**ANATOMY IN THE ABYSS**

# UNDER PRESSURE

*Nine critical readings in freediving science*

**English edition** • نسخه فارسی

**THE HUMAN BODY, UNDER PRESSURE.**

Critical journal-style essays and truth-first photographic briefs
Prepared 10 August 2026

## Editorial method

Each essay begins with the selected paper, then separates observation from interpretation and editorial implication. Full texts were reviewed where openly available. For the 2019 equalization-score proposal and the 2026 decompression-sickness review, critical appraisal is limited in part by accessible abstract and metadata; this limitation is carried into the wording. Reviews and perspectives are not presented as new cohort studies. Exact numerical findings are retained only when they clarify the argument.

The voice follows a science-led Anatomy in the Abyss approach: calm, precise and human. Photo directions follow a truth-first documentary workflow. They are capture briefs, not requests to invent anatomy, distress, equipment, data or weather. English and Persian editions are separated to keep reading direction and terminology clean.

Persian terminology is standardized for freediving, physiology, safety and equalization. Abbreviations such as $SpO_2$, DCS, HIF and S100B remain intact where translation would reduce precision.

### Scope and safety

This collection is educational and editorial. It does not replace medical assessment, current agency standards, local emergency procedures or direct instructor supervision. It intentionally avoids maximal breath-hold tables, hyperventilation instructions and solo water practice.

## Contents

**01** **The Quiet Ascent Is Not a Quiet Brain** — selected record 1
**02** **Pressure Makes Oxygen Abundant—Until It Does Not** — selected record 2
**03** **The Ear Remembers Every Descent** — selected record 5
**04** **A Number for the Moment the Ear Says No** — selected record 4
**05** **Listening to the Vagus, Hearing No Single Answer** — selected record 6
**06** **The Bends Without a Tank** — selected record 7
**07** **The Women Who Made Adaptation a Livelihood** — selected record 3
**08** **A Body Taught by a Community** — selected record 8
**09** **A Field Coming Up for Air** — selected record 9



RESEARCH FILE 01 / 09

DOCUMENTARY PHOTOGRAPH

# The Quiet Ascent Is Not a Quiet Brain

A waterproof optical sensor followed elite freedivers into depth. What it saw was not a smooth descent into calm, but a sharply changing circulation whose most dangerous chapter may begin on the way home.

**IMAGE NOTE**

Sina Mehrpooyan field archive; approved Anatomy in the Abyss grade.

ENGLISH ARTICLE / PERSIAN ARTICLE

**RESEARCH FILE 1 OF 9**

# The Quiet Ascent Is Not a Quiet Brain

*A waterproof optical sensor followed elite freedivers into depth. What it saw was not a smooth descent into calm, but a sharply changing circulation whose most dangerous chapter may begin on the way home.*

**SOURCE PAPER** **When the human brain goes diving: using near-infrared spectroscopy to measure cerebral and systemic cardiovascular responses to deep, breath-hold diving in elite freedivers**

McKnight JC et al. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2021;376:20200349. PMID 34176327 • DOI

*Evidence type: Field proof-of-concept; five elite male freedivers, 17 open-water training dives*

## Inside the dive

McKnight and colleagues took continuous-wave near-infrared spectroscopy out of the laboratory and placed it over the left prefrontal cortex of five elite male competitors. Across 17 training dives—21 to 107 metres and 49 to 249 seconds—the marinized sensor tracked changes in oxygenated and deoxygenated haemoglobin, a tissue-saturation index, an optical estimate of arterial oxygen saturation, and the pulse waveform. Every diver used lung packing; disciplines and profiles varied; safety divers were present. This was a feasibility study in the sea, not a controlled trial.

## The signal changed direction

During descent, pressure-supported oxygen availability often held up while heart rate slowed, sometimes profoundly. Across the series, the researchers observed sustained rates below 27 beats per minute and one interbeat interval of 5.4 seconds. On ascent, work increased while ambient pressure fell. The estimated oxygen saturation then dropped rapidly; the lowest reported value was 25%, and the authors note that the processing window could have hidden an even lower instantaneous nadir. In nine dives the pulse waveform also changed progressively with depth and bradycardia. The proposed explanation—reduced vascular compliance and an altered Windkessel effect at very low heart rates—is

physiologically plausible, but remains an interpretation rather than a direct measurement of vessel stiffness.

## What the paper does—and does not—establish

Its importance lies in showing that brain and cardiovascular signals can be collected during real deep dives, and that the ascent can combine falling oxygen pressure, renewed muscular work and an evolving circulation. It does not identify a blackout threshold, validate the optical saturation estimate against an arterial sample at depth, or show that a particular waveform predicts an event. The sample was tiny, all male and highly selected. Repeated dives from the same athletes were not independent; every dive included lung packing; sensor contact was lost in parts of several records; disciplines, depths and respiratory mechanics differed. Near-infrared spectroscopy also samples superficial frontal tissue and is vulnerable to movement and scalp blood flow.

## The editorial reading

A calm face at the surface can conceal a fast physiological transition beneath it. That is the useful lesson—not that a wearable can certify safety. For teaching, the study strengthens the rationale for disciplined surface support and attention through the final metres and immediate recovery. For research, it opens a route toward field monitoring, but the signal still needs larger, diverse cohorts and prospective links to symptoms or loss of motor control before it can become a decision tool.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Hero documentary photograph. A trained freediver ascends beside a real line in dark open water while an assigned safety diver closes the final distance. Show the lanyard, rope, mask and fins accurately; keep the surface light high in frame and leave navy negative space for a title. Grade with restrained deep teal and mineral grey, preserving natural skin and water. Do not add oxygen numbers, brain graphics, bubbles, or a staged blackout. Capture an actual supervised dive and caption place, depth context, diver and photographer with consent.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 1 از ۹

# صعود آرام، مغز آرام نیست

یک حسگر نوری ضدآب، غواصان نخبه را تا عمق همراهی کرد. آنچه ثبت شد آرامشی یکنواخت نبود؛ گردش خونی بود که فصل پرمخاطره‌اش شاید هنگام بازگشت آغاز شود.

مقاله مبنا

**When the human brain goes diving: using near-infrared spectroscopy to measure cerebral and systemic cardiovascular responses to deep, breath-hold diving in elite freedivers**

McKnight JC et al. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2021;376:20200349. PMID 34176327 • DOI

نوع شواهد: اثبات امکان در میدان؛ پنج غواص آزاد نخبه مرد و ۱۷ غواصی تمرینی در آب آزاد

## درون یک غواصی واقعی

مک‌نایت و همکاران، طیف‌سنجی فروسرخ نزدیکِ پیوسته را از آزمایشگاه بیرون بردند و حسگر را روی قشر پیش‌پیشانی چپ پنج غواص آزاد نخبه و مرد قرار دادند. در ۱۷ غواصی تمرینی در آب آزاد—از ۲۱ تا ۱۰۷ متر و از ۴۹ تا ۲۴۹ ثانیه—تغییرات هموگلوبین اکسیژن‌دار و بدون اکسیژن، شاخص اشباع بافتی، برآورد نوری اشباع اکسیژن خون و شکل موج نبض ثبت شد. همه از پرکردن ششی با روش گلوسوفارنژیال استفاده کردند؛ رشته‌ها و پروفایل‌ها یکسان نبودند و غواصان ایمنی حضور داشتند. این پژوهش، اثبات امکان اندازه‌گیری در دریا بود، نه یک کارآزمایی کنترل‌شده.

## سیگنالی که جهت عوض کرد

در فرود، افزایش فشار محیط اغلب دسترسی به اکسیژن را موقتاً حفظ می‌کرد، در حالی که ضربان قلب کند می‌شد؛ گاهی به‌طور چشمگیر. ضربان‌های پایدار کمتر از ۲۷ در دقیقه و یک فاصله ۵٫۴ ثانیه‌ای میان دو ضربان ثبت شد. در صعود، کار عضلانی بیشتر و فشار محیط کمتر شد. برآورد اشباع اکسیژن سپس با شتاب افت کرد؛ کمترین مقدار گزارش‌شده ۲۵ درصد بود و خود نویسندگان می‌گویند پنجره پردازش ممکن است کمینه لحظه‌ای پایین‌تری را پنهان کرده باشد. در ۹ غواصی، شکل موج نبض نیز همراه با عمق و برادی‌کاردی تغییر کرد. توضیح پیشنهادی درباره کاهش انعطاف‌پذیری عروقی در ضربان‌های بسیار پایین، تفسیر فیزیولوژیک است؛ سفتی رگ مستقیماً اندازه‌گیری نشد.

## آنچه ثابت شد و آنچه نشد

ارزش مطالعه در این است که نشان داد می‌توان سیگنال‌های مغزی و قلبی‌عروقی را در غواصی عمیق واقعی ثبت کرد و صعود ممکن است افت فشار اکسیژن، بازگشت کار عضلانی و گردش خون در حال تغییر را هم‌زمان کند. اما مطالعه آستانه بیهوشی تعیین نمی‌کند، برآورد نوری را با نمونه شریانی در عمق اعتبارسنجی نکرده و نشان نمی‌دهد شکل موج خاصی رویداد را پیش‌بینی می‌کند. نمونه بسیار کوچک،

فقط مرد و بسیار گزینش‌شده بود؛ غواصی‌های تکراری مستقل نبودند؛ همه از پرکردن ششی استفاده کردند؛ در بخش‌هایی تماس حسگر از دست رفت؛ و عمق، رشته و مکانیک تنفسی متفاوت بود. طیف‌سنجی نیز تنها ناحیه سطحی پیشانی را می‌بیند و به حرکت و جریان خون پوست سر حساس است.

