

Regos nervo sužalojimas: literatūros apžvalga

Optic nerve injury: review of the literature'

Rūta Pukenytė¹, Gytis Šustickas², Jelena Ščerbak², Darius Aukštikalnis¹, Rimvydas Ašoklis¹

¹ *Vilniaus universiteto Ausų, nosies, gerklės ir akių ligų klinika, Santariškių g. 2, LT-08661 Vilnius*

² *Vilniaus universiteto Neurologijos ir neurochirurgijos klinika, Šiltnamių g. 29, LT-04130 Vilnius*

El. paštas: rutapuke@bamba.lt; gytis.sustickas@gmail.com

¹ *Vilnius University, Ear, Nose, Throat and Eyes Clinic, Santariškių Str. 2, LT-08661 Vilnius, Lithuania*

² *Vilnius University, Clinic of Neurology and Neurosurgery, Šiltnamių Str. 29, LT-04130 Vilnius, Lithuania*

E-mail: rutapuke@bamba.lt; gytis.sustickas@gmail.com

Regos nervo pažeidimas siejamas su sunkiu galvos smegenų, veido ar akiduobės sužalojimu, galinčiu sukelti negrįžtamą regėjimo praradimą. Straipsnio tikslas – apžvelgti literatūrą regos nervo sužalojimų etiologijos, patogenezės, diagnostikos ir gydymo klausimais.

Reikšminiai žodžiai: regos nervo sužalojimas, regos nervo avulsija, tiesioginis, netiesioginis regos nervo sužalojimas, trauminė optinė neuropatija, regos nervo dekompresija, kortikosteroidai.

Injury of the optic nerve is associated with a serious brain, facial and orbital trauma that may be the cause of irreversible vision loss. The purpose of the article is to review the literature for the ethiological, pathological, diagnostical and treatment aspects of the optic nerve trauma.

Keywords: optic nerve trauma, optic nerve avulsion, direct, indirect optic nerve injury, traumatic optic neuropathy, optic nerve decompression, corticosteroids.

Įvadas

Regos nervo pažeidimas dažnai siejamas su sunkia galvos smegenų, veido ar akiduobės sužalojimas. Tokiais atvejais vertinti regėjimo funkcijas dėl sąmonės pokyčių ypač sudėtinga. Sužalojimas gali paveikti bet kurį regimųjų takų segmentą, todėl tiksliai lokalizacijai nustatyti reikalingas išsamus neurooftalmologinis įvertinimas. Galvos smegenų regimieji takai paprastai nepažeidžiami esant uždaram galvos sužalojimui, nes jie yra gerai pa-

laikomi baltosios galvos smegenų medžiagos struktūros. Retais atvejais pakaušio skiltis gali būti paveikta pakauškaulio buko sužalojimo. Tokiems ligoniams būdingi atitinkami hemianopsiniai akipločio defektai be vyzdžio anomalijos. Regimosios kryžmės sužalojimas gana retais atvejais sukelia bitemporalinius hemianopsinius akipločio defektus ir gali būti susijęs su endokrininės sistemos sutrikimais dalyvaujant pogumburiui [1–2]. Regos nervas yra bene dažniausia regimųjų takų suža-

lojimo vieta. Patyrus galvos sužalojimą, regos nervas pažeidžiamas nuo 0,3 % iki 5,2 % atvejų [3].

Nustačius regėjimo sutrikimą, gydymas priklauso nuo sužalojimo lokalizacijos ir mechanizmo. Gydymo tikslais regos nervo trauma (RNT) gali būti klasifikuojamos į tris sužalojimų rūšis [4]: regos nervo avulsiją, kai regos nervas yra iš dalies ar visiškai atskirtas nuo akies obuolio; tiesioginį regos nervo sužalojimą ar jo nervinių skaidulų sužalojimą, sukeltą penetruojančio svetimkūnio, kaulų fragmentų ar užakiduobinės hematomos; netiesioginę regos nervo sužalojimą, kurios metu jėga perduodama į regos nervą regos kanale.

