

Roma, 14 ottobre 2019

Enrico Marchetti

INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

La ricerca sulle atmosfere iperbariche dell'INAIL

La valutazione del rischio da atmosfere iperbariche è rientrato tra i fattori di rischio fisici con l'emanazione del Testo Unico D. Lgs. 81/08.

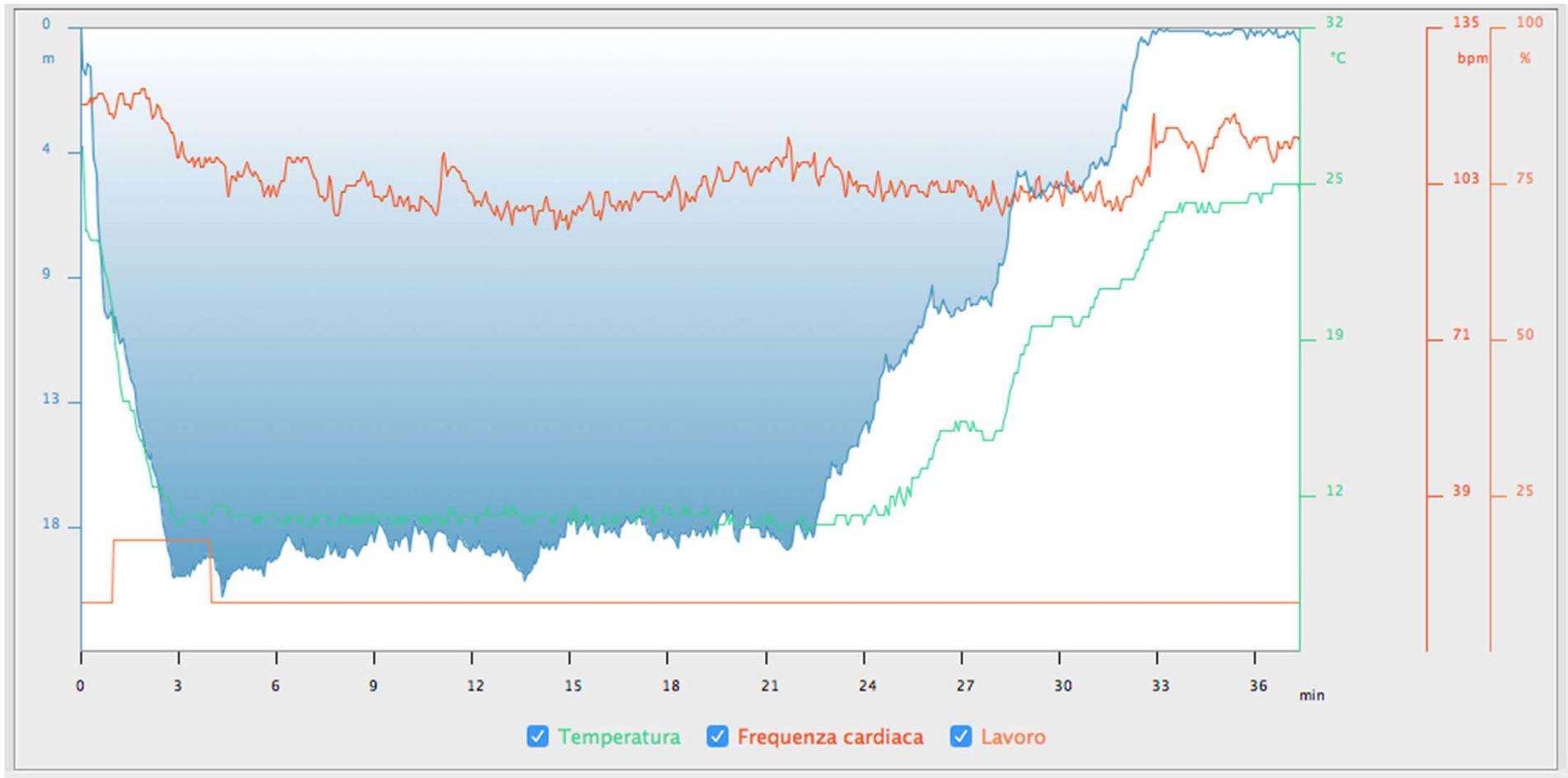
Conseguentemente l'ISPESL, e poi l'INAIL, ha intrapreso una attività di ricerca su questo fattore di rischio che ha assunto, nel tempo, sempre maggior rilevanza.

