

Review Article

Open Access

Gangguan Keseimbangan Akibat Penyakit Dekompresi

Baiq Hilya Kholida¹, Ilsa Hunaifi^{1*}, Diayanti Tenti Lestari¹, Theophany Margareta Kurniawan², Wardha Novia Annisa², Nur Feby Febiana Agistany², I Gusti Lanang Krisna Wiracakra¹

¹Departemen Neurologi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

²Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail: ilsahunaifi@unram.ac.id, Mobile number: +62 81907593366

ABSTRAK

Latar belakang: *Decompression Sickness* (DCS) adalah penyakit multisistem disebabkan oleh gelembung gas terlarut yang terbentuk dalam darah dan jaringan selama atau pasca penurunan tekanan lingkungan mendadak.

Isi: Insiden DCS jarang terjadi, hanya sekitar 3 kasus per 10.000 penyelaman. Insidennya meningkat pada nelayan penyelam tradisional. *Inner Ear Barotrauma* (IEB) merupakan suatu kerusakan jaringan fisik yang terjadi akibat ketidakseimbangan antara tekanan udara pada ruang telinga tengah dan telinga dalam. *Alternobaric vertigo* (AV) merupakan suatu kondisi kejadian vertigo sementara yang biasanya akan berkembang saat naik atau melakukan manuver valsava. Faktor risiko lainnya pada AV meliputi paparan kebisingan saat melakukan penyelaman. Review ini menggunakan *Inner Ear Disorders in SCUBA Divers: A Review* sebagai panduan dalam menyusun artikel. Penelusuran menggunakan *Google Scholar*, *Pubmed*, dan *Plos One*.

Kesimpulan: *Decompression Sickness* (DCS) dapat menyebabkan Gangguan keseimbangan pada IEB, *Inner Ear Decompression Sickness*, dan AV.

Kata kunci: *Decompression sickness*; barotrauma; vertigo



Published by :
Fakultas Kedokteran
Universitas Muslim Indonesia
Phone:
+62822 9333 0002

Address:
Jl. Urip Sumoharjo Km. 5 (Kampus II UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.
Email:
medicaljournal@umi.ac.id

Article history:

Received: 17 Juli 2024
Accepted: 08 Oktober 2024
Published: 17 Desember 2024

ABSTRACT

Background: Decompression Sickness (DCS) is a multisystem illness caused by dissolved gas bubbles that form in the blood and tissues during or after a sudden decrease in environmental pressure .

Content: DCS incidents are rare, only about 3 cases per 10,000 dives. The incidence is higher in traditional diving fisherman. Inner Ear Barotrauma (IEB) is a physical tissue damage that occurs due to an imbalance between air pressure in the middle ear and inner ear. Alternobaric Vertigo (AV) is a condition of temporary vertigo that usually develops during ascent or performing the Valsalva maneuver. Other risk factors for AV include noise exposure during diving. This review uses Inner Ear Disorders in SCUBA Divers: A Review as a guide in compiling the article. Searches using Google Scholar, Pubmed, and Plos One.

Summary: Decompression Sickness (DCS) can cause balance disorders in IEB. Inner Ear Decompression Sickness, and AV.

Keywords: Decompression sickness; barotrauma; vertigo

PENDAHULUAN

Penyakit disbarik (*dysbarism*) atau *Acute Dysbaric Disorders* (ADD) merupakan semua kondisi medis yang terjadi akibat atmosfer yang melampaui kapasitas kompensasi tubuh untuk beradaptasi secara aman.¹ Penyakit ini bisa terjadi akibat penyelaman, adanya paparan lingkungan dengan perubahan tekanan yang ekstrem, seperti penerbangan dan eksplorasi ruang angkasa, *compressed air tunnel*, serta *caison work*. Disbarisme juga dapat terjadi secara iatrogenik yang tidak terkait dengan dekompresi, seperti ventilasi non-invasif dan ventilasi mekanis invasif.² Menurut data dari *Divers Alert Network* (DAN), terdapat lebih dari 1000 kasus cedera akibat penyelaman per tahun dan <1% penyelam mengalami ADD jenis dekompresi.¹ Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Lombok, Nusa Tenggara Barat dari tahun 2016 hingga 2020, dari 835 kasus yang masuk ke *hyperbaric center* 3 rumah sakit di Nusa Tenggara Barat, terdapat 114 pasien yang mengalami ADD dengan diagnosis dekompresi sebanyak 111 orang.³ Jenis ADD yang dibahas lebih lanjut pada artikel ini, yaitu *Inner Ear Barotrauma*, *Inner Ear Decompression Sickness*, dan *Alternobaric Vertigo*.

