



Pavol Jozef Šafárik

230. výročie narodenia



* 1795 + 1861



Vodík a jeho potenciál v perioperačnej a intenzívnej medicíne



Doc. MUDr. Jozef Firment, PhD.,

I. KAIM UPJŠ LF a UNLP Košice

Kongresový hotel Clarion Praha, sál ZENIT

FARMAKOLOGIE V PERIOPERAČNÍ MEDICÍNĚ

piatok, 10.10.2025, 16:15-17:15

moderátor: prof. MUDr. Pavel Michálek, PhD., MBA

Moja vodíková „story“ a súčasnosť

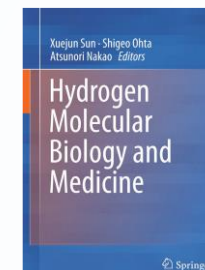
- Začiatkové týždne Corona-pandémie – čo sa na nás hrnie a ako reagovať?
 - Niečo z epidemiológie a šírení ARDS v Taliansku a iných krajinách
- **Telefonát prof. MUDr. Slezáka, DrSc. (SAV)** – približovanie nepoznaného
 - Viacero ochotných ľudí sa ponúkalo pomôcť.
- Dar - **generátor vodíka od doc. Budaya (EVPU)** (30. jún 2020)
- Štúdium problematiky z internetu, **kniha venovaná MUDr. Šimigom** 31.12.2020
 - Niečo o H_2 ako o plyne, vojenský potápači, protizápalové pôsobenie H_2 v teórii, „ubiquitárny“ účinok v medicíne a **aj v intenzívnej**
- ...
- **ARDS** – súčasť H_2 v inhalačnej zmesi
 - Nízky prietokový odpor v nehomogénnych pľúcach, antiinflamačný efekt pri ARDS, pri pneumónii
- **Postresuscitačný** syndróm – po zastavení krvného obehu (PCAS)
- **Pluripotentný** účinok vodíka...



Dr.h.c., Prof., MUDr. Ján Slezák, DrSc., FIACS
DrSc. 1984, Univerzita P. J. Šafárika, Košice
Vedný odbor a špecializácia: Normálna a patologická fyziológia, experimentálna kardiológia, gynekológia a pôrodnictvo, funkčná morfológia, ischemia a viabilita myokardu, heterogénnosť srdcového svalu, oxidačný stres, terapeutický potenciál molekulárneho vodíka,

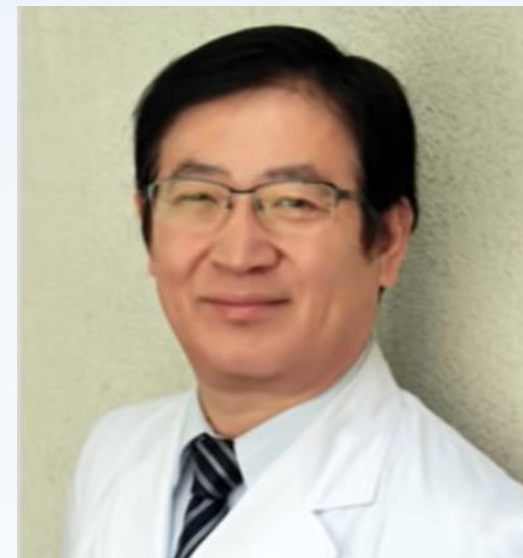


Dr.h.c. doc. Ing. Jozef Buday, CSc. * 19.3.1951 † 27.2.2021
GR Elektrotechnického výskumného a vývojového ústavu (EVPU), a. s.

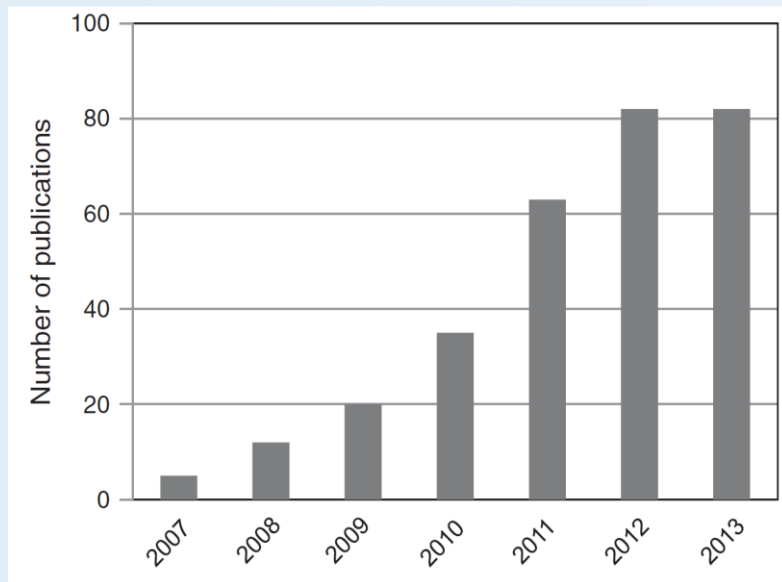


Prof. Shigeo Ohta – japonská škola

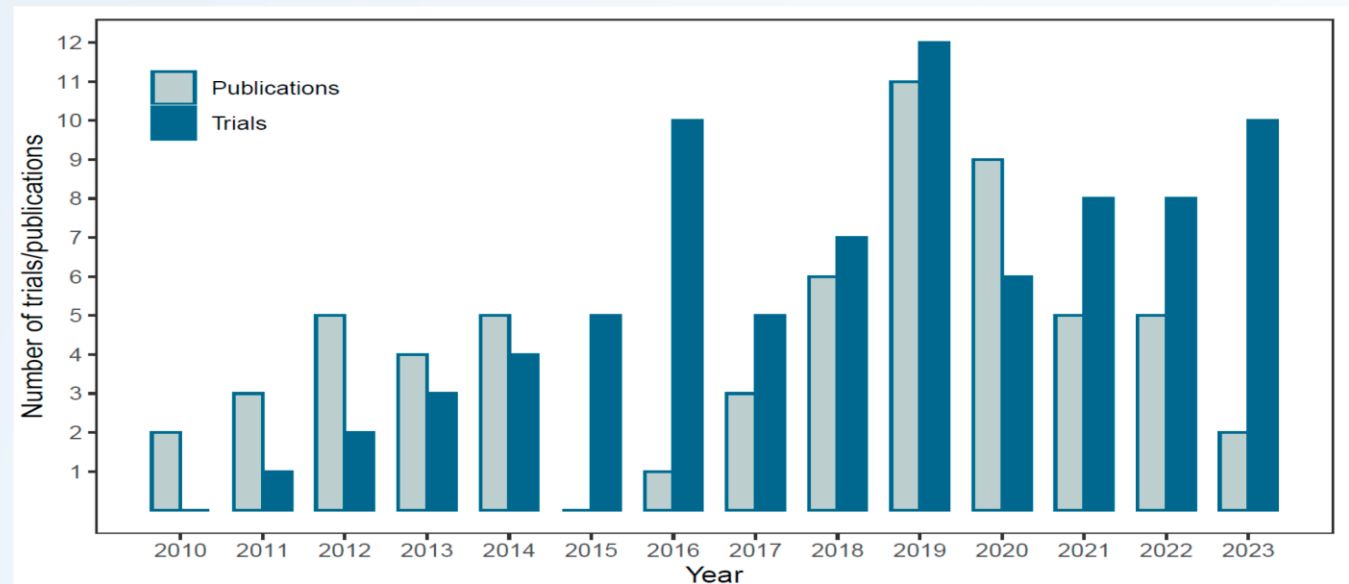
- Riaditeľ **Nadácie pre štúdium molekulového vodíka** (Molecular Hydrogen Foundation).
- „Pri hľadaní **ideálneho protizápalového prostriedku**, ktorý nemá nežiaduce účinky, som narazil na **molekulový vodík**. Pri mojom **prvom experimente v januári v roku 2005**, som bol unesený **úžasnými protizápalovými účinkami vodíka voči oxidačnému stresu**. Vtedy som sa rozhodol, že svoj život budem venovať medicíne zaoberajúcej sa **skúmaniu vodíka**. V roku **2007** som so spolupracovníkmi uspel článkom v časopise **Nature Medicine**. Tento článok bol prijatý s prekvapením, ale aj určitými pochybnosťami, ale opakovanými publikáciami sme to prekonalí. Za svoju misiu považujem nielen rozvoj vodíka v lekárskech vedách, ale aj vo vodíkovom priemysle ako **priekopník vodíkovej medicíny**.“



Počet publikácií o biologických účinkoch molekulového vodíka v každom roku



Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine, *Pharmacology & Therapeutics*, 144, 1, **2014**, 1-11.