## خوانش تحریریه

چهره‌ای آرام در سطح می‌تواند گذار فیزیولوژیک سریعی را پنهان کند. پیام مفید همین است—نه اینکه یک ابزار پوشیدنی بتواند ایمنی را تضمین کند. برای آموزش، مقاله اهمیت همراه ایمنی، توجه در مترهای پایانی و مراقبت بلافاصله پس از رسیدن به سطح را تقویت می‌کند. برای پژوهش، مسیر پایش میدانی را باز می‌کند؛ اما پیش از تبدیل‌شدن به ابزار تصمیم، به نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر و ارتباط آینده‌نگر با اختلال کنترل حرکتی یا بیهوشی نیاز دارد.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس قهرمانِ مستند. غواص آموزش‌دیده در کنار طناب واقعی به سمت سطح صعود می‌کند و غواص ایمنی در فاصله درست به او نزدیک می‌شود. لنیارد، طناب، ماسک و فین باید واقعی و صحیح باشند؛ نور سطح در بالای قاب و فضای منفی سرمه‌ای برای تیتر باقی بماند. رنگ‌پردازی محدود به سبزآبی عمیق و خاکستری معدنی باشد و رنگ طبیعی پوست و آب حفظ شود. هیچ عدد اشباع اکسیژن، نمودار مغز، حباب ساختگی یا صحنه بیهوشی بازسازی‌شده اضافه نشود. تصویر از یک جلسه واقعاً تحت نظارت ثبت و با نام مکان، زمینه عمق، غواص و عکاس و با رضایت افراد کپشن‌گذاری شود.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 02 / 09

DOCUMENTARY PHOTOGRAPH

# Pressure Makes Oxygen Abundant—Until It Does Not

Arterial blood drawn at depth reveals a dramatic paradox: oxygen can rise under compression, then collapse during ascent, while the lungs show silent signs of stress.

**IMAGE NOTE**

Sina Mehrpooyan field archive; approved Anatomy in the Abyss grade.

ENGLISH ARTICLE / PERSIAN ARTICLE

**RESEARCH FILE 2 OF 9**

# Pressure Makes Oxygen Abundant—Until It Does Not

*Arterial blood drawn at depth reveals a dramatic paradox: oxygen can rise under compression, then collapse during ascent, while the lungs show silent signs of stress.*

**SOURCE PAPER** **Gas exchange and pulmonary stress variations during SCUBA and breath-hold diving in open seawater**

Paganini M et al. The Journal of Physiology. 2026;604:1117–1133. PMID 41972365 • DOI

*Evidence type: Open-water physiological comparison; 10 SCUBA divers and 12 trained breath-hold divers*

## Blood at the bottom

Paganini and colleagues performed an unusually difficult open-sea experiment. Ten trained SCUBA divers were sampled around dives to 15 or 40 metres with underwater cycling; 12 trained breath-hold divers completed standardized dives to 15, 25 and, in four cases, 40 metres. A radial arterial catheter allowed blood-gas sampling at depth and immediately after surfacing. Lung ultrasound and circulating markers associated with endothelial glycocalyx disturbance—syndecan-1 and heparan sulphate—were assessed around the dives. The breath-hold group used a sled-assisted no-limits profile and did not use lung packing.

## A pressure-driven reversal

At depth, the breath-hold divers were often hyperoxaemic: median or mean arterial oxygen tensions rose to roughly 171 mmHg at 15 metres, 202 mmHg at 25 metres, and values above 300 mmHg appeared in the small 40-metre group. Compression increases alveolar partial pressure and can shift blood centrally. Yet this abundance was temporary. By the surface, several samples were profoundly hypoxaemic. Two 15-metre dives and one 25-metre dive did not show the expected bottom hyperoxaemia, a reminder that individual profiles do not obey a single curve. After both SCUBA and breath-hold exposures, lung ultrasound commonly showed pleural or interstitial artefacts; in breath-hold divers the pattern tended to

be stronger with depth. Participants could be asymptomatic while the imaging changed.

## Stress is not the same as injury

The paper supports a pressure-dependent swing in gas exchange and evidence of subclinical pulmonary strain. It does not define the line between a transient B-line and clinically important pulmonary oedema, nor prove that the glycocalyx markers came from the lung. Those biomarkers are not organ-specific. The study was small, the deepest breath-hold subgroup had only four divers, posterior lung fields were not scanned, and logistical limits prevented uniform measurements across every profile. The investigators did not screen for all potential right-to-left shunts, obtained only a limited venous-gas-embolus time point, and could not fully standardize exercise, temperature or the magnitude of the dive response.

## The editorial reading

Depth can create an illusion of oxygen security precisely because pressure temporarily raises measured arterial oxygen. The ascent removes that support while metabolism continues. At the same time, a diver may feel well despite measurable lung stress. The educational implication is not a numeric depth rule derived from this small cohort; it is respect for symptoms, conservative progression, adequate recovery and evaluation of cough, breathlessness or haemoptysis. The research implication is equally clear: future studies must follow the whole ascent and recovery, not treat the bottom value as the story.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Supporting documentary photograph of the research interval immediately after a real open-water dive: a trained diver seated or semi-reclined on deck, still in authentic exposure protection, while a clinician performs portable lung ultrasound and a second researcher manages the arterial line. Keep the scene calm, non-graphic and technically truthful; no visible blood, fabricated monitor readings or impossible sterile setup. Use mineral-grey sea, deep teal shadows and warm skin, with negative space on the water side.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 2 از ۹

# فشار اکسیژن را فراوان می‌کند—تا لحظه‌ای که دیگر نمی‌کند

خون شریانیِ گرفته‌شده در عمق، تناقضی چشمگیر را نشان می‌دهد: اکسیژن زیر فشار بالا می‌رود، سپس در صعود سقوط می‌کند؛ در همان حال ریه‌ها می‌توانند بی‌صدا نشانه‌های فشار فیزیولوژیک نشان دهند.

مقاله مبنا

**Gas exchange and pulmonary stress variations during SCUBA and breath-hold diving in open seawater**

Paganini M et al. The Journal of Physiology. 2026;604:1117–1133. PMID 41972365 • DOI

نوع شواهد: مقایسه فیزیولوژیک در آب آزاد؛ ۱۰ غواص اسکوبا و ۱۲ غواص آزاد آموزش‌دیده

## خون در عمق

پاگانینی و همکاران آزمایشی دشوار را در دریای آزاد اجرا کردند. ده غواص اسکوبا در غواصی‌های ۱۵ یا ۴۰ متری همراه با رکاب‌زدن زیر آب بررسی شدند؛ ۱۲ غواص آزاد آموزش‌دیده نیز غواصی‌های استاندارد تا ۱۵، ۲۵ و در چهار نفر تا ۴۰ متر انجام دادند. کاتتر شریان رادیال امکان نمونه‌گیری گازهای خون در عمق و بلافاصله پس از سطح را فراهم کرد. سونوگرافی ریه و نشانگرهای در گردش مرتبط با اختلال گلیکوکالیکس اندوتلیال—سندکان-۱ و هپاران سولفات—پیش و پس از غواصی بررسی شد. گروه غواصی آزاد از پروفایل سورتمه‌ای نو-لیمیتس استفاده کرد و پرکردن ششی نداشت.

## وارونگی ناشی از فشار

در عمق، غواصان آزاد اغلب هایپراُکسمیک بودند: فشار اکسیژن شریانی در ۱۵ متر حدود ۱۷۱، در ۲۵ متر حدود ۲۰۲ و در گروه کوچک ۴۰ متر بیش از ۳۰۰ میلی‌متر جیوه گزارش شد. فشرده‌شدن گاز، فشار جزئی اکسیژن آلوئولی را بالا می‌برد و خون را به مرکز جابه‌جا می‌کند. اما این فراوانی موقت بود. در سطح، چند نمونه کمبود اکسیژن شدید نشان دادند. دو غواصی ۱۵ متری و یک غواصی ۲۵ متری افزایش مورد انتظار اکسیژن در کف را نداشتند؛ یعنی بدن‌ها روی یک منحنی واحد حرکت نمی‌کنند. پس از اسکوبا و حبس نفس، سونوگرافی ریه اغلب آرتیفکت‌های پلور یا بینابینی نشان داد و در غواصی آزاد با عمق بیشتر شد؛ حتی وقتی فرد علامتی نداشت.

## فشار فیزیولوژیک، معادل آسیب نیست

مقاله نوسان وابسته به فشار در تبادل گاز و شواهدی از فشار زیربالینی ریه را تأیید می‌کند. اما مرز میان B-line گذرا و ادم ریوی بالینی را تعیین نمی‌کند و ثابت نمی‌کند نشانگرهای گلیکوکالیکس از ریه آمده‌اند؛ این نشانگرها اختصاصی یک اندام نیستند. نمونه کوچک بود، گروه ۴۰ متر تنها چهار نفر داشت، بخش‌های خلفی ریه سونوگرافی نشد و محدودیت‌های میدانی اندازه‌گیری‌ها را ناهمگون کرد. همه

شانت‌های راست‌به‌چپ بررسی نشد، حباب‌های وریدی فقط در زمانی محدود سنجیده شد و فعالیت، دما و شدت پاسخ غواصی کاملاً استاندارد نبود.

## خوانش تحریریه

عمق می‌تواند توهم امنیت اکسیژن بسازد، چون فشار موقتاً مقدار شریانی را بالا می‌برد. صعود این پشتیبانی را برمی‌دارد، در حالی که متابولیسم ادامه دارد. هم‌زمان، فرد ممکن است با وجود فشار قابل‌اندازه‌گیری بر ریه احساس خوبی داشته باشد. پیام آموزشی، استخراج یک حد عمق از این نمونه کوچک نیست؛ بلکه پیشرفت محافظه‌کارانه، ریکاوری کافی و ارزیابی سرفه، تنگی نفس یا خلط خونی است. پیام پژوهشی نیز روشن است: داستان را باید در سراسر صعود و ریکاوری دنبال کرد، نه فقط در عدد کف.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس مستند پشتیبان از فاصله بلافاصله پس از یک غواصی واقعی در آب آزاد: غواص آموزش‌دیده روی عرشه نشسته یا نیمه‌خوابیده و هنوز پوشش واقعی آب را دارد؛ پزشک با دستگاه قابل‌حمل سونوگرافی ریه را بررسی می‌کند و پژوهشگر دوم کاتتر شریانی را مدیریت می‌کند. صحنه آرام، غیرگرافیکی و از نظر فنی صحیح باشد؛ خون قابل‌مشاهده، عدد ساختگی مانیتور یا محیط استریل ناممکن اضافه نشود. دریا خاکستری معدنی، سایه‌ها سبزآبی عمیق و پوست طبیعی بماند؛ سمت آب فضای منفی داشته باشد.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 03 / 09

CONCEPTUAL ILLUSTRATION

# The Ear Remembers Every Descent

One session, 317 dives and repeated examinations show that middle-ear stress can accumulate even when the water is familiar and the diver is experienced.

**IMAGE NOTE**

Original conceptual editorial illustration created for this Journal.