Inner Ear Barotrauma (IEB) merupakan suatu kerusakan jaringan fisik yang terjadi akibat ketidakseimbangan antara tekanan udara pada ruang telinga tengah yang diteruskan ke koklea dengan tekanan lingkungan sekitar, sehingga terjadi peregangan pada jaringan.^{4,5} IEB yang sering terjadi adalah barotrauma telinga tengah dengan insiden barotrauma secara global, yaitu 35 per 10.000 penyelaman, serta tingkat kematian mencapai 130 per 10.000 kasus.⁶

Dekompresi atau *Decompression Sickness* (DCS) adalah penyakit multisistem disebabkan oleh gelembung gas terlarut, seperti helium atau nitrogen, yang terbentuk dalam darah dan jaringan selama atau

pasca penurunan tekanan lingkungan atau depresurisasi mendadak.² Berdasarkan keparahan gejalanya, DCS dibagi menjadi dua, yaitu DCS tipe 1 dan 2. DCS tipe 1 hanya menunjukkan gejala ringan, seperti nyeri sendi, gatal, kelelahan, kantuk berlebihan, serta pusing sedangkan pada DCS tipe 2 gejalanya lebih parah, yaitu gangguan neurologis ringan dan serius, kardiovaskular, dan pulmonari.^{7,8} Bagian vestibular telinga dalam merupakan bagian yang sering terkena dampak karena memiliki volume jaringan yang lebih tinggi dan suplai darah yang lebih kecil, sehingga periode pembersihannya lambat.⁵ Insiden DCS jarang terjadi, hanya sekitar 3 kasus per 10.000 penyelaman. Insidennya meningkat pada kalangan nelayan penyelam komersial yang berkisar antara 1,5-10 per 10.000 penyelaman.⁹

Di Indonesia, terdapat beberapa data terkait dengan kejadian DCS. Berdasarkan data kesehatan penyelam tradisional Provinsi Sulawesi Tenggara, terdapat 285 penyelam yang mengalami DCS dengan 83 orang merasakan gejala nyeri sendi dan otot, 48 orang merasakan sakit kepala, 8 orang mengalami kelumpuhan, 4 orang mengalami mimisan, dan 1 orang meninggal.¹⁰

Alternobaric vertigo (AV) merupakan suatu kondisi ditandai dengan kejadian vertigo sementara yang biasanya akan berkembang saat naik atau melakukan maneuver valsava. Prevalensi kejadian AV berkisar 10-17% yang menunjukkan bahwa perempuan lebih beresiko tinggi dibandingkan laki-laki.¹¹ Faktor risiko lainya pada AV meliputi paparan kebisingan saat melakukan penyelaman, penyelaman di air dingin, riwayat barotrauma sebelumnya, otitis media berulang, serta penyumbatan saluran atau fungsi eustachius secara unilateral.⁵ Artikel ini bertujuan untuk mengetahui gangguan keseimbangan pada *Inner Ear Barotrauma*, *Inner Ear Decompression Sickness*, dan *Alternobaric Vertigo*.

METODE

Merupakan artikel review, menggunakan *Inner Ear Disorders in SCUBA Divers: A Review* sebagai panduan dalam menyusun artikel. Penelusuran menggunakan *Google Scholar*, *Pubmed*, dan *Plos One* dengan kata kunci “*Inner Ear Barotrauma*” “*Decompression sickness*” “*Balance Disorders*” dan “*Alternobaric Vertigo*”. Kriteria inklusi yang digunakan yaitu jurnal yang di publikasi pada rentang tahun 2014 – 2024 dengan jenis *Review*, *Systematic Review*, *Books and Documents*, serta *Randomized Controlled Trial*.

