

OOGCHIRURGIE MET GEBRUIK VAN INTRA-OPERATIEF GAS EN ZIJN GESCHIKTHEID VOOR GEBRUIK BIJ DUIKEN

Een van de moeilijkste uitdagingen bij het persluchtduiken is het voorkomen van ongelukken die te maken hebben met de aanwezigheid van gas in het menselijk lichaam. Terwijl in feite de vloeistoffen in ons lichaam vrijwel onmogelijk gecompriëerd kunnen worden, reageren gassen op variaties in weefseldruk met variaties in het volume dat door het gas zelf wordt ingenomen. Bij een toename in weefseldruk gaan de gassen in volume omlaag en hebben de neiging in organische vloeistoffen op te lossen. Met de afname van weefseldruk echter nemen de gassen in volume toe en hebben de neiging om van een vloeibare staat over te gaan naar decompressie daarbij bellen vormend. Dit laatste is de oorzaak van de zogenaamde "decompressieziekte". Waar vinden we onder normale omstandigheden meestal gassen in ons lichaam? Zoals alle duikers weten komt er gas voor in de longen, luchtwegen, in het middelste deel van het oor, in de paranasal sinussen, in de darmen, enz.

Er zijn echter ongebruikelijke omstandigheden waarin gas aanwezig is in lichaamsdelen waar het normaliter niet is. Behalve een paar ongebruikelijke pathologische condities is de meest voorkomende oorzaak van deze ongebruikelijke aanwezigheid van gas iatrogeen, d.w.z. veroorzaakt door medische procedures. Gassen worden ook door dokters gebruikt voor diagnostische en therapeutische doeleindes. Voor diagnostische doeleindes worden ze soms in radiologie gebruikt. Bij voorbeeld bij onderzoek van de dikke darm. Voor therapeutische doeleindes worden gassen soms gebruikt bij operaties. In bepaalde stadia van buikoperaties, gynaecologie en oogheelkunde bij voorbeeld. In deze gevallen kan de aanwezigheid van gas in de periode na de operatie een contra-indicatie voor duiken betekenen.

In dit artikel kijken we naar het gebruik van gas bij oogoperaties, in het bijzonder bij ingrepen in het glasachtig lichaam van het oog en hoe het gebruik ervan de oorzaak kan zijn dat patiënten de hoeveelheid duiken na de operatie beperken.

Om het gemakkelijker te begrijpen te maken voor alle lezers, zullen we het gebruik van wiskundige formules vermijden en leggen we de natuurkundige concepten uit, waarvan de betekenis soms moeilijk te vatten is.

Achtergrond:

De eerste observaties van een gasbel in een dierenoog zijn van 1607. Robert Boyle bouwde een hyperbare kamer en zette er verschillende dieren in. Een adder werd met deze machine aan decompressie onderworpen en de aanwezigheid van een gasbel in zijn oog werd opgemerkt. Men was echter niet in staat om te verklaren hoe die zich gevormd had. In feite kan dit gezien worden als het eerste voorbeeld in de medische geschiedenis van in het laboratorium opgeroepen decompressieziekte.

Het gebruik van gas bij oogoperaties gaat echter terug tot het begin van de vorige eeuw. De eerste poging om intraveneus gas te gebruiken bij de behandeling van loslating van het netvlies gaat terug naar 1909. Het gebruikte gas was lucht. In de tweede helft van de vorige eeuw begonnen chirurgen gebruik te maken van lucht als ondersteuning bij gespecialiseerde operatieve procedures voor netvliesloslating. Vervolgens werden er langdurende zuivere gassen en gasmengsels gebruikt en die worden nu nog steeds gebruikt bij operaties voor loslatende netvliesproblemen, vooral bij pneumatische retinopexie (operatief herstel van netvliesloslating) en vitrectomie (verwijdering van het glasachtig lichaam) operaties.

Het gebruik van bij oogoperaties tegenwoordig

Bij operaties van de voorste oogkamers, vooral bij grauwe en groen staar, is het gebruikte gas alleen maar lucht.