Johnsen, H.M. et al. Molecular Hydrogen Therapy—A Review on Clinical Studies and Outcomes. *Molecules* **2023**, 28, 7785. <https://doi.org/10.3390/molecules28237785>

- Terapia H₂ v 81 klinických štúdiách a 64 vedeckých publikáciách u ľudí.

ROS, reactive oxygen species

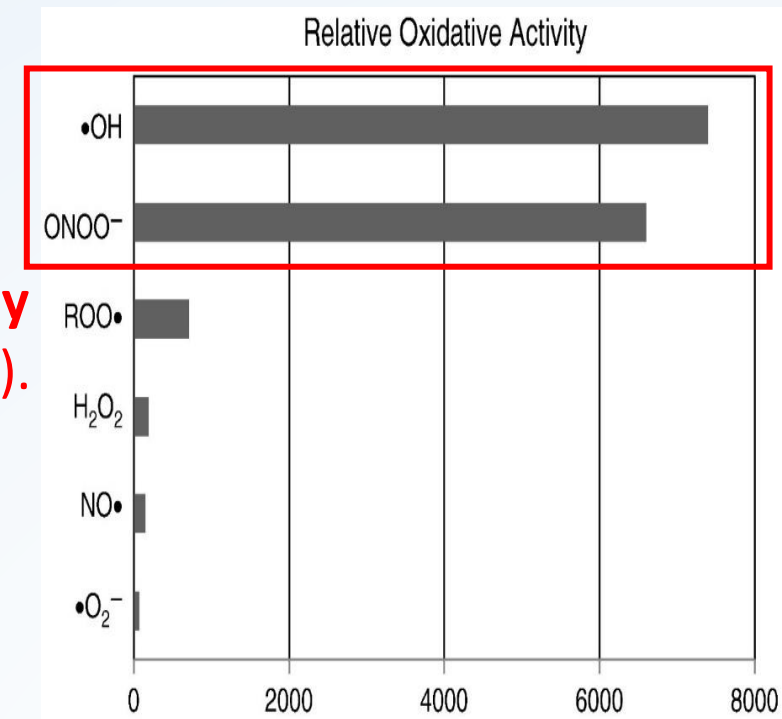
- ROS sú **produktami látkového metabolismus** a v živých organizmoch participujú na **širokom spektre biologických procesov**.
- Medzi ich najvýznamnejšie funkcie patria **antimikrobiálna** ochrana a **signalizačné** funkcie, teda z nášho pohľadu funkcie **užitočné**.
- ROS majú však aj **veľa nežiaducich účinkov** v patogenéze chorôb. V tejto oblasti túžime získať nad tým **kontrolu** 😊

Tvorba ROS prebieha prevažne štyrmi hlavnými cestami

1. V **dýchacom reťazci** prebiehajúcom v **mitochondriách** každej bunky, kde O_2 vzniká ako vedľajší produkt reakcie molekulárneho kyslíka a semichinónu.
2. Reakcie katalyzované enzýmami rodiny NOX, NADPH-oxidázami, ktorými disponujú najmä **makrofágy a neutrofilné leukocyty**. Touto reakciou vzniká excesívne množstvo ROS, ktoré zohrávajú dôležitú **baktericídnu** úlohu.
3. Cesta katalyzovaná enzýmom xantínoxidázou, ktorá je aktivovaná napríklad počas ischemických podmienok spojených s následnou **reperfúziou tkanív**. Rovnako aj pri tejto reakcii vzniká masívne množstvo ROS v čase reperfúzie. Jej najväčšia aktivita sa predpokladá najmä pri **polytraume** a pri **kardiochirurgických** výkonoch.
4. Tvorba ROS pri **poškodení buniek**. Procesy sú spojené s uvoľňovaním intracelulárnych redoxne aktívnych iónov (Fe, Cu), ktoré amplifikujú tvorbu voľných radikálov v Haber-Weissovej a Fentonovej reakcii, kedy dochádza ku konverzii peroxidu vodíka na hydroxylový radikál.

Úloha molekulového vodíka pri oxidačnom strese

- Najmenšia molekula = vysoká **permeabilita** tkanivami, membránami (bb, Mi, BBB...).
- Má schopnosť selektívne neutralizovať **najviac cytotoxické radikály (ROS/RNS): $\cdot\text{OH}$ (hydroxyl) a ONOO^- (peroxydusitan - peroxynitrit)**.
- Má silnejšiu a rýchlejšiu väzbu na aktívnejšie **ROS/RNS** a opačne, **nižšiu na ROS, ktoré majú signálnu funkciu** medzi bb., čím zachováva ich aktivitu!
- Jeho malá molekula mu umožňuje **priamu interakciu s mitochondriami**, z čoho môžu mať prospech mitochondriálne funkcie a energetický metabolizmus.
- Zdá sa, že zvyšuje **vlastné antioxidačné** mechanizmy tela, čo má za následok **prolongovaný antioxidačný** účinok, aj keď je z tela odstránený.

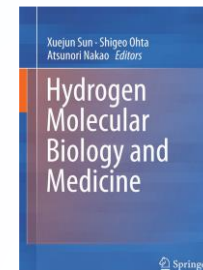


Relatívne oxidačné aktivity
v reaktívnej forme kyslíka a dusíka.

Sun X, Ohta S, Nakao A Ed: Hydrogen Molecular Biology and Medicine, Springer 2015, p 33

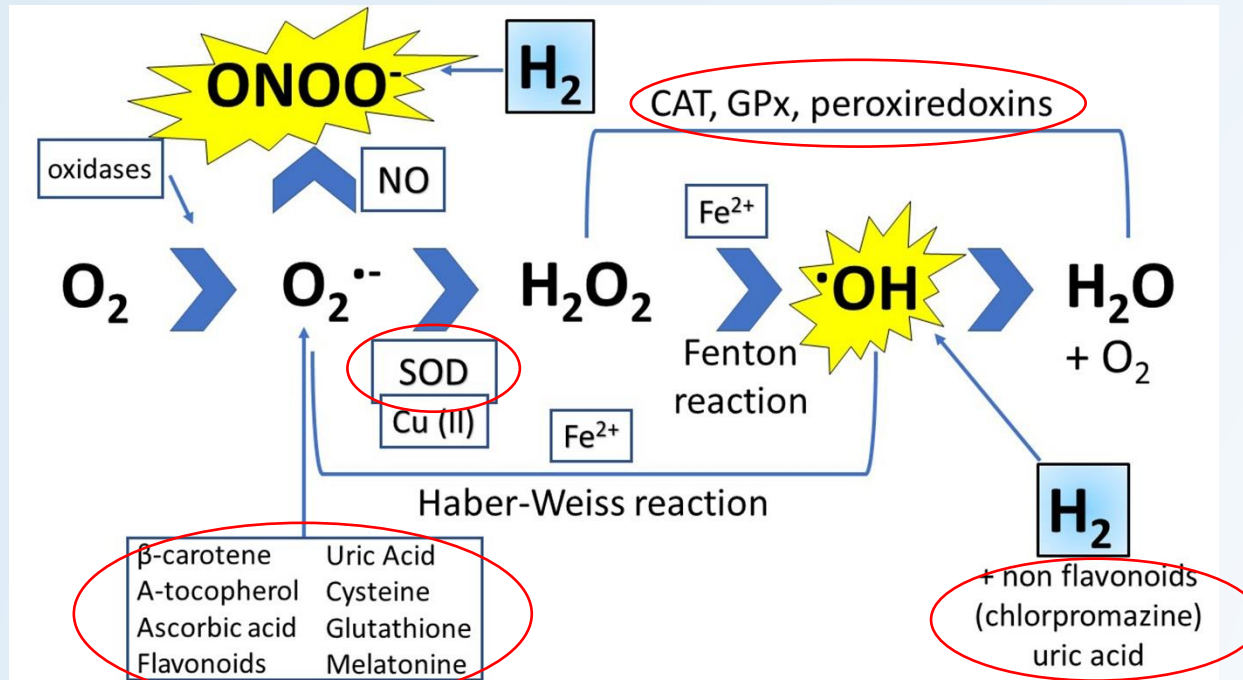
Dhillon G, et al. Hydrogen Water: Extra Healthy or a Hoax?-A Systematic Review. Int J Mol Sci (2024)