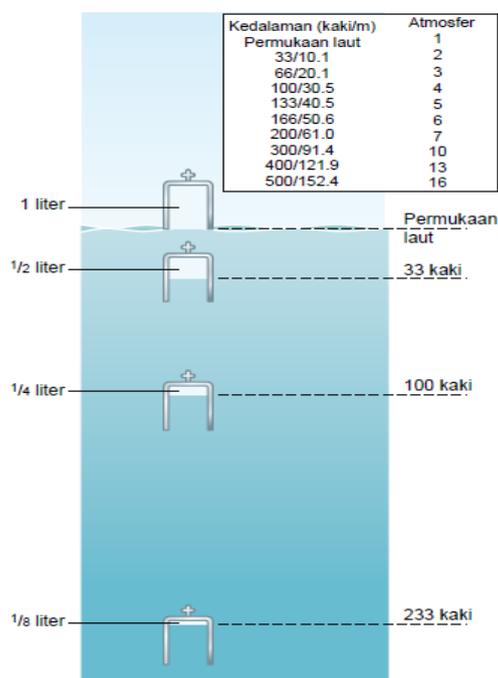
PEMBAHASAN

Hukum Fisika

Ketika seseorang turun ke dalam laut, maka akan terjadi peningkatan hebat pada tekanan di sekelilingnya.¹² Agar tidak terjadi kolaps pada paru, maka harus diberikan udara dengan tekanan yang sangat tinggi.¹² Dalam hal ini, darah akan terpajan tekanan gas alveolus yang sangat tinggi, yang disebut hiperbarik.¹²

Pada kedalaman 33 kaki (10,1 meter) akan mendapat tekanan 2 atmosfer, 1 atmosfer disebabkan oleh berat udara di atas permukaan laut dan 1 atmosfer berasal dari berat air (**gambar 1**).¹² Efek penting dari kedalaman ialah kompresi gas, sehingga volumenya semakin mengecil.^{12,13} Pada kedalaman 33 kaki akan terjadi kompresi dan volumenya mengecil menjadi setengah liter.¹³

Hal ini disebut prinsip hukum Boyle, yaitu volume yang diberikan oleh gas yang terkompresi berbanding terbalik dengan tekanannya.^{12,13} Akibatnya, tekanan yang meningkat ini dapat menyebabkan kolaps terutama pada paru.^{12,13} Namun, hukum Henry menyatakan bahwa semakin tinggi tekanan di sekitar, maka konsentrasi gas terlarut dalam darah dan jaringan akan meningkat.^{13,14}



Gambar 1. Efek kedalaman laut terhadap tekanan¹²

Saat seseorang menyelam semakin dalam, maka tekanan akan meningkat dan akan meningkatkan gas terlarut dalam tubuh, yaitu nitrogen.¹⁵ Hal ini akan menimbulkan terjadinya narcosis nitrogen.¹⁵ Selain itu, akibat tekanan O₂ yang tinggi, dapat menimbulkan toksisitas oksigen.¹⁵

Masalah lain yang timbul adalah ketika seorang penyelam yang memiliki gas nitrogen terlarut yang tinggi tiba-tiba naik ke permukaan.¹⁵ Hal ini menyebabkan gas nitrogen yang banyak terlarut keluar, sehingga terbentuk gelembung. Kondisi inilah yang disebut dengan penyakit dekompresi.¹⁵

Inner Ear Barotrauma (IEBT)

Inner ear barotrauma (IEBT) merupakan cedera telinga bagian dalam disbarik yang terkait dengan penyelaman. IEBT dikaitkan dengan kerusakan mekanis akibat gradien tekanan antara telinga tengah dan dalam. Penyakit ini bermanifestasi sebagai gejala kokleovestibular yang seringkali menyulitkan penegakan diagnosisnya. Tinnitus dilaporkan sebagai gejala IEBT pada 73% pasien yang dapat sembuh total dengan atau tanpa perbaikan bedah. Gejala vestibular berupa vertigo dilaporkan pada 46% kasus IEBT yang juga dapat membaik dengan terapi konservatif dalam beberapa minggu hingga bulan.¹⁶

Ruptur yang disebabkan oleh penurunan tekanan cairan perilimfe disebut sebagai ruptur impulsif. Adanya peningkatan tekanan telinga tengah secara tiba-tiba setelah Valsalva yang kuat dan berhasil membuka saluran Eustachius. Seiring dengan bertambahnya ukuran telinga tengah secara mendadak, membrane timpani akan mengembang dengan cepat ke arah luar, menarik tulang-tulang bersamanya, dan bersama dengan tulang-tulang tersebut, demikian pula jendela oval melalui perlekatan ligamen annular menciptakan tekanan rendah di koklea. Peristiwa ini dapat menyebabkan robeknya jendela oval atau bulat karena perubahannya yang begitubegitu cepat.¹⁶

