

Iz Klinike za očne bolesti Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
Predstojnik: Prof. dr Zvonimir Pavišić
Doc. dr Feodora Ferić-Seiwerth — Zagreb

OSNOVI I PROBLEMATIKA BINOKULARNOG VIDA

Binokularni vid je sposobnost ljudi i viših životinja da dvije slike jednog predmeta, koje se stvaraju svaka na jednoj mrežnici, mentalno ujedine u jednu prema kojoj je vidni pravac usmjeren tako kao da se slika stvorila u jednom oku s položajem na bazi nosa (Heringovo ciklopno oko). Svi predmeti koji padaju na odgovarajuće tačke na obje mrežnice vide se jednostruko, a najistaknutije takve tačke su obje makule koje imaju jednaki pravac gledanja (Sehrichtung, visual direction) i koje služe baš za fiksaciju. Međutim i sve predmete koje se ne fiksira vidi se jednostruko, ukoliko padaju na odgovarajuće tačke mrežnice (po Heringu identične, korespondirajuće tačke, Deckstellen). One predmete koji ne padaju tačno na određene identične tačke vidi se drugačije. Zbog malih razlika u poprečnoj disparaciji stvara se osjećaj dubine — stereovid. Identičnost tačaka retine i odgovarajući pravci lokalizacije za svaku tačku su prirođeni po Heringovoj teoriji nativiteta, nauci, koja je donedavno bila nesumnjivo prihvaćena kao osnova binokularnog vida. Starija Helmholtzova teorija empirista, koja u binokularnom vidu pretpostavlja psihičko stanje bez fiziološke osnove i smatra ga funkcijom, koju moramo tek tokom života naučiti, bila je manje više odbačena, iako su i nativisti priznavali da se binokularni vid mora vježbom usavršiti. Danas tom faktoru pridodajemo još veću važnost, a postoje i kritike teorije identiteta i Heringovog horoptera. Kako prijašnja tumačenja ne zadovoljavaju pokušava se danas nizom radnja rastumačiti bit binokularnog vida i napose stereovida.

Najsavršeniji stupanj binokularnog vida, dubinski vid (stereopsis) javlja se tek kod najsavršenijih bića kod kojih životne potrebe traže tačno razlikovanje udaljenosti, a razvijeni optomotorični refleksi (fiksacija, konvergencija, akomodacija, fuzija) ga omogućuju. Po Heringovoj teoriji znamo da svaki predmet koji pada na identične tačke obih retina vidimo kao jedan, a geometrijsko mjesto svih predmeta koji se odrazuju na identičnim tačkama zovemo horopter. Uz svaku tačku je određen prirođeni pravac gledanja, a jedan par identičnih tačaka imade zajednički pravac gledanja. Svi predmeti, koji se nalaze unutar ili izvan horoptera, te ne padaju na identične tačke retine, uzrokuju dvostruki vid: predmet se javlja u ukrštenim odnosno istoimenim

dvoslikama koje su normalno fiziološke i mi ih ne zapažamo. Međutim kod padanja na sasvim blize susjedne, iako ne identične tačke, ne ostvaruju se dvo-slike nego osjet trodimenzionalnosti objekta — dubinski vid.

Davno se ustanovilo da areali na kojima je još moguć jednostruki vid, iznose 6 minuta, a po svojem pronalazaču su nazvani Panumovi areali (1858. god.). Pronašlo se da Panumovi areali nisu uvijek jednaki, mogu se proširiti i do areala od 12 minuta, u kojima je nemoguć dvostruki vid (Siebeck). Interesantno je da se usprkos uske veze s dubinskim vidom, ipak kod ujedinjenja slika u Panumovim arealima radi o drugačijem osjetu nego što je to stereovid, dokazano time što se P. areali povećavaju prema periferiji, kod slabijih stimula i kod umora, dok u tim slučajevima stereovid oslabi (Sachsenweger). Mogućnost tačnog mjerenja Panumovog areala je opet jedan dokaz protiv teorije identiteta, koja spominje samo neodređenu laganu disparanciju, u kojima je još moguć jedinstveni vid.