La ricerca si è, inizialmente, indirizzata sugli aspetti igienistici a lungo termine: l'osteonecrosi asettica [Kindwall] e gli aspetti genetici [NOAA]. Questo ci ha portato verso quell'aspetto dell'esposizione che più colpisce la fantasia del pubblico: la decompressione.

Infatti la determinazione della fase di decompressione rappresenta, dal punto di vista della valutazione del rischio, uno dei suoi punti salienti.

La compressione, e la conseguente decompressione, rappresenta uno stressor fisiologico da esposizione ad atmosfera iperbarica.

INTRODUZIONE



Storicamente le procedure di decompressione, articolate in tabelle indicizzate da durata e profondità, sono state elaborate sulla base della velocità di saturazione e di desaturazione dell'azoto dai vari tessuti ed organi del corpo umano.

Tale velocità viene parametrizzata da un determinato indicatore legato alla saturazione/desaturazione. Originariamente, Haldane valutava la saturazione totale e da questa elaborava il tempo di emisaturazione dei vari tessuti [Haldane et al.]. Successivamente si introdussero i valori di massima sovrasaturazione critica (M values) per ogni tessuto [Workman]. Infine si sono adottati indicatori legati alle microbolle ed ai micronuclei presenti nei tessuti [RGBM, Wienke] o ad una asimmetrica velocità di saturazione rispetto alla desaturazione [Thalman et al.].

Questi modelli prendono in considerazione solo i meccanismi e la velocità di transizione dell'azoto nei tessuti (perfusione e diffusione) e non la fisiologia relativa all'intero organismo che subisce le variazioni di pressione in ambiente ostile (stress decompressivo).

La pratica d'uso delle tabelle di decompressione prende, oltre a durata e profondità, anche in considerazione osservabili come **temperatura** ed **esercizio fisico durante l'immersione**. Per questi aspetti, che non indicizzano le tabelle, si ricorre ad un aumento di decompressione passando alla durata successiva ovvero, in casi particolari, alla profondità successiva di quella selezionata per la propria immersione.

Questo fatto è un'implicita ammissione che la fisiologia dell'immersione riguarda il corpo intero e non solo i suoi componenti: tessuti ed organi in relazione con la loro velocità di saturazione dell'azoto.



Naturalmente, quando si considera lo stress fisiologico da decompressione (stress decompressivo), altri aspetti del subacqueo, più generali, diventano rilevanti per l'esito finale:

- **Composizione corporea**
- **Abitudini alimentari**
- **Stress ossidativo**
- **Stato infiammatorio**
- **Fitness fisica**

L'insieme degli aspetti sopracitati rendono la valutazione del rischio decompressivo una pratica decisamente multifattoriale, la quale richiede valutazioni quantitative, oltre che qualitative, visto che deve dare un numero di minuti da passare ad una determinata profondità ed un esito privo di patologie.

COSA FA L'INAIL?

A seguito dell'inserimento nel Regolamento dell'ISPESL delle atmosfere iperbariche tra gli agenti fisici, avvenuto nel 2006, anche il D. Lgs. 81/08 ha adottato tale classificazione.

Conseguentemente il Laboratorio Agenti Fisici dell'allora Dipartimento Igiene del Lavoro ISPESL ha intrapreso una attività preliminare di raccolta bibliografica e ricerca preliminare sulla normativa esistente a carattere nazionale ed internazionale (in questo caso ringrazio Gianni Giannitelli per l'aiuto).

I primi lavori, fatti con il Centro Iperbarico Romano, erano volti a valutare lo stato dell'arte.

Per fare un esempio delle condizioni legislative italiane citerò il DPR 321/56 per lo scavo delle gallerie, in cui la decompressione prevista è di due terzi più corta delle tabelle US Navy attuali. ED È LEGGE DELLO STATO!

Non esiste una legge per la ricerca subacquea ed è un settore in costante crescita (CNR, ISPRA, ARPA, Archeologia subacquea)

Il passaggio all'INAIL nel 2010 ha aperto nuove opportunità alla ricerca iperbarica. Finalmente, con l'approvazione del Piano della Ricerca triennale nel 2016, l'INAIL ha implementato l'esplorazione di questo agente al pari degli altri. In conseguenza è stata inserita, all'interno dell'Obiettivo 4 del Progetto 3, dedicato alla valutazione del rischio nei porti, una sezione dedicata a valutare alcuni dei fattori sopra citati sia in condizioni controllate che in campo. Questa prima fase è, a tutti gli effetti, un progetto pilota di verifica della fattibilità sul campo di alcune valutazioni biochimiche volte alla rilevazione integrata della costituzione corporea e di come essa cambia in conseguenza dell'immersione.

