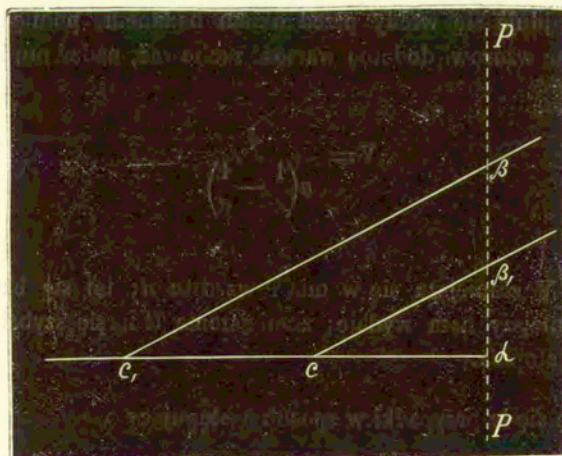


Fig. 18.

Stosunki zachodzące przy badaniu oczu w niższym stopniu krótkowzrocznych, których obrazy wziernikowe po za badającym okiem się znajdują, przedstawione są rysunkiem na fig. 19. W miarę,

jak się oko badające od badanego oddala, obrazy te wznoszą; przy oddaleniu na tę samą odległość, obraz oka w niższym stopniu krótkowzrocznego bardziej się powiększył.

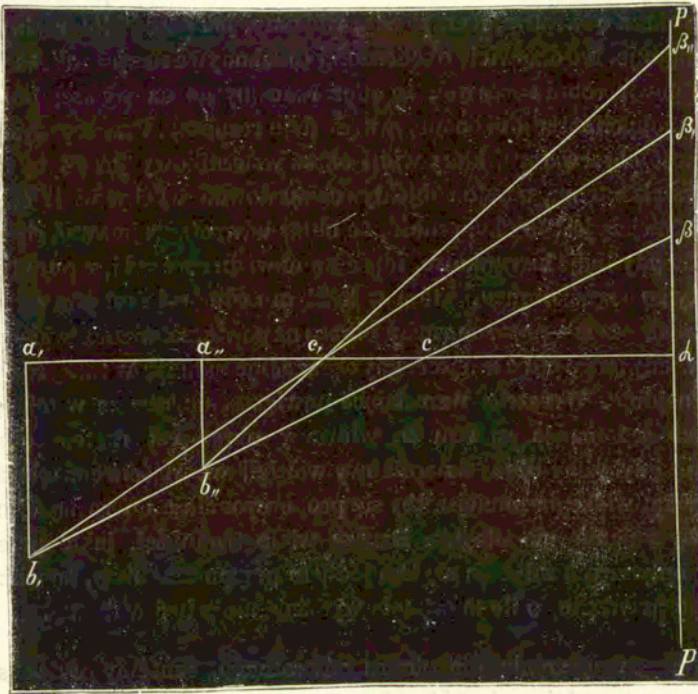


Fig. 19.

Wreszcie, gdy oczy w wyższym stopniu krótkowzroczne badamy wziernikiem tak, że widzimy ich odwrotne obrazy, wtedy, jak fig. 20 wskazuje, wielkość tych obrazów zmniejsza się w miarę oddala-

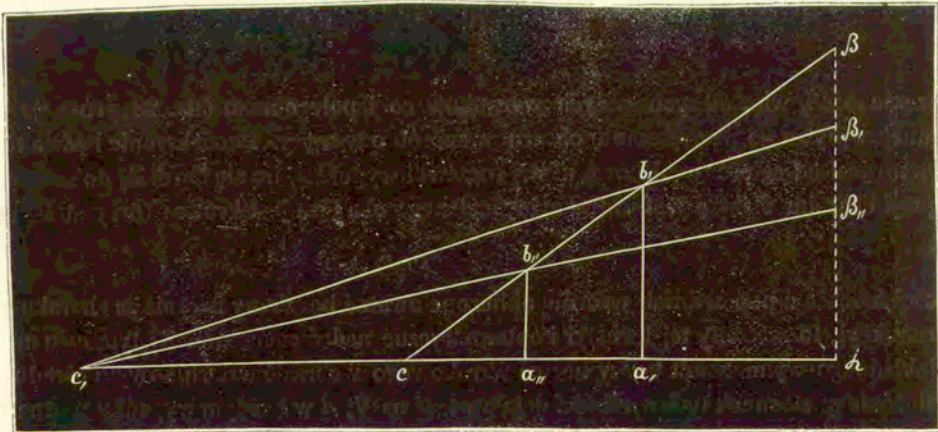


Fig. 20.

nia się badającego oka i zmniejsza się tym powolniej, im z wyższym stopniem krótkowzroczności mamy do czynienia.