Anatomija

Regos nervas, *nervus opticus*, – tai baltoji smegenų medžiaga, kuri jungia tinklainę su smegenimis. Regos nervą sudaro tinklainės ganglinių ląstelių skaidulos. Nervas anatomiškai skirstomas į keturis segmentus. Akinis segmentas, *pars intraocularis*, yra apie 1 mm ilgio, 1,5 mm skersmens, jį supa tinklainė. Tiriant oftalmologiškai, akies dugne regos nervas matomas kaip optinis diskas. Akiduobinė dalis, *pars intraorbitalis*, yra 20–30 mm ilgio, gana laisvai išsidriekusi, S formos. Kaukolės dėžėje esanti dalis, *pars intracranialis*, driekiasi medialiau 5–16 mm ir susiliedama su antrosios pusės regos nervo dalimi sudaro regimąją kryžmę. Izoliuotas regos nervo sužalojimas dažniausiai įvyksta siaurame regos kanale, *pars intracanalicularis*. Jo ilgis 4–9 mm., plotis – 4–6 mm. Kanale (kaip ir akiduobėje bei kaukolės dėžėje esančią dalį) nervą gaubia visi galvos smegenų dangalai: kietasis, švelnusis ir voratinklinis. *A. ophtalmica* kanale yra žemiau ir į šoną nuo nervo. Taip pat per kanalą eina simpatiniai pluoštai iš miego arterijos rezginio, *plexus caroticus*, į vyzdžio *corpus ciliare*.

Epidemiologija

RNT įvyksta maždaug 1,6 % galvos smegenų sužalojimo atvejų bei 2,5 % veido ir žandikaulių sužalojimo atvejų. Būdingas amžiaus vidurkis – 29 metai, vyrų ir moterų sergamumo santykis yra 4:1. Dažniausiai RNT įvyksta namuose, kelyje ir darbo aplinkoje (žr. 1 lentelę). Pagrindinės priežastys – motociklų ir dviračių eismo įvykiai, kritimas, šaunamosios žaizdos ir sužalojimas buku daiktu (žr. 2 lentelę).

1 lentelė. RNT sukėlusio įvykio vieta (USEIR duomenys, remiantis 427 atvejais)

Namai	33 %
Automobilių transportas	23 %
Poilsis/sportas	12 %
Nežinoma	12 %
Darbas/pramonė	11 %
Kitos	6 %
Žemės ūkis	2 %
Mokykla	1 %

2 lentelė. RNT priežastys (USEIR duomenys, remiantis 427 atvejais)

Šūvis	26 %
Bukas daiktas	24 %
Motociklas/dviratis	19 %
Šratinis šaunamasis ginklas	10 %
Aštrus daiktas	5 %
Kritimas	3 %
Kita	3 %
Plaktukas	2 %
Vinis	2 %
Fejerverkai	2 %
Sprogimas	2 %
Žolės pjovimo įranga	1 %
Nežinoma	1 %

Nepriklausomai nuo RNT tipo, žala gali būti sukelta veikiant dvejopai – pirminiam ir antriniam mechanizmui [5]. Neabejotina, jog kai kurie mechanizmai yra tarpusavyje susiję ir vyksta vienu metu arba paeiliui vienas po kito. Netiesioginė RNT gali atsirasti esant nereikšmingam galvos ar viršutinio akiduobės krašto sužalojimui, nes bukas jos poveikis yra perduodamas išilgai akiduobės viršutinės sienos į regos kanalą

Patologinė fiziologija

Pirminiai mechanizmai

Difuzinis poveikis: generuotos jėgos buku daiktu poveikis galvai, dažniausiai kaktai, gali būti perduotas per akiduobės sienas į regos nervą ir sukelti difuzinį regos nervo aksonų pažeidimą [6], tačiau jis nelaukiamas itin dažnu. Sužalojimas sukelia židininį aksonų pernašos sutrikimą, kuris funkciškai atskiria nervą ir sukelia dis-

talinio segmento Valero (Wallerian) tipo degeneraciją [7]. *Plyšimas*: dalinį ar visišką regos nervo ar jo dangalų plyšimą gali sukelti penetruojantis svetimkūnis ar dislokuotos kaulinės struktūros.

