

The background image shows several divers in a hyperbaric chamber. They are wearing full diving gear, including tanks and masks. The chamber is made of metal and has large glass windows. The water is clear, and there are some bubbles visible. The overall lighting is blue, typical of an underwater environment.

**Gli adattamenti Fisiologici
all'esposizione all'Ambiente
Iperbarico.
10 anni di ricerche**

Gaeta (LT) 13 Marzo 2026

Dieci anni di Storia

Bando di Ricerca In Collaborazione (BRIC) INAIL

- **Finalità:** Implementare la rete scientifica dell'INAIL e sviluppare studi su rischi emergenti, robotica, intelligenza artificiale, benessere organizzativo e sicurezza sul lavoro.
- **Destinatari:** Enti di ricerca, università e IRCCS (Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico) con sede in Italia.
- **Tipologia di finanziamento:** Si tratta di un finanziamento a fondo perduto per progetti di ricerca, spesso di durata biennale.

Dieci anni di Storia

• **2016 ID25:** *Studio di un modello multifattoriale di prevenzione del rischio iperbarico che integri i fattori di rischio individuali e lavorativi*

2025 ID46

Risposte fisiologiche all'esposizione all'ambiente Iperbarico (HyperBaric exposure and Physiological Responses, HBPhR)

• **2022 ID38:** *Studio multifattoriale dello stress da attività lavorativa in soggetto operante in Ambiente Iperbarico*

Dieci anni di Esperimenti

- ✓ (2) Lago di Bracciano
- ✓ Camera Iperbarica Fiumicino
- ✓ Impianto piscicoltura Torre Suda (LE)
- ✓ (3) Piscina Y-40 Montegrotto Terme (PD)
- ✓ ((2) Lago di Bolsena
- ✓ (n) Laboratorio di Fisiologia dell'esercizio Fisico (SAPIENZA Univ di Roma)
- ✓ (n) Laboratorio Marco Marchetti (Univ. di Cassino e del Lazio Meridionale)



Enti/Strutture Coinvolti

Nucleo Sommozzatori Carabinieri

Rehomare S.r.l. Gallipoli (Le)

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e
Paesaggio per la provincia di Viterbo e per
l'Etruria meridionale

Com.Dive srl Carrara (MS)

Soc. Millepini s.r.l. Montegrotto Terme (PD)



Dieci anni di Subacquei

- ✓ Amatori Camera Iperbarica
- ✓ Amatori, CC Lago di Bracciano
- ✓ Lavoratori Impianto piscicoltura Torre Suda (LE)
- ✓ Amatori, Ricercatori Archeo, Lavoratori Piscina Y-40
- ✓ Ricercatori Archeologici Lago di Bolsena



In totale coinvolti oltre 40 subacquei.
Alcuni di loro hanno fatto immersioni in condizioni diverse,
nelle diverse fasi progettuali.

Obbiettivi della Ricerca

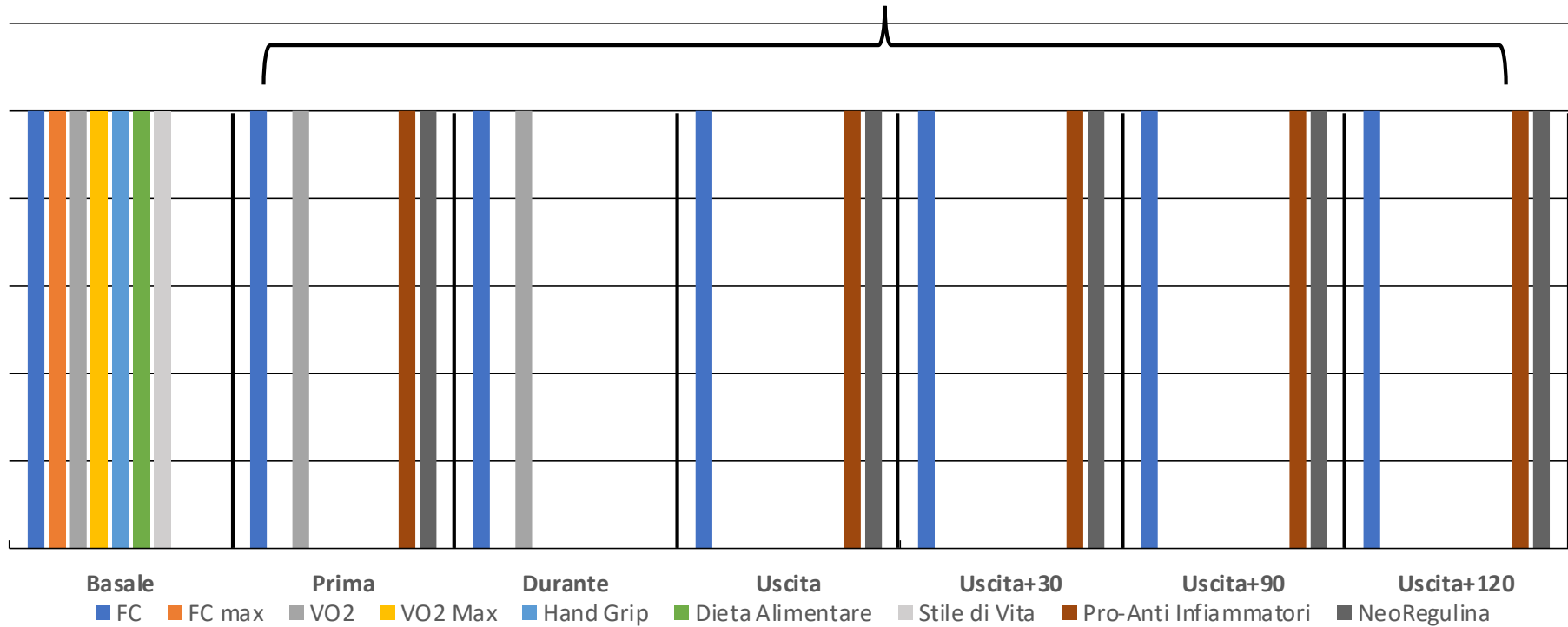
Definire e monitorare parametri fisici o metabolici di effetto, ossia legati alla dose e tipo di esposizione.