IV. Z tej samej zasady wyjść musimy, aby obliczyć powiększenie obrazu wziernikowego badanego w rysunku odwrotnym. Wielu autorów oblicza wielkość realnego odwrotnego obrazu, a stosunek tej wielkości do wielkości jej przedmiotu na dnie oka umieszczonego uważają za szukane powiększenie. Przypuszczają więc, że obraz odwrotny, rzeczywisty, widzimy, jak przedmiot realny, w tym miejscu, w którym się istotnie znajduje. Bardzo wiele okoliczności przekonywa nas jednak, że widzimy odwrotny obraz wziernikowy na powierzchni soczewki, że więc rzucamy go na większą odległość, że powiększenie, podług wymienionych zasad dokonane, za małe daje rezultaty. Przedewszystkiem mówi za tym bezpośrednia świadomość obserwatora, który widzi obraz wziernikowy jak gdyby na powierzchni soczewki narysowany; wszakże temu, czysto subiektywnemu dowodowi zbyt wielkiej wagi przypisywać nie chcemy. Daleko ważniejszą jest ta okoliczność, że obraz odwrotny zajmować się zdaje całą powierzchnię soczewki, podczas gdy linije kierunkowe, idące do obwodu soczewki, z punktu węzłowego badającego oka określają tylko część obrazu, która w każdym razie jest mniejszą od obwodu soczewki (ob fig. 13). Ruchy paralaktyczne—pozorne ruchy obrazu na powierzchni soczewki—zależne od ruchów badającego oka, tylko wtedy mogą mieć miejsce, gdy obraz zdaje nam się w innej znajdować odległości, niż się rzeczywiście znajduje. Wreszcie wzrastające powiększenie obrazu w miarę przybliżania się do soczewki stanowczo przemawia za tym że widziany obraz jest rzutem obrazu realnego na powierzchnię soczewki; gdybyśmy obraz wziernikowy widzieli we właściwym miejscu, jak otaczające nas przedmioty, wtedy kąt widzenia zmniejszałby się proporcjonalnie do rosnącej odległości i wielkość obrazu żadnej by zmianie nie ulegała. Bardzo wiele trudności, jakie przedstawia kwestyja powiększania obrazów optycznych załatwia się tym jednym przypuszczeniem, że widzimy te obrazy na powierzchni optycznego przyrządu, o ile ta ostatnia wyraźnie może być widziana.

Zamiast obliczać więc powiększenie dla obrazu odwrotnego, możemy wziąć stosunek obwodu soczewki do obliczonego poprzednio pola widzenia.

Ze wzoru

$$s = la \left\{ \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \left(1 - \frac{F}{R} \right) \right\},$$

otrzymamy

$$\frac{s}{l} = \frac{1}{V} = a \left\{ \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \left(1 - \frac{F}{R} \right) \right\}.$$

Powiększenie zależy więc od tych samych warunków co i pole obrazu (str. 28 prócz ¹), tylko że każdy warunek wpływa na powiększenie obrazu w sposób odwrotny. Powiększenie będzie tym większe, im dłuższa jest odległość ogniskowa użytej soczewki wypukłej, im się bardziej do soczewki badające oko przybliży, im słabsza jest refrakcyja badanego oka i im jest krótsza (przy stałej refrakcyi) oś jego.

Jeżeli powiększenie z poprzednich wzorów obliczone uważać będziemy istotnie za charakterystyczne dla stanu refrakcyi, to możemy tej kwestyi i optometryczne nadać znaczenie. W tym celu mieć należy możliwość dokładnego wymierzania tarczy nerwu wzrokowego w obrazie wziernikowym i średnicę tarczy uważać za ilość stałą; stosunek tych wielkości daje wartość na V ; d w każdym wypadku można obliczyć. Łatwo pojąć, ile źródeł błędu metoda ta obejmuje i łatwo pojąć, dla czego, w obec bezpośredniego badania refrakcyi w prostym rysunku wziernikowym, nie ma ona żadnego klinicznego znaczenia. Ponieważ we wzorze na powiększenie i wartość na r da się wymierzyć bezpośrednio, proponowano więc użytkować powiększenie dla obliczenia osi oka i dla odróżnienia ametropii krzywiznowej od osiowej; wszakże i ta propozycja prawdopodobnie praktycznego nie uzyska znaczenia, gdyż pojęcia

ametropii osiowej i krzywiznowej są tylko abstrakcyjne; w naturze wszelkiego rodzaju przyrządy optyczne oka łączyć się mogą z najrozmaitszą długością osi.

Metody miernicze zastosowane do mierzenia obrazu wzornikowego są też same, które służą w ogóle dla przyrządów optycznych. W rysunku prostym mierzyć więc można obraz wzornikowy «à double vue,» patrząc jednym okiem w oko badane a drugim na odpowiednią podziałkę; łatwo wtedy obliczyć ilu podziałkom odpowiada tarcza nerwu wzorkowego; główną trudność tej metody stanowi różnorodność akomodacji w obu oczach (1). *Schauenberg* proponuje urządzenie podobne do pryzmatu rysunkowego (*camera lucida*); promienie świetlne z oka wychodzące zostają od pochyło ustawionej płyty szklanej ku dołowi odbite; obraz z leżącą tu przedziałką wprost porównany być może. *Landolt* (2) proponuje mierzenie jednym okiem za pomocą wzornika którego tylna powierzchnia, też zwierciadlana, odbijałaby obraz podziałki umieszczony w odpowiedniej odległości. W rysunku odwrotnym można mierzyć obraz wzornikowy w sposób najprostszy, jeżeli na soczewce znajdować się będzie podziałka. *Colsman* używa w tym celu soczewki płasko-wypukłej, która na swjej płaskiej powierzchni przedstawia półmilimetrową podziałkę. *Landolt* (l. c.) uważa, że najwygodniejszym przyrządem byłaby rura z soczewką wypukłą na jednym końcu, a wzornikiem i otworem dla światła na drugim końcu (jak we wzornikach *Gałęzowskiego* i *Hasnera*); w środku rury umieszczona by była ruchoma przepona z podziałką; umieściwszy ją w ten sposób, aby się obraz wzornikowy i podziałka jednocześnie z całą wyraźnością przedstawiały, odczytać możemy i powiększenie obrazu wzornikowego i odległość jego od soczewki wypukłej.