Het gebruik van gas bij dit soort operaties is tegenwoordig vrij zeldzaam daar sommige stoffen met visco-elastische eigenschappen in ieder geval bij de meer moderne operatieve praktijken, het gebruik van lucht vervangen hebben. De functie van gas is in deze gevallen het creëren van ruimte en een manier om de endo-oculaire structuren die de chirurg moet opereren, van elkaar te scheiden.

Gezien het feit dat de hoeveelheid lucht die in de voorste kamer gebruikt wordt heel klein is, wordt het gas binnen een of twee dagen gereabsorbeerd. Het veroorzaakt dan ook geen problemen voor patiënten die besluiten weer te gaan duiken nadat de operatiewond geheeld is.

We moeten hierbij echter aantekenen dat zelfs als er geen gas meer in het oog aanwezig is, het aan te raden is tenminste twee maanden te wachten na de operatie alvorens weer te gaan duiken. Dit om infecties of stoten van de operatiewond te voorkomen.

Opereren van het achterste deel van het oog

Langdurig gas binnen in een oog kan tot ernstige problemen leiden voor die patiënten die te snel weer willen gaan duiken. Deze gassen worden gebruikt voor oogoperaties, vooral bij operaties voor loslating van het netvlies of bij aandoeningen van de gele vlek. In deze gevallen is de functie van het gas niet "ruimte scheppen" of om te helpen de endo-oculaire structuren zichtbaar te maken (wat in tegendeel het zelfs moeilijker maakt ze te identificeren) maar als tamponnade. Tamponnade is de kracht van het gas dat tegen het netvlies drukt om zijn herpositionering in zijn natuurlijke positie te vergemakkelijken als het netvlies los is.

Loslating van het netvlies is een kwaal waarin het netvlies losgekomen is van de oogwand waaraan het normaliter vast zit. Laten we, om dit ter vergelijking beter te begrijpen, een aannemen dat het oog een kamer is.

De binnenkant van de kamer is bedekt met behang. Een scheur in het behang is de meest passende vergelijking met netvliesscheurtjes. Als het behang gescheurd is, kan er vocht achter komen en het helemaal losweken. De oorzaken van netvliesscheurtjes kunnen gevonden worden in de achterste bevestiging van het glasachtig lichaam, een substantieel, fysiologische conditie die de meeste mensen pas krijgen nadat ze een bepaalde leeftijd gepasseerd zijn. We zullen niet al te veel in detail gaan betreffende dit ingewikkelde argument, maar we moeten stellen dat deze kwaal in sommige gevallen kan leiden tot het afscheuren van het netvlies, daarmee netvliesscheurtjes veroorzakend in een verschillende mate van ernst.

Het grootste deel van netvliesscheuren veroorzaken geen netvliesloslating. Maar veel van deze scheurtjes kunnen met laser behandeld worden als de oogarts besluit dat ze gevaarlijk zijn en potentiële voorlopers van loslaten van het netvlies ([illustratie 1 en 2](#)).

Sommige andere afwijkingen van het netvlies, waardoor de gevoeligheid voor netvliesscheuren groter kan worden, kunnen ook met laser behandeld worden. Als een scheurtje zich ontwikkelt tot loslaten van het netvlies, vormt er zich een vloeistoflaagje tussen het netvlies en de oogwand die de normale metabolische uitwisseling tussen netvlies en de choroïdale laag verhindert. Deze laatste is rijk aan bloedvaten die onder normale omstandigheden voedsel aan de retinale zenuwcellen leveren.

Als loslating niet behandeld wordt, heeft het de neiging zich over het gehele netvlies uit te breiden, daarbij blindheid veroorzakend. Het doel van een operatie bij netvliesloslating is om het scheurtje in het netvlies te sluiten en het vocht onder het netvlies te laten reabsorberen. Sluiten van de scheur in het netvlies kan

gedaan worden door een zogenaamde episclerale operatie waarbij een indrukkend element (meestal gemaakt van spons of siliconenrubber) aangebracht op de buitenste oogwand. In dit geval wordt vanaf de buitenkant de wand van de bal tegen het netvlies aangedrukt waardoor een functionele sluiting van het scheurtje wordt verkregen.