**RESEARCH FILE 5 OF 9**

# The Ear Remembers Every Descent

*One session, 317 dives and repeated examinations show that middle-ear stress can accumulate even when the water is familiar and the diver is experienced.*

**SOURCE PAPER** **Effects of freediving on middle ear and eustachian tube function**

Meyer MF et al. Diving and Hyperbaric Medicine. 2020;50(4):350–355. PMID 33325015 • DOI

*Evidence type: Prospective observational cohort; 16 experienced freedivers during one pool-depth day*

## A day of repeated pressure

Meyer and colleagues followed 16 experienced freedivers—five women, mean age 51—through a training day in an indoor freshwater pool with a 20-metre maximum depth. Together they completed 317 dives, averaging 20 per person and 13.3 metres in depth. Otoscopy, nasal endoscopy, tympanometry, Eustachian-tube testing and questionnaires were repeated before and between sessions. The profiles were not prescribed: participants performed their own training and safety dives, making the study close to practice but less controlled.

## Small findings, cumulative pattern

By the end of the day, 48% of examined ears had a worse otoscopic grade. Forty per cent reached Teed grade 1 and 8% grade 2; no grade 3 or 4 injuries were observed. The proportion above grade 0 rose significantly across sessions. Twenty-seven per cent of dives carried a complaint, six participants reported equalization problems and three stopped a dive. More negative middle-ear pressure accompanied the more pronounced findings. Those with grade 2 changes actually completed shallower dives—best read as a consequence of difficulty or early turning, not evidence that shallow depth caused more damage.

## Technique is a clue, not a verdict

Participants often used more than one method: Frenzel, Valsalva, Toynbee and hands-free equalization all appeared. Grade 2 findings were associated more often with Valsalva than Frenzel, but this observational day cannot prove that one method caused injury or that another prevented it. Technique choice may reflect

experience, anatomy, difficulty, timing or the point at which a diver switched methods. The cohort was small, studied for one day, and had a high background of previous ear-nose-throat problems. Dive profiles, water exposure and recovery were not standardized, and the Eustachian-tube function test lacks universal freediving reference values.

## The editorial reading

The paper's strongest image is accumulation: a series of individually manageable descents can leave a measurable trace. Pain and difficult equalization are not challenges to overpower. They are information. For instructors and divers, the defensible response is early, gentle equalization, stopping before force becomes necessary, and clinical assessment when symptoms repeat or persist. The study invites better prospective work with standardized profiles and objective function testing; it does not award any technique a guarantee of protection.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Supporting documentary photograph after a real pool-depth session. An ENT clinician or trained researcher examines a diver's ear with an otoscope or tympanometer while wet gear and the depth pool remain visible in context. Frame hands, instrument and attentive expression without sensational close-up redness. Use warm off-white clinical light against abyss-navy pool shadows; leave negative space for a caption. Do not manufacture inflammation or alter the ear, face or device display.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 5 از ۹

# گوش، هر فرود را به خاطر می‌سپارد

یک جلسه، ۳۱۷ غواصی و معاینه‌های تکراری نشان می‌دهد فشار گوش میانی می‌تواند انباشته شود؛ حتی وقتی آب آشنا و غواص باتجربه است.

**Effects of freediving on middle ear and eustachian tube function** مقاله مبنا

Meyer MF et al. Diving and Hyperbaric Medicine. 2020;50(4):350–355. PMID 33325015 • DOI

نوع شواهد: مطالعه هم‌گروهی مشاهده‌ای آینده‌نگر؛ ۱۶ غواص باتجربه در یک روز تمرین عمق استخر

## یک روز با فشارهای تکراری

مایر و همکاران ۱۶ غواص آزاد باتجربه—پنج زن، با میانگین سن ۵۱ سال—را در یک روز تمرین در استخر آب شیرین سرپوشیده با عمق حداکثر ۲۰ متر دنبال کردند. آنان در مجموع ۳۱۷ غواصی انجام دادند؛ به‌طور متوسط ۲۰ بار برای هر نفر و با میانگین عمق ۱۳٫۳ متر. اتوسکوپی، آندوسکوپی بینی، تمپانومتری، آزمون عملکرد شیپور استاش و پرسش‌نامه پیش و میان جلسات تکرار شد. پروفایل‌ها تجویزی نبودند: افراد غواصی تمرینی و ایمنی خود را انجام دادند. همین ویژگی مطالعه را به تمرین واقعی نزدیک و کنترل علمی را کمتر می‌کند.

## یافته‌های کوچک، الگوی تجمعی

تا پایان روز، درجه اتوسکوپی ۴۸ درصد گوش‌ها بدتر شد. ۴۰ درصد به درجه ۱ تید و ۸ درصد به درجه ۲ رسیدند؛ درجه ۳ یا ۴ دیده نشد. سهم گوش‌های بالاتر از درجه صفر در طول جلسات به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در ۲۷ درصد غواصی‌ها شکایتی گزارش شد، شش نفر مشکل همسان‌سازی فشار داشتند و سه نفر غواصی را متوقف کردند. فشار منفی‌تر گوش میانی با یافته‌های شدیدتر همراه بود. افراد دارای درجه ۲ در واقع کم‌عمق‌تر رفتند؛ این به احتمال بیشتر نتیجه دشواری یا برگشت زودهنگام است، نه اینکه عمق کمتر آسیب بیشتری ساخته باشد.

## تکنیک یک سرنخ است، نه حکم

بسیاری بیش از یک روش به کار بردند: فرنزل، والسالوا، توین‌بی و همسان‌سازی بدون دست. یافته درجه ۲ با والسالوا بیشتر از فرنزل همراه بود، اما یک روز مشاهده‌ای نمی‌تواند ثابت کند روشی آسیب را ایجاد و روش دیگر از آن جلوگیری کرده است. انتخاب تکنیک ممکن است بازتاب تجربه، آناتومی، دشواری، زمان‌بندی یا لحظه تغییر روش باشد. نمونه کوچک، پیگیری یک‌روزه و سابقه بالای مشکلات گوش‌وحلق‌وبینی داشت. پروفایل، مواجهه با آب و ریکاوری استاندارد نبود و برای آزمون عملکرد شیپور استاش نیز مرجع جهانی ویژه غواصی آزاد وجود ندارد.

## خوانش تحریریه

قوی‌ترین تصویر مقاله، انباشت است: مجموعه‌ای از فرودهای ظاهراً قابل‌مدیریت می‌تواند اثر قابل‌اندازه‌گیری بر جا بگذارد. درد و دشواری همسان‌سازی فشار، مانعی برای غلبه‌کردن نیست؛ اطلاعات است. پاسخ قابل‌دفاع برای مربی و غواص، شروع زودهنگام و ملایم، توقف پیش از نیاز به زور و ارزیابی بالینی در علائم تکرارشونده یا ماندگار است. مطالعه به پژوهش‌های استانداردتر دعوت می‌کند؛ برای هیچ تکنیکی تضمین محافظت صادر نمی‌کند.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس مستند پشتیبان پس از یک جلسه واقعی عمق در استخر. پزشک گوش‌وحلق‌وبینی یا پژوهشگر آموزش‌دیده با اتوسکوپ یا تمپانومتر گوش غواص را بررسی می‌کند و تجهیزات خیس و استخر عمق در پس‌زمینه دیده می‌شود. دست‌ها، ابزار و حالت متمرکز را بدون نمای اغراق‌آمیز از قرمزی قاب بگیرید. نور بالینی گرم در برابر سایه‌های سرمه‌ای استخر قرار گیرد و برای کپشن فضای منفی بماند. التهاب، گوش، چهره یا نمایشگر دستگاه دست‌کاری نشود.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 04 / 09

CONCEPTUAL ILLUSTRATION

# A Number for the Moment the Ear Says No

The Equalization Problems score tries to turn an underwater sensation into a clinical record. Its promise is communication; its danger is pretending a first scale is already a diagnosis.

**IMAGE NOTE**

Original conceptual editorial illustration created for this Journal.

**RESEARCH FILE 4 OF 9**

# A Number for the Moment the Ear Says No

*The Equalization Problems score tries to turn an underwater sensation into a clinical record. Its promise is communication; its danger is pretending a first scale is already a diagnosis.*

**SOURCE PAPER** **Proposal of a new scoring system for equalization problems during freediving**

Giunta A et al. 2019. DOI record: 10.22462/10.12.2019.5. PMID 31683359 • DOI

*Evidence type: Preliminary clinical scoring proposal; 20 symptomatic spearfishers and 20 healthy comparators*

## From private sensation to shared language

Giunta and colleagues proposed an Equalization Problems, or EP, score running from 0 for normal equalization to 4 for inability to equalize. They applied it to 40 Italian freediving spearfishers: 20 with recurrent difficulty or repeated barotrauma despite being symptom-free at normal pressure, and 20 healthy divers without such a history. The symptomatic group had undergone Eustachian-tube balloon dilation after previous treatment—including nasal surgery in some cases—had not solved the problem. Baseline scores separated the groups, and the authors reported that successfully treated patients later resembled healthy comparators.

## Why a score is attractive

Equalization trouble is intermittent, technique-dependent and often absent in the clinic. A simple ordinal scale can preserve what happened at depth, support follow-up and give diver and clinician a common vocabulary. That is especially useful when an otoscopic examination between dives looks normal. A score may also prevent the vague phrase “my ears were difficult” from flattening important differences between delay, force, pain and complete failure.

## Validation has barely begun

This paper is a proposal, not a mature diagnostic instrument. The small, highly specific cohort combined symptom classification with an intervention series. The accessible report does not provide independent replication, inter-rater or test–retest reliability, sensitivity, specificity, a minimal important change, blinded comparison with objective pressure testing, or evidence that the categories predict injury. One abstract statement is internally inconsistent: it describes no post-treatment difference while printing a p-value below 0.05, which would conventionally indicate statistical significance. That reporting problem should be resolved from the authors' data before the result is used quantitatively.