Tian Y, et al. Hydrogen, a Novel Therapeutic Molecule, Regulates Oxidative Stress, Inflammation, and Apoptosis. Front Physiol (2021)

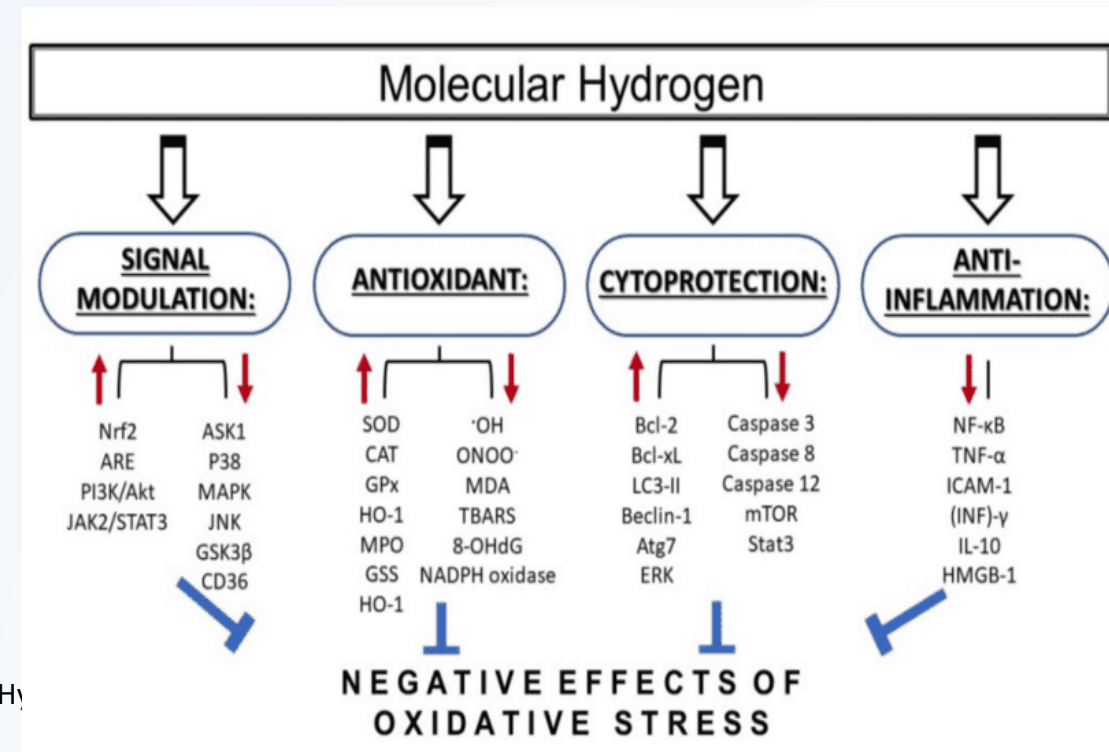


Účinok antioxidantov a selektívne pôsobenie H_2 na ROS a RNS

- Molekulový vodík **selektívne vychytáva** radikály $\cdot OH$ (**hydroxyl**) a $ONOO^-$ (**peroxydusitan**).
- **Súčinnosť** s inými antioxidantami.



CAT = kataláza, GPx = glutatiónpoxidáza



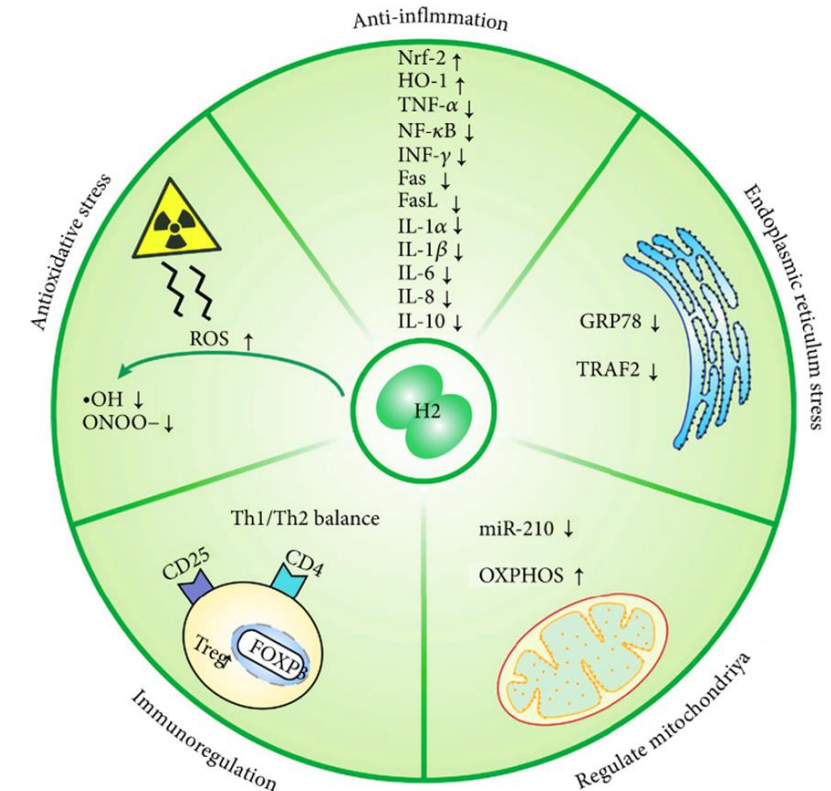
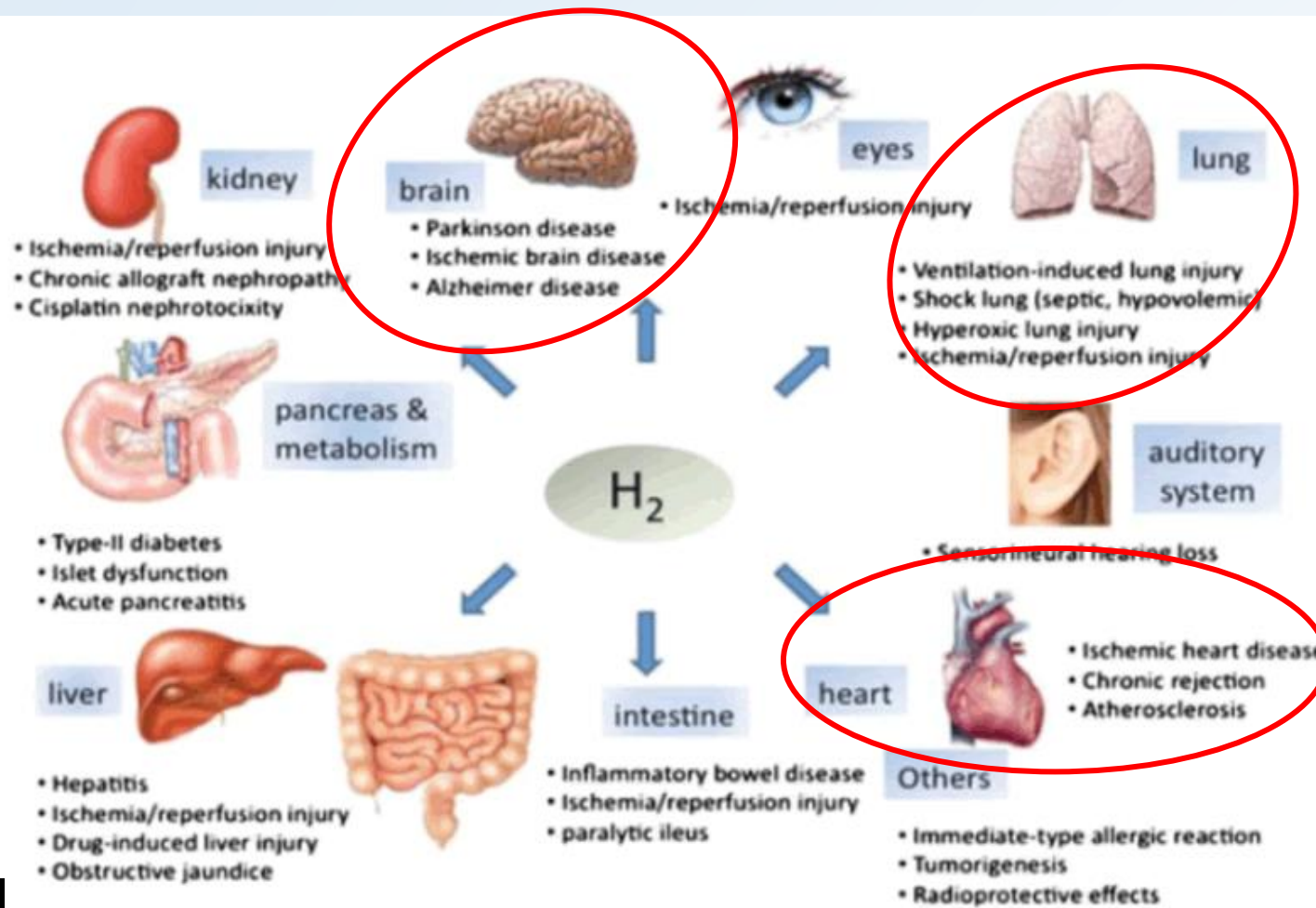
Žiadna alebo minimálna toxicita