Sluiting van de netvliescheur kan echter ook verkregen worden vanuit de binnenkant d.m.v. een vitrectomie operatie, waarin het glasachtig lichaam met de juiste instrumenten wordt verwijderd en een tamponnade element wordt ingebracht (in de vorm van een gas of vloeistof), die het netvlies van binnen uit tegen de wand aandrukt en daarbij de scheur sluit en reabsorbtie van de vloeistof onder het netvlies mogelijk maakt. De vooruitgang van operatieve technieken bij operaties voor netvliesloslating heeft geleid tot een toename van het gebruik van gas bij operaties.

In de laatste paar jaar zijn chirurgen in een paar geselecteerde gevallen begonnen met het gebruik van een mini-invasieve procedure pneumatische retinopexie genaamd. Deze bestaat uit een gasinjectie in het oog gevolgd door een laserbehandeling van het netvliescheurtjes (de oorzaak van het loslaten van het netvlies). Op deze manier kan loslaten van het netvlies geheeld worden zonder het gebruik van operatieve instrumenten, maar in plaats daarvan door de gasinjectie die het netvlies tegen de oogwand aandrukt, en het daarmee opnieuw bevestigt. De gasbel die op deze manier ingebracht wordt heeft de neiging tot "drijven", d.w.z. dat het gaat zitten in het hogere deel van het oog (zie [illustratie 2](#)).

Het is daarom noodzakelijk dat in de eerste 24-36 uur na de operatie de patiënt in de positie blijft die door de chirurg bepaald is zodat de gasbel precies op het juiste deel van het netvliescheurtje drukt van waaruit de loslating veroorzaakt wordt. In het algemeen is binnen een maand het gas dat in het oog was ingebracht weer door de oogweefsels geabsorbeerd.

De tijdsduur die het gas na de operatie in het oog aanwezig blijft

Verschillende soorten gas blijven gedurende een verschillende tijdsduur in het oog aanwezig. Na de injectie in het oog verandert het volume van de lucht in eerste instantie niet, terwijl andere gassen zoals sulfaathexafluoride en perfluorocarbon gas de neiging hebben zich te verspreiden en in volume toe te nemen tijdens de eerste dagen na de operatie. Vervolgens worden ze langzaam maar zeker weer geabsorbeerd. Als die eerste uitzetting niet nodig is, brengt men liever een gasmengsel met lucht in het oog in dan zuiver gas, vooral bedoeld om te voorkomen dat men een eerste expansie van het oog veroorzaakt.

Of het nu gaat om zuiver gas of om gasmengsels, na een paar dagen zet de reabsorbtie van gassen in de weefsels in met een afname van de afmeting van de intra-oculaire bel. De totale tijd die nodig is voor de weefsels om de bel helemaal te reabsorberen is afhankelijk van het type gas. Soms is er tamponnade van het netvlies nodig gedurende 3 of 4 weken. Over het algemeen echter zijn alle soorten gas na iets meer dan een maand in de oogweefsels gereabsorbeerd.

Intraoculaire druk

De intraoculaire druk wordt meestal door een oogspecialist gemeten met een instrument dat tonometer wordt genoemd. Intraoculaire druk (het zou beter zijn om te spreken van relatieve intraoculaire druk) wordt veroorzaakt door het verschil in de absolute druk binnen in het oog en de absolute luchtdruk. Een druk tussen 10 en 20 mm kwikdruk wordt als normaal beschouwd. Dit houdt daarom in dat de absolute oogdruk normaal 10 tot 20 mm Hg hoger is dan die van de absolute atmosferische luchtdruk.

Als er gas in de operatiekamer in het oog is ingebracht zal er na een eerste toename in druk, die een paar uur aanhoudt, de druk zich stabiliseren en terugkeren tot 10-20 HG, daar er een langzame uitwisseling van gas is tussen de bel en de oculaire weefsels. Later zullen we zien dat, als er een gasbel in het oog zit,

snelle veranderingen in de externe druk (zoals tijdens duiken of vliegen) variaties in de intraoculaire druk teweeg brengen. De intraoculaire gasbel kan in feite niet van het oog weglekken of snel genoeg door de weefsels geabsorbeerd worden. Zoals we al eerder stelden wordt de intraoculaire druk veroorzaakt door het verschil tussen de absolute interne druk en die van de omgeving.