## The editorial reading

The EP score is best treated as structured history: a way to document a dive and observe change over time. It should not diagnose Eustachian-tube dysfunction by itself, justify surgery, or grant permission to continue through pain. A stronger next study would predefine each level, test whether different observers agree, compare it with objective measures, and follow future barotrauma. Until then, the score is a promising sentence starter—not the final word from the ear.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Supporting documentary photograph in a dry pre-dive consultation. A freediver and ENT clinician review a written equalization history or depth profile together; authentic mask and nose clip may sit on the desk. Keep posture collaborative and the room real, with warm ivory paper, mineral grey and one restrained abyss-navy accent. Avoid staged invasive procedures, fabricated charts and any implication that the score alone authorizes treatment.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 4 از ۹

# عددی برای لحظه‌ای که گوش می‌گوید: نه

امتیاز «مشکلات همسان‌سازی فشار» می‌کوشد یک حس زیر آب را به سابقه بالینی تبدیل کند. وعده‌اش گفت‌وگوی دقیق‌تر است؛ خطرش این است که یک مقیاس اولیه را با تشخیص اشتباه بگیریم.

مقاله مبنا **Proposal of a new scoring system for equalization problems during freediving**

Giunta A et al. 2019. DOI record: 10.22462/10.12.2019.5. PMID 31683359 • DOI

نوع شواهد: پیشنهاد اولیه امتیازدهی بالینی؛ ۲۰ شکارچی زیرآبی علامت‌دار و ۲۰ مقایسه سالم

## از حس شخصی تا زبان مشترک

جیونتا و همکاران امتیاز مشکلات همسان‌سازی فشار (EP) را پیشنهاد کردند؛ از صفر برای عملکرد طبیعی تا ۴ برای ناتوانی در همسان‌سازی. مقیاس روی ۴۰ شکارچی زیرآبی ایتالیایی آزمایش شد: ۲۰ نفر با دشواری تکرارشونده یا چند باروتروما، با وجود بی‌علامت‌بودن در فشار معمول، و ۲۰ غواص سالم بدون چنین سابقه‌ای. گروه علامت‌دار پس از آنکه درمان‌های قبلی—از جمله در بعضی افراد جراحی بینی—مشکل را حل نکرده بود، اتساع بالونی شیپور استاش انجام داده بود. امتیاز آغازین دو گروه را جدا کرد و نویسندگان گزارش کردند افراد درمان‌شده موفق بعداً به گروه سالم شبیه شدند.

## چرا یک امتیاز جذاب است

مشکل همسان‌سازی فشار متناوب و وابسته به تکنیک است و ممکن است در مطب وجود نداشته باشد. یک مقیاس ترتیبی ساده می‌تواند رویداد عمق را ثبت کند، پیگیری را آسان کند و به غواص و پزشک واژگان مشترک بدهد؛ به‌ویژه وقتی معاینه بین غواصی‌ها طبیعی است. امتیاز همچنین می‌تواند عبارت مبهم «گوشم سخت بود» را به تفاوت‌های مهم میان تأخیر، نیاز به زور، درد و شکست کامل تبدیل کند.

## اعتبارسنجی تازه آغاز شده است

این مقاله پیشنهاد یک ابزار است، نه یک آزمون تشخیصی بالغ. نمونه کوچک و بسیار اختصاصی بود و طبقه‌بندی علامت را با یک مجموعه مداخله‌ای درآمیخت. در گزارش در دسترس، تکرار مستقل، پایایی میان ارزیابان یا آزمون-بازآزمون، حساسیت، ویژگی، حداقل تغییر مهم، مقایسه کور با آزمون عینی فشار یا قدرت پیش‌بینی آسیب ارائه نشده است. یک جمله چکیده نیز ناسازگار است: نبود تفاوت پس از درمان را توصیف می‌کند اما $p$ کمتر از ۰٫۰۵ چاپ کرده؛ مقداری که معمولاً نشانه تفاوت آماری است. پیش از استفاده کمی، این گزارش باید با داده نویسندگان روشن شود.

## خوانش تحریریه

بهترین کاربرد فعلی EP، سابقه ساختاریافته است: راهی برای ثبت یک غواصی و دیدن تغییر در زمان. این امتیاز به‌تنهایی اختلال شیپور استاش را تشخیص نمی‌دهد، جراحی را توجیه نمی‌کند و اجازه ادامه از میان درد نیست. پژوهش بعدی باید هر سطح را از پیش تعریف کند، توافق ارزیابان را بسنجد، آن را با اندازه‌گیری عینی مقایسه و باروتروماهای آینده را پیگیری کند. تا آن زمان، این مقیاس آغاز یک گفت‌وگوست—نه آخرین سخن گوش.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس مستند پشتیبان در یک مشاوره خشک پیش از غواصی. غواص و پزشک گوش‌وحلق‌وبینی با هم سابقه مکتوب همسان‌سازی یا پروفایل عمق را مرور می‌کنند؛ ماسک و نوزکلیپ واقعی می‌تواند روی میز باشد. حالت بدن مشارکتی، اتاق واقعی و پالت شامل کاغذ عاجی گرم، خاکستری معدنی و یک تأکید محدود سرمه‌ای باشد. اقدام تهاجمی صحنه‌سازی‌شده، نمودار ساختگی و هر القایی که امتیاز به‌تنهایی درمان را مجاز می‌کند حذف شود.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 05 / 09

SOURCE-PAPER FIGURE

# Listening to the Vagus, Hearing No Single Answer

A microelectrode entered the cervical vagus nerve while trained divers held their breath. The hypothesis was elegant; the negative result may be more valuable.

**IMAGE NOTE**

Participant crop from Macefield et al., Experimental Physiology (2026); used for critical commentary.

ENGLISH ARTICLE / PERSIAN ARTICLE

RESEARCH FILE 6 OF 9

# Listening to the Vagus, Hearing No Single Answer

*A microelectrode entered the cervical vagus nerve while trained divers held their breath. The hypothesis was elegant; the negative result may be more valuable.*

**SOURCE PAPER** **Microelectrode recordings from the human cervical vagus nerve during maximal breath-holds**

Macefield VG et al. Experimental Physiology. 2026;111(2):501–516. PMID 40500977 • DOI

*Evidence type: Invasive dry-laboratory physiology; 10 trained male breath-hold divers and 10 controls*

## A rare human recording

Macefield and colleagues used ultrasound guidance to place a sterile tungsten microelectrode percutaneously into the right cervical vagus nerve. Multi-unit neural traffic, ECG and respiratory signals were recorded in 10 trained male breath-hold divers and 10 successful control recordings. Participants completed tidal breathing, slow deep breathing, 40-second breath-holds at inspiratory capacity and end expiration; the trained divers also performed a maximal end-inspiratory breath-hold, analysed during its quiet phase and after involuntary breathing movements began. Cross-correlation estimated how strongly neural activity was modulated by the cardiac and respiratory cycles.

## The expected difference did not appear

The researchers expected trained divers to show greater cardiac modulation of vagal activity, particularly during maximal apnoea. They did not. Cardiac modulation was similar between groups during ordinary breathing and the standardized manoeuvres, and it did not change meaningfully between the static and involuntary-movement phases of the divers' maximal breath-holds. Respiratory modulation was generally stronger than cardiac modulation, yet likewise showed no clear group distinction. The authors therefore conclude that altered sensory input from the heart, as captured by this method, does not explain elite tolerance of asphyxia.

## A precise negative, within a narrow window

This is not evidence that the vagus is unimportant, that parasympathetic output never changes, or that the brain has no role in the dive response. Multi-unit recordings mix axons, and cardiac modulation mainly reflects afferent traffic rather than a clean measure of outgoing vagal command. Recordings came only from the right cervical nerve and varied substantially by electrode site. The groups were small and not well age- or sex-matched; controls were younger and did not perform maximal apnoea. The experiment was supine and dry, without facial immersion, hydrostatic pressure, descent, exercise or ascent. One hypertensive diver and one vasovagal event also underscore the difficulty of this invasive protocol.

## The editorial reading

Elite breath-hold capacity is unlikely to reside in a single wire carrying a larger signal. A negative finding trims the map: it moves attention toward central control, integrated chemoreflexes, blood distribution, oxygen stores, learned attention and their interaction. The study's courage is methodological, not performative. It listened directly and found that a seductive explanation was insufficient. That is how physiology becomes more precise.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Supporting documentary photograph in the real dry laboratory: a trained diver supine, head comfortably supported, while an experienced team uses ultrasound at the side of the neck and monitors the recording. Use a non-graphic three-quarter angle; show the probe and fine lead accurately but do not dramatize needle entry or invent neural traces. Let abyss-navy shadows frame warm natural skin, with one muted aquatic monitor glow and ample negative space. Identify the research setting and obtain explicit consent.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 6 از ۹

# گوش سپردن به عصب واگ؛ بی‌آنکه یک پاسخ واحد پیدا شود

میکروالکترود وارد عصب واگ گردنی شد، در حالی که غواصان آموزش‌دیده نفس خود را نگه داشتند. فرضیه زیبا بود؛ نتیجه منفی شاید باارزش‌تر باشد.

مقاله مبنا

**Microelectrode recordings from the human cervical vagus nerve during maximal breath-holds**

Macefield VG et al. Experimental Physiology. 2026;111(2):501–516. PMID 40500977 • DOI

نوع شواهد: فیزیولوژی تهاجمی در آزمایشگاه خشک؛ ۱۰ غواص مرد آموزش‌دیده و ۱۰ فرد کنترل

## ثبت نادری از عصب انسان

میسفیلد و همکاران با هدایت سونوگرافی، میکروالکترود تنگستن استریل را از راه پوست وارد عصب واگ راست گردن کردند. فعالیت چندواحدی عصب، نوار قلب و سیگنال تنفسی در ۱۰ غواص مرد آموزش‌دیده و ۱۰ ثبت موفق از گروه کنترل اندازه‌گیری شد. شرکت‌کنندگان تنفس عادی، تنفس آهسته و عمیق، حبس نفس ۴۰ ثانیه‌ای در ظرفیت دمی و در پایان بازدم انجام دادند؛ غواصان همچنین یک حبس نفس حداکثری در پایان دم داشتند که فاز آرام و فاز آغاز حرکات غیرارادی تنفسی آن تحلیل شد. هم‌بستگی متقابل، میزان تعدیل فعالیت عصبی با چرخه قلب و تنفس را برآورد کرد.