Inne przyrządy miernicze do oftalmoskopu zastosowane służą tylko do wymierzania wielkości przedmiotów na dnie oka umieszczonych. Pierwszy przyrząd tego rodzaju znajduje się przy wzorniku *Donders'a* i *Epkins'a*; są to dwie ruchome strzałki, które przy badaniu w rysunku prostym w ten sposób się ustawia, aby końce ich w wyraźnym obrazie na dnie oka dotykały z obu stron przedmiotu żądanego; znając odległość strzałek pomiędzy sobą i od oka, łatwo, na podstawie danych oka zredukowanego, obliczyć w przybliżeniu żadaną wielkość.

Tę samą zasadę zastosował *Schneller* do odwrotnego obrazu wzornikowego.

Pierwszy wzór na obliczanie powiększenia wzornikowego podał *Helmoltz* (*), który uważając jeszcze wzrok krótki za normę, zrobił obliczenie tylko dla tego stanu refrakcji. Odległość rzutu w obec takich poglądów zdawała się odpowiadać pojęciu, które dziś przez odległość punktu dali oznaczamy.

Wzór *Helmholtza* ma postać:

$$V = \gamma \frac{(d + q)}{y\alpha}$$

jeżeli zamiast znaków przez niego użytych wprowadzimy znaki do naszego wzoru wchodzące, otrzymamy

$$V = \delta \frac{(r - d + d)}{a(r - d)},$$

co okazuje najzupełniejszą zgodność obu tych wzorów. Zastosować ten wzór dla nadwzroczności było bardzo łatwo

(1) Ostatnie rezultaty takiego mierzenia podał *Weiss* (*Archiv. für ophthal.*, 1877, t. I., str. 109), który miał zarazem sposobność następnie rozmiary tegoż samego nerwu wymierzyć anatomicznie.

(2) *Le grossissement des images ophthalmoscopiques.*

(*) *Beschreibung eines Augenspiegels.* Berlin, 1851; *Handbuch der Physiologischen Optik.* Lipsk, 1867. str. 177-8.

przez prostą zmianę znaku, *Hasner* (1) podaje, jak *Helmholtz*, wzór na powiększenie, gdzie badający i badany mają wzrok krótki; wzór ma postać $M = \frac{s_1 - d_1}{s - d} \frac{s}{ca}$, gdzie odnośnie do powyżej podanego wzoru $s = r$; $s_1 = \delta$, $ac = a$ d zaś i d_1 oznaczają odległość soczewki poprawczej od badającego i badanego oka.

Mauthner (2) uważa badane oko wraz z soczewką poprawczą za jeden przyrząd optyczny, dla którego oblicza położenie punktu węzłowego. W tym punkcie umieszcza oko badające; widziany więc obraz będzie wprost rzutem przedmiotu siatkówkowego w badanem oku na odległość 8 cali i powiększenie jego oblicza *Mauthner*, dzieląc 8 cali przez odległość ogniskową w obliczonym przyrządzie optycznym (odległość siatkówki badanego oka od obliczonego punktu węzłowego). Ogólnego wzoru na powiększenie, któryby się do każdego wypadku dał zastosować, *Mauthner* nie podaje.

Schnabl (3) przedewszystkiem określa bliżej istotę średniej odległości za pomocą przytoczonych wyżej doświadczeń, a następnie podaje wzór na powiększenie w formie, którą w zupełności zachowałem, gdyż mi się najbardziej jasną wydała.

Landolt (4) wprowadza nazwę «*distance de projection*» (odległość rzutu); w obliczeniu stara się on być ściślejszym od innych autorów. Biorąc w rachunek przez wszystkich prawie pomijaną odległość pomiędzy poprawczą soczewką a okiem badającym i przypuszczając, że środek tej soczewki umieszcza się w przednim ognisku badanego oka, oblicza sprawione tym przedłużeniem skrócenie osi badanego oka $y = \frac{g_1 g_2}{F} = \frac{300}{F}$ wzór jego ma postać:

$$\beta = \frac{\gamma'(G_n + r_1)}{\gamma''(\gamma' + d + G_r - r_1)} \quad (\text{dla oka nadwzrocznego}).$$

Wzór ten przedstawia tylko wielkość obrazu siatkówkowego w badającym oku; jeżeli usuniemy wyrażenia wypływające z uwzględnienia odległości poprawczej soczewki od badającego oka i obliczymy wielkość tego obrazu rzuconego na odległość rzutu (P) otrzymamy wzór

$$V = \frac{P\gamma'}{\gamma''(\gamma' + d)},$$

który jedynie tylko przez rozmaitość użytych znaków od podanego wyżej wzoru się różni.