Suspaudimas: penetruojantis svetimkūnis ar dislokuotos kaulinės struktūros taip pat gali suspausti regos nervą ir veikti kaip pirminis sužalojimo mechanizmas. Regos nervas gali būti suspaustas veikiant antriniam sužalojimo mechanizmui, kurį sukelia trauminė užakiduobinė ar regos nervo dangalų hematoma.

Antriniai mechanizmai

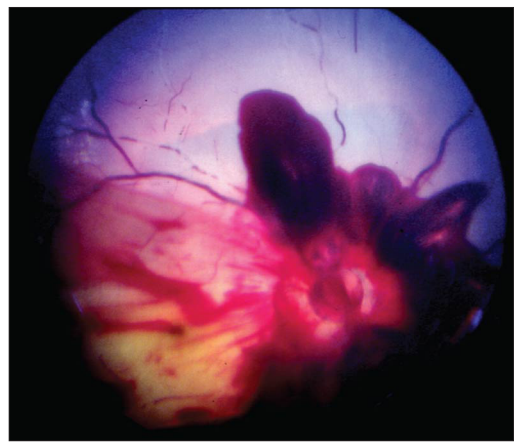
Išemija: kraujotaką gali sutrikdyti regos nervo suspaudimas ar plyšimas esant tiesioginei RNT arba mikrovaskuliacijos sutrikdymas dėl difuzinio poveikio esant netiesioginei RNT [5]. Tai bene svarbiausia antrinį pažeidimą sukelianti RNT. *Suspaudimas*: retroorbitalinė ir regos nervo dangalų hematoma gali atsirasti po tiesioginės [8] ar netiesioginės RNT ir dar labiau pažeisti regos nervą, nors akiduobės emfizema po prienosinių ančių lūžio retai sukelia regos nervo suspaudimą [9]. Ypač svarbu aptikti kompresinę hematoma, nes jos pašalinimas gali sustabdyti tolesnį regėjimo praradimą ir netgi pagerinti matymą [10].

Reperfuzinis pažeidimas: po reperfuzijos pasigamina laisvųjų deguonies radikalų, kurie lipidų peroksidacijos būdu lemia tolesnį aksonų membranų ir jas sutvirtinančių nervinių struktūrų pažeidimą. *Edema*: po trauminio išeminio smegenų pažeidimo yra aktyvinami bradikinainai ir kitos panašios medžiagos [5], kurios skatina edemos vystymąsi. RNT atveju edema gali sukelti uždarytą ertmių sindromą regos kanale, taip dar labiau padidindama išeminį pažeidimą [11]. Edema gali padidinti spaudimą regos kanale, dėl to dar labiau pažeidžiamas regos nervas. *Viduląstelinio kalcio kiekio* padidėjimas esant trauminiam ar išeminiam nervų sistemos pažeidimui gali lemti nervinių ląstelių žūtį. Atsivalaidavę uždegiminiai mediatoriai skatina *uždegimą*. Pirmiausia pasirodo polimorfonuklearinės ląstelės (1–2 dieną po pažeidimo), kurios išskiria daugybę toksinių junginių. Per pirmą savaitę makrofagai iš esmės pakeičia polimorfonuklearines ląsteles ir gali skatinti reiktyvią glijozę, kuri riboja aksonų regeneracijos galimybes [5].