## تفاوت مورد انتظار پیدا نشد

پژوهشگران انتظار داشتند تعدیل قلبی فعالیت واگ در غواصان—به‌ویژه در حبس نفس حداکثری—بیشتر باشد. چنین نبود. تعدیل قلبی در تنفس معمول و مانورهای استاندارد میان گروه‌ها مشابه بود و بین فاز آرام و فاز حرکات غیرارادی تنفسی تغییر معناداری نکرد. تعدیل تنفسی عموماً از تعدیل قلبی قوی‌تر بود، اما تفاوت روشنی میان گروه‌ها نداشت. نتیجه نویسندگان این است که ورودی حسی تغییریافته از قلب، آن‌گونه که این روش ثبت می‌کند، تحمل بالای کمبود اکسیژن و تجمع دی‌اکسید کربن را توضیح نمی‌دهد.

## یک نتیجه منفی دقیق، در پنجره‌ای محدود

این یافته نمی‌گوید عصب واگ بی‌اهمیت است، خروجی پاراسمپاتیک تغییر نمی‌کند یا مغز نقشی در پاسخ غواصی ندارد. ثبت چندواحدی آکسون‌ها را مخلوط می‌کند و تعدیل قلبی بیشتر بازتاب پیام‌های آوران است تا فرمان خروجی خالص. همه ثبت‌ها از واگ راست بود و محل الکترود تغییرپذیری زیادی ساخت. گروه‌ها کوچک و از نظر سن و جنس به‌خوبی همسان نبودند؛ کنترل‌ها جوان‌تر بودند و حبس نفس حداکثری انجام ندادند. آزمایش خشک و به پشت بود؛ بدون غوطه‌وری صورت، فشار هیدرواستاتیک، فرود، فعالیت و صعود. وجود یک غواص پرفشارخون و یک واکنش وازوواگال نیز دشواری پروتکل تهاجمی را نشان می‌دهد.

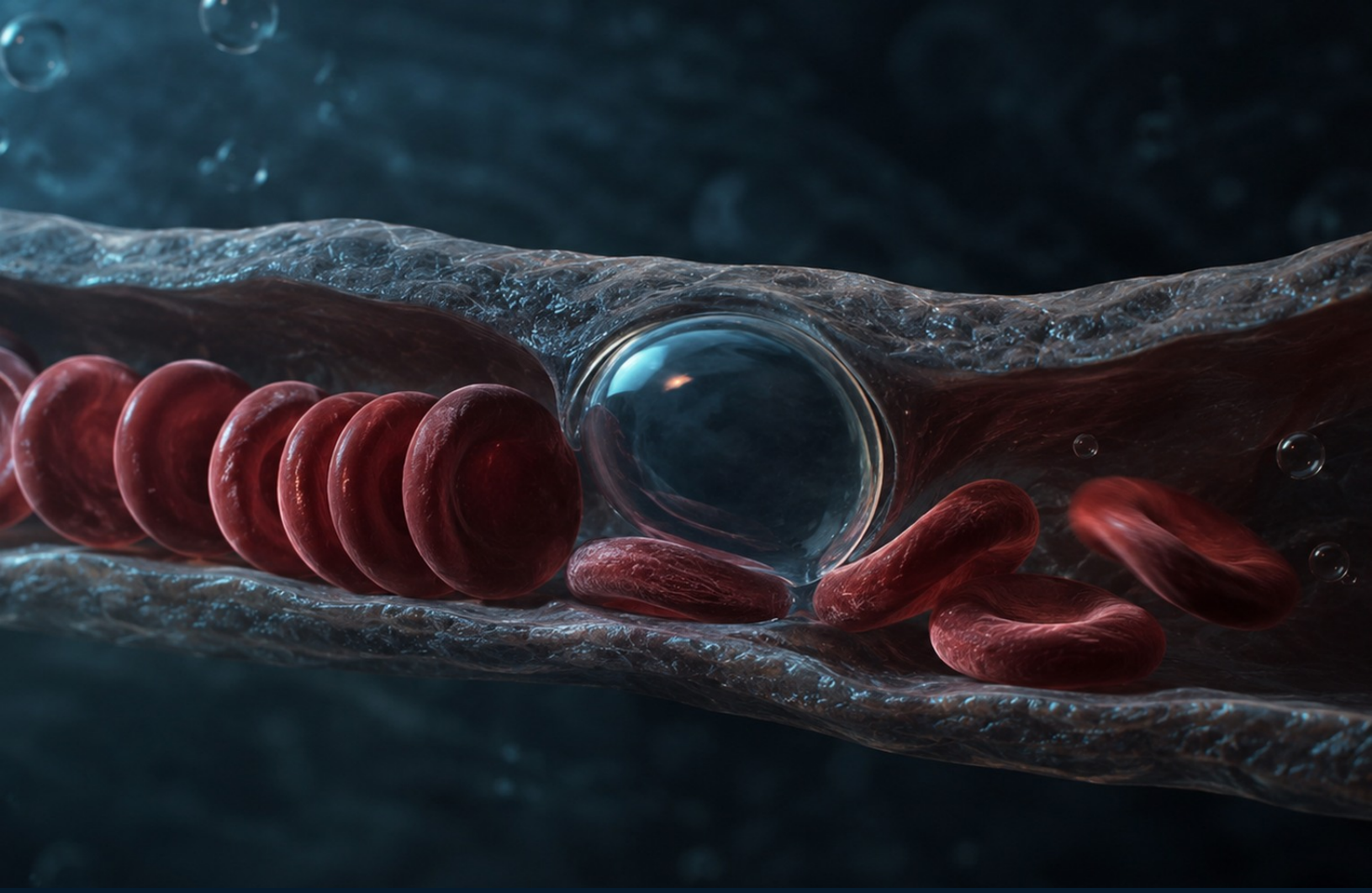
## خوانش تحریریه

توان حبس نفس نخبه احتمالاً در یک سیم با سیگنال بزرگ‌تر پنهان نشده است. نتیجه منفی نقشه را دقیق‌تر می‌کند: توجه را به کنترل مرکزی، رفلکس‌های شیمیایی یکپارچه، توزیع خون، ذخایر اکسیژن، توجه آموخته‌شده و تعامل آن‌ها می‌برد. جسارت مطالعه در روش است، نه در نمایش عملکرد. مستقیماً گوش سپرد و نشان داد یک توضیح جذاب کافی نیست. فیزیولوژی این‌گونه دقیق‌تر می‌شود.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس مستند پشتیبان در آزمایشگاه واقعی خشک: غواص آموزش‌دیده به پشت و با حمایت راحت سر دراز کشیده و تیم باتجربه در کنار گردن از سونوگرافی استفاده می‌کند و ثبت را می‌پاید. زاویه سه‌ربع و غیرگرافیکی باشد؛ پروب و سیم ظریف دقیق دیده شود، اما ورود سوزن نمایشی و رد عصبی ساختگی ایجاد نشود. سایه سرمه‌ای پوست طبیعی و گرم را قاب بگیرد، تنها یک درخشش سبزآبی ملایم از مانیتور وجود داشته باشد و فضای منفی کافی بماند. محیط پژوهش مشخص و رضایت صریح ثبت شود.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 06 / 09

CONCEPTUAL ILLUSTRATION

# The Bends Without a Tank

Breath-hold diving was once treated as nearly exempt from decompression sickness. A long clinical record says otherwise—and the symptoms often look neurological.

**IMAGE NOTE**

Original conceptual scientific illustration created for this Journal.

RESEARCH FILE 7 OF 9

# The Bends Without a Tank

*Breath-hold diving was once treated as nearly exempt from decompression sickness. A long clinical record says otherwise—and the symptoms often look neurological.*

**SOURCE PAPER** **Breath-hold diving and decompression sickness**

Schipke JD, Limper U, Tetzlaff K. The American Journal of Medicine. 2026;139(4):413–419. PMID 41397651 • DOI

*Evidence type: Comprehensive clinical review; 85 records and more than 244 reported cases across 75 years*

## A scattered history assembled

Schipke, Limper and Tetzlaff synthesize 85 records documenting more than 244 cases over roughly 75 years. The record stretches from Taravana among Polynesian pearl divers to Japanese Ama, Korean Haenyeo, spearfishers, instructors and recreational freedivers. The review argues that decompression sickness (DCS) is uncommon but real in breath-hold diving, especially after repetitive profiles and at substantial depth. Unlike the more familiar joint-pain image from compressed-gas diving, reported breath-hold cases are predominantly cerebral and can resemble a stroke or transient ischaemic attack.

## How breath-hold exposure can accumulate

A single breath does not eliminate nitrogen physics. Repetitive shallow dives with short surface intervals can progressively load tissue; very deep dives expose the body to large pressure changes; rapid ascent changes gas tension quickly. The review identifies inadequate surface intervals, repetitive work, dives beyond 40 metres, fast ascent and individual factors such as a patent foramen ovale as recurring associations. Mechanisms remain debated: venous bubbles, right-to-left passage, pulmonary shunts recruited during hypoxia and growth of arterialized gas nuclei may contribute in different profiles.

## Cases reveal possibility, not incidence

The review's scale is compelling, but its denominator is missing. Case reports are selected because something happened; they cannot tell us how often DCS occurs per dive, define a universally safe depth, or prove that any listed factor is causal. Historic records use changing terminology and diagnostic standards; profiles are often reconstructed after the event; mild cases are likely missed while dramatic cases are preferentially published. Patent foramen ovale is common in the population, so its presence in a case does not by itself establish mechanism. The thresholds in the review should therefore be read as warning patterns, not decompression tables.

## Recognition is the immediate lesson

New weakness, numbness, visual disturbance, confusion, speech difficulty, severe imbalance or other neurological change after breath-hold diving deserves emergency assessment, even in a young fit diver and even without a tank. The review emphasizes high-flow oxygen and urgent hyperbaric evaluation as treatment priorities; local emergency and diving-medicine protocols govern the response. For education, the durable message is to avoid compressing repetitive work into ever-shorter surface intervals and to treat neurological symptoms as time-critical—not to self-diagnose or return to the water because the dive was “only” breath-hold.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Hero-supporting documentary photograph of a real safety and emergency brief on a working dive boat. An instructor points to the day's profile and evacuation plan while a closed, serviceable oxygen kit is visible and the team listens. No staged casualty, oxygen mask on a healthy model, panic, or invented medical readout. Preserve actual boat wear, weather and equipment; use mineral grey, abyss navy and one restrained copper detail. Leave clean negative space above the sea horizon.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 7 از ۹

# بیماری ناشی از کاهش فشار، بدون سیلندر هوا

سال‌ها تصور می‌شد غواصی با حبس نفس تقریباً از بیماری ناشی از کاهش فشار معاف است. سابقه بالینی طولانی خلاف آن را می‌گوید—و نشانه‌ها اغلب عصبی‌اند.