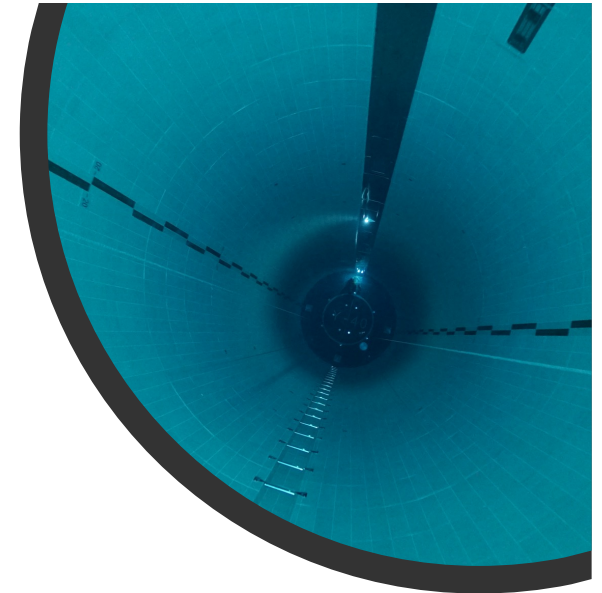
Stabilire legame tra la condizione del soggetto con i parametri di effetto.

Variabili individuali: stato metabolico, stato di funzionalità fisica, composizione corporea, abitudini alimentari, attività fisica, fumo, etc.

Cosa abbiamo indagato

IMMERSIONE

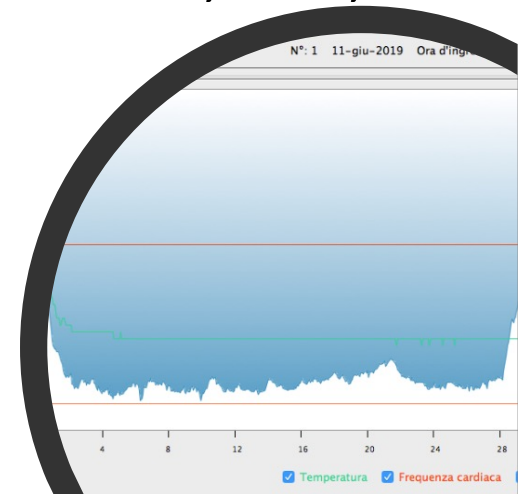




-20 m; -30 m; -40 m



CONDIZIONI SPERIMENTALI



Analisi e comparazione

Una mole di dati così numerosa che comprende condizioni diverse **NECESSITA** di strumenti di analisi complessi

L'analisi statistica e strumenti matematici propri dell'Intelligenza Artificiale sono indispensabili per «decifrare» i risultati

Analisi e comparazione

La condizione «in vivo» è quella reale ma non consente di indagare nei meccanismi cellulari

L'analisi su colture cellulari (in vitro) riesce a studiare in maniera più esauriente le vie metaboliche coinvolte

Una linea cellulare di osteosarcoma, cellule MG-63. Le cellule sono state piastrate in dispositivi cellulari, coltivate all'80% di confluenza e quindi poste in camera iperbarica a 2 e 4 atm per tempi diversi a 37°C.