Il progetto, concepito come un progetto di rete per implementare la multidisciplinarietà, prevede una parte di rilevazione fisica, biologica e chimica, svolta internamente ed una parte in affidamento esterno mediante Bando competitivo denominato BRIC (Bando di Ricerca in Collaborazione) per l'individuazione di un partenariato di Università e Enti di Ricerca che possa, in collaborazione con INAIL, valutare quali osservabili fisiologiche variano in relazione con l'immersione.

Le osservabili prese in considerazione sono:

- **Composizione corporea**
- **Abitudini alimentari**
- **Stress ossidativo**
- **Stato infiammatorio**
- **Fitness fisica**
- **Temperatura**
- **Esercizio fisico svolto in immersione**

Il BRIC 2016-2018 vede, quindi, una partecipazione di alcuni Laboratori del DIMEILA :

- Rischio Agenti fisici (capofila e valutazione delle osservabili fisiche)
- Rischio Agenti biologici (valutazione stato allergologico)
- Rischio Agenti chimici (stress ossidativo per via urinaria)
- Sorveglianza sanitaria e promozione della salute (valutazione abitudini alimentari)

Per sopperire alle carenze metodologiche nella rilevazione delle altre osservabili di interesse, si è fatto ricorso ad un bando esterno.

La cordata di gruppi di ricerca esterni è costituita da:

- Fisiologia dello sport – Sapienza (capofila e valutazione metabolismo e esercizio fisico e delle abitudini alimentari)
- Nutrizione – Sapienza (valutazione della composizione corporea e delle abitudini alimentari)
- Valutazione del rischio specifico – ENEA (valutazione rischio e sicurezza del campo prova)
- Biologia - Tor Vergata (valutazione stress ossidativo per via ematica)
- Medicina iperbarica - CIR (a titolo gratuito: supporto alle operazioni in campo e contributo alla sicurezza operativa)



L'attività del progetto pilota si è sviluppata in quattro occasioni sperimentali: una compressione in camera iperbarica, una prima immersione nel campo prova del Lago di Bracciano – località Trevignano, un'immersione in campo prova a Torre Suda (Gallipoli) ed una seconda immersione a Trevignano. Le immersioni sono state precedute da misurazioni in laboratorio volte ad accertare la composizione corporea con un sistema multimisura per il confronto di dati provenienti da misure fatte in condizioni differenti.



IL PROGETTO

Hans Selye (1956, 1974) ha collegato lo stress con gli aspetti fisiologici della sindrome aspecifica di adattamento generale. Tra i potenziali attivatori della sindrome ci sono gli agenti fisici. Fra questi si può, a buon diritto, annoverare l'agente iperbarico.

La nostra indagine è diretta ad evidenziare quali siano gli indicatori più idonei, fra quelli di adattamento allo stressor pressorio, per assegnare un indice quantitativo di valutazione alla varie procedure decompressive.

Questo progetto non è, ovviamente, concludibile in un singolo triennio di ricerca.

I volontari dei vari esperimenti, in camera iperbarica ed in acqua, sono stati esposti per 30 min ad una profondità di 20 metri.

Prima e dopo le immersioni sono stati raccolti campioni di urina e sangue con una durata, per le urine, di 12 ore, per il sangue di un'ora e mezza.

IL PROGETTO

Preliminarmente è stata misurata la massa corporea, suddivisa in massa grassa e magra, tramite tre metodiche indipendenti.

Durante l'immersione sono stati rilevati i parametri fisici (profondità e durata) dell'immersione:

Tale rilevazione è stata fatta con due computer subacquei (decompressimetri) che rilevano anche la frequenza cardiaca e la temperatura dell'acqua.



IL PROGETTO

Prima dell'immersione, i volontari hanno compilato un questionario sulle abitudini alimentari e di vita.

Il computer subacqueo elabora anche, secondo modelli interni alla Scubapro, La temperatura corporea interna e il lavoro svolto in immersione. Tali modelli dovranno essere verificati in camera iperbarica per comparazione con modelli consolidati.