**Breath-hold diving and decompression sickness** مقاله مبنا

Schipke JD, Limper U, Tetzlaff K. The American Journal of Medicine. 2026;139(4):413–419. PMID 41397651 • DOI

نوع شواهد: مرور بالینی جامع؛ ۸۵ گزارش و بیش از ۲۴۴ مورد در ۷۵ سال

## کنار هم گذاشتن تاریخی پراکنده

شیپکه، لیمپر و تتزلاف ۸۵ گزارش را با بیش از ۲۴۴ مورد در حدود ۷۵ سال گردآوری کرده‌اند؛ از سندرم تاراوَنا در صیادان مروارید پلی‌نزی تا آماهای ژاپن، هِنیوی کره، شکارچیان زیرآبی، مربیان و غواصان تفریحی. مرور نشان می‌دهد بیماری ناشی از کاهش فشار (DCS) در غواصی آزاد نادر اما واقعی است؛ به‌ویژه پس از پروفایل‌های تکراری و در عمق زیاد. برخلاف تصویر آشنای درد مفصل در غواصی با گاز فشرده، موارد حبس نفس بیشتر با نشانه‌های مغزی ظاهر می‌شوند و ممکن است شبیه سکته یا حمله ایسکمیک گذرا باشند.

## چگونه مواجهه حبس نفس انباشته می‌شود

یک نفس، فیزیک نیتروژن را حذف نمی‌کند. غواصی‌های کم‌عمق تکراری با فاصله سطحی کوتاه می‌توانند بار بافتی را بالا ببرند؛ غواصی بسیار عمیق تغییر فشار بزرگی می‌سازد و صعود سریع تنش گاز را با شتاب عوض می‌کند. فاصله ناکافی سطح، کار تکراری، عمق بیش از ۴۰ متر، صعود سریع و عوامل فردی مانند سوراخ بیضی باز، الگوهای تکرارشونده گزارش‌اند. سازوکار قطعی نیست: حباب وریدی، عبور راست‌به‌چپ، شانت‌های ریوی فعال‌شده در کمبود اکسیژن و رشد هسته‌های گازی شریانی‌شده ممکن است در پروفایل‌های مختلف نقش داشته باشند.

## گزارش مورد، امکان را نشان می‌دهد نه میزان وقوع را

تعداد موارد اثرگذار است، اما مخرج نداریم. گزارش‌های موردی به دلیل رخ‌دادن یک حادثه انتخاب شده‌اند؛ نمی‌گویند DCS در هر غواصی چند بار اتفاق می‌افتد، عمق بی‌خطر جهانی چیست یا هر عامل فهرست‌شده علت است. اصطلاحات و معیارهای تشخیص در تاریخ عوض شده، پروفایل‌ها اغلب پس از رویداد بازسازی می‌شوند، موارد خفیف احتمالاً نادیده می‌مانند و موارد شدید بیشتر منتشر می‌شوند. سوراخ بیضی باز در جمعیت شایع است؛ حضور آن به‌تنهایی سازوکار را ثابت نمی‌کند. بنابراین اعداد مرور، الگوهای هشدارند نه جدول کاهش فشار.

## درس فوری، تشخیص زودهنگام است

ضعف، بی‌حسی، اختلال دید، گیجی، مشکل گفتار، عدم تعادل شدید یا هر تغییر عصبی تازه پس از غواصی آزاد نیازمند ارزیابی اورژانسی است؛ حتی در فرد جوان و آماده و حتی بدون سیلندر هوا. مرور، اکسیژن با دبی بالا و ارزیابی فوری پزشکی هایپرباریک را از اولویت‌ها می‌داند و اجرای دقیق به پروتکل اورژانس و پزشکی غواصی محل وابسته است. پیام آموزشی پایدار این است که کار تکراری را در فاصله‌های سطحی هرچه کوتاه‌تر فشرده نکنیم و علائم عصبی را زمان‌حساس بدانیم—نه اینکه خودتشخیصی کنیم یا چون غواصی «فقط» حبس نفس بوده به آب برگردیم.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس قهرمان–پشتیبانِ مستند از جلسه واقعی ایمنی و آمادگی اورژانس روی قایق کاری. مربی به پروفایل روز و برنامه تخلیه اشاره می‌کند، کیت اکسیژن سالم و بسته در قاب است و تیم گوش می‌دهد. مصدوم صحنه‌سازی‌شده، ماسک اکسیژن روی مدل سالم، وحشت یا نمایشگر پزشکی ساختگی وجود نداشته باشد. فرسودگی واقعی قایق، هوا و تجهیزات حفظ شود؛ پالت خاکستری معدنی، سرمه‌ای و یک جزئیات مسی محدود باشد. بالای خط افق دریا فضای منفی تمیز باقی بماند.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 07 / 09

EDITORIAL DOCUMENTARY IMAGE

# The Women Who Made Adaptation a Livelihood

Jeju's Haenyeo are often presented as proof of extraordinary human adaptation. The stronger story is both more modest and more demanding: a living community whose biology, labour and history must be studied together.

**IMAGE NOTE**

Adobe Stock asset 2031808601, supplied by the site owner; source: stock.adobe.com/search?k=haenyeo.

**RESEARCH FILE 3 OF 9**

# The Women Who Made Adaptation a Livelihood

*Jeju's Haenyeo are often presented as proof of extraordinary human adaptation. The stronger story is both more modest and more demanding: a living community whose biology, labour and history must be studied together.*

**SOURCE PAPER** **Research on Haenyeo: Insights Into Human Adaptations to Extreme Environments**

Park Y-M, Kim S. Psychiatry Investigation. 2025;22(7):769–771. PMID 40633579 • DOI

*Evidence type: Perspective article; synthesis and research agenda, not a new cohort study*

## A culture before a phenotype

Park and Kim write about the Haenyeo, the women divers of Jeju whose breath-hold work has been carried through generations. The article is a perspective, not a new experiment. It notes that about 2,623 remained active in 2024 and that more than 90% were over 60, then connects this ageing workforce to broader evidence on cerebral blood-flow regulation, oxygen use, hypoxia-inducible pathways, oxidative stress and possible neural injury in breath-hold divers. It also asks how decades of exposure may intersect with cognition, mood and memory.

## What belongs to Haenyeo evidence

The article's most important move is to argue for longitudinal, community-partnered research using neuroimaging, biomarkers and existing health data. Its weakest move is sometimes to let findings from elite freedivers or other hypoxic populations sound Haenyeo-specific. A plausible pathway is not a measured adaptation in this community. Claims about enhanced oxygen efficiency, HIF signalling or biomarkers such as S100B require direct Haenyeo cohorts, appropriate comparison groups and repeated measures before they can carry that label.

## The confounders are the life

Ageing, cold exposure, years of physical labour, diet, income insecurity, access to care, social cohesion and selection into or out of diving all shape the observed person. They are not statistical clutter around a pure diving effect; they are part of the phenotype. A survivor cohort may also overrepresent those who tolerated the work. Mental-health findings cannot be detached from economic and social history, while health risks should not be romanticized as the price of resilience. The community must help decide what is measured, how findings are interpreted and what benefits return to participants.

## The editorial reading

Haenyeo should not be reduced to a natural laboratory or an exotic image of endurance. They are workers, knowledge holders and older women living inside a changing economy. The article is valuable as a research agenda precisely when its hypotheses remain labelled as hypotheses. The next generation of studies should combine physiology with biography, exposure history and community priorities—and should be designed with, not merely about, the women whose lives generated the questions.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Hero documentary portrait-in-context of an older Haenyeo on the Jeju shoreline after a real working dive, with authentic current gear and the sea state preserved. Photograph at eye level; show fatigue, humour or concentration only as it naturally appears. Obtain explicit consent and record name, village, date and work context. Use mineral grey, deep teal and warm skin; avoid costume exoticism, age smoothing, added catch, invented weather or a triumphant “superhuman” pose. Leave sea or sky as negative space for the title.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 3 از ۹

# زنانی که سازگاری را به شیوه‌ای از زندگی بدل کردند

هِنیوی جزیره جِجو اغلب شاهدی بر سازگاری خارق‌العاده انسان معرفی می‌شوند. روایت قوی‌تر، فروتنانه‌تر و دشوارتر است: جامعه‌ای زنده که زیست‌شناسی، کار و تاریخش باید با هم مطالعه شود.

مقاله مبنا **Research on Haenyeo: Insights Into Human Adaptations to Extreme Environments**

Park Y-M, Kim S. Psychiatry Investigation. 2025;22(7):769–771. PMID 40633579 • DOI

نوع شواهد: مقاله دیدگاه؛ ترکیب شواهد و برنامه پژوهشی، نه مطالعه هم‌گروهی تازه

## فرهنگ، پیش از فنوتیپ

پارک و کیم درباره هِنیوها، زنان غواص جِجو، می‌نویسند که کار با حبس نفس را نسل‌به‌نسل ادامه داده‌اند. مقاله یک دیدگاه است، نه آزمایش تازه. می‌گوید در سال ۲۰۲۴ حدود ۲۶۲۳ نفر هنوز فعال بودند و بیش از ۹۰ درصد بالای ۶۰ سال داشتند؛ سپس این نیروی کار سالخورده را به شواهد گسترده‌تر درباره تنظیم جریان خون مغز، استفاده از اکسیژن، مسیرهای القاشونده با کمبود اکسیژن، استرس اکسیداتیو و احتمال آسیب عصبی در غواصان آزاد پیوند می‌دهد. همچنین می‌پرسد دهه‌ها مواجهه چگونه با شناخت، خلق و حافظه تلاقی می‌کند.

## چه چیزی واقعاً شواهد هِنیو است

مهم‌ترین حرکت مقاله، درخواست پژوهش طولی و مشارکتی با جامعه با استفاده از تصویربرداری عصبی، نشانگرهای زیستی و داده‌های سلامت موجود است. ضعف آن زمانی است که یافته‌های غواصان نخبه یا جمعیت‌های دیگر در کمبود اکسیژن، شبیه داده اختصاصی هِنیو شنیده می‌شود. مسیر فیزیولوژیک محتمل، سازگاری اندازه‌گیری‌شده در این جامعه نیست. ادعاهای مربوط به کارایی اکسیژن، پیام‌رسانی HIF یا نشانگرهایی مانند S100B، پیش از برچسب «هِنیو» به نمونه مستقیم، گروه مقایسه مناسب و اندازه‌گیری تکراری نیاز دارند.