Pokusima je nađeno monokularno i binokularno polje fiksacije jednake veličine, kod centralne fiksacije odgovara P. arealu od 5—6 minuta, a znamo da se u tom području nalazi i maksimalna sposobnost mozaikne precepcije retinalnih elemenata (najoštriji vid). Oči se stalno miču, čak i kod fiksacije, ali ostaju unutra P. areala podražujući receptore ili vjerojatnije receptorne grupe. Kako ne postoji fiksni položaj receptora unutar P. areala, ne mogu oni uopće biti nosioci binokularnog vida nego samo prihvaćati podražaje, koji se centralno tumače.

Hamburger, Tschermak i dr. smatraju da i kod normalnih očiju postoji dominantnost jednoga oka ili rivalstvo između obje retine, a da baš potiskivanje jedne slike igra važnu ulogu kod prostornog gledanja i tumači mogućnost binokularnih i unikularnih svojstva očiju. Po Remkyu ze dubinski osjet samo omogućen suprotnim indukcijama u obje retine, mišljenje koje dovodi u sumnju teoriju o ciklopnom oku, gdje znamo da su uvijek svi impulsi koje primaju oba oka istovjetni. Još dalje je pošao Köllner, koji iznosi da postoji samo jedno malo centralno područje u kojem kod gledanja objekta oba oka jednako sudjeluju kod stvaranja slike (samo u obujmu od 10° oko foveae centralis). Izvan toga areala zahvaća predmet više ono oko čija mu je vidna osovina bliže smještena, znači samo jedno oko određuje lokalizaciju predmeta. Kod slučajeva stabilizma s anomalnom korespondencijom taj je fenomen čisto monokularne percepcije pojedinih area eksperimentalno dokazan (Verhoeff). Većina autora ne prihvaća to mišljenje kod normalnih očiju nego samo da se ne može prihvatiti egzaktna korespondenca svakog čunjića i štapića obje retine u jednom ciklopnom oku, nego da postoji funkcionalna suradnja nazalnih i temporalnih polovina retine. Ako djeluje svaka polovina pojedinačno nastaje jednostavan vid, a suradnjom savršen prostorni vid.

Vrlo interesantna radnja Sperrya daje nove zaključke o osjećaju pravca i prostora, o položaju vidnog polja i percepciji pokreta, koja ide opet u prilog nativistima. Na osnovu eksperimenta na nižim životinjama (žabe, ribe) ustanovio je, prema regeneraciji fibra prerezanog očnog živca, da postoji afinitet (specifični, kemijski afinitet) ogranaka svake fibre prema određenim stanićama mozga, te da su faktori binokularnog vida ugrađeni u organizam. Kako su prema tome prirodni ne može se učenjem i iskustvom uopće na njih utjecati.

Burian podvrgava sve teorije o postanku binokularnog vida kritici i u su presionoj teoriji renitalnog rivalstva ili suprotnih indukcija retine ne nalazi osigurane naučne osnove, iako ne odbija potpuno Hamburgerovo shvaćanje dominantnosti jednoga oka ili rivalstva retine. Smatra vjerojatnijom neurološku teoriju koja se osniva na sili fuzije (sposobnost ujedinenja slika koje padaju na svako oko). Nije doduše pronađen fuzioni centar, ali se smatra da se fuzija osniva na neuroanatomskoj osnovi kojom se ekscitacije obih retina usko približuju u vidnom korteksu (Linksz). Korespondirajući elementi se sastaju u Gennarovom tračku, koji je anatomski otisak horoptera u objektivnom prostoru, a disparatni retinalni podražaji se sastaju ispred i iza njega i izazivaju osjet dubine. Po toj teoriji tačan odnos tačke retine i korteksa tako da je samo to osnov prostorne orijentacije. Retinalna korespondenca se uopće ne bi mogla mijenjati. Kasnije je Burian upotpunio ovu tezu mišljenjem da su navedeni odnosi prvenstveni, ali da postoji mogućnost veze između jedne retinalne i mnogih kortikalnih stanica prema razdiobi ekscitacije.

Barany i Halden su pronašli da se kod intoksikacija alkoholom ne mogu dokazati retinalna rivalstva, a ne postoji ni fuzija, ni stereovid, što govori za mišljenje da su i supresija i integracija izrazi istog centralnog procesa.