Įvertinimas

Regos nervo avulsija

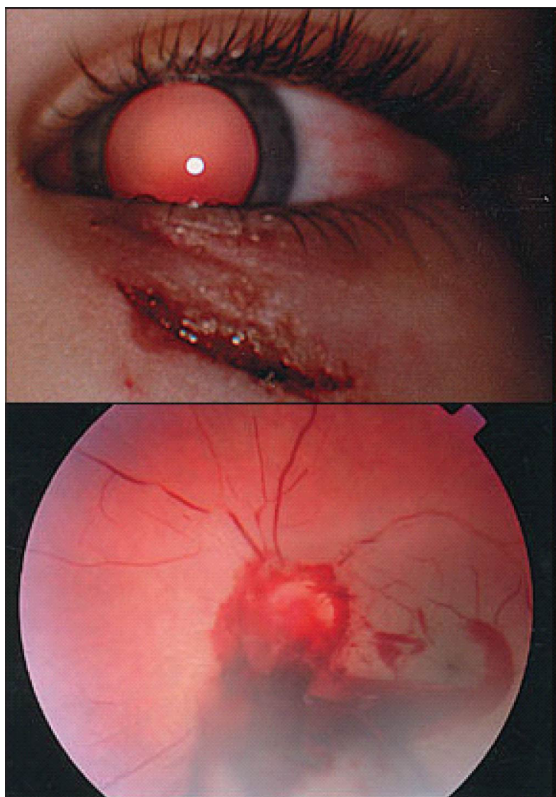
Regos nervo avulsija – tai rečiausia RNT rūšis (1 pav.). Ji gali pasireikšti esant tiek atviram, tiek uždaram akies obuolio sužalojimui. Nors uždaras sužalojimas (pvz., sumušimas) yra gana dažnas, avulsija paprastai įvyksta esant stipriam bukam akiduobės sužalojimui. Visiška regos nervo avulsija yra tada, kai stiklakūnis ir tinklainė atsiskiria nuo regos nervo disko ir akytoji plokštelė, *lamina cribrosa*, įplyšta ties savo prisitvirtinimo prie gyslainės ir odenos vieta. Tinklainės kraujagyslės gali būti iš dalies ar visiškai pažeistos [12]. Dalinė avulsija apima lokalizuotą regos nervo disko segmentą, esant ne visai pažeistai laminasklerinei jungčiai.



1 pav. Įprastas regos nervo avulsijos vaizdas su tinklainės hemoragijomis ir neatpažįstama regos nervo disko struktūra

Esant daliai regos nervo avulsijai, regėjimo aštrumo sumažėjimas gali būti įvairaus laipsnio, visiškos avulsijos atveju – visiškas regėjimo netekimas, be šviesos pojūčio.

Akies dugno vaizdas ilgainiui keičiasi. Iškart po sužalojimo regos nervo disko vaizdą užtemdo jį gaubiančios stiklakūnio kraujosruvos. Pamažu gerėjant regėjimo aštrumui, neryškios regos nervo disko ribos tampa aiškios (2 pav.). Akies dugno vaizdą reikia skirti nuo būdingo stafilomai, regos nervo disko kolobomai, pagilėjusiai ekskavacijai, Morning-Glory sindromui (MGS). Tais atvejais, kai regos nervo diskas yra apgaubtas stiklakūnio



2 pav. Stiklakūnio kraujosruvos, užtemdančios akies dugno vaizdą. Ryškėjančios regos nervo disko ribos

kraujosruvų, regos nervo avulsiją patvirtina akiduobės audinių ultragarsinis bei akiduobės KT tyrimas [13].

Kiti būdingi oftalmologiniai požymiai: pojungio kraujosruvos, riboti akies obuolio judesiai, proptozė, išsiplėtęs ir nejudrus vyzdis.

Tiesioginė RNT

Tiesioginį regos nervo sužalojimą gali sukelti penetruojančio poveikio pažeidimas buku (pvz., šratai) ar aštriu (pvz., peilis) svetimkūniu arba dislokuotu lūžusio kaulo fragmentu regos kanale. Retais atvejais regos nervas gali būti pažeistas kompresinių jėgų ir suspaustas po sužalojimo, dėl kurios susidaro užakiduobinė ar regos nervo dangalų hematoma [8] (3 pav.). Akiduobės emfizema retai siejama su RNT, esant akiduobės lūžiams [9].