- H_2 má veľké výhody, pretože nemá **žiadnu alebo minimálnu toxicitu**. V experimentoch H_2 nemá **žiadnu cytotoxicitu** ani pri vysokých koncentráciách.
- Pre aktuálnu aplikáciu je dôležité, že biologická bezpečnosť H_2 bola odhalená vdychovaním extrémne vysokej koncentrácie plynu H_2 v zmesi dýchacích plynov **Hydreliox**, ktorá sa skladá zo 49 % H_2 , 50 % He a 1 % O_2 !!
- Tento zmiešaný plyn sa používa na prevenciu **dekompresnej choroby** a dusíkovej narkózy pri hĺbkovom potápaní.
- O **iných** účinkoch H_2 tam **nie sú** údaje.



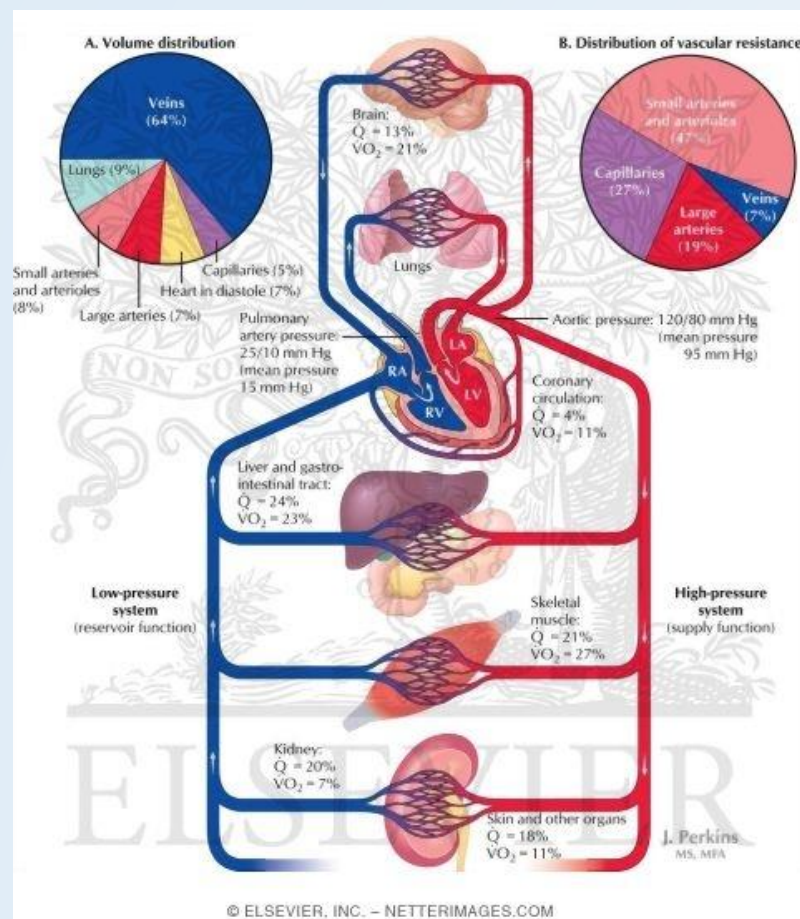
Cole AR, Raza A, Ahmed H, et al. Safety of inhaled hydrogen gas in healthy mice. Med Gas Res 2019;9:133-8.
Fontanari P, Badier M, Guillot C, et al. Changes in maximal performance of inspiratory and skeletal muscles during and after the 7.1-MPa Hydra 10 record human dive. Eur J Appl Physiol 2000;81:325-8.

Vyhliadky na liečbu H₂ pri rôznych zápalových stavoch



Abisso TG et al: Current Progress in Molecular Hydrogen Medication: Protective and Therapeutic Uses of Hydrogen against Different Disease Scenarios.
 Internal Medicine: Open Access. (2020) Volume 10, Issue 1
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fonc.2019.00696/full>

Aká je distribúcia H₂ po jeho podaní per os, inhalačne, infúzne?