Danas znademo da binokularni vid, a razumljivo i njegov najsavršeniji izraz stereovid, nisu uopće razvijeni u ranim godinama života; tek kad su fikcioni refleksi, te refleksi akomodacije i konvergencije potpuno razvijeni, oko 3. do 4. godine, stvara se i refleks binokularnog vida, a stereovid se usavršava i u daljnjim godinama. Ti pronalasci govore za važnost empirije u razvijanju binokularnog vida, a vidjet ćemo još njegovu važnost i u zapažanju vidnog prostora.

Pokušaji tumačenja mogućnosti binokularnog vida bili bi nepotpuni bez tumačenja horoptera i vidnog prostora uopće. Znamo prema teoriji nativista, da je horopter krivoljka koja prolazi kroz čvorišta oba oka i kroz tačku fiksacije. On je geometrijsko mjesto svih tačaka objektivnog prostora koje se odrezuje na korespondirajućim tačkama obih retina. Iako je ta diferencija prihvaćena, ostalo je mnogo toga nejasno u određivanju horoptera, u prvom redu njegov oblik. Matematski tačni i idealni horopter je samo fiktivan, realno ne postoji (Zeeman) nego samo neki oblik cilindričnog tijela (Siebeck). Već je Tscherman uvidio važnost i ne prostornih faktora za oblik horoptera: tako boja, eksponiranje i pozadina igraju važnu ulogu. Egzaktno podudaranje tačke sa tačkom retine teško se dokaže i jedino je moguće pod tačno određenim uslovima, što ne bi govorilo za podudaranje pojedinih tačaka, nego cijelih areala.

Dokazano je duhovitim eksperimentima da ne postoji jedinstvena korespondencija između fizičkog i vidnog prostora. Već je Helmholtz znao da geometrija vidnog prostornog odnosa nije ista kao geometrija prostornih objekata: geometrijska ravna frontoparalelna crta subjektivno izgleda iskrivljena, a iskrivljena ravno. Znači da percepcija ne ovisi samo o fiziološkim stimulima, nego i o izvjesnoj slobodi izbora promatrača, da od bezbroj raznih mogućih konfiguracija odabire prema iskustvu, namjeri i iščekivanju (Ames).

Interesantna je Luneburgova teorija o binokularnom vidnom prostoru. Tvrdi, da se usprkos neograničenom izboru percepcije vidni prostor ne može

konstruirati voljno, nego postoje izvjesni metrički faktori koji su uvijek identični. Znači, vizuelna percepcija nije slučajni rezultat psiholoških prilika, nego je upravljena i nekim nepsihološkim faktorima, koji ne određuju baš potpuno percepciju ali su ipak bitni. Znademo da na utisak prostora ne možemo voljno utjecati i nikako ga ne možemo promijeniti, kao što je to slučaj kod nekih geometrijskih figura gdje se mijenja stereoskopija i pseudoskopija voljno kad samo psihološki faktori određuju utisak prostora. U kompliciranom matematskom postupku određuju se odnosi psiholoških i nepsiholoških faktora prema vanjskoj situaciji kod binokularnog vida. Ustanovilo se da se fizikalna optika vidnog prostora ne ravna po pravilima Euklidove geometrije, nema ravnih linija u njegovom smislu i vidni prostor nije neograničen. Eksperimentom je dokazano da je vidni prostor hiperboličan, što bi otprilike odgovaralo i obliku horoptera (Burian).

Treba naglasiti važnost motorike za normalni binokularni vid. Čak i kod fiksacije dolazi do stalnih, jedva primjetnih pokreta oka, a na akt gledanja su važni i pokret tijela i glave, koji pokreti uvjetuju gledanje u jednostrukim slikama unutar P. areala, a izvan njih u fiziološkoj diplopiji (dvostruki vid). Škiljavi obično ne mogu izazvati fiziološku diplopiju (Siebeck). Normalno korespondirajuće tačke imaju svoju korespondenciju i u vidnim pravcima, odnos, koji je po nativističkoj teoriji prirodan, dok kod strabizma može doći do anomalne korespondencije neidentičnih tačaka retine.