Faktor risiko terkait anatomi yang dapat memengaruhi IEBT berupa, pelebaran orifisium aquaductus koklearis yang dapat meningkatkan CFP dan pemendekannya yang biasa terjadi pada anak-anak dapat mencetuskan IEBT karena fluktuasi tekanan dalam urang subarachnoid.¹⁷

Vertigo Alternobarik (VA)

Vertigo alternobarik (VA) merupakan vertigo yang sifatnya sementara dan diakibatkan oleh transmisi tekanan asimetris dari telinga tengah ke telinga dalam.¹⁸ VA adalah entitas klinis yang jinak yang sering terjadi di lingkungan dengan perubahan tekanan, seperti penerbangan atau penyelaman Hal ini terjadi karena keseimbangan yang insufisien atau inkomplit– biasanya ketika bergerak dari lingkungan tinggi ke lingkungan bertekanan rendah.¹⁹

Faktor-faktor yang meningkatkan kemungkinan VA adalah infeksi saluran pernapasan atas atau disfungsi tuba eustachius.¹⁹ Penyelam mungkin sangat rentan mengalami vertigo alternobarik jika mereka pernah mengalami cedera atau infeksi sebelumnya dari salah satu labirin.²⁰ Telinga tengah sering kali menjadi ruang tertutup secara fungsional karena adanya obstruksi atau kolapsnya tuba eustachius. Ketika volume udara di dalam rongga telinga tengah yang tertutup mengembang atau berkontraksi saat naik atau turun, akan ada perbedaan tekanan di ruang telinga tengah dan membrane timpani.¹⁹ Misalnya pada saat pendakian, tekanan udara di telinga tengah menjadi lebih tinggi dibandingkan telinga luar dan hal ini menyebabkan udara mengalir secara pasif dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Jika tekanan pembukaan pasif tidak memicu saluran Eustachius (ETS) di setiap telinga terbuka pada ketinggian yang sama, hal ini

dapat menyebabkan VA.

Saat penyelaman, VA mungkin disebabkan oleh gerakan cepat dari alas stapes dalam hubungannya dengan perubahan posisi yang cepat dari membrane timpani, yang pada gilirannya menyebabkan stapes untuk mendorong jendela oval.²¹ VA dapat terjadi saat penurunan yang cepat ketika tekanan di telinga luar lebih besar dari tekanan di telinga dalam sehingga menyebabkan tuba eustachius menghisap tekanan tersebut yang kemudian akan mencegah pemerataan tekanan sampai tekanan lingkungan kembali normal.²¹ Perbedaan tekanan tetap ada antara telinga tengah kanan dan kiri, terdapat perbedaan persepsi di salah satu sistem vestibular sehingga memunculkan gejala seperti vertigo.¹⁹

Ketika terjadi kegagalan udara di rongga telinga tengah untuk keluar melalui tuba eustachius, peningkatan tekanan di telinga tengah saat pendakian akan mendorong membrane timpani keluar dan juga menekan alas stapes ke vestibula labirin, sehingga akan menimbulkan sensasi vertigo, disorientasi, mual, dan muntah. Vertigo seringkali muncul selama beberapa menit. Jika vertigo terjadi pada penyelam di kedalaman ini bisa berbahaya. Ada sensasi berputar searah dengan tekanan telinga yang lebih tinggi di ruang telinga tengah. Pasien juga mengeluh tinnitus dan kadang-kadang gangguan pendengaran yang sifatnya reversible.¹⁹

Inner Ear Decompression Sickness (IEDCS)

IEDCS merupakan cedera telinga bagian dalam disbarik yang terkait dengan penyelaman yang diakibatkan oleh pembentukan gelembung dari gas terlarut di dalam vena yang diikuti dengan arterialisasi gelembung dan distribusi ke arteri labirin atau di dalam labirin membranosa. Terdapat gejala klasik IEDCS berupa serangan vertigo yang terjadi secara tiba-tiba disertai dengan salah satu atau keduanya dari tinnitus dan gangguan pendengaran sensorineural akut.²²

Ketika penyelam menghirup gas terkompresi saat terkena tekanan tinggi selama menyelam, mengakibatkan sistem peredaran darah menjadi sangat jenuh dengan kandungan nitrogen karena peningkatan tekanan sekitar dan campuran gas terkompresi, sesuai dengan hukum Boyle. Gas terlarut ini normalnya dapat dikeluarkan dari tubuh melalui paru-paru tanpa insiden yang berarti; namun pada DCS, kelebihan gas terlarut akan mengalami perubahan tekanan yang cepat sehingga memicu pembentukan gelembung gas dalam darah dan jaringan, menyebabkan obstruksi dan peradangan.²³