Išorinė apžiūra: įvertinamas akiduobės ar vokų žaizdos dydis, gylis ir kryptis. Svarbu reguliariai atlikti vaizdinius tyrimus, siekiant įvertinti akiduobės ar kaukolės sužalojimus. Nors MRT tyrimas yra visuotinai prana-



3 pav. Dešinės akies regos nervo dangalų hematoma

šesnis, KT tyrimas turėtų būti naudojamas tuomet, kai yra magnetinio svetimkūnio tikimybė, nes MRT magnetinis laukas gali sukelti svetimkūnio poslinkį, dėl to regėjimas gali būti visiškai prarastas [14]. Svarbus galutinis neurologinis įvertinimas.

Netiesioginė RNT

Netiesioginis regos nervo sužalojimas – dažniausia RNT rūšis [15].

Regos nervo segmentas, esantis regos kanale, yra labiausiai pažeidžiamas išorinės buko poveikio jėgos. Šis 6–12 mm ilgio regos nervo segmentas eina regos kanalu, išsidėsčiusiu tarp dviejų pleištakaulio mažųjų sparčių. Regos kanalu eina ne tik regos nervas, bet ir akinės arterijos bei postganglinės simpatinės nervinės skaidulos. Regos nervą kanale supa kietasis dangalas, kuris yra sutvirtintas kaulo ir antkaulio. Apie 4 % ligonių neturi kaulo išilgai vidinės regos kanalo pusės, tokiais atvejais regos nervą nuo pleištakaulio ančio skiria tik ančio gleivinė ir kietasis dangalas. Netiesioginis regos nervo segmento, esančio akiduobėje, sužalojimas yra gana retas, nes šioje vietoje regos nervas yra laisvas ir gerai apsaugotas akiduobės riebalinių audinių. Intrakranijinis regos nervo segmentas taip pat netiesiogiai pažeidžiamas retai dėl savo mobilumo kaukolės ertmėje, geros jį supančio smegenų skysčio apsaugos.

Netiesioginės RNT gali būti skirstomos į priekinio ir užpakalinio tipo.

Netiesioginė priekinė RNT įtraukia regos nervo diską bei užakinį regos nervo segmentą, įskaitant ir centrinę tinklainės arteriją. Tokiais atvejais būdingi šie of-

talmologiniai sutrikimai: centrinės tinklainės arterijos nepraieinamumas kartu su edemiškos tinklainės, blyškiaus regos nervo disko, siaurų siūlinių arteriolių, kraujosruvų bei vyšnios kauliuko geltonosios dėmės srityje vaizdu, tinklainės vazospazmas (gali atsirasti ir be visiškos okliuzijos), difuzinis regos nervo disko paburkimas bei jo krašto plyšimai. Netiesioginei užpakalinei RNT būdinga: regos nervo disfunkcija; nėra jokių oftalmoskopinių nukrypimų; nėra jokių regimosios kryžmės disfunkcijos įrodymų.

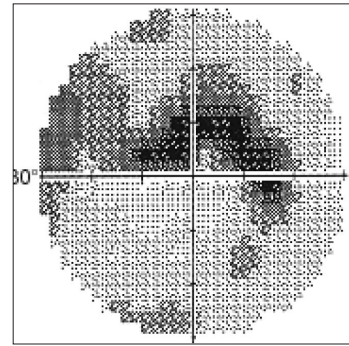
Per 4–8 savaites atsiranda regos disko blyškumas (atrofija) (4 pav.). Pažeidimo vieta šiuo atveju gali susiformuoti bet kur tarp regimosios kryžmės ir akinės arterijos įėjimo į regos nervą vietas.

Regėjimo aštrumas gali svyruoti nuo nedidelio matymo pablogėjimo iki visiško šviesos pojūčio netekimo. Iškart po sužalojimo staiga netekus regėjimo iki visiško šviesos nejutimo, toks regėjimo sutrikimas galimas visam laikui. Stipriai sumažėjęs regėjimo aštrumas gali būti susijęs su regos nervo dangalų suspaudimu [16].