Anomalna korespondencija je pojava do koje dolazi kad se vidni pravci dvaju neidentičnih tačaka spoje u jedan; makule fiksirajućeg oka i jedna periferna tačka u strabirajućem oku, koje odgovara njegovom odklonu, se počnu ponašati kao da su identične te steknu zajednički vidni pravac. Time su izbjegnute dvoslike, ali se razvila teška komplikacija strabizma na koju je teško utjecati.

Znademo da se vanjski očni mišići nalaze pod stalnom inervacijom subkortikalnog toničkog centra, koji izaziva stalni tonus mišića već i kod mirovanja očiju. Kod svih očnih pokreta dolazi do inervacije pojedinih mišića i ta neobično fina i precizna distribucija je moguća samo kod jednakog tonusa svih mišića, a osniva se na principima recipročne inervacije i inhibicije (po Sherringtonu jedan ne sasvim poznati mehanizam). Jasno da je kod binokularnog vida problem još mnogo kompliciraniji i još je važniji tonični upliv (tonic vergence) pod kojim se smatra odnos obih vidnih osovina, uvjetovan jedino inervacijom vanjskih očnih mišića preko toničnog centra, a bez ikakvog upliva akomodacije, fuzije ili proksimalnih stimula. Razni refleksi mogu još modificirati tonus (po Adleru): statički refleks uzrokovan je mišićima šije, otolički refleks i statokinetički refleks u pokretu gdje još semicirkularni kanali imaju upliv na očne mišiće kao usavršeni nekadašnji proprioceptorni (položajni) refleksi; po Taitu djeluju na tonus mišića kod binokularnog vida fiksacioni refleks i asociacioni refleks konjugiranih i konvergentnih kretanja. Eksperimentima je nađeno da se inervacija očnog tonusa vlada po zakonu recipročne inervacije i da subkortikalna kontrola ima zadaću držati oči stalno u položaju koji omogućuje najlakše pokretanje u svakom pravcu (Listingova ravnina).

Ako želimo da kod očiju u toničnom balansu daljnji predmet padne na obje makule treba izvesti relativni pokret divergencije, to jest heteronimne pokrete. Nastaju promjene u raspodjeli tonične recipročne inervacije vanjskih očnih mišića, što se također događa i kod gledanja bližih predmeta (konvergencija), a to upotpunjuje fuzionalni refleks, refleks akomodacije i proksimalni refleks.

Silu fuzije, fuzionalni refleks (fusional vergence) već odavno se smatra važnim faktorom kod postojanja normalnog vida, a njen manjak jednim od uzroka strabizma (Worth 1902). Važna je sposobnost fuzije da kod heteroforije latentnog otklona očiju uspije ujediniti slike motornim impulsom u jednu i tako, ispravnim binokularnim vidom, ispraviti strabizam ili ga održati nemanim. Worth je upoznao važnost fuzije i podijelio je na tri stupnja: ujedinjenje različitih slika što se ne može smatrati pravom fuzijom, nego tek projiciranjem dviju slika na isto mjesto (simultani vid); zatim ujedinjenje slika s malim razlikama u detaljima (prava fuzija) i s malim disparitetom u detaljima (stereovid). Tu podiobu se smatra danas teoretski prejednostavnom, a i netačnom, jer je koji put lakše postići ujedinjenje druge vrste slika nego prve, ali praktički je još uvijek dobro upotrebljiva.

Fuziona sposobnost, što je tačniji naziv nego sila, djeluje preko motornih impulsa i ubraja se među optomotorne reflekse. Ipak je potrebna pažnja da podražaj disparatnih mjesta retine može izazvati fuziju, jer svijesno zapažanje dvostrukog vida vodi do motornog impulsa, koji se onda voljno više ne može spriječiti. Put ide valjda kroz ili preko kore mozga, te spada u uvjetne reflekse, pa izgleda da fuzija imade voljnu i bezvoljnu komponentu, a psihičko joj je djelovanje zbog diplopiofobije (strah od dvoslika).