IEDCS terisolasi dikenali dalam penyelaman dalam dengan penggunaan campuran helium-oksigen, terutama ketika gas pernapasan dialihkan dari campuran dekomposisi yang mengandung nitrogen kembali ke campuran yang mengandung helium (misalnya, campuran dasar penyelam). Meskipun mekanisme sebenarnya masih kurang dipahami, tetapi terdapat dugaan adanya helium yang memiliki laju difusi jauh lebih tinggi dibandingkan nitrogen, difusi helium ke dalam jaringan seperti endolimfe yang sudah mendekati supersaturasi kritis dapat mengakibatkan penggelembungan bahkan saat dekomposisi berhenti. Fenomena ini dikenal sebagai difusi balik isobarik.²³

Terdapat juga hubungan antara IEDCS dengan foramen ovale persisten, satu tipe *right-to-left shunt* yang memungkinkan darah dapat melewati system paru. Dengan demikian, gelembung gas yang terbentuk dalam sirkulasi vena tidak akan dikeluarkan melalui paru dan dapat masuk melalui sirkulasi arteri yang kemudian disebut dengan emboli gas arteri.²³ Faktor risiko yang dapat memengaruhi kejadian penyakit IEDCS meliputi, frekuensi penyelaman, durasi penyelaman, masa pakai, cara naik ke permukaan, waktu istirahat, dekompresi dan waktu yang tidak memadai untuk menyeimbangkan nitrogen.²²

Tata Laksana

Sebelum kegiatan menyelam dilakukan, para penyelam harus memahami dengan benar cara penyelaman yang benar dan mengetahui risiko yang mungkin terjadi.^{24,25} Seperti yang dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa gangguan keseimbangan yang dapat terjadi akibat penyakit dekompresi. Gangguan ini memiliki tata laksana yang berbeda. Vertigo alternobarik merupakan penyakit yang terjadi secara sementara dan dapat sembuh sendiri.²⁵

Pada pasien yang mengalami barotrauma telinga dalam dapat diberikan metilprednisolon 250 mg selama tiga hari.²⁴ Terapi konservatif dapat dilakukan dengan tirah baring dan elevasi kepala sampai 45.^{24,26} Untuk memastikan penyebabnya, dapat dilakukan CT scan temporal.²⁴ Terapi pembedahan dapat dilakukan jika ditemukan adanya fistula atau pendengaran pasien memburuk.^{24,27} Namun, terdapat penelitian yang menyatakan terapi pembedahan ini tidak berhasil karena tidak ada peningkatan fungsi pendengaran pasien.²⁸ Pada pasien yang mengalami penyakit dekompresi telinga dalam harus diberikan oksigen hiperbarik sesegera mungkin.^{24,29} Namun, jika pasien dalam perjalanan, perlu diberikan oksigen 100% terlebih dahulu.²⁴ Selain itu, dapat diberikan kortikosteroid untuk mengurangi inflamasi dan edema.²⁴ Contoh penelitian lain tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Terapi Gangguan Keseimbangan pada Penyakit Dekompresi

Peneliti	Jenis Penelitian	Intervensi	Luaran/Outcome
St Leger Dowse et al., 2022	Observasional	penggunaan dekongestan beberapa hari sebelum menyelam dan tingkat kesadaran untuk mengikuti rekomendasi <i>United Kingdom Diving Medical Committee</i> (UKDMC) untuk menjaga kesehatan telinga penyelam.	Sebagian penyelam (73%) tidak menyadari rekomendasi UKDMC dan 79% sampel mengalami masalah telinga, baik telinga luar, tengah, dan dalam. Penggunaan dekongestan sebesar 23% dengan 40 sampel yang rutin menggunakan