Esant regos nervo pažeidimui, sutrinka vyzdžių reakcija į šviesą, atsiranda reliatyvus aferentinis vyzdžio reakcijos į šviesą defektas (*Marcus Gunn* vyzdys): lengvo pažeidimo atveju – silpnas atsakas į tiesioginę šviesą, stiprus atsakas į netiesioginę šviesą pažeistoje akyje bei silpnas atsakas priešingoje akyje, švytuojančioje šviesoje nedidelis susitraukimas ir greitas išsiplėtimas; sunkaus pažeidimo atveju – atsako į tiesioginę šviesą nėra, stiprus atsakas į netiesioginę šviesą pažeistoje akyje bei silpnas atsakas priešingoje akyje, švytuojančioje šviesoje – išsiplėtimas [17].



4 pav. Regos nervo atrofija



5 pav. Arkinė skotoma

Spalvinis matymas taip pat svarbus regos nervo funkcijai įvertinti. Esant optinei neuropatijai, ligonis nesugeba skirti spalvų arba jas nusako kaip „išblukusias“. Spalviniam matymui įvertinti naudojami spalviniai testai ar pseudoizochromatinės plokštelės. Svarbu atskirti galimas kitas regėjimo praradimo priežastis (pvz., tinklainės atšoka). Esant užpakalinei RNT, būdingas nepakitęs akies dugno vaizdas. Perimetrija padeda įvertinti regėjimo lauką. Skiriami tokie akipločio sutrikimai: centrinės bei arkinės skotomos, nervinių skaidulų pluoštų defektai (5 pav.).

Elektrofiziologija, nors ir ribotų galimybių, gali būti naudinga vertinant nekontaktišką ligonį. Elektrofiziologinių regos nervo rodiklių įvertinimas gali būti atliekamas komos ištiktiems ligoniams, o pradinis šių rodiklių įvertinimas gerai koreliuoja su galutiniu regėjimo aštrumo įvertinimu.

Didelės skiriamosios gebos KT tyrimas turi būti atliekamas siekiant nustatyti veido kaulų ar regos kanalų lūžius. Kartais vertingas ir papildomas MRT tyrimas, siekinat įvertinti regos nervo intrakanalinius ir intrakranijinius segmentus. Ligoniams, kuriems būdinga netiesioginė optinė neuropatija, turi būti atliktas akiduobės audinių ultragarsinis tyrimas.

Gydymo strategija

Skiriami trys trauminės optinės neuropatijos (TON) gydymo metodai: konservatyvusis gydymas kortikosteroidais, chirurginis gydymas, natūrali ligos eiga.

Steroidai vartojami nuo 1980 metų. Indikacijas skirti kortikosteroidų TON atveju sustiprino 1990 metais NASCIS paskelbtos dvi studijos, įrodžiusios metilprednizolono (MP) megadozių efektyvumą gydant

nugaros smegenų sužalojimą [18]. Megadozės – tai MP paros dozė, viršijanti 5400 mg. 2005 metais paskelbtos CRASH studijos, tyrusios MP megadozių efektyvumą gydant sunkų galvos smegenų sužalojimą [19], rezultatai parodė, jog mirštamumas po 6 mėnesių yra didesnis gydant MP nei kontrolinės grupės: 25,7 %, 22,3 % ($p=0,0001$). Regos nervas sudarytas iš baltosios smegenų medžiagos, o galvos ir nugaros smegenys turi ir pilkosios, todėl besąlygiškai jų lyginti negalima. Tačiau CRASH gauti rezultatai susilpnino MP megadozių skyrimo pozicijas. Juolab kad lyginant MP megadozių skyrimą 48 valandas su MP 250 mg x 4 į veną 72 valandas ir su deksametazono 20 mg x 4 į veną 48 valandas, esminio skirtumo negauta.