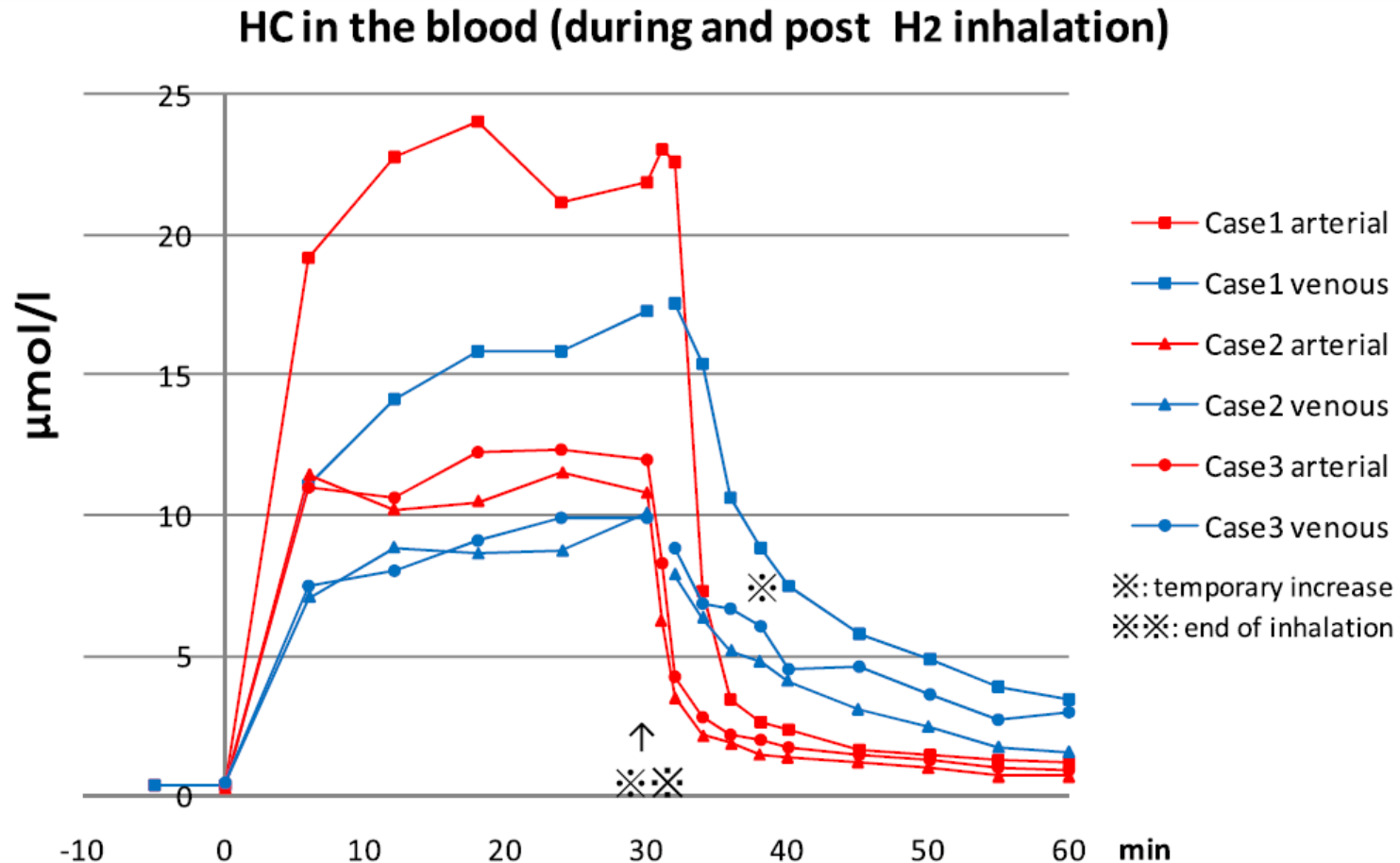


Orgán	Koncentrácia H ₂ (μmol/l)	Prietok z C.O. (%)	VO ₂ orgánom (%)	Poznámky k vodíku
Pľúca	-	100	?	-
Koronárne aa.	-	4	11	-
Mozog	26	13	21	H ₂ prechádza H-E bariérou
Pečeň	29	24	23	Veľká kapacita glykogénu pre ukladanie H ₂
Kostrové svaly	18	21	27	Zadržiavajú H ₂ významne dlhšie ako iné orgány
Obličky	18	20	27	Najnižšie zistené konc. H ₂
Tukové tkanivo	23	18	11	Zlepšuje profil tukov

Russell, G.; Nenov, A.; Kisher, H.; Hancock, J.T. Molecular Hydrogen as Medicine: An Assessment of Administration Methods. *Hydrogen* 2021, 2, 444–460.

Pri inhalácii v **plazme** je max saturácia po 30 min, po skončení inhalácie klesá počas 45-90 min. Max. saturácia **mozgu** po 60 min.

Koncentrácia H₂ v **A** a **V** krvi u 3 pacientov pri inhalácii 4%, resp. 3% H₂



- Koncentrácia vodíka (HC) v krvi **pred, počas a po inhalácii vodíka (H₂)**.
- HC (mikromol/l) v **artériovej (červená)** a **venóznej (modrá)** krvi pred (5 min. pred), počas (0-30 min.) a po (30 min až 60 min.) inhalácii plynu H₂. Pacient 1 (štvorcové značky) inhaloval **4 %** plyného H₂ a pacient 2 (značky trojuholníka) a pacient 3 (okružle značky) vdychoval **3 %** plynu H₂.
- Koncentrácia H₂ (HC) v krvi postupne dosiahla úroveň **plató po 20 minútach** inhalácie H₂, čo bolo ekvivalentné hladine uvádzanej pri pokusoch na zvieratách.
- HC sa po **prerušení inhalácie H₂** rýchlo znížila na **10 %** úrovne plató za približne **6 minút v artériovej** a **18 minút vo venóznej** krvi. Fyziologické parametre u týchto 3 pacientov sa použitím vodíka v podstate nezmenili. Štúdia konzistencie s 10 pacientmi ukázala, že HC na konci 30-minútovej inhalačnej liečby bola **dost' variabilná**

AMS-H-03 2-3 l/min



H₂ 66% : O₂ 33%

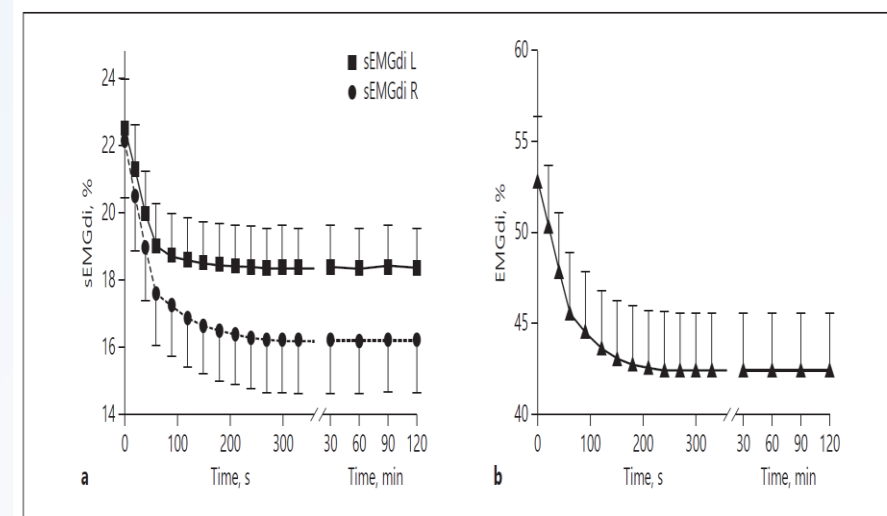


Respiračné ochorenia - CHOCHP

- V roku 2020 štúdia, skúmala akútne účinky 45 minút inhalácie zmesi s 2,4 % H₂ u **20 pacientov s astmou a CHOCHP**, zistila, že **zápal** u pacientov s astmou a CHOCHP sa liečbou zmiernil.
- Táto liečba signifikantne znížila **zápalové markery**, ako sú hladiny monocytového chemotaktického proteínu 1, IL-4 a IL-6 u pacientov s CHOCHP aj astmou.
- Väčšia klinická štúdia sa uskutočnila so **108 pacientmi** s akútnou **exacerbáciou CHOCHP**, ktorí dostávali terapiu H₂:O₂ alebo O₂.
- Zlepšenie symptómov v skupine H₂:O₂ bolo s významnými výsledkami v určitých testových skóre, čo ukazuje, že **CHOCHP je zaujímavou indikáciou pre H₂ liečbu.**

Respiračné ochorenia – stenóza trachey

- 35 pacientom bola podávaná plynná zmes $H_2:O_2$ (2:1) počas 15 minút a 120 minút (6 l/min) v dvoch po sebe nasledujúcich krokoch dýchania.
- **Všetky** merané koncové parametre **vrámci vitálnych funkcií** sa po inhalácii H_2 **zlepšili**, vrátane **inspiračného úsilia** hodnoteného pomocou elektromyografie bránice (EMGdi), transdiafragmatického tlaku (Pdi), Borgovho skóre a impulznej oscilometrie (IOS).
- Tieto klinické štúdie ukazujú, že **inhalácia H_2 je sľubnou možnosťou** liečby respiračných ochorení, čo je vhodný spôsob podávania cielene na choré tkanivo a aj pre uľahčenie dýchania.



(a) Trends in the variability of left and right sEMGdi of 16 patients over time,
(b) trends in the variability of EMGdi of 19 patients over time.

Inhalácia H₂ znižuje ischemicko-reperfúzne poškodenie pečene počas jej veľkej resekcie

- **Zvieratám** podávaná zmes **40 % O₂ + 58 % N₂ + 2 % H₂** od navodenia celkovej anestézie počas celého obdobia operácie do konca experimentu.
- **Plynná zmes** bola privádzaná do anestéziologického prístroja pomocou **prívodu stlačeného vzduchu** a **prívod kyslíka bol vypnutý**.
- Prítok plynu do prístroje s uzavretým okruhom bol nastavený na **1 liter za minútu (minFlow)**.
- Táto zmes bola **bezpečná** a odolná voči výbuchu aj vo vysokotlakových fľašiach.
- Tento prístup zabezpečil koncentráciu **rozpusteného vodíka okolo 8–10 μmol/l** vo **všetkých telesných tkanivách** podľa predchádzajúceho výskumu.
- Inhalovaný H₂ počas veľkej resekcie pečene **nepochybne znížil úroveň oxidačného stresu** spojeného s ischemicko-reperfúznym poškodením.
- Autori tento jav potvrdili **histologicky** aj priamym **meraním** oxidačného stresu v organizme.

