

酸素に関する これまでの研究成果

初期研究におけるキーワード：活性酸素の問題。

○過剰な活性酸素が生体に与える影響

過剰に生成された活性酸素は以下のようなダメージを与える。

- ・体内のたんぱく質やアミノ酸を変性
- ・体内の脂質を過酸化
- ・核酸(DNAやRNAなど)を分解
- ・酵素を失活

皮膚の変性、脳神経系、消化器系等に関する多くの病気の原因が過剰な活性酸素によるものではないかと言われている。

○活性酸素の役割

病原菌が体内に侵入したときに、白血球が体内の酸素を「活性酸素」という毒物に変えて殺菌し、身体を守っている。そのため、活性酸素が極端に生成されなくなると、病原菌に対抗する力がなくなる。

体内でエネルギーを作る過程で活性酸素は必ず生成される。運動するだけでも、酸素を大量に消費するので、活性酸素も大量に発生している。しかしながら、生体の機能が正常ならば、細胞が持つ抗酸化酵素の働きにより、過剰な活性酸素を無害な水に変えているため、活性酸素の量は正常に保たれている。

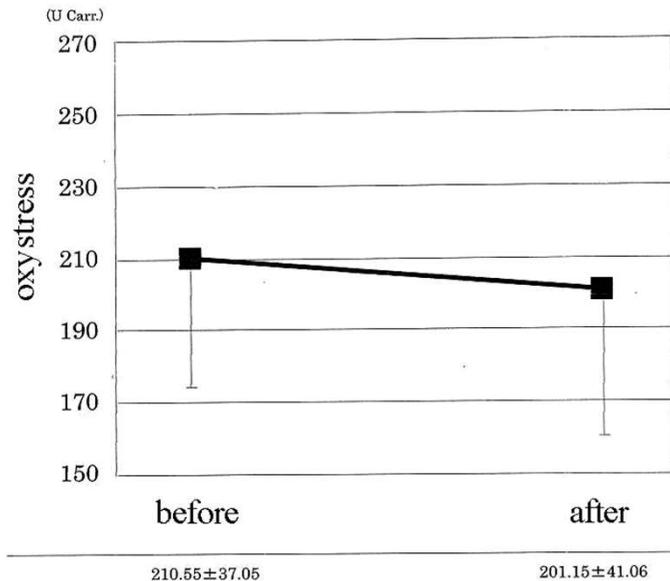
筑波大学 宮永 豊先生

～活性酸素に関する安全性について～

- ・高気圧酸素は、細部組織により多くの酸素を送るために、酸素が増えると同時に活性酸素も増え、活性酸素が持つラジカルによるDNA損傷(酸化ストレス)が増大する可能性が考えられたが、20人を対象としたフリーラジカルシステムによる測定によると、入室前平均210.55(正常値FRAS: 200～300単位)、入室後平均201.15といずれも正常範囲であり、1.3気圧程度の高気圧酸素では酸化ストレスの変動は全く問題にはならないことが判明した。

筑波大学 宮永 教授による研究

Research by Miyanaga professor, Tsuba university



酸化ストレスの変化
Changes of oxidative stress

※臨床研究で使用した装置HTU(HYOX Ltd.Scotland)
※Machine used by clinical study is HTU

※傷害治癒促進における高気圧酸素療法の有用性に関する研究(課題番号12480003)参照

※Research on effectivity of hyperbaric oxygen therapy on promotion of curing injury

※研究者代表 宮永豊(筑波大学体育科学系)

※deputation of research Miyanaga Yutaka professor

高気圧酸素は、細部組織により多くの酸素を送るために、酸素が増えると同時に活性酸素も増え、活性酸素が持つラジカルによるDNA損傷(酸化ストレス)が増大する可能性が考えられる。

We think that oxygen increases to deliver a cellular detail but radical oxygen does under hyperbaric oxygen and this gives increase of DNA damage (oxidative stress) by radical oxygen.