RISULTATI (prolusione)

Haldane aveva stabilito una durata della desaturazione completa di 12 ore perché il tessuto più lento ad assorbire e liberare azoto aveva un emitempo di 2 ore. Poiché un fenomeno esponenziale si considera, da un punto di vista pratico, esaurito dopo sei emitempi, si aveva una desaturazione completa dopo 12 ore.

Il Ministero del Lavoro francese ha pubblicato delle tabelle lavorative nel 1990 con un tessuto con emitempo più lento di 4 ore, dando una desaturazione completa in 24 ore.

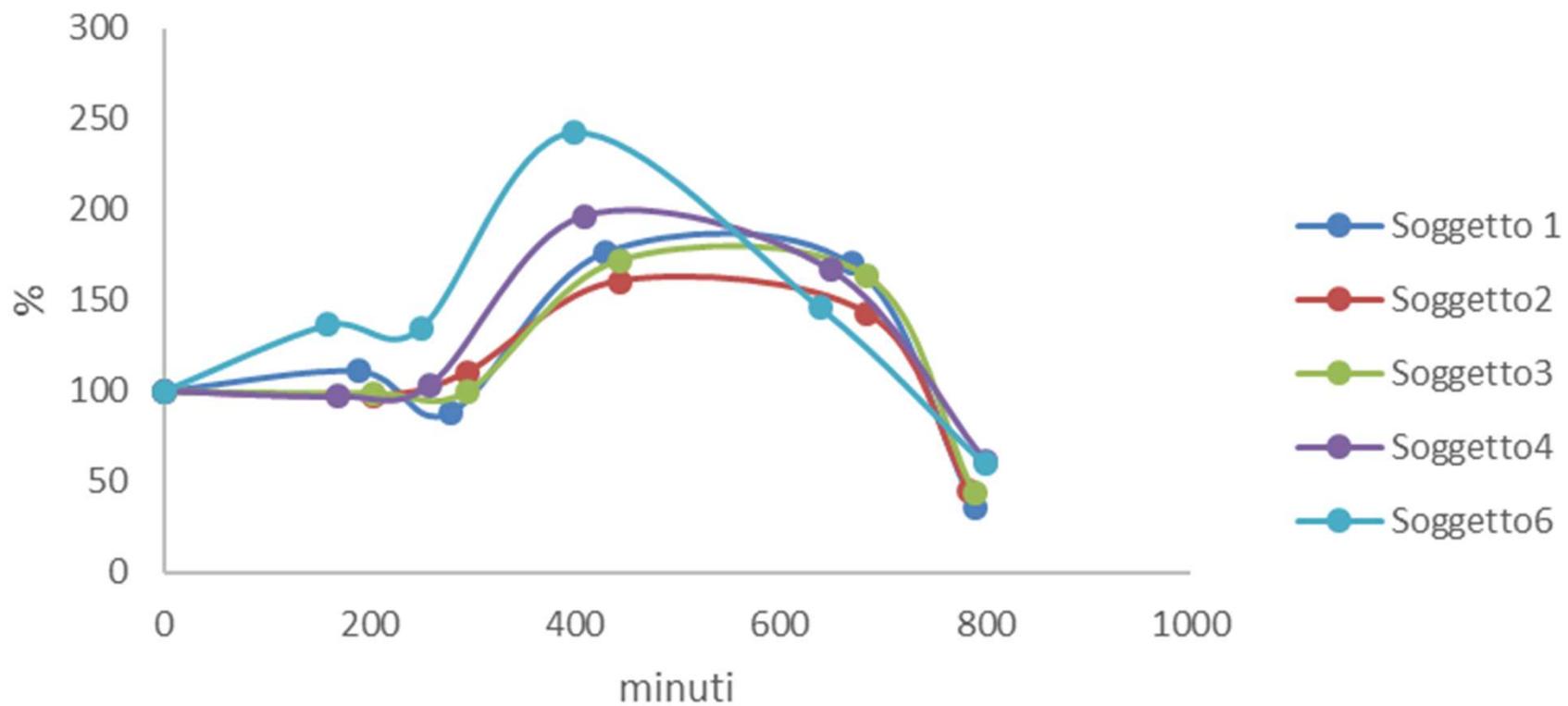
Entrambe le tabelle si basano su un'ipotesi empirica, poco fondata a livello sperimentale.

Quindi non esisteva una dimostrazione sperimentale di tale asserto che non fosse quella: «fin'ora tutto bene!»