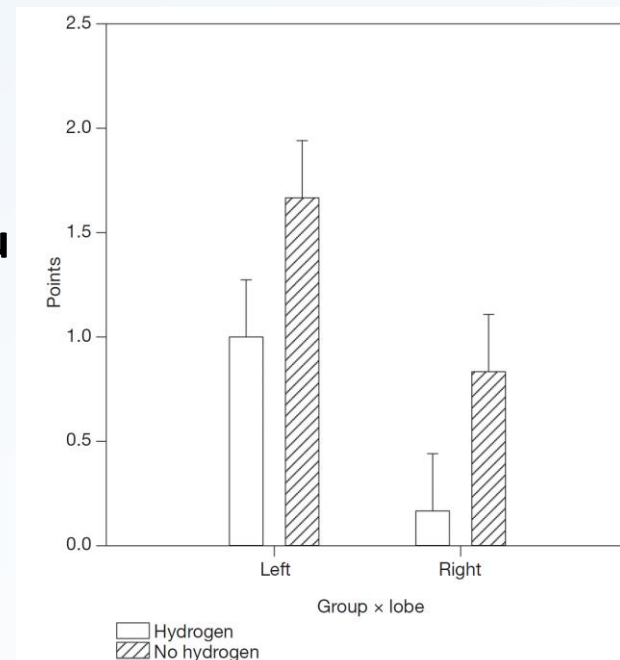


Table 1 Scores used to assess the degree of hepatic damage from ischemia-reperfusion syndrome

Score	Sinusoidal congestion	Vacuolation	Necrosis of hepatocytes
0	No	No	No
1	Minimum	Minimum	Individual cells
2	Light	Light	<30%
3	Medium	Medium	30–60%
4	Severe	Severe	>60%

Ochrana Tx orgánov

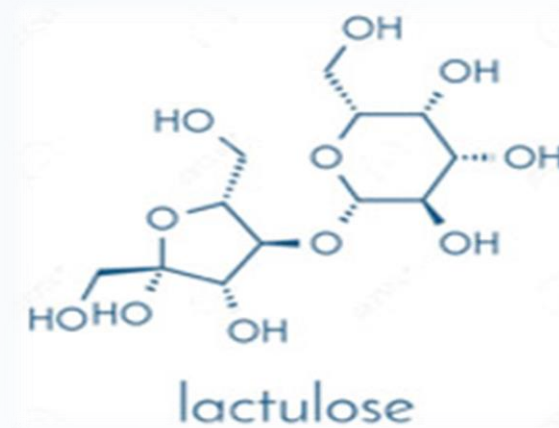
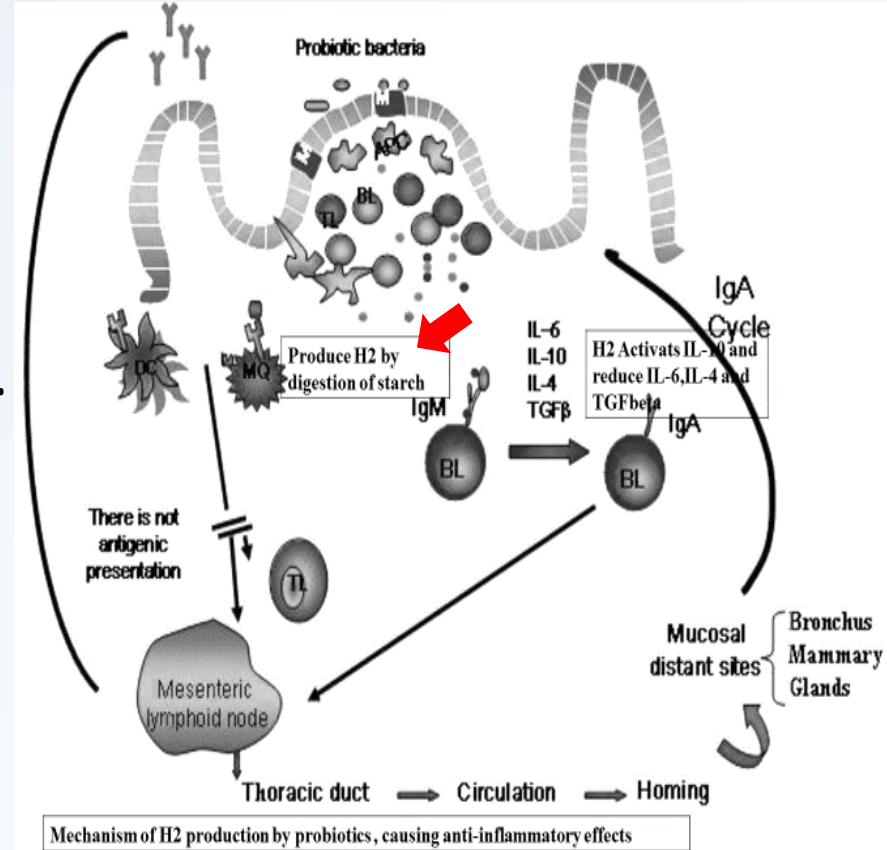
- Pri ochrane orgánov chladom pred Tx sa H_2 môže dodať do srdcových štepov pomocou „**vodného**“ **kúpeľa s obsahom H_2** a účinne zmierniť poškodenie **myokardu** spôsobené **studenou ischémiou-reperfúziou**.
- Toto zariadenie na **nasýtenie orgánov H_2 počas uchovávania orgánov v chlade môže mať význam pre terapeutické a preventívne použitie v Tx medicíne**.
- H_2 tiež zmiernil poškodenie počas transplantácie **rôznych** orgánov **inhaláciou**.
- **Izotonický roztok nasýtený H_2** chránil **obličky** pred ischemicko-reperfúznym poškodením.

V klinickom a regeneračnom prostredí

- Priaznivé účinky molekulárneho vodíka v klinickom prostredí sú pozorované najmä pri **ochoreniach** sprostredkovaných **oxidačným stresom**, akými sú **diabetes** mellitus, **infarkty** mozgového kmeňa, **reumatoidná** artritída alebo **neurodegeneratívne** ochorenia.
- Vodíková terapia môže byť účinnou a špecifickou inovatívnou liečbou oxidačného stresu vyvolaného cvičením a športových zranení s potenciálom na zlepšenie cvičebného výkonu (**športová medicína**).
- Vedecké dôkazy však podporujú použitie molekulárneho vodíka (H₂) na zmiernenie príznakov tzv. opice **po intoxikácii etylalkoholom**.

Laktulóza

- Z čreva **nerezorbovatelný** disacharid fru + galaktóza
- **Trávený baktériami v hr. čreve s tvorbou vodíka (E. coli).**
- Tvorba vodíka sa **dá monitorovať v exspirovanom dychu.**
- Podanie **20 g laktulózy** zvyšuje vydychovanie vodíka tak, ako po vypití 300 ml vody nasýtenej vodíkom, ale vodík sa po laktulóze udrží v tele dlhšie. Delenie na 3-5 dávok sa znáša lepšie.
- Navyše laktulóza ako **prebiotikum** podporujúce laktobacily a bifidobaktérie a inhibujúce klostrídiá a E. coli.