しかし、20人を対象としたフリーラジカルシステムによる測定によると、入室前平均210.55(正常値FRAS: 200~300単位)、入室後平均201.15といずれも正常範囲で高気圧酸素による酸化ストレスの程度は全く問題にはならないことが判明した。

But it turned out to be no problem on oxidative stress within a normal range by hyperbaric oxygen both av. 210.55 U Carr. before and av.201.15 U Carr. after exposure (NR: 200~300 U Carr.), based on measurement of twenty by free radical system.

群馬大学① 齊藤 繁 先生

～動脈血酸素分圧の測定～

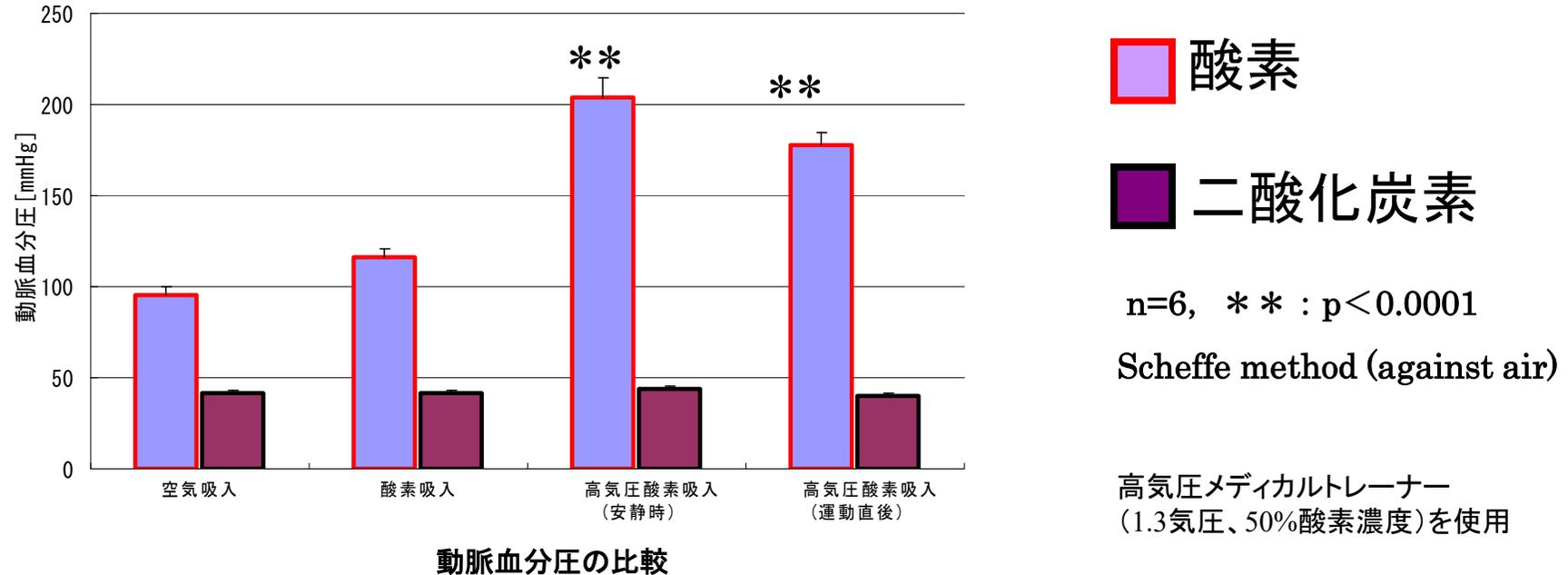
- ・酸素が実際にどれだけ血中に溶解込んでいるかを調べるために、6名の被験者を対象とし、動脈血酸素分圧を測定した。その結果、高気圧メディカルトレーナーを使用時には、通常の大気圧環境と比較して動脈血酸素分圧が約2倍に上昇していた。つまり、溶解込む酸素量が約2倍に増加することが分かった。