## عوامل مخدوش‌کننده، خودِ زندگی‌اند

سن، سرما، سال‌ها کار بدنی، رژیم غذایی، ناامنی اقتصادی، دسترسی به درمان، همبستگی اجتماعی و انتخاب برای ادامه یا ترک غواصی، همگی فرد مشاهده‌شده را می‌سازند. این‌ها نویز آماری پیرامون یک اثر خالص غواصی نیستند؛ بخشی از فنوتیپ‌اند. نمونه بازماندگان نیز ممکن است کسانی را بیش‌ازحد نشان دهد که کار را بهتر تحمل کرده‌اند. سلامت روان را نمی‌توان از تاریخ اقتصادی و اجتماعی جدا کرد و خطر سلامت نباید بهای رمانتیک تاب‌آوری معرفی شود. جامعه باید در انتخاب متغیرها، تفسیر و بازگشت منفعت نقش داشته باشد.

## خوانش تحریریه

هِنیوها نباید به آزمایشگاه طبیعی یا تصویر عجیب استقامت تقلیل یابند. آنان کارگر، حامل دانش و زنان سالخورده‌ای در اقتصاد در حال تغییرند. مقاله زمانی به‌عنوان برنامه پژوهشی ارزشمند است که فرضیه‌هایش همچنان فرضیه نامیده شوند. پژوهش بعدی باید فیزیولوژی را با زندگی‌نامه، سابقه مواجهه و اولویت‌های جامعه ترکیب کند—و با زنانی طراحی شود که زندگی‌شان پرسش‌ها را ساخته، نه صرفاً درباره آنان.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

پرتره مستندِ قهرمان در بستر واقعی: یک هِنیوی سالخورده پس از غواصی کاری در ساحل جِجو، با تجهیزات امروزی و واقعی و وضعیت طبیعی دریا. دوربین هم‌سطح چشم باشد؛ خستگی، شوخ‌طبعی یا تمرکز فقط اگر طبیعی است دیده شود. رضایت صریح گرفته و نام، روستا، تاریخ و زمینه کار ثبت شود. پالت خاکستری معدنی، سبزآبی عمیق و پوست طبیعی باشد؛ از لباس‌سازی توریستی، صاف‌کردن سن، افزودن صید، هوای ساختگی یا ژست «فراانسانی» پرهیز شود. دریا یا آسمان برای تیتر فضای منفی بدهد.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.




RESEARCH FILE 08 / 09

DOCUMENTARY PHOTOGRAPH

# A Body Taught by a Community

Freediving skill is not simply a larger lung or stronger will. It is attention, technique, physiology and meaning assembled through practice with other people.

**IMAGE NOTE**

Sina Mehrpooyan training archive; Journal crop and colour treatment.

ENGLISH ARTICLE / PERSIAN ARTICLE

**RESEARCH FILE 8 OF 9**

# A Body Taught by a Community

*Freediving skill is not simply a larger lung or stronger will. It is attention, technique, physiology and meaning assembled through practice with other people.*

**SOURCE PAPER** **Skill building in freediving as an example of embodied culture**

Downey G. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2024;379:20230150. PMID 39155712 • DOI

*Evidence type: Biocultural conceptual article drawing on physiological and ethnographic research*

## Skill is more than instruction

Greg Downey treats freediving as a case of embodied culture: skilled activity grows from automatized action, altered attention, cognitive strategy and physiological adaptation inside a community of practice. Divers learn how to prepare, move, equalize, interpret involuntary breathing movements and allocate attention. Some changes are consciously felt; others—blood redistribution, chemoreflexes, splenic contraction—are sub-aware and become knowable through performance, instruments and shared explanation.

## Culture helps canalize biology

The article's central claim is not that culture overrides physiology. Patterned practice changes which capacities are developed, when sensations become salient and how motivation is organized. Through repetition, coaching and norms, divers may exaggerate aspects of the dive response, accommodate pressure and change their relationship to hypercapnia. Downey uses canalization and phenotypic plasticity to describe this narrowing of many possible bodies toward a practiced form. The body remains constrained, but the path through those constraints is socially made.

## A conceptual synthesis, not an efficacy trial

The paper combines ethnographic and physiological literature; it does not test a training programme, establish that a specific drill causes a specific adaptation, or

prove that greater discomfort tolerance is safer. The phrase “CO2 tolerance” can blur several processes: rising carbon dioxide, urge-to-breathe perception, voluntary continuation, buffering, oxygen consumption and learned interpretation. Communities can teach good judgement and mutual care, but they can also normalize risky goals. Embodiment therefore needs an ethical reading: what is trained, toward which end, and under whose safety norms?

## The editorial reading

This account gives instructors a deeper job description. They do not merely transfer technique; they shape attention, language, expectations and the meaning of stopping. A mature community teaches that sensations are data, not commands to prove toughness; that skill includes restraint; and that safety is social, not private. The most durable adaptation may be a form of judgement—one built between bodies, not stored inside a single athlete.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Supporting documentary photograph of a real post-session debrief at poolside or beside a depth line: mentor and learner seated at the same level, reviewing one moment with hands, slate or dive computer while the buddy team remains in context. Prioritize listening over triumph. Use warm ivory skin and paper against deep-teal water; keep equipment and body language truthful. No victory pose, stopwatch worship, fake performance number or staged distress. Leave negative space between the pair and the water.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 8 از ۹

# بدنی که یک جامعه آموزش می‌دهد

مهارت غواصی آزاد فقط ریه بزرگ‌تر یا اراده قوی‌تر نیست. توجه، تکنیک، فیزیولوژی و معناست که در تمرین با دیگران کنار هم ساخته می‌شوند.

**Skill building in freediving as an example of embodied culture** مقاله مبنا

Downey G. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2024;379:20230150. PMID 39155712 • DOI

نوع شواهد: مقاله مفهومی زیست‌فرهنگی بر پایه پژوهش‌های فیزیولوژیک و مردم‌نگارانه

## مهارت بیش از دستور است

گرگ داونی غواصی آزاد را نمونه‌ای از فرهنگ بدن‌مند می‌داند: فعالیت ماهرانه از حرکت خودکارشده، توجه تغییریافته، راهبرد شناختی و سازگاری فیزیولوژیک درون یک جامعه تمرین رشد می‌کند. غواص یاد می‌گیرد چگونه آماده شود، حرکت کند، فشار را همسان کند، حرکات غیرارادی تنفسی را تفسیر و توجه را توزیع کند. بعضی تغییرها آگاهانه حس می‌شوند؛ برخی—مانند جابه‌جایی خون، رفلکس‌های شیمیایی و انقباض طحال—زیر آستانه آگاهی‌اند و از راه عملکرد، ابزار و توضیح مشترک شناخته می‌شوند.

## فرهنگ، زیست‌شناسی را کانالیزه می‌کند

ادعای اصلی این نیست که فرهنگ فیزیولوژی را کنار می‌زند. تمرین الگودار تعیین می‌کند کدام ظرفیت رشد کند، کدام حس برجسته شود و انگیزه چگونه سازمان یابد. تکرار، مربیگری و هنجارها می‌توانند بخش‌هایی از پاسخ غواصی را تقویت کنند، سازگاری با فشار را شکل دهند و رابطه فرد با تجمع دی‌اکسید کربن را تغییر دهند. داونی از کانالیزه‌شدن و انعطاف‌پذیری فنوتیپی برای توصیف باریک‌شدن بدن‌های ممکن به سوی بدن تمرین‌کرده استفاده می‌کند. محدودیت زیستی باقی است، اما مسیر درون آن اجتماعی ساخته می‌شود.

## ترکیب مفهومی، نه آزمون اثربخشی

مقاله ادبیات مردم‌نگاری و فیزیولوژی را ترکیب می‌کند؛ برنامه تمرینی را آزمایش نمی‌کند، ثابت نمی‌کند تمرین مشخص سازگاری مشخصی می‌سازد و نشان نمی‌دهد تحمل بیشتر ناراحتی ایمن‌تر است. عبارت «تحمل $CO_2$» می‌تواند چند فرایند را مخلوط کند: بالا رفتن دی‌اکسید کربن، ادراک نیاز به تنفس، ادامه ارادی، بافرشدن، مصرف اکسیژن و تفسیر آموخته‌شده. جامعه می‌تواند قضاوت خوب و مراقبت متقابل بیاموزد، اما ممکن است هدف‌های پرخطر را نیز عادی کند. پس بدن‌مندی پرسش اخلاقی دارد: چه چیزی، برای چه هدفی و زیر کدام هنجار ایمنی تمرین می‌شود؟

## خوانش تحریریه

این روایت شرح وظیفه عمیق‌تری برای مربی می‌سازد. او فقط تکنیک منتقل نمی‌کند؛ توجه، زبان، انتظار و معنای توقف را شکل می‌دهد. جامعه بالغ می‌آموزد حس‌ها داده‌اند، نه فرمانی برای اثبات سرسختی؛ مهارت شامل خویشتن‌داری است؛ و ایمنی اجتماعی است، نه خصوصی. شاید پایدارترین سازگاری نوعی قضاوت باشد—چیزی که میان بدن‌ها ساخته می‌شود، نه درون یک ورزشکار تنها.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس مستند پشتیبان از دی‌بریف واقعی پس از جلسه در کنار استخر یا طناب عمق: مربی و هنرجو هم‌سطح نشسته‌اند و با دست‌ها، اسلیت یا کامپیوتر غواصی یک لحظه را مرور می‌کنند؛ تیم همراه در زمینه حضور دارد. گوش‌دادن مهم‌تر از پیروزی باشد. پوست و کاغذ گرم عاجی در برابر آب سبزآبی عمیق قرار گیرد و تجهیزات و زبان بدن واقعی بماند. ژست قهرمانی، پرستش کرنومتر، عدد عملکرد ساختگی یا ناراحتی صحنه‌سازی‌شده حذف شود. میان دو نفر و آب فضای منفی بماند.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.



RESEARCH FILE 09 / 09

CONCEPTUAL ILLUSTRATION

# A Field Coming Up for Air

A broad review maps what breath-hold science can now measure—and how much of its confidence still rests on small samples, dry laboratories and exceptional athletes.