Akútne poškodenie obličiek vyvolané kontrastom (CIAKI)

- **Inhalácia** plynného vodíka bola účinná pri **prevencii** vzniku renálnej dysfunkcie vyvolanej kontrastnou látkou.
- Imunologické farbenie obličkových tkanív s 8-OHdG a meranie indexu **oxidačného stresu** odhalilo **významne menej** 8-OHdG-pozitívnych buniek v skupine **po inhalácii plynného vodíka**.
- Potlačenie oxidačného stresu **plynným H₂** bolo **faktorom v prevencii** renálnej dysfunkcie.
- **Očakáva sa, že táto metóda by mohla byť účinná u urgentných pacientov vyžadujúcich kontrastné zobrazenie bez času na dostatočnú predhydratáciu.**

Kočan L, Vašková J, Török P, Donič V, Grendel T, Nosál M, Rybár D, Depta F, Firment P, Imrecze Š. Terapeutické možnosti vodíka pri vybraných patologických stavoch u kriticky chorých pacientov. Anestéziológia a intenzívna medicína. 2022;11(1):15-19.

23. Hayashida K, Sano M, Kamimura N, et al. Hydrogen inhalation during normoxic resuscitation improves neurological outcome in a rat model of cardiac arrest independently of targeted temperature management. Circulation. 2014;130:2173-2180.

Následné zvýšenie srdcového vývrhového objemu po IM v skupine H₂

- Posudzovali bezpečnosť a účinnosť **inhalovaného** plynného H₂ na **prevenciu reperfúzneho poškodenia u pacientov s akútnym IM podstupujúcich PCI**, počas ktorej pacienti inhalovali plynnú zmes vodíka (1,3 %), kyslíka a dusíka.
- Inhalácia H₂ **nezmenšila veľkosť infarktu** počas akútnej fázy IM v porovnaní s kontrolnou skupinou.
- Porovnanie údajov **kontrolnej** skupiny pomocou MRI srdca 1 týždeň a následne **6 mesiacov po IM nepreukázalo** žiadnu zmenu alebo pokles vývrhového objemu srdca,
- zatiaľ čo v skupine po inhalácii plynného vodíka **sa C.O. zvýšil** a bolo preukázané **nižšie percento remodelácie** ľavej komory.

Feasibility and Safety of Hydrogen Gas Inhalation for Post-Cardiac Arrest Syndrome

– First-in-Human Pilot Study –

Tomoyoshi Tamura, MD; Kei Hayashida, MD; Motoaki Sano, MD; Masaru Suzuki, MD; Takayuki Shibusawa, MD; Joe Yoshizawa, MD; Yosuke Kobayashi, MD; Takeshi Suzuki, MD; Shigeo Ohta, PhD; Hiroshi Morisaki, MD; Keiichi Fukuda, MD; Shingo Hori, MD

Background: Hydrogen gas inhalation (HI) ameliorates cerebral and cardiac dysfunction in animal models of post-cardiac arrest syndrome (PCAS). HI for human patients with PCAS has never been studied.

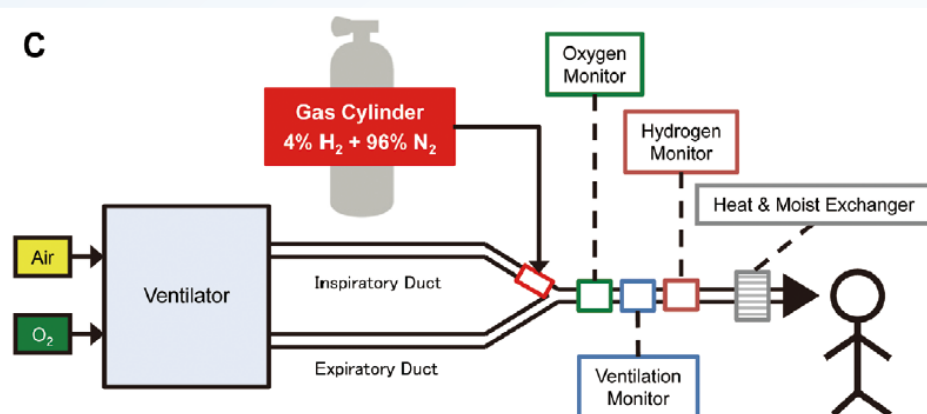
Methods and Results: Between January 2014 and January 2015, 21 of 107 patients with out-of-hospital cardiac arrest achieved spontaneous return of circulation. After excluding 16 patients with specific criteria, 5 patients underwent HI together with target temperature management (TTM). No undesirable effects attributable to HI were observed and 4 patients survived 90 days with a favorable neurological outcome.

Conclusions: HI in combination with TTM is a feasible therapy for patients with PCAS. (*Circ J* 2016; 80: 1870–1873)

(C) Dávkovaný kyslík z ventilátora sa zmiešal s plynom z fľaše naplnenej 4% H₂ and 96% N₂ na konci inspiračnej časti. Kvôli bezpečnosti boli do inspiračnej časti okruhu nainštalované monitorovacie zariadenia (kyslík, objem, **koncentrácia vodíka**) na kontrolu skutočného zloženia zmesi plynu.

(D) Na podanie 2% H₂ pri zachovaní normoxie (vyhýbanie sa hyperoxii) a normokapnie merali zloženie zmiešaného plynu a určili prietok plynu z fľaše v 12 rôznych kombináciách s určeným dychovým objemom, dych. frekvencie a FiO₂.

Poresuscitačný syndróm - klinické použitie pri PCAS Pilotná štúdia (metodika dávkovania zmesi)

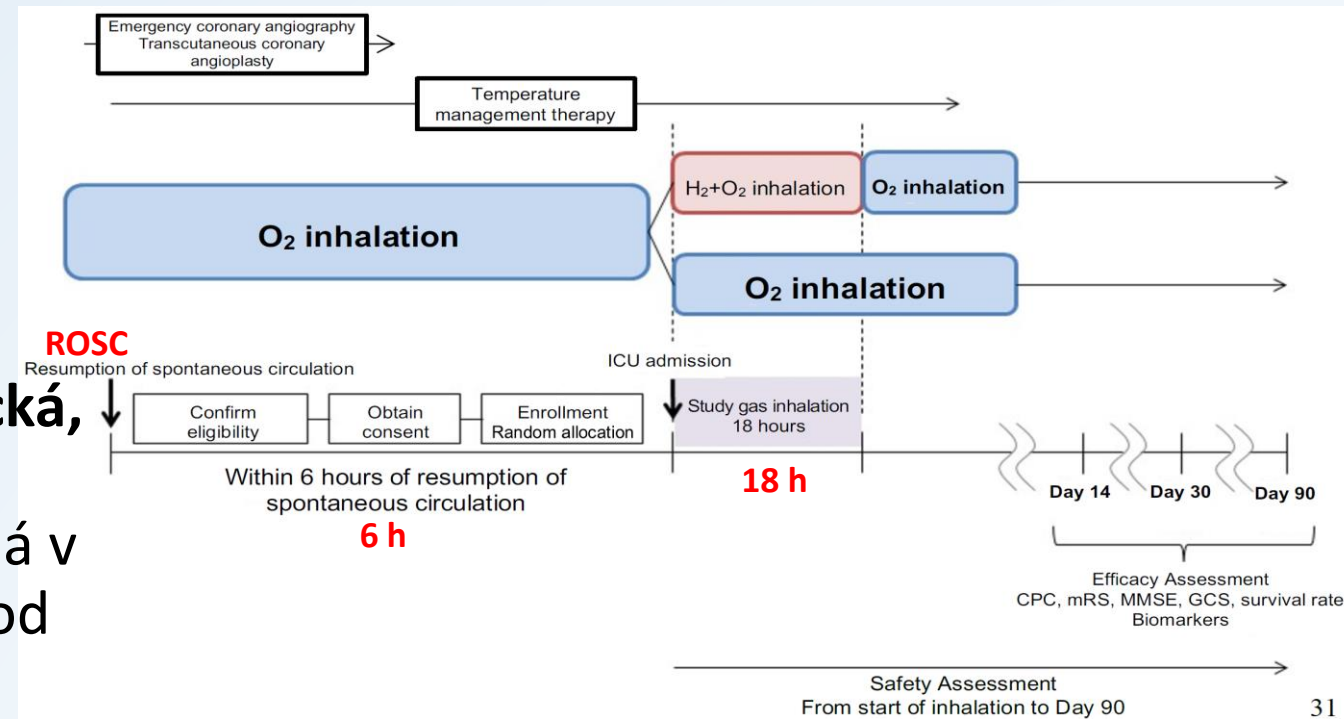


D

Targeted goals of respiratory condition			Ventilator Setting			Hydrogen Gas Cylinder
Tidal Volume (mL)	Respiratory Rate (/min)	FiO ₂	Tidal Volume (mL)	Respiratory Rate (/min)	FiO ₂	Flow Rate (L/min)
500	10	0.5	250	10	1.0	6.3
		0.4			0.8	
		0.5			1.0	
	12	0.4		12	0.8	7.5
		0.5			1.0	
		0.4			0.8	
400	10	0.5	200	10	1.0	5.0
		0.4			0.8	
		0.5			1.0	
	12	0.5		12	1.0	6.0
		0.4			0.8	
		0.5			1.0	
	15	0.4		15	0.8	7.5

Klinická štúdia vplyvu H₂ po KPR (HYBRID II) (2023)

- HYBRID II je **prospektívna, multicentrická, randomizovaná, dvojito zaslepená**, placebom kontrolovaná štúdia vykonaná v **15 nemocniciach** v Japonsku v období od 1.2.2017 do 30.9.2021.