Ażeby $\gamma''(a)$ obliczyć w każdym danym wypadku, mianowicie dla ametropii krzywiznowej, używa też L. bardzo zawilich wzorów, starając się o ścisłość, którą w obec niedokładności naszych metod klinicznego badania i w obec wielkości średnich, których się trzymać jesteśmy zmuszeni, musimy uważać za przesadzoną. Sposoby obliczenia długości osi w badanem oku, podawane i przez innych autorów, pominąłem powyżej, jako do ogólnej optyki należące. *Schweigger* (5), uważając, że średnia odległość wyraźnego widzenia żadnej nie ma podstawy w obec dzisiejszego stanu nauki, ogranicza się na obliczeniu (w stopniach) kąta widzenia.

Thel (6) używa podanego wyżej wzoru *Helmholtza*, tylko zamiast α pisze r_1 i nadaje mu postać

$$V = \frac{\gamma}{y} + \frac{\gamma g}{y r_1};$$

ponieważ zaś $\frac{\gamma}{y}$ wyraża powiększenie wziernikowego obrazu dla oka normalnego (Vem) więc $\frac{\gamma g}{y r_1}$ wyrażać będzie różnicę wielkości pomiędzy takim okiem a okiem ametropijnem ($V - Vem$) i ztąd wyprowadza *Thel* wnioski o wpły-

(1) l. c., str. 73.

(2) *Lehrbuch der Ophthalmoscopie*. Wiedeń, 1867.

(3) *Ueber die Lage und Grösse des Aufrechten Bildes des Auges hinter grundes*. Monatsblätter, 1872, tom X, str. 117.

(4) *Le grossissement des images ophthalmoscopiques*; Paryż, 1874, i toż samo w *Handbuch des Gesamten Augentheilkunde v. Graefe und Saemmiel*, I. Bd., III. Theil. Lipsk, 1874, § 56, str. 120 — 128.

(5) *Handbuch der Speciellen Augentheilkunde*, trzecie wydanie. Berlin, 1875, str. 91 — 107.

(6) *Ueber die Untersuchung des aufrechten Bildes* (*Hirschberg Beiträge* II Heft).

wie, jaki rozmaite warunki (g, y, r_1) na powiększenie obrazu wywierają. Wnioski te nie są ścisłe, gdyż α Helmholtza nie od punktu węzłowego jest liczone, a od środka soczewki, więc $\alpha = r_1 - d$ nie r_1 ; wzór ma formę $V = \frac{Y}{y} + \frac{\gamma q}{y(r_1 - d)}$, ztąd łatwo dojrzeć, że przyrost (bezwzględny) powiększenia nie będzie (odwrotnie) proporcjonalny do odległości punktu dali, ani też (wprost) do d .

Co do powiększenia obrazu odwrotnego, wszyscy autorowie, o ile mi wiadomo, ograniczają się na obliczeniu wielkości samego obrazu; wyżej podałem powody, dla których sędzę, że należy obliczać rzut tego obrazu na powierzchnię soczewki.

CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA

W ogólnej części rozbierane były wszystkie optyczne własności wzornikowego obrazu ze stanowiska czysto fizycznego, naukowego. Zadaniem części szczegółowej jest zestawienie te wszystkie własności odnośnie do oddzielnych stanów refrakcyi, czyli ułożyć z nich wzornikowe obrazy kliniczne, jak się badającemu lekarzowi w całości swój przedstawiają.

Zrozumienie tych obrazów jest już bardzo łatwe na podstawie części ogólnej.

Obiektywne badanie refrakcyi wymaga, jak w ogóle badanie wzornikowe, możliwie ciemnego pokoju, jasnej lampy o szerokim płomieniu, stołu, dwóch krzeseł i odpowiedniego wzornika.

Przymioty, jakie mieć powinien wzornik dla zbadania refrakcyi używany, rozebrane już były powyżej. Przy rozpoczęciu badania po za otworkiem wzornika najlepiej jest umieścić soczewkę, któraby wadę badającego oka neutralizowała; lekarz więc o prawidłowym wzroku nastawia płytę z soczewkami na o , nadwzroczny zaś lub krótkowzroczny na odpowiedni numer dodatni lub ujemny. Bardzo wielu wszakże lekarzy o wzroku nieprawidłowym zaczyna też od punktu zera, co jest czysto rzeczą przyzwyczajenia. Do badania każdego oka pojedynczo najlepiej jest użyć odpowiedniego własnego oka, więc badać zawsze prawe oko prawem, lewe zaś lewem. Kto chce badanie w rysunku prostym dokonywać zawsze z możliwą dokładnością, powinien się wprawić w badanie z równą łatwością każdym okiem oddzielnie; wzornik trzyma się zawsze w ręce odpowiedniej. Oświetlenie dobre przy badaniu ma się tylko wtedy, gdy się lampa ze strony badanego oka znajduje (*Jaeger*); jeżeli więc stół do badania używany nie jest odpowiednio urządzony, należy dla badania każdego oka usadzać chorego inaczej.