Chirurginės intervencijos – tai kraniotomija su regos nervo dekompresija, transnazalinė endoskopinė regos nervo dekompresija bei transorbitinė endoskopinė regos nervo dekompresija. Paminėtina tai, kad rizikingiausia yra kraniotomija. *Walsh* rekomenduoja operuoti tik sąmoningus pacientus, kuriems rega blogėja gydant steroidais ir kai KT nuotraukoje matomi lūžgaliai, spaudžiantys regos nervą. Operaciją tikslinga atlikti praėjus ne daugiau kaip 7 paroms, paprastai po 48 valandų konservatyvaus gydymo. Be to, autorius teigia, kad netikslinga chirurginiu būdu gydyti pacientus, kurie iškart po sužalojimo prarado regėjimą, nes konservatyvaus gydymo rezultatai geresni.

Natūrali TON eiga tirta daugelio autorių, tačiau *Cook* [20] savo išvadose pabrėžia, kad nagrinėjant skirtingų autorių rezultatus, paskelbtus nuo 1990 metų (715 pacientų), geresni rezultatai gauti konservatyvaus ir chirurginio gydymo pacientų grupėse nei natūralios eigos grupėje. Didžiausia ir kol kas paskutinė nerandomizuota IONTS (*The International Optic Nerve Trauma Study*, 1999) studija nagrinėjo 133 pacientus, kurie buvo suskirstyti į tris grupes: gydytų steroidais ($n=85$); regos nervo chirurgine dekompresija ($n=33$); natūralios eigos ($n=9$). Įdomu, kad pagerėjimas gautas 52 % pirmos grupės pacientų, 32 % – antros ir 57 % – trečios. Kitose mažesnėse studijose savaiminio pasveikimo atvejų nustatyta nuo 22 % iki 57 % [21].

Taigi literatūroje nuo 1990 metų paskelbtų 16 nedidelių nerandomizuotų skirtingo dizaino studijų rezultatai, nagrinėjantys 715 pacientų [20], yra labai prieštaringi, tačiau išryškinamos tendencijos pradėti gydyti steroidais bei po 48 valandų spręsti dėl operacinio gydymo galimybes.

Prognozė

Ūminiu laikotarpiu dažnai neįmanoma atskirti, ar regėjimas sutrinka dėl pažeisto nervo vientisumo, edemos ar išemijos. Jei rega atsitaiso greitai, tampa akivaizdu, kad nervas vientisas, o funkcinų sutrikimų priežastis – buvusi išemija arba aksonų pažeidimas. Vėlyvas regos praradimas po traumos taip pat rodo, kad nervas vientisas, bet vystosi antrinė nervo atrofija. Retesnė vėlyvo regėjimo sutrikimo priežastis yra aplink nervą susidaręs hematoma.

Visiškai regos nervo avulsijai būdingas negrįžtamas apakimas. Dalinės avulsijos atveju regėjimo aštrumas priklauso nuo sužalojimo vietos ir apimtys. Apskritai regėjimo prognozė yra sudėtinga.

Tiesioginės RNT metu atsiradęs regėjimo praradimas paprastai tampa negrįžtamas. Regėjimas smarkiai pagerėja atlikus transetmoidalinę regos kanalo dekompresiją. Vis dėlto tiesioginės RNT atveju regėjimo prognozė yra blogesnė nei netiesioginės.

Patyrus netiesioginę RNT, regėjimo atsitaisymas yra labai neprognozuojamas, nepriklausomai nuo to, buvo taikytas gydymas ar ne. Jei regėjimas prarandamas traumos metu, dažniausiai jis yra negrįžtamas.

Išvados

Regos nervo sužalojimo gydymas apima darnų komandinį įvairių specialistų – oftalmologų, otorinolaringologų, veido ir žandikaulių chirurgų, neurochirurgų bei neuroradiologų bendradarbiavimą, nes tokiam sužalojimui dažnai būdingi veido, kaukolės bei galvos smegenų sužalojimai.

Oftalmologinis ištyrimas ypač svarbus siekiant apsispręsti dėl gydymo eigos bei nutarti, kada chirurginė intervencija yra pagrįsta.