Dus als in aanwezigheid van een intraoculaire gasbel de buitendruk afneemt, bij voorbeeld tijdens vliegen, neem de interne oculaire druk toe. Nogmaals, als bij aanwezigheid van een intraoculaire gasbel de buitendruk toeneemt, zoals het doet tijdens het duiken, neemt de intraoculaire druk af. Een toename van de intraoculaire druk is gevaarlijk vanwege de schade die de uitzettende gasbellen in de intraoculaire structuur kunnen teweeg brengen en daarbij het volume kan doen toenemen. Een afname van de intraoculaire druk is ook gevaarlijk vanwege druk van perioculaire (peri - rondom) weefsels op de oogbol (die trouwens slap wordt).

Intraoculair gas en persluchtduiken

Laten we het nu eens hebben over duiken met onbeschermdde ogen of met contactlenzen, maar zonder duikbril. Tijdens de afdaling onder water gaat de buitendruk door de oogweefsels heen. In dit geval komt de externe druk van het water overeen met die van de interne druk in alle delen van het oog. De intraoculaire druk (relatief) zoals we die hiervoor beschreven hebben, heeft de neiging stabiel te blijven, maar de absolute intraoculaire druk neemt toe vergeleken met die we aan het wateroppervlak vinden.

De hyperbare atmosfeer leidt tot een afname in volume van de gasbel die geleidelijk aan in het oog ontstaan is voor de duik, wat dan leidt tot het bezwijken van de oogwand, met potentiële schade aan de endo-oculaire structuren. In werkelijkheid dragen duikers meestal een bril vol met lucht. Het berekenen van de druk wordt daarom bemoeilijkt door de aanwezigheid van de luchtbel in de bril. Het contact tussen lucht en het gezicht van de duiker is het kritieke punt van de drukgradiënt.

Als de druk in de luchtholte voor de ogen van de duiker niet toeneemt door de "bril drukcompensatie manoeuvre" wordt de luchtdruk in de duikbril lager die erbuiten in het water. Het gevolg is "suctie", de zogenaamde "maskersqueeze". Het weefsel van oog en gelaat wordt door een druk hoger dan binnen in de bril, in de bril zelf geduwd. Dit fenomeen staat in de duikwereld bekend als "Maskersqueeze". Het gevolg is echter een deformatie en verplaatsing van de weefsels in het oog in de richting van de binnenkant van het masker, oedeem van de weefsels en soms bloedingen. In feite is het zo dat bij de afdaling onder water het verschil in druk in de bloedvaten en het bindweefsel en de luchtdruk in het masker behoorlijk toeneemt vergeleken met de situatie aan het wateroppervlak.

Daarom veroorzaken duikincidenten waarbij de druk in het duikmasker niet goed geklaard is schade aan het oculaire gebied met pijn en subconjunctivale bloedingen. Gelukkig komen schade van en bloedingen in het oog niet vaak voor. Voor een onderwater duiker met een gasbel in zijn oog geldt dat, als de druk in het duikmasker gelijk is aan de externe druk van het water, de endo-oculaire gasbel, zoals beschreven in het geval van het onbeschermdde oog onderwater, in volume afnemen en waardoor het oog kan bezwijken.

Drukvariaties in het masker kunnen, net zoals de externe druk van het water, variaties in het volume van het gas in het oog teweeg brengen. In het geval van "maskersqueeze" kan de druk in het masker die lager is dan van het water (en daarom van het oog) een toename van het volume van de intraoculaire gasbel veroorzaken. Dit kan uitrekken van de oogbol tot gevolg hebben en een naar voren verplaatsen van de heldere lens en andere oculaire structuren. Het tegenovergestelde is niet mogelijk, daar de druk in het masker, als die hoger is dan in het water (en daarom van het oog) lekken van lucht uit het masker tot gevolg heeft en daarmee het opnieuw in evenwicht brengen van de maskerdruk, die dan gelijk wordt aan die van buiten.