Badanie rozpoczyna się w odległości; odchyliwszy się na krzesło i oświetliwszy badane oko wzornikiem, stara się lekarz przez poruszenia głowy dojrzeć na dnie badanego oka jakiekolwiek przedmioty, a mianowicie naczynia krwionośne, poczem ocenić już może wielkość pola widzenia, powiększenie obrazu i jego ruchy paralaktyczne; następnie zbliża się do badanego oka i z wyraźności obrazu, z na-

pięcia akomodacji dla jego widzenia potrzebnej, już dość dokładnie wyrabia sobie pojęcie o stanie refrakcyi; w razie potrzeby można się nieco od oka oddalić i znowu przybliżyć, aby zbadać, jak się w obec tego obraz wziernikowy zachowuje. Następnie, dla liczebnego oznaczenia refrakcyi, wynajduje się przez przesuwanie płyty soczewkę, któraby obraz wziernikowy przy spoczynku akomodacji pozwoliła widzieć wyraźnie.

Wzrok prawidłowy. — Zdaleka cała źrenica przedstawia się jednostajnie oświetloną; na tém tle jednostajnym dojrzeć można zaledwie małą cząstkę naczyń w bardzo znaczném powiększeniu; ruchy paralaktyczne są zgodne z ruchami głowy i dla przeprowadzenia naczyń przez całą szerokość źrenicy bardzo nieznaczne tylko ruchy głową wykonywać potrzeba.

W miarę zbliżania się do badanego oka pole widzenia wzrasta proporcjonalnie, a wielkość obrazu coraz staje się mniejszą; przy zupełnem wreszcie zbliżeniu na polu widzenia wziernikowego w oko tarczy nerwu wzrokowego widać jeszcze dość znaczną część dna oka; średnica tarczy w obrazie wynosi wtedy, przynajmniej dla większości badaczy, około 20 milimetrów. Badacz o prawidłowym wzroku albo nadwzroczny może wtedy widzieć dno oka wyraźnie już bez użycia wszelkich pomocniczych soczewek, pierwszy przy spoczynku zupełnym akomodacji, drugi po zubożeniu swęj wady przez odpowiednie napięcie akomodacji; tylko przy nadwzroczności absolutnej lekarz swojego oka na obraz wziernikowy nastawić nie może. Każdy za to badacz krótkowzroczny widzieć będzie obraz tylko w okręgach rozpięrzchłych, więc niewyraźnie i tém niewyraźniej, im krótkowzroczność jego wyższego dosięga stopnia. Badaczowi o prawidłowym wzroku już najslabsza soczewka wypukła czyni obraz niewyraźnym; przy wzroku nieprawidłowym, badacz, chcący obraz przy zupełnym spoczynku akomodacji rozpatrywać, użyć musi soczewki, która jego wadę wzrokową neutralizuje. Obraz opisany może się każdemu badaczowi nieco odmiennie przedstawić pod względem wielkości, pola widzenia, oświetlenia i t. p., zależnie od odległości z której badać przywykł, od indywidualnej odległości rzutu, od stanu refrakcyi i wreszcie od wziernika którego zwykle używa. Słusznie wszakże zwraca *Jaeger* ⁽¹⁾ uwagę, że obraz ten dla tegoż samego badacza zawsze w taki sam sposób się przedstawia i powinien być użyty, jako normalny; skoro obraz wziernikowy zbacza od téj normy, refrakcyja badanego oka jest już nieprawidłową w jednym albo drugim kierunku. Przy badaniu w rysunku odwrotnym obraz znajduje się w ognisku głównem użytej soczewki.

Nadwzroczność. — Z daleka, wśród jednostajnie oświetlonęj źrenicy, łatwiej niż przy normalnym wzroku odnaleść naczynia; naczynia zdają się cieńsze, długość mieszczącego się na polu naczyń większą jest niż w prawidłowym wzroku; powiększenie słabnie a pole widzenia wzrasta wraz ze stopniem nadwzroczności; przy bardzo wysokich stopniach téj wady już ze znacznej odległości widać na polu źrenicy znaczną część tarczy; ruchy paralaktyczne są zgodne z ruchami głowy i odbywają się tém powolniej, im wyższy stopień nadwzroczności badane oko przedstawia. Przy zwykłym badaniu pole widzenia jest większe niż dla oka prawidłowego i wzrasta ze wzrostem nadwzroczności a odpowiednio do tego powiększenie obrazu słabnie. Badacz o prawidłowym wzroku przy spoczynku akomodacji widzi obraz niewyraźnie; aby go widzieć dokładnie, musi oko swe odpowiednio zaakomodować; napięcie akomodacji musi być tém mocniejsze, im wyższy stopień nadwzroczności badane oko przedstawia. Przy najwyższych stopniach, jak naprzykład po usunięciu katarakty, może się obraz wziernikowy przed punktem bliży badającego oka znajdować; obraz jest wtedy niewyraźny zarówno przy

(1) *Oesterr. Zeitschr. für prakt. Heilk.* 1856, n° 10; *Ueber die Einstellungen* i t. d. 1861; str. 1-8 (uwaga).