Analizzata la **via metabolica ossea** RANK/RANKL/OPG

RISULTATI

Indipendentemente dalle profondità raggiunte nei tre diversi giorni sperimentali i parametri biologici mostrano un effetto ORMESICO. L'effetto in terza giornata è minore di quanto ci si potesse aspettare.

Lo studio in vitro mostra che le vie metaboliche dell'osteogenesi sono modificate in funzione dell'esposizione

L'apparato cardio-circolatorio viene fortemente stressato per causa dell'esposizione. Ci sono adattamenti che perdurano anche DURANTE l'immersione.

DISCUSSIONE

Sebbene i nostri sistemi compensatori siano in grado di sviluppare contromisure agli effetti metabolici indotti dall'esposizione (ORMESI), appare evidente che questa crei stati di stress importante

Le analisi cellulari confermano gli effetti sulle vie metaboliche ossee

L'apparato cardio-circolatorio, in immersione, si trova in uno stato funzionale compromesso, dipendendo dalla quota. Gli adattamenti non si arrestano ma continuano nella permanenza all'immersione

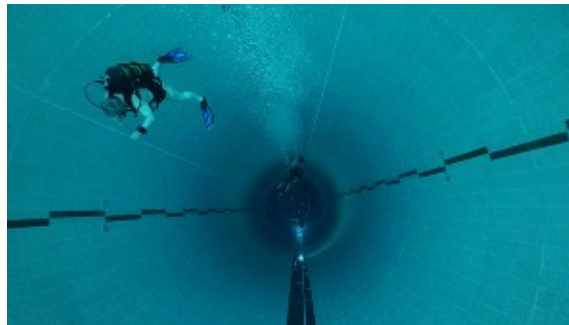
CONCLUSIONI

- I risultati degli esperimenti sui soggetti, in vivo, e sui preparati cellulari, in vitro, confermano la capacità dell'agente fisico (Iperbarismo) di indurre modificazioni metaboliche.
- Sebbene si attivino meccanismi compensatori non si può escludere che si possano verificare condizioni tali da non consentire il buon funzionamento dei meccanismi e quindi l'instaurarsi di condizioni patologiche
- L'attività lavorativa, di per sé, richiede un importante lavoro cardiaco. Quando si somma quello indotto dall'esposizione si ottiene uno stress a carico dell'apparato cardio-circolatorio di notevole entità. Questo sottolinea l'importanza di un'attenta valutazione dello stato di funzionalità di questo apparato

SVILUPPI

Aumentare il campione dei risultati per trovare le relazioni con lo stato di funzionalità individuale. Elemento che potrebbe migliorare i meccanismi compensatori ridurre l'evenienza di stati patologici

Occorre valutare il **lavoro cardiaco durante l'esposizione**. Questo implica uno sforzo tecnologico importante per realizzare dispositivi che possano efficacemente funzionare nelle condizioni reali.



SVILUPPI

Va verificato se opportune condizioni, **immersioni ripetute o alti carichi di lavoro**, possano minare gli effetti compensatori.



Valutazione di altre **vie metaboliche** sia sullo stesso tessuto osseo o su altri tipi di tessuto, come quello nervoso.



Divulgazione dei risultati agli addetti ai lavori per accrescere la consapevolezza sui rischi per la salute.

Produzione Scientifica 1/4

- 1) FATTORINI L., SUMMA A., MARCHETTI E., STEFANIA C., DI FAZIO J., FANTINI C., DONINI L.M., CAMMAROTA C., PINTO A. (2018). Body density estimation from multi-frequency Bioelectrical Impedance Analysis measurements. *XXXIX Congresso Nazionale 2018 della Società Italiana di Nutrizione Umana*. Napoli (Italy) 19-21 novembre 2018.
- 2) E. Maggi, A. Summa, A. Pinto, M. Rizzo, L. Fattorini, E. Marchetti, R. Businaro (2018). *Analisi della risposta infiammatoria e della composizione corporea per la prevenzione del rischio iperbarico*. XXXIX Congresso Nazionale della Società Italiana di Nutrizione Umana. Napoli (Italy) 19-21 novembre.
- 3) Tranfo G., Spagnoli M., Pignini D., Sciubba F., Tomassini A., Conta G. , Fattorini L., Marchetti E., Miccheli A. (2019) *Targeted and untargeted metabolomics applied to occupational exposure to hyperbaric atmosphere*. 11th International Symposium on Biological Monitoring in Occupational and Environmental Health (ISBM-11) 28-30 August, Leuven, Belgium
- 4) E. Marchetti, Baccolo Tp, Bordi M, Businaro R, Costanzo C, De Angelis N, D'ovidio Mc, Fattorini L, Filomeni G, Maggi E, Marchetti Mr, Melis P, Paci E, Pignini D, Pinto A, Sacco F, Summa A, Tranfo G, Valente G. (2018) *Valutazione degli indicatori della risposta infiammatoria in iperbarismo e relazione con lo stato di fitness e composizione corporea*. XXXIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Med Subacquea e Iperbarica. Portovenere (SP) 18-20 ottobre