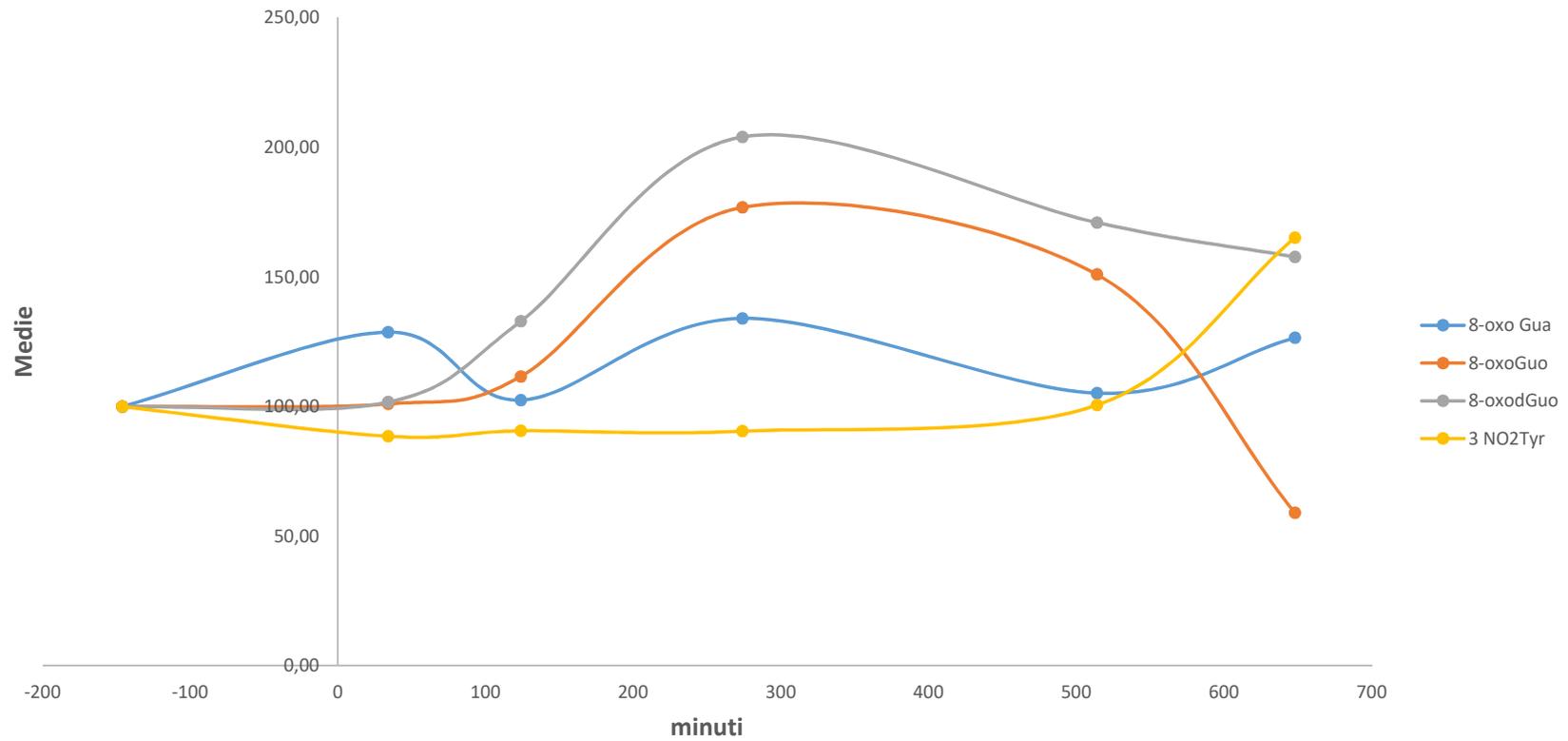
RISULTATI (prolusione)

8oxoGuo $\mu\text{g/g}$ creatinina



RISULTATI (prolusione)

Media percentuale su 6 soggetti



Grazie per l'attenzione

IL GRUPPO DI RICERCA

Tiziana Paola Baccolo, Matteo Bordi, Rita Businaro, Corrado Costanzo, Nazzareno De Angelis, Maria Concetta D'Ovidio, Luigi Fattorini, Giuseppe Filomeni, Elisa Maggi, Enrico Marchetti, Maria Rosaria Marchetti, Enrico Paci, Daniela Pignini, Alessandro Pinto, Floriana Sacco, Aurora Summa, Giovanna Tranfo, Giuliana Valente