spoczynku akomodacji, jak i przy jej napięciu i łatwo zład zdawać się może badającemu, że z bardzo wysokim stopniem krótkowzroczności ma do czynienia; oddalenie się na parę cali od oka pozwala nam dno jego widzieć wyraźnie w rysunku prostym, a t \acute{e} m samem rozwiązuje w \acute{a} tpliwosć. Badacz nadwzroczny jeszcze mocniej ni \acute{z} prawidłowy akomodować musi i łatwiej znaleźć się może w t \acute{e} m po \acute{l} o \acute{z} eniu, że akomodacja jego dla danego wypadku nie wystarcza; krótkowzroczny widzieć może wyraźnie bez pomocy soczewek tylko wtedy, gdy nadwzroczność wy \acute{z} szego jest stopnia aniżeli krótkowzroczność jego własnego oka. Dla badania przy spoczynku akomodacji emetrop potrzebuje soczewki wypukłej, której odległość ogniskowa (po odjęciu odległości oka badającego od badanego), wprost szukaną odległość punktu dali w badanem oku przedstawia. Nadwzroczny użyć musi soczewki wypukłej mocniejszej od tej której dla normalnego oka potrzebował. Krótkowzroczny badacz potrzebuje dla słabszych stopni nadwzroczności soczewki wklęsłej, słabszej aniżeli ta, której dla badania wzroku prawidłowego używać musi; nie potrzebuje żadnej soczewki, skoro nadwzroczność badanego oka jest zgodna pod wzgl \acute{e} dem stopnia z krótkowzrocznością jego własnego oka (po odjęciu odległości pomiędzy obu oczyma); dla wy \acute{z} szych stopni nadwzroczności oko krótkowzroczne potrzebuje nawet soczewki wypukłej. Obraz odrotny otrzymany za pomocą soczewki wypukłej znajduje się poza ogniskiem g $\acute{ł}$ ównem, pole jego jest mniejsze a powiększenie znaczniejsze aniżeli dla prawidłowego oka.

Krótkowzroczność. — Przy badaniu zdaleka na jednostajnie oświetenom polu widać wi \acute{e} kszą cz \acute{e} ść dna, ni \acute{z} w oku prawidłowem i to t \acute{e} m wi \acute{e} kszą, im krótkowzroczność dosięga wy \acute{z} szego stopnia; przy bardzo wysokich stopniach ju \acute{z} zdaleka widzieć można cz \acute{e} sto znaczną cz \acute{e} ść tarczy nerwu wzrokowego w ma \acute{l} em naturalnie powiększeniu i w rysunku odwrotnym. Ruchy paralaktyczne zachowują się niejednostajnie. Przy wy $\acute{z$ szych stopniach krótkowzroczności, gdy obraz dna znajduje się pomiędzy badającym a badanem okiem, ruchy paralaktyczne obrazu mają kierunek sprzeczny z ruchami g $\acute{ł}$ owy; szybkość ich zmniejsza się w miarę rosnącego stopnia krótkowzroczności. Przy bardzo wysokich stopniach, kiedy pole obrazu jest dość znaczne, może badacz stopień krótkowzroczności oznaczyć wprost, odjąwszy od odległości pomiędzy obu oczyma odległość swego punktu bli $\acute{z$ y; — badanie to dokonywać się wtedy musi przy najwi \acute{e} kszem zbli $\acute{z$ eniu, przy którym obraz odrotny jeszcze wyraźnie widzieć możemy. Skoro krótkowzroczność badanego oka przedstawia stopień bardzo niski, obraz jego wzornikowy tworzyć się może poza badającym okiem; widzimy wtedy niewyraźnie naczy \acute{n} ia odbywające ruchy paralaktyczne zgodne z ruchami g $\acute{ł}$ owy i bardzo szybko; wzrok badanego jest wtedy bli $\acute{z$ ki prawidłowego; przy średnich wreszcie stopniach krótkowzroczności (około 30), obraz tworzy się niedaleko naszego punktu węzłowego i dla tego widzieć go nie możemy; niemo \acute{z} ność dojrzenia z daleka czegokolwiek na dnie oka przy ruchach g $\acute{ł}$ owy jest właś \acute{n} ie charakterystyczną dla średnich stopni krótkowzroczności. Przy zbli $\acute{z$ aniu się do badanego oka nawet wyraźnie widziane odwrotne obrazy wzornikowe stają się stopniowo niewyraźnemi; tak że przy zwykłej odległości wzornikowego badania badacz o normalnym wzroku nie może dojrzeć wyraźnie dna żadnego krótkowzrocznego oka bez u \acute{z} ycia soczewek wklęsłych; najslabsza wklęsła soczewka, która mu dokonać tego pozwoli, wska \acute{z} e (po dodaniu odległości oba oczy oddzielającej) szukany stopień krótkowzroczności. Pole obrazu jest mniejsze ni \acute{z} przy normalnym wzroku, tak, że przy wysokich stopniach krótkowzroczności tarcza nerwu wzrokowego nie mieści się na polu wzornikowem, powiększenie obrazu wzrasta w miarę mniejszego pola widzenia i jest zawsze znaczniejsze, ni \acute{z} dla oka prawidłowego. Badaczom krótkowzrocznym przedstawia się obraz wzornikowy w znaczniejszych jeszcze ok \acute{r} egach rozpierzchłych, dla uwyraźnienia takowego używać musi soczewki wklęsłej mocniejszej od tej, której potrzebował dla prawidłowego oka. Badający hypermetrop widzieć może obraz oka, którego krótkowzroczność z jego własną nadwzrocznością pod wzgl \acute{e} dem stopnia jest zgodna bez pomocy soczewki i bez napięcia akomodacji; dla wy $\acute{z$ szych stopni używać musi soczewki wklęsłej, słabszej od tej której używa dla