LITERATŪRA

1. Heinz GW, Nunery WR, Grossman CB. Traumatic chiasmal syndrome associated with midline basilar skull fractures. *Am J Ophthalmol* 1994; 117: 90–96.
2. Goh KY, Schatz NJ, Glaser JS. Traumatic chiasmal syndrome: a feature photograph. *Ann Acad Med Singapore* 1996; 25: 614–5.
3. Lagreze WA. Neuro-ophthalmology of trauma. *Curr Opin Ophthalmol* 1998; 9: 33–39.
4. Steinsapir KD. Traumatic optic neuropathy. *Curr Opin Ophthalmol* 1999; 10: 340–2.
5. Steinsapir KD, Goldberg RA. Traumatic optic neuropathy. *Surv Ophthalmol* 1994; 38: 487–518.
6. J. Hume Adams, D. I. Graham, Lilian S. Murray, Grace Scott. *Annals of Neurology* 1982; 557–63.
7. Cheng CL, Povlishock JT. The effect of traumatic brain injury on the visual system: a morphologic characterization of reactive axonal change. *J Neurotrauma* 1988; 5: 47–60.
8. Stonecipher KG, Conway MD, Karcioğlu ZA, Haik BG. Hematoma of the optic nerve sheath after penetrating trauma. *South Med J* 1990; 83: 1230–1.
9. Carter KD, Nerad JA. Fluctuating visual loss secondary to orbital emphysema. *Am J Ophthalmol* 1987; 104: 664–5.
10. Kersten RC, Rice CD. Subperiosteal orbital hematoma: visual recovery following delayed drainage. *Ophthalmic Surg* 1987; 18: 423–7.
11. Erin Kathleen O'Brien, Donald Leopold, James W Gigantelli, Michel Siegel. *Optic Nerve Decompression for Traumatic Optic Neuropathy*. 2008.
12. Williams DF, Williams GA, Abrams GW, Jesmanowicz A, Hyde JS. Evulsion of the retina associated with optic nerve evulsion [published erratum appears in *Am J Ophthalmol* 1987; 104: following 206]. *Am J Ophthalmol* 1987; 104: 5–9.
13. Kline LB, McCluskey MM, Skalka HW. Imaging techniques in optic nerve evulsion. *J Clin Neuroophthalmol* 1988; 8: 281–2.
14. Specht CS, Varga JH, Jalali MM, Edelstein JP. Orbitocranial wooden foreign body diagnosed by magnetic resonance imaging. Dry wood can be isodense with air and orbital fat by computed tomography. *Surv Ophthalmol* 1992; 36: 341–4.
15. Steinsapir KD, Goldberg RA. *Traumatic Optic Neuropathy*. 5th ed. Baltimore: William & Wilkins; 1998, p. 5.
16. Guy J, Sherwood M, Day AL. Surgical treatment of progressive visual loss in traumatic optic neuropathy. Report of two cases. *J Neurosurg* 1989; 70: 799–801.
17. Lang Gerhard K, Gareis O. *Ophthalmology*. 2nd ed. 2006; p. 225–8.
18. Coleman WP, Benzel E, Cahill DW, et al. A critical appraisal of the reporting of the national acute spinal cord injury studies (II and III) of methylprednisolone in acute spinal cord injury. *J Spinal Disord* 2000; 13: 185–99.
19. Edwards P, Arango M, Balica L, Cottingham R, El-Sayed H, Farrell B, et al. Final results of MRC CRASH, a randomised placebo-controlled trial of intravenous corticosteroid in adults with head injury-outcomes at 6 months. *Lancet* 4–10 June 2005; 365(9475): 1957–9.
20. Cook MW, Levin LA, Joseph MP, Pinczower EF. Traumatic optic neuropathy. A meta-analysis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1996; 122(4): 389–92.
21. Levin LA, Beck RW, Joseph MP, Seiff S, Kraker R. The treatment of traumatic optic neuropathy: the International Optic Nerve Trauma Study. *Ophthalmology* 1999; 106(7): 1268–77.