～血液生化学データについて～

- ・約1ヶ月間にわたり高気圧メディカルトレーナー内で繰り返し運動を実施する場合、血液生化学データにどのような影響を及ぼすか調べた。その結果、3例ではあるが、中性脂肪、総コレステロール、総脂質、LDLコレステロール、血糖値の何れかに前値より20%以上の良好な変化が見られた。つまり、トレーナー内での運動が脂質やコレステロールの代謝に良い影響を及ぼす可能性が示唆された。

各環境における動脈血酸素分圧

酸素が実際に多く取り込まれているかどうかを調べるために、各条件における動脈血酸素分圧を比較した。



高気圧メディカルトレーナーを使用すると、動脈血酸素分圧は約2倍に上昇し、二酸化炭素分圧は、変化しなかった。

毛細血管に溶解込む酸素は通常の約2倍に増加する。

二酸化炭素は過剰に増加しない。

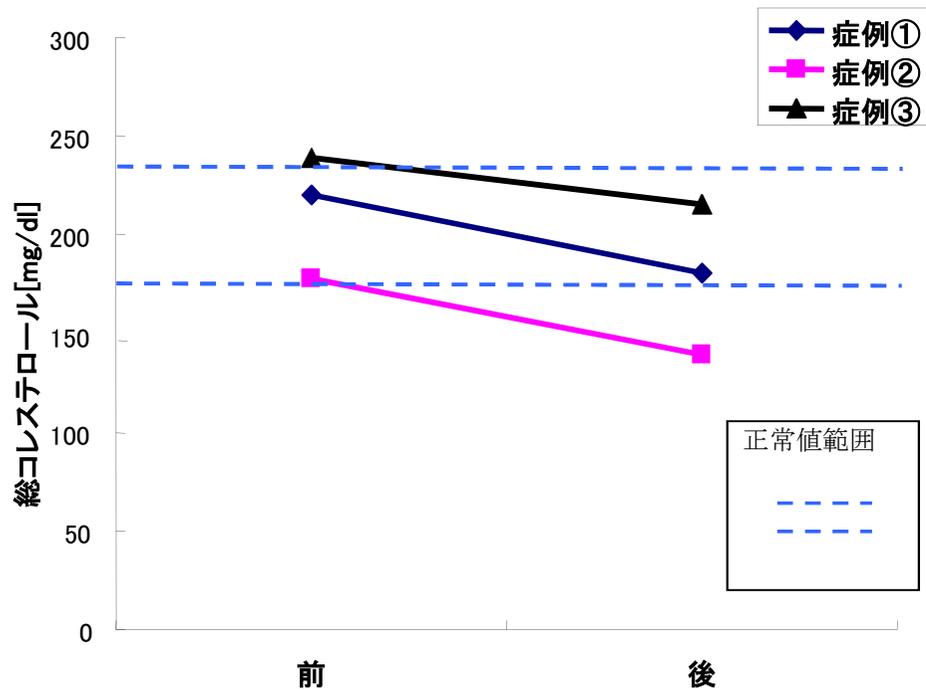
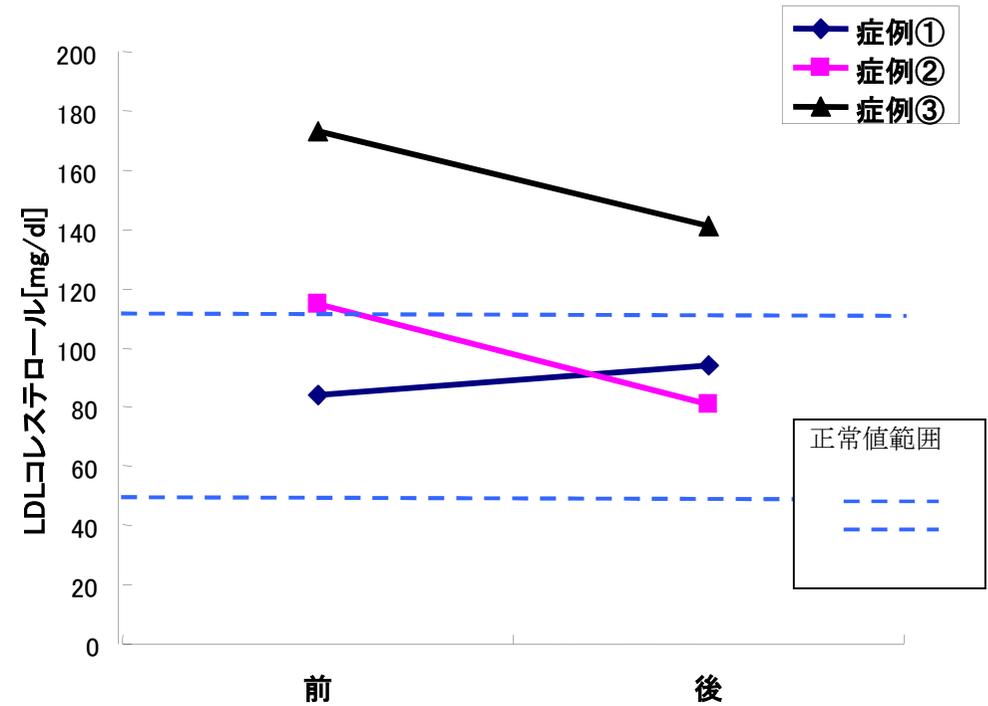
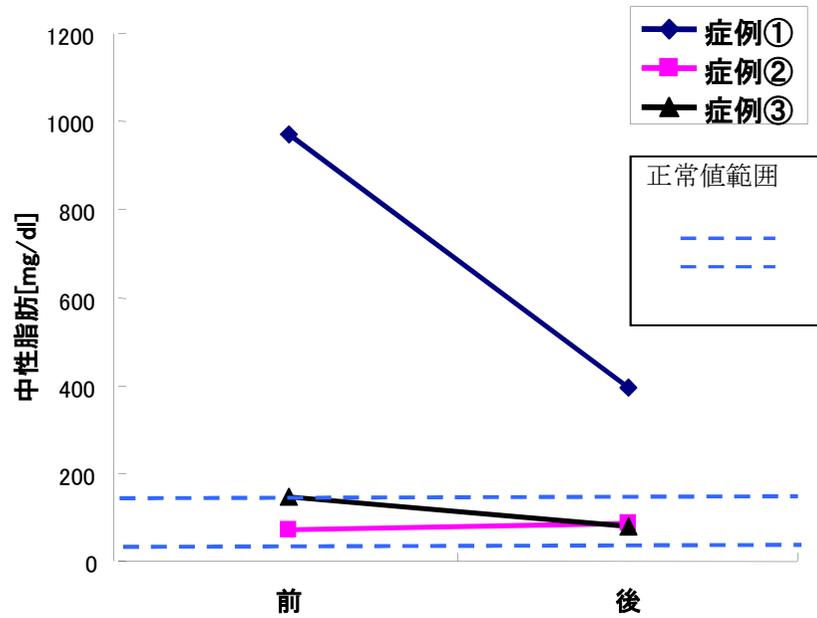
<表>

表1 血液検査項目

白血球数	赤血球数	血色素量	ヘマトクリット	血小板数			
総蛋白	アルブミン	AST	ALT	LDH	ALP	γGTP	CPK
アミラーゼ	ChE	尿素窒素	クレアチン	血糖	尿酸		
ヘモグロビンA1C	骨型ALP	総脂質	中性脂肪				
総コレステロール	HDLコレステロール	LDLコレステロール					