Produzione Scientifica 2/4

- 1) M. Bordi, P. Giglio, E. Marchetti, A. Pinto, R. Businaro, G. Filomeni (2018) *Esposizione ad atmosfere iperbariche: analisi dello stress ossidativo*. 36° CONGRESSO NAZIONALE DI IGIENE INDUSTRIALE E AMBIENTALE. Matera, Italy 26-28. ISBN 978-88-86293-35-8.
- 2) G Tranfo, D Pigni, E Paci, F Sacco, N De Angelis, C Costanzo. (2018) *Esposizione ad atmosfere iperbariche: biomarcatori urinari di stress ossidativo*. 36° CONGRESSO NAZIONALE DI IGIENE INDUSTRIALE E AMBIENTALE. Matera 26-28 Giugno 2019. ISBN 978-88-86293-35-8.
- 3) A. Summa, T. P. Baccolo, M. R. Marchetti, G. Valente, M. C. D'ovidio, L. Fattorini (2019) *Valutazione dell'esposizione ad atmosfere iperbariche: caratterizzazione del lavoratore in iperbarismo sulla base delle abitudini alimentari e del livello di attività fisica*. 36° CONGRESSO NAZIONALE DI IGIENE INDUSTRIALE E AMBIENTALE. Matera, Italy 26-28. ISBN 978-88-86293-35-8.
- 4) E. Maggi, M bordi, G Filomeni, E Marchetti, A. Pinto, R. Businaro (2019) *Esposizione ad atmosfere iperbariche: analisi del profilo infiammatorio*. 36° CONGRESSO NAZIONALE DI IGIENE INDUSTRIALE E AMBIENTALE. Matera, Italy 26-28. ISBN 978-88-86293-35-8.

Produzione Scientifica 3/4

- 1) AA.VV. (2021) Hyperbaric Exposure and Oxidative Stress in occupational activities (HEOxS): the study protocol. *Senses Sci (Educ Sci Tech)* 2021: 8 (1)1212-1229. doi: 10.14616/sands-2021-1-12121229.
- 2) Marchetti E. et al (2021) Hyperbaric Exposure of Scuba Divers Affects the Urinary Excretion of Nucleic Acid Oxidation Products and Hypoxanthine. *Int J Environ Res Public Health* 19(5):3005. doi: 10.3390/ijerph19053005. IF=2,849.
- 3) Ieno C., Fattorini L., Tranfo G., D'Ovidio M.C., Costanzo C., Marchetti E. (2022) Stima del dispendio energetico in attività lavorative di archeologia subacquea. 38° Congresso Nazionale di igiene industriale e ambientale Cagliari 22 – 24 giugno.
- 4) Ieno C., Rodio A., Marchetti E., Tranfo T., Pigini D., Scenna D., Pinto A., Fattorini L. (2023) Hyperbaric effects on heart rate in professional SCUBA divers in thermal water. *Med Lav* In press. IF=2,244

Produzione Scientifica 4/4

1. Fattorini L, Rodio A, Di Libero T, Ieno C, Tranfo G, Pigni D, Pinto A, Marchetti E. (2024) Hyperbaric effects on heart rate in professional SCUBA divers in thermal water. *Front Sports Act Living*. Sep 30;6:1429732. doi: 10.3389/fspor.2024.1429732. eCollection 2024.
2. Mariano A, Consalvi V, Marchetti E, Rodio A, Scotto d'Abusco A, Fattorini L. (2025) *Cell Culture in a Hyperbaric Chamber: A Research Model to Study the Effects of Hyperbarism (Hyperbaric Pressure) on Bone Cell Culture*. *Cells*. Aug 19;14(16):1287. doi: 10.3390/cells14161287.
3. F. Ricci, C. Vivarelli, E. Marchetti, L. Fattorini, C. Costanzo, F. Sacco, E. Mattei, and G. Calcagnini. (2025) Heart rate variability in professional SCUBA divers. IX National Congress of Bioengineering, Palermo 2025
4. Di Biagio C, Giglio P, Bordi M, Larotondo G, Turci R, Fattorini L, Marchetti E, Lettieri-Barbato D, Montagna C, Filomeni G, Aquilano K. (2026) *Circulating Neuregulin-4 tracks acute hyperbaric and workload stressin human divers, preceding oxidative injury markers*. *Free Radical Biology and Medicine*, doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2026.02.002