**IMAGE NOTE**

Original conceptual editorial illustration; not a literal research procedure.

ENGLISH ARTICLE / PERSIAN ARTICLE

**RESEARCH FILE 9 OF 9**

# A Field Coming Up for Air

*A broad review maps what breath-hold science can now measure—and how much of its confidence still rests on small samples, dry laboratories and exceptional athletes.*

**SOURCE PAPER** **Advances in breath-hold diving research: a state-of-the-art review**

Paganini M et al. European Journal of Applied Physiology. 2026;126:497–530. PMID 41417060 • DOI

*Evidence type: Invited state-of-the-art review; 166 selected publications across eight physiological themes*

## Eight systems, one dive

Paganini and colleagues searched PubMed and Scopus in early 2025, screened 381 records, identified 187 unique papers and selected 161, later adding five recent studies. They organize 166 publications across cardiovascular, pulmonary, neurological, decompression, muscle and metabolic, training, long-term and telemonitoring themes. The integrated view is the review's strength: bradycardia, peripheral vasoconstriction, blood shift, gas exchange, spleen, brain perfusion, lung mechanics and learning do not happen in isolation.

## The field's clearest advances

Research has moved from dry static apnoea toward arterial sampling, echocardiography, ultrasound, near-infrared spectroscopy and field-capable sensors in real water. The review shows how descent and ascent produce different oxygen landscapes; why blood shift protects against compression yet adds pulmonary vascular load; how lung squeeze, haemoptysis, blackouts and neurological decompression events remain clinically important; and how adaptations may coexist with maladaptations. It also catalogues large individual variability and the influence of temperature, technique, lung volume and environment.

## A map is not a measurement standard

This is a state-of-the-art narrative review, not a systematic review with exhaustive inclusion, formal risk-of-bias grading or meta-analysis. Papers were selected by author consensus for influence and relevance, restricted to English-language human work, and included case reports. The underlying literature is highly heterogeneous and often small. Elite athletes dominate some questions, while women, older divers, beginners and occupational communities remain underrepresented. Training studies are frequently short; long-term health data are sparse; and telemonitoring has not yet validated an algorithm that predicts an adverse event in time to prevent it.

## The editorial reading

The review does not reveal a single human limit. It shows a moving boundary produced by physiology, environment, technique, selection and culture—and it reveals where uncertainty concentrates. The field now needs multicentre protocols, shared outcome definitions, more representative cohorts, complete descent-to-recovery measurements and reporting of uneventful dives as well as accidents. Technology should be judged by clinical or safety outcomes, not only by the beauty of a live trace. The science is maturing when it becomes less impressed by records and more exact about ordinary bodies under pressure.

## Photo direction — Sinaphoto approach

Hero editorial field photograph of a real research dive: a freediver on the line at moderate depth, correct lanyard and safety position visible, while a compact wearable sensor is genuinely in use and surface support appears above. Compose vertically with the diver low in frame and a large abyss gradient overhead. Preserve plausible light, bubbles and equipment; no HUD, glowing anatomy, invented telemetry or impossible depth colour. Grade deep teal with mineral-grey highlights and a rare matte-copper equipment detail.

*Safety note: This is educational analysis, not individualized medical advice or a maximal-training protocol. In-water practice requires trained safety and current standards.*

پرونده پژوهشی 9 از ۹

# دانشی که به سطح می‌آید

مروری گسترده نشان می‌دهد علم حبس نفس امروز چه چیزهایی را می‌تواند اندازه بگیرد—و چه مقدار از اعتمادش هنوز بر نمونه‌های کوچک، آزمایشگاه خشک و ورزشکاران استثنایی تکیه دارد.

**Advances in breath-hold diving research: a state-of-the-art review** مقاله مبنا

Paganini M et al. European Journal of Applied Physiology. 2026;126:497–530. PMID 41417060 • DOI

نوع شواهد: مرور دعوت‌شده وضعیت دانش؛ ۱۶۶ مقاله منتخب در هشت محور فیزیولوژیک

## هشت سامانه، یک غواصی

پاگانینی و همکاران در آغاز ۲۰۲۵ پاب‌مد و اسکوپوس را جست‌وجو کردند، ۳۸۱ رکورد را غربال، ۱۸۷ مقاله یکتا را شناسایی و ۱۶۱ مورد را انتخاب کردند؛ سپس پنج مطالعه تازه افزودند. ۱۶۶ مقاله در محورهای قلبی‌عروقی، ریوی، عصبی، کاهش فشار، عضله و متابولیسم، تمرین، اثرهای بلندمدت و پایش از دور سازمان یافت. قوت مرور، دید یکپارچه است: برادی‌کاردی، انقباض عروق محیطی، جابه‌جایی خون، تبادل گاز، طحال، خون‌رسانی مغز، مکانیک ریه و یادگیری جدا از هم رخ نمی‌دهند.

## روشن‌ترین پیشرفت‌های میدان

پژوهش از حبس نفس استاتیک خشک به نمونه‌گیری شریانی، اکوکاردیوگرافی، سونوگرافی، طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک و حسگرهای میدانی در آب واقعی رسیده است. مرور نشان می‌دهد فرود و صعود چشم‌انداز اکسیژن متفاوتی می‌سازند؛ جابه‌جایی خون چگونه در برابر فشردگی محافظت و هم‌زمان بار عروقی ریه را زیاد می‌کند؛ و چرا فشردگی ریه، خلط خونی، بیهوشی و حوادث عصبی کاهش فشار همچنان مهم‌اند. همچنین تغییرپذیری فردی و اثر دما، تکنیک، حجم ریه و محیط را برجسته می‌کند.

## نقشه، استاندارد اندازه‌گیری نیست

این یک مرور روایِ وضعیت دانش است، نه مرور نظام‌مند با ورود جامع، ارزیابی رسمی خطر سوگیری یا فراتحلیل. مقالات بر پایه اثرگذاری و ارتباط و با توافق نویسندگان انتخاب شدند، به پژوهش انسانی انگلیسی‌زبان محدود بودند و گزارش مورد را نیز دربرگرفتند. ادبیات زیربنایی بسیار ناهمگون و اغلب کوچک است. در بعضی پرسش‌ها ورزشکاران نخبه غالب‌اند و زنان، افراد مسن، تازه‌کاران و جوامع شغلی کمتر دیده می‌شوند. مطالعات تمرین کوتاه، داده بلندمدت سلامت اندک و پایش از دور هنوز فاقد الگوریتم اعتبارسنجی‌شده برای پیش‌بینی به‌موقع رویداد نامطلوب است.

## خوانش تحریریه

مرور یک حد واحد برای انسان پیدا نمی‌کند. مرزی متحرک را نشان می‌دهد که فیزیولوژی، محیط، تکنیک، گزینش و فرهنگ می‌سازند—و محل تمرکز عدم قطعیت را روشن می‌کند. میدان به پروتکل‌های چندمرکزی، تعریف مشترک پیامد، نمونه‌های نماینده‌تر، اندازه‌گیری کامل از فرود تا ریکاوری و گزارش غواصی‌های بی‌حادثه در کنار حوادث نیاز دارد. فناوری باید با پیامد ایمنی یا بالینی سنجیده شود، نه فقط زیبایی رد زنده. علم زمانی بالغ می‌شود که کمتر شیفته رکورد و دقیق‌تر درباره بدن‌های معمولی زیر فشار باشد.

## پیشنهاد عکس — رویکرد Sinaphoto

عکس میدانیِ قهرمان و تحریریه‌ای از یک غواصی پژوهشی واقعی: غواص در عمق متوسط روی طناب، با لنیارد و موقعیت ایمنی صحیح، یک حسگر پوشیدنی واقعی دارد و پشتیبانی سطح بالاتر دیده می‌شود. قاب عمودی، غواص در پایین و گرادیان وسیع ژرفا در بالا باشد. نور، حباب و تجهیزات واقعی حفظ شوند؛ HUD، آناتومی درخشان، تله‌متری ساختگی یا رنگ ناممکن عمق اضافه نشود. رنگ‌پردازی سبزآبی عمیق با هایلایت خاکستری معدنی و تنها یک جزئیات مسی مات باشد.

یادداشت ایمنی: متن آموزشی است، توصیه پزشکی فردی یا برنامه تمرین حداکثری نیست. تمرین در آب به همراه ایمنی آموزش‌دیده و طبق استانداردهای جاری انجام شود.

## Source papers

Selected records are listed in the document's editorial order. Links resolve to PubMed and DOI landing pages.

1. McKnight JC et al. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2021;376:20200349. When the human brain goes diving: using near-infrared spectroscopy to measure cerebral and systemic cardiovascular responses to deep, breath-hold diving in elite freedivers. PMID 34176327 • https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0349

2. Paganini M et al. The Journal of Physiology. 2026;604:1117–1133. Gas exchange and pulmonary stress variations during SCUBA and breath-hold diving in open seawater. PMID 41972365 • https://doi.org/10.1113/JP290397

3. Meyer MF et al. Diving and Hyperbaric Medicine. 2020;50(4):350–355. Effects of freediving on middle ear and eustachian tube function. PMID 33325015 • https://doi.org/10.28920/dhm50.4.350-355

4. Giunta A et al. 2019. DOI record: 10.22462/10.12.2019.5. Proposal of a new scoring system for equalization problems during freediving. PMID 31683359 • https://doi.org/10.22462/10.12.2019.5

5. Macefield VG et al. Experimental Physiology. 2026;111(2):501–516. Microelectrode recordings from the human cervical vagus nerve during maximal breath-holds. PMID 40500977 • https://doi.org/10.1113/EP092890

6. Schipke JD, Limper U, Tetzlaff K. The American Journal of Medicine. 2026;139(4):413–419. Breath-hold diving and decompression sickness. PMID 41397651 • https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2025.12.015

7. Park Y-M, Kim S. Psychiatry Investigation. 2025;22(7):769–771. Research on Haenyeo: Insights Into Human Adaptations to Extreme Environments. PMID 40633579 • https://doi.org/10.30773/pi.2024.0394

8. Downey G. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2024;379:20230150. Skill building in freediving as an example of embodied culture. PMID 39155712 • https://doi.org/10.1098/rstb.2023.0150

9. Paganini M et al. European Journal of Applied Physiology. 2026;126:497–530. Advances in breath-hold diving research: a state-of-the-art review. PMID 41417060 • https://doi.org/10.1007/s00421-025-06093-6