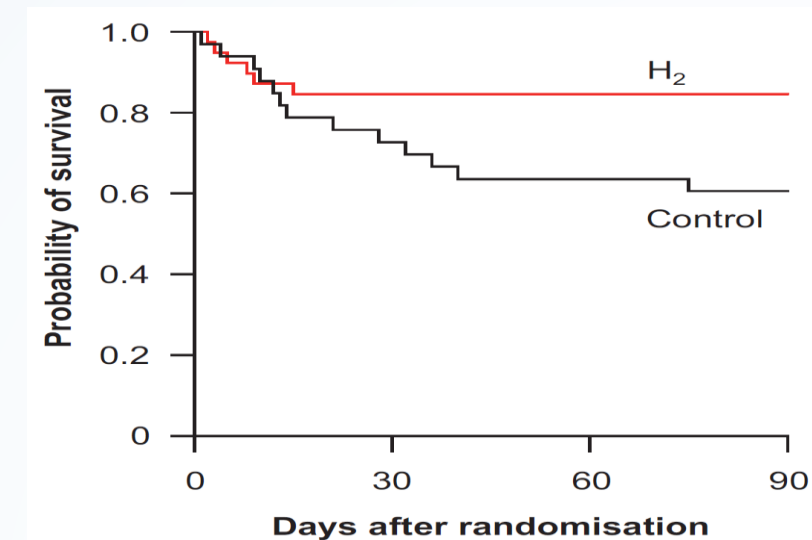
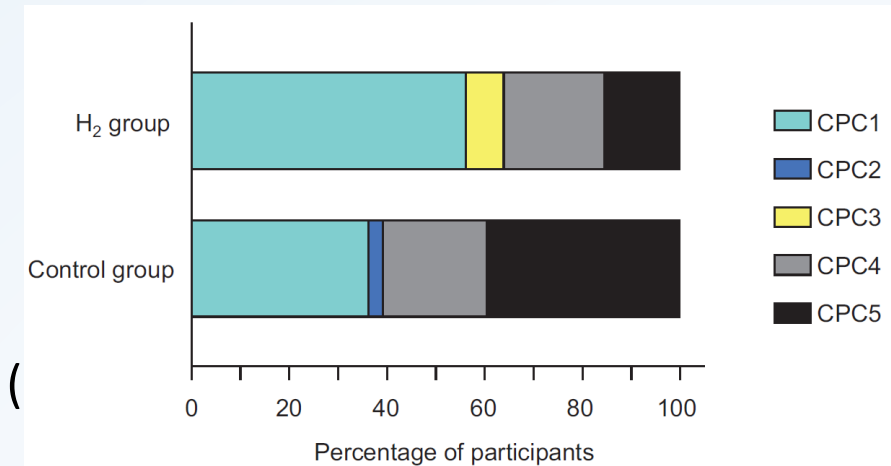
- Pacienti vo veku **20 – 80** rokov s kómou po **kardiogénnej OHCA** boli náhodne zaradení (1:1) **na 18 h** do skupín zaslepených plynových fliaš s doplnkovým **O₂ + 2 % H₂** alebo s **kyslíkom** (kontrola).
- Primárnym cieľom bol podiel pacientov po 90-dňoch s cerebral performance category (**CPC**) **1 alebo 2** s komplexným vyhodnotením stavu.
- Sekundárne výsledky zahŕňali 90-dňové modifikované Rankin skóre (**mRS**) a **prežitie**.

Výsledky HYBRID II

CPC cerebral performance category
mRS modified Rankin skóre

CPC výkonnosti mozgu 90 dní po
zastavení oběhu a přežitie po OHCA

- Pre COVID19 bolo zaradených len 429 pacientov, z toho **73** bolo náhodne zadelených **do H₂ (n = 39)** a do **kontrolnej (n = 34)** skupiny.
- **CPC 1 alebo 2 po 90 dňoch**, sa dosiahol u **22 (56 %) pacientov v H₂** a **13 (39 %) v kontrolnej** skupine (relatívne riziko v porovnaní s kontrolnou skupinou 0,72; 95 % CI, 0,46–1,13).
- V **H₂ skupine** bol medián **mRS bol 1** (IQR: 0–5) a **v kontrolnej 5** (1–6) (= 0,01).
- Skóre **mRS 0** sa dosiaholo u **18 (46 %) pacientov v H₂** a **7 (21 %) v kontrolnej** skupine (P = 0,03).
- Miera **90-dňového prežitia** bola **85 % (33/39) v H₂** a **61 % (20/33) v kontrolnej** skupine (P = 0,02).
- Neurologické výsledky určovali **neurológovia**, nevedeli o skupine.
- **Dobré neurologické výsledky** boli definované ako **CPC 1 - 2** a **3–5 ako zlé**.
- **Sekundárne výsledky** naznačujú, že inhalácia **H₂ môže zvýšiť 90-dňové prežitie bez neurologických deficitov**.





Záver

- H₂ je dôležitá patofyziologická **regulačná molekula s antioxidantnými, protizápalovými a antiapoptotickými** vlastnosťami, ktoré ovplyvňujú rôzne molekulové signálne dráhy.
- Hlavné molekulové mechanizmy: **scavenger** hydroxylových radikálov a peroxydusitanu, **zmeny génových expresií** vrátane miRNA a aktivácie Nrf2 a **modulácia prenosov** signálov – „pleiotropné účinky“ = **takmer univerzálny pluripotentný terapeutický potenciál**.
- V budúcnosti by malo objasnenie cieľovej molekuly pomôcť určiť **optimálnu dávku** plynného vodíka a **cestu** podávania jeho pre rôzne **indikácie**.
- **Snaha o štandardizáciu H₂ ako medicínneho plynu...**
- Je možné, že pacientom v **prednemocničnej** urgentnej starostlivosti bude podávaný plynný vodík a rovnako bude k dispozícii zo štandardných rozvodov **v nemocnici**, ako aj na **domácu** inhaláciu po prepustení 😊

Jan Slezak, Branislav Kura, Tyler W. LeBaron, Pawan K. Singal, Jozef Buday, Miroslav Barancik: Oxidative Stress and Pathways of Molecular Hydrogen Effects in Medicine. Curr Pharm Des, 2021;27(5):610-625.

Kočan L, Vašková J, Török P, Donič V, Grendel T, Nosál M, Rybár D, Depta F, Firment P, Imrecze Š. Terapeutické možnosti vodíka pri vybraných patologických stavoch u kriticky chorých pacientov. Anestéziológia a intenzívna medicína. 2022;11(1):15-19.



Prof. Shigeo Ohta
1st Conference of European Academy
for Molecular Hydrogen Research in
Biomedicine
“Hydrogen for Biomedicine”
Smolenice Slovakia, 2022

Ďakujem za pozornosť!

jozef.firment@upjs.sk

Táto aktivita vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: **Návrh a implementácia pokročilých metód ventilačnej liečby a diagnostiky vírusových pneumónii vrátane Covid-19 s možnosťou ich rýchleho osvojenia**, IPMVDcov, kód ITMS: 313011ASX1, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.