			dekongestan sebelum menyelam.
Monnot et al., 2019	Cross-sectional	Survey digunakan untuk mendukung manajemen injuri dari pertolongan pertama, tata laksana akhir, dan luaran yang dihasilkan pada penyelam scuba di Perancis.	ditemukan hubungan signifikan antara pemberian pertolongan pertama dan tatalaksana Oksigen hiperbarik dengan tingkat keparahan. Dari 114 sampel, 74% mengalami pemulihan total.
Gempp et al., 2016	Analisis retrospektif	Pasien <i>Inner Ear Decompression Sickness</i> (IEDS). Yang mendapatkan pertolongan pertama, tata laksana farmakologi, dan tambahan terapi HBOT.	Hasilnya tidak ditemukan hubungan statistik signifikan dari pemberian pertolongan pertama, terapi farmakologis, dan tambahan HBOT dengan luaran pasien. Namun, pada pasien yang diberikan terapi terapi tersebut memiliki luaran yang lebih baik atau banyak yang mengalami pemulihan paska IEDS.
Gelmann et al., 2021	Case Report	Pemberian Terapi oksigen hiperbarik dan kortikosteroid pada pasien 55 tahun yang mengalami Inner Ear Decompression Sickness (IEDCS)	Pasien dapat berjalan secara mandiri dan pendengarannya membaik setelah Pemberian terapi oksigen hiperbarik dan prednisone 50 mg selama tiga hari.

KESIMPULAN

Decompression Sickness dapat menyebabkan gangguan keseimbangan, gangguan keseimbangan tersebut dapat terjadi pada mekanisme *Inner Ear Barotrauma* (IEBT), *Inner Ear Decompression Sickness* (IEDCS), dan *Alternobaric Vertigo* (VA). IEBT merupakan cedera telinga bagian dalam disbarik yang terkait dengan penyelaman. VA merupakan vertigo yang sifatnya sementara dan diakibatkan oleh transmisi tekanan asimetris dari telinga tengah ke telinga dalam. IEDCS adalah cedera telinga bagian dalam disbarik yang terkait dengan penyelaman yang diakibatkan oleh pembentukan gelembung dari gas terlarut di dalam vena yang diikuti dengan arterialisasi gelembung dan distribusi ke arteri labirin atau di dalam labirin membranosa. Untuk melakukan pencegahan kejadian penyakit dekompresi, sebelum melakukan penyelaman, sebaiknya para penyelam memahami dengan benar cara penyelaman. Selain itu, terapi yang diberikan pada tiap-tiap gangguan keseimbangan berbeda.

Konflik Kepentingan

Tidak ada.

Sumber Dana

Tidak ada.

Ucapan Terima Kasih

Tidak ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. Atwell J, Murphy-Lavoie HM, Hendriksen S, Cooper JS. Dysbarism. Treasure Island (FL). StatPearls Publishing; 2022.
2. Savioli G, Alfano C, Zanza C, Piccini GB, Varesi A, Esposito C, et al. Dysbarism : An Overview of an Unusual Medical Emergency. *Medicina* (B Aires). 2022;
3. Wardoyo EH, Tarigan DRM. Acute Dysbaric Disorders : A Case Series in The Hyperbaric Center in Lombok 2016-2020. *Atlantis Press*. 2022;46(Orlhn 2021):296–300.
4. Battisti AS, Haftel A, M.Murphy-Lavoie H. Barotrauma. StatPearls Publishing; 2023.
5. Scarpa A, Ralli M, Luca P De, Gioacchini FM, Cavaliere M, Re M, et al. Inner Ear Disorders in SCUBA Divers : A Review. *J Int Adv Otol*. 2021;17(3):260–4.
6. Astari AM, Andarini S. The effect of medical history and compressor on barotrauma. *J Public Health Res*. 2021;10:232–
7. Dewi NW, Sutanegara KDP, Praramdana MN, Kasiron R Al, Zulkarnaen DA. Decompression Sickness Tipe 1 pada Nelayan Tradisional : Sebuah Tinjauan Pustaka. *Biocity Journal of Pharmacy*. 2023;1(2):81–8.
8. Howle LE, Weber PW, Hada EA, Vann RD, Denoble J. The probability and severity of decompression sickness. *PLoS One*. 2017;1–25.