Mogućnost postojanja fuzionog centra nije isključena iako nije nikad dokazana; mogao bi se po v. d. Hoeve-u nalaziti u okcipitalnom režnju, po Jaenschu vjerojatno u blizini fissurae calcarinae. Nepoznato je kako mehanizam fuzije sprečava stvaranje dvoslika kod padanja slika na disparatna mjesta retine. Možda je taj hipotetski centar fuzije direktno u vezi s motornim centrima očnih mišića i kod najmanjeg zapažanja diplopije već dobije impuls za djelovanje, tako da fuzija ujedini slike prije nego što su dvoslike potpuno svijesno zapažene. De Ruyter zamišlja, iako ne može dokazati, jedan motorno-fuzioni centar interpoliran u refleks od senzoričnog fuzionog centra do očnih mišića, koji bi omogućavao tu momentanu reakciju. Oslabljenje fuzije pod utjecajem alkohola i narkoze govori za njezin kortikalni centar. Fuzija nije prirodna nego se razvija tek kad je fiksacioni refleks usavršen i makule razvijene oko petog do šestog mjeseca, a koncem prve godine života se već može i dokazati. Moramo još dodati pojavu horror fusionis (Hamburger), nemogućnost ujedinjenja slika, koje nalazimo kod nekih slučajeva strabizma, ali i kod izvjesnog broja inače normalnih očiju, na što se kod pokušaja liječenja strabizma mora paziti zbog eventualnih komplikacija.

Ako je fuzionalni refleks oštećen ili isključen, dolazi do djelovanja akomodativne konvergencije, također važnog faktora za normalan položaj očiju. Po tipu je to asocijativni refleks i ovisi o odnosu akomodacije i konvergencije, koji se razvije tek oko druge godine života kad interes za bližu okolinu izaziva i taj refleks.

Zanimljiva je činjenica da se kod nekih patoloških promijenjenih očiju može dugo zadržati binokularni vid (Lyle). Na primjer kod retinitis pigmentosa se još u najmanjem ostatku vidnog polja može dokazati suradnja obih očiju, a neke degeneracije makule s vrlo slabim vidom mogu dugo zadržati fuziju. I kod očiju akomodiranih za tamu, kad su jedva podraženi štapići a boje su potisnute, ipak ostaje binokularni, čak i izvjesni stereovid.

Prikazane su samo osnove i neke problematike binokularnog vida koji su u svom razvoju neobično komplicirani. Primitivne osnove za suradnju obih očiju kod najnižih bića usavršavaju se generacijama tako da kod najviših postoji suptilno vrlo kompleksno zbivanje koje je usprkos mnogobrojnih studija i prikaza u literaturi ipak još djelomično nerazjašnjeno.

L I T E R A T U R A

1. Asher H. Br. J. Ophth. 37, 37, 1953.
2. Brecher G. A: Graefes Arch. Ophth. 147, 17, 1944.
3. Chavasse B. F: Modern trends in ophthalmology, Butterworth and Co, London 1940.
4. Fischer F. P, Wagenaar A: Advans in ophth. V. VII—VIII, 359, 1954.
5. Gaus J, Ophthal. 112, 267, 1946.
6. Heinsius E: Graefes Arch. Ophth. 147, 1, 1944.
7. Helmholtz H: Handbuch d. physiol. Optik B. III, L. Voss, Hamburg 1910.
8. Hofmann F. B: Die Lehre vom Raumsinn des Auges. J. Springer, Berlin 1920.
9. Ogle K. N: A. M. A. Arch. Opht. 48, 50, 1952.
10. Trendelenburg W. Der Gesichtssinn J. Springer, Berlin, 1943.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Basis und Problematik des Binokularsehens.

Die Helmholtzsche empiristische und die Heringsche Nativitätstheorie wie auch verschiedene neuere Theorien welche die angeführten zu vervollkommenen wünschen oder sie kritisch betrachten, werden beschrieben.

Die Erklärung des Horopters und die Theorien welche den Sehraum beschreiben werden angeführt, dannach verschiedene Faktoren wie: die Motorik der Augen, der Tonus, der Augenmuskeln, Fusion, Akkomodation etc. welche beim Binokularsehen eine wichtige Rolle spielen.

(Primljeno: 24. 1. 1965.)