In het licht van deze fysieke en fysiologische overwegingen wordt aangeraden om niet te duiken zo lang er na een operatie nog gas in het oog zit. Deze aanbeveling wordt ook gegeven op de instructiekaart van de fabrikanten van gasflessen die tijdens de operatie gebruikt worden.

Intraoculair gas en vliegen

Duikers reizen vaak lange afstanden om afgelegen duikbestemmingen te bereiken. Vliegen is gevaarlijk voor het oog als er intraoculair gas aanwezig is. De luchtdruk in de cabines van vliegtuigen is over het algemeen gelijk aan de atmosferische druk in de bergen op een hoogte van 1.500 meter boven zeeniveau. De absolute intraoculaire druk, zoals hierboven gedefinieerd, heeft de neiging stabiel te blijven, maar de relatieve druk (d.w.z. vergeleken met buiten) neemt toe vergeleken met de druk op het vliegveld waar vandaan je vertrokken bent (mits het vliegveld natuurlijk onder 1.500 meter boven zeeniveau ligt).

Aan boord van een vliegtuig leidt dit tot uitzetten van de gasbel in het oog ingebracht op kamerdruk (in een operatiekamer) bij atmosferische druk die in het algemeen dichterbij die op zeeniveau ligt en daarom hoger is. De gasbel op deze wijze uitgezet kan leiden tot intraoculaire schade waarbij intraoculaire weefsels worden verplaatst en samengedrukt. Vliegen moet daarom vermeden worden als je een gasbel in het oog hebt.

Geschiktheid voor duiken

Laserbehandeling voor netvliesscheurtjes.

Duikers vragen vaak om meer informatie over deze procedure. In sommige gevallen gaat dit gepaard met het inbrengen van gas (pneumatische retinopexie), wat later in dit artikel behandeld wordt. In de meeste gevallen echter wordt het gedaan zonder inbrengen van gas in het oog. Dit is de profylactische behandeling van netvliesscheurtjes die uitgevoerd wordt om het optreden van netvliesloslating te voorkomen. In sommige gevallen kan een kleine, gelokaliseerde loslating ingeperkt worden door een laserbehandeling die de uitbreiding naar andere delen van het netvlies blokkeert en daarmee verder schade voorkomt.

Bij sommige types operaties voor netvliesloslating wordt er laserbehandeling toegepast nadat het netvlies opnieuw vastgemaakt is d.m.v. episclerale of endo-oculaire (vitrectomie of pneumatische retinopexie) operatietechnieken. Alle gevallen van laserbehandeling bestaan uit het veroorzaken van microscopische verbranding van het netvlies dat, als er littekenvorming optreedt, de infiltratie van vocht van het glasachtig lichaam naar de plek onder het netvlies blokkeert. Contraindicaties voor duiken zijn er niet na een laserbehandeling voor netvliescheurtjes of netvliesdegeneratie zonder netvliesloslating, mits er geen gas in het oog ingebracht is. Uiteraard moet je oogverwondingen of grote inspanningen gedurende ongeveer 3 weken na de behandeling vermijden totdat het netvlieslitteken geheeld is. "Maskersqueeze" moet tijdens het duiken ook vermeden worden.

Staaroperaties, pneumatische retinopexie, vitrectomie, episclerale operatie bij netvliesloslating.

Als voorzorgsmaatregel wordt aangeraden om niet te gaan duiken en vliegen gedurende ongeveer 2 maanden na deze chirurgische ingrepen. Deze herstelperiode geeft het operatiegas de gelegenheid te reabsorberen in het oogweefsel. Duiken en vliegen kunnen zelfs al eerder worden toegestaan, na het "all-clear" van een oogarts, als er tijdens de operatie geen gas in het oog is ingebracht of, indien er gas is gebruikt, de oogspecialist een controle uitvoert en vindt dat er geen intraoculair gas meer aanwezig is en dat de operatiewond geheel hersteld is.

Illustratie 1	Illustratie 2	Illustratie 3
		

Dankbetuiging

Speciale dank aan Diego Dick, Giorgio Orlandelli, dokter Paolo Perosa van het Cala Lunga duikcentrum in La Maddalena, voor hun hulp bij het samenstellen van dit artikel.