9. Cooper JS, Hanson KC. Decompression Sickness. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. 5–9 p.
10. Dewi NW, Sutanegara KDP, Praramdana MN, Kasiron R AI, Zulkarnaen DA. Decompression Sickness Tipe 1 pada Nelayan Tradisional : Sebuah Tinjauan Pustaka. *Biocity Journal of Pharmacy*. 2023;1(2):81–8.
11. Francescon D, Jamal Z, Cooper JS. *Alternobaric Vertigo*. StatPearls Publishing; 2023.
12. Guyton AC, Hall JE. *Guyton dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. 13th ed. Jakarta: Elsevier; 2019. 477 p.
13. Bove AA. Diving medicine. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014 Jun 15;189(12):1479–86.
14. Patrician A, Đujić Ž, Spajić B, Drviš I, Ainslie PN. Breath-Hold Diving – The Physiology of Diving Deep and Returning. *Front Physiol*. 2021 May 21;12(639377):1–11.
15. Sherwood L. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. 9th ed. Jakarta: EGC; 2018.
16. Rozycki SW, Brown MJ, Camacho M. Inner ear barotrauma in divers: An evidence-based tool for evaluation and treatment. *Diving Hyperb Med*. 2018;48(3):186–93.
17. Scarpa A, Ralli M, De Luca P, Gioacchini FM, Cavaliere M, Re M, et al. Inner ear disorders in scuba divers: A review. *Journal of International Advanced Otolology*. 2021;17(3):260–4.
18. Francescon D, Zohaib, Jeffrey J, Cooper S. *Alternobaric Vertigo Continuing Education Activity* [Internet]. 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482211/>
19. Kumar Swain S, Acharya S. *Alternobaric vertigo-An uncommon medical hazard*. Article in *The Journal of Clinical and Scientific Research* [Internet]. 2021; Available from: <http://www.jcsr.co.in>
20. Glazer TA, Telian SA. Otolologic Hazards Related to Scuba Diving. *Sports Health*. 2016 Mar 1;8(2):140–4.
21. Mallen JR, Roberts DS. *SCUBA Medicine for otolaryngologists: Part I. Diving into SCUBA physiology and injury prevention*. Vol. 130, *Laryngoscope*. John Wiley and Sons Inc.; 2019. p. 52–8.
22. Farmer JC, Thomas WG, Youngblood DG, Bennett PB. Inner ear decompression sickness. *Laryngoscope*. 2024;86(9):1315–27.
23. Hartig F, Reider N, Sojer M, Hammer A, Ploner T, Muth CM, et al. Livedo Racemosa – The Pathophysiology of Decompression-Associated Cutis Marmorata and Right/Left Shunt. *Front Physiol*. 2020 Sep 3;11.
24. Livingstone DM, Smith KA, Lange B. Scuba diving and otology: A systematic review with recommendations on diagnosis, treatment and post-operative care. *Diving Hyperb Med*. 2017;47(2):97–109.
25. Mallen JR, Roberts DS. *SCUBA Medicine for otolaryngologists: Part I. Diving into SCUBA physiology and injury prevention*. *Laryngoscope*. 2020 Jan 1;130(1):52–8.
26. Lindfors OH, Räsänen-Sokolowski AK, Hirvonen TP, Sinkkonen ST. Inner ear barotrauma and inner ear decompression sickness: a systematic review on differential diagnostics. *Diving Hyperb Med*. 2021 Dec 20;51(4):328–37.
27. Deveze A, Matsuda H, Elziere M, Ikezono T. Diagnosis and treatment of perilymphatic fistula. *Adv Otorhinolaryngol*. 2018;81:133–45.
28. Rozycki SW, Brown MJ, Camacho M. Inner ear barotrauma in divers: An evidence-based tool for evaluation and treatment. *Diving Hyperb Med*. 2018 Sep 1;48(3):186–93.
29. Jones MW, Brett K, Han N, Cooper JS, Wyatt HA. *Hyperbaric Physics* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Apr 13]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448104/>
30. St Leger Dowse M, Waterman MK, Jones R, Smerdon GR. Aural health awareness and incident prevention in UK scuba divers. *Diving Hyperb Med*. 2022 Mar 1;52(1):22–6.
31. Monnot D, Michot T, Dugrenot E, Guerrero F, Lafère P. A survey of scuba diving-related injuries and outcomes among french recreational divers. *Diving Hyperb Med*. 2019 Jun 1;49(2):96–106.
32. Gempp E, Louge P, de Maistre S, Morvan JB, Vallée N, Blatteau JE. Initial severity scoring and residual deficit in scuba divers with inner ear decompression sickness. *Aerosp Med Hum Perform*. 2016 Aug 1;87(8):735–9.
33. Gelmann D, Jasani G, Moayedi S, Sward D. Inner ear decompression sickness in a hyperbaric chamber inside tender: a case report. *Undersea & Hyperbaric Medical Society*. 2021;48(4):443–8.