表2 検査値の変化

対象	身長[cm]	体重[kg]		BMI		体脂肪率[%]		総脂質[mg/dl]		血糖[mg/dl]		尿酸[mg/dl]	
		前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
症例①	176	70.8	70.2	22.9	22.7	20.9	22.4	1348	734	88	88	4.2	4.2
症例②	170	69.2	67.8	23.9	23.5	19.8	18.0	476	439	90	89	3.4	3.3
症例③	175	79.0	79.9	25.8	26.3	22.2	21.9	624	500	104	75	5.6	5.3



総脂質、中性脂肪など脂肪代謝能力に関する項目に減少傾向が認められた。

脂肪代謝の改善や動脈硬化の予防に有効である可能性を示唆している。

群馬大学② 齊藤 繁 先生

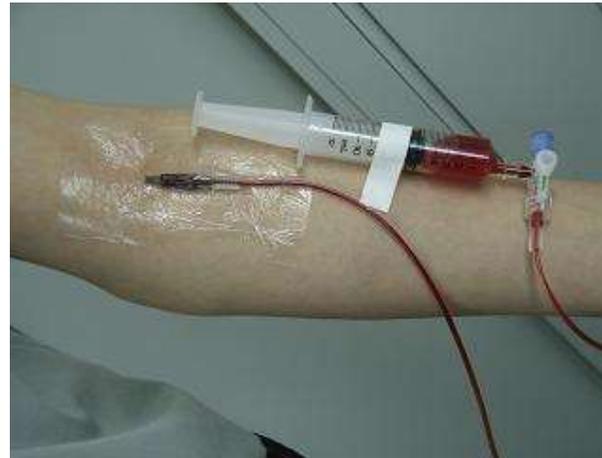
～血中一酸化炭素ヘモグロビンの比較～

・5名の被験者を対象として、大気圧空気吸入時と高気圧メディカルトレーナー使用時とで煙草を吸った後の、血中の一酸化炭素ヘモグロビンの変化を比較した。その結果、45分間で大気圧空気吸入では5%減少したのに対して、トレーナー使用時では25%も減少した。つまり、高気圧メディカルトレーナーを使用すれば血中に取り込んでしまった有害な一酸化炭素を通常の大気圧環境よりも素早く排出できることが分かった。従って、喫煙により肌が荒れている人や疲れやすい人に対して、非常に有効である可能性が高い。