badania oka prawidłowego; dla niższych zaś stopni krótkowzroczności albo akomodować musi, albo używać soczewki wypukłej. Obraz odwrotny za pomocą wypukłej soczewki otrzymany, tworzy się wewnątrz jej odległości ogniskowej, przedstawia większe pole a mniejsze powiększenie aniżeli odwrotny obraz prawidłowego oka.

Astygmatyzm regularny. — Wada ta refrakcyi polega na tém, że łamliwość w rozmaitych przecięciach rogówki jest różna; w przeważnej liczbie wypadków największą różnicę łamliwości okazują pomiędzy sobą przecięcie poziome i pionowe, przyczém zwykle przecięcie poziome słabszą ma krzywiznę. Wszelkie objawy przedmiotowe redukują się do tego, że w dwóch tych przecięciach otrzymujemy zjawiska rozmaitych refrakcyi.

Przy patrzeniu z daleka istniejący astygmatyzm żadnymi wyraźnymi nie zdradza się objawami; tylko gdy w jednym wymiarze istnieje wysokiego stopnia krótkowzroczność, a w drugim nadwzroczność (ast. mieszany) lub krótkowzroczność w bardzo niskim stopniu, można z daleka na jednych naczyniach widzieć paralaktyczne ruchy zgodne z ruchami głowy, na naczyniach prostopadłe do nich biegnących widzieć ruchy przeciwnie. Objaw ten, na który *Cooper* (1) zwrócił uwagę, mogą z własnych obserwacji potwierdzić.

Przy patrzeniu z bliska nie można jednocześnie widzieć podłużnych i poprzecznych linii, a więc naczyń biegnących w jednym lub drugim kierunku i bocznych lub poziomych granic tarczy nerwu; zwykle przysposobione jest oko badające odpowiednio do poziomego przecięcia rogówki, widzieć więc będzie wyraźnie linie podłużne. Najczęściej tarcza nerwu wzrokowego w astygmatycznym oku przedstawia się z jasno określonymi granicami bocznymi, z zatartą granicą od góry i od dołu; naczynia podłużne z górnej i z dolnej części tarczy wychodzące przedstawiają się wyraźnie, podczas gdy naczynia leżące więcej poprzecznie i wychodzące z bocznych części tarczy przedstawiają się w okręgach rozpięzłych. Mianowicie naczynia z tarczy rozchodzące się w rozmaite strony stanowią jakoby promienistą figurę *Dondersa* dla badania astygmatyzmu. Ażeby linie poziome widzieć wyraźnie, należy się na nie zaakomodować, albo odpowiednich użyć soczewek. Badając kolejno refrakcyje podług ogólnych zasad to dla poziomych, to dla pionowych linii, możemy bardzo dokładnie oznaczyć refrakcyje badanego oka; oznaczamy naturalnie na podłużnych liniach refrakcyje przecięcia poprzecznego i naodwrot. Badanie takie jest w całej obiektywnej optometrii najważniejsze, wystarczające i jedynie dokładne. Wszakże najwybitniejsze objawy, od razu istnienie astygmatyzmu zdradzające, odnoszą się do powiększenia. Powiększenie będzie mniejsze w wymiarze słabszej łamliwości, zwykle w poziomym; sam więc kształt tarczy przedstawia się zmienionym z powodu optycznych tylko warunków; przedstawia się ona, jako elipsa z przeważającą zwykle średnicą pionową. Taż sama różnica w powiększeniu występuje wyraźnie i na przestrzeniach oddzielających naczynia; przestrzenie pomiędzy naczyniami poprzecznymi okazują się daleko większe aniżeli między podłużnymi.

Charakterystyczna więc tarcza dla astygmatyzmu regularnego przedstawia owal wydłużony, z wyraźnymi tylko granicami bocznymi; naczynia podłużne, wyraźne i skupione, naczynie zaś poprzeczne mniej lub więcej zatarte i bardziej rozproszone. Skoro się oko badające od badanego oddala, powiększenie tem prędzej wzrasta; im łamliwość optycznego przyrządu jest większa; owal więc w miarę tego staje się coraz bardziej wydłużonym. Ponieważ tarcza, już dzięki anatomicznej

(1) *Klin. MBl.* 1863, VII, str. 489 (referat z *Med. Times and Gaz.*).

swój budowie może nie być okrągłą, więc istotnie charakterystycznymi dla astygmatyzmu są zmiany jej postaci, nie sam kształt eliptyczny. Zmiany te występują najwybitniej przy porównaniu obrazów w rysunku prostym i odwrotnym.

W rysunku odwrotnym powiększenie zachowuje się zupełnie inaczej aniżeli w rysunku prostym; wymiar tarczy, który większym się zdawał przy badaniu w rysunku prostym będzie mniejszy w odwrotnym rysunku; tarcza nerwu wzrokowego przedstawia się w postaci elipsy o przeważającej średnicy poprzecznej; im bardziej soczewkę od oka oddalamy, tém się bardziej owalna postać tarczy wydłuża (*Giraud-Teulon*). Z powodu bliskości w obrazie odwrotnym linii pionowych i poziomych, tarcza przedstawia się w całości wyraźnie odrysowaną. Badanie obiektywne astygmatyzmu ma bardzo wielką wartość w klinice, gdyż subiektywnie nie tylko dokładne wymierzenie istniejącej wady, ale samo już jej zkonstatowanie wielkie przedstawia trudności.

Astygmatyzm nieregularny. — Polega na zupełnej nieregularności optycznego przyrządu oka, który jest jakoby z mnóstwa oddzielnych optycznych przyrządów złożony. *Knapp* ⁽¹⁾ odróżnia następujące wzornikowe objawy astygmatyzmu nieregularnego:

a) Przy oświetleniu wzornikiem obraz lampy od rogówki odbity przedstawia się większy na miejscach spłaszczonej niż na bardziej wypukłych, fasetki przedstawiają się w postaci błyszczącej obrączki obejmującej ciemne pole, w środku którego jasny punkcik okazuje ruchy paralaktyczne nie zgodne z ruchami głowy; b) często na powierzchni tarczy i źrenicy widać cień, co najwyraźniejsze przy keratoconus; c) metamorphopsia wzornikowa; tarcza przedstawia się nieregularną, zagłębioną i wypukłą, kształt ten zmienia się przy przesuwaniu soczewki, co stwierdza czysto optyczny jego charakter; naczynia przy pewnym nastawieniu soczewki zupełnie proste, przedstawiają się przy jej poruszeniu załamane. d) Paralaksa wzornikowa, objaw najwykleszy, polega na dziwacznych poruszeniach pomiędzy linijami rysunku dna oka. Część tarczy np. pozostaje nieruchoma, gdy pozostała część z naczyniami odbywa żywe ruchy, przyczem niektóre naczynia mogą się poruszać i w przeciwne strony; przypomina to zagłębienie nerwu wzrokowego i wraz z przełamaniem naczyń zależy od tego, że przez rozmaicie wypukłą rogówkę widzimy obrazy naczyń w rozmaitej odległości; ztąd wypływa, że poruszenia ich odbywają się z rozmaitymi szybkościami, a czasem w przeciwne strony. e) Diplopia i polyopia wzornikowa zdarza się bardzo często, mianowicie przy plamach rogówki i poczynających się kataraktach, najlepiej badać ją na drobnych naczyniach tarczy; rozdwojone naczynie przedstawia się często widelkowato; objaw ten zależy od tego, że nierówna powierzchnia przedstawia dwa lub więcej rozmaitych przyrządów refrakcyjnych.

Badanie zagłębień i wyniosłości na dnie oka. Wszelkie nierówności powierzchni dna oka, jak przedewszystkiem wypukłość i zagłębienie tarczy nerwu wzrokowego, nowotwory, pasożyty, oderwanie siatkówki i t. d. zmieniają refrakcję oka dla odpowiednich punktów; dla tego krótki rozbiór ich optycznych objawów tu istotnie należy. Przy badaniu w rysunku prostym, nastawiwszy oko na jedną powierzchnię badanej części dna oka, ujrzymy inne tylko w okręgach rozpiętych; przedmioty bliżej rogówki umieszczone okazują łamliwość słabszą. Skoro oznaczy się refrakcję dla punktów granicznych, jak np. dla obwodu tarczy i dna jej przy zagłębieniu, można na podstawie danych oka zredukowanego obliczyć oś każdej z tych refrakcyj odpowiadającą, a ztąd głębokość, lub wysokość

(1) *MBl.* 1864, t. II. str. 304.

badanego otworu. *Badal* (*Gaz. des Hôp.*, 1876, *Grudzień*) podaje bardzo uproszczony rachunek dla obliczenia różnicy; należy tylko różnicę pomiędzy soczewkami (w dioptriach), które promienie, z każdego z dwóch punktów wychodzące równoległemi czynią, pomnożyć przez 0,3, a wypadek przedstawia żadaną wielkość w milimetrach. Przy poruszeniach głowy, powierzchnia bliżej rogówki leżąca, zdaje się przesuwać w tym samym kierunku względem powierzchni głębszej; wszakże te ruchy paralaktyczne są zwykle bardzo nieznaczne. W rysunku odwrotnym za to ruchy paralaktyczne są najwyraźniejszym objawem zagłębień i wyniosłości. Im dalej od rogówki znajduje się punkt dna oka, tem bliżej soczewki wypukłej utworzy się odwrotny jego obraz; jeżeli więc soczewkę poruszamy, obraz odwrotny na nią rzucony tem powolniejsze wykonywać się zdaje poruszenia. Przy zagłębieniach więc tarczy zdaje się jej obwód poruszać, gdy dno jest prawie nieruchome; przy wyniosłościach zaś obwód zdaje się nieruchomy, gdy dno się porusza.