喫煙者の血中一酸化炭素排出に関する実験の様子



採血チューブのセット



セットした様子



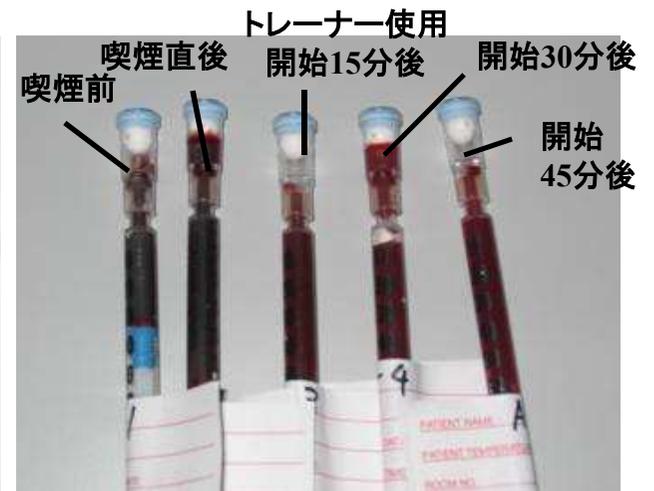
採血の様子



喫煙の様子



高気圧メディカル
トレーナー使用中 (血色の変化の様子)¹⁰

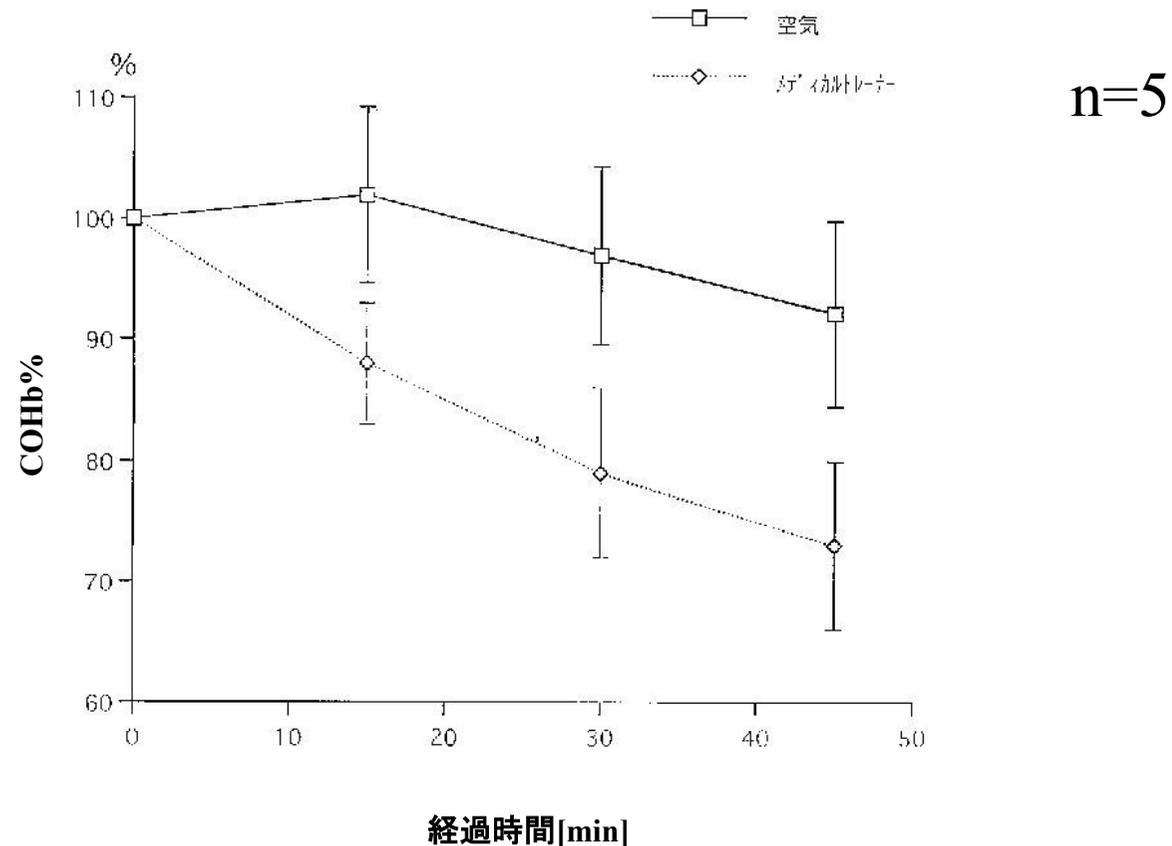


採血結果

(血色の変化の様子)¹⁰

一酸化炭素ヘモグロビン量の減少比較

大気圧空気吸入時と高気圧メディカルトレーナー使用時とで煙草を吸った後の、血中の一酸化炭素濃度の減少傾向を比較した。



高気圧メディカルトレーナー使用時の方が一酸化炭素ヘモグロビン量が早期に減少していることが分かる。

東京医科歯科大学 眞野 喜洋 先生

～運動効果について～

- ・高気圧下で高濃度酸素を吸入しながら有酸素運動した場合と、大気圧下で空気を吸入しながら同様の運動した場合とで運動による効果を比較した。その結果、CTによる腹部の内臓脂肪面積を調べたところ、大気圧下では全19症例のうち5例が減少したのに対して、高気圧酸素環境下では全20例のうち14例が減少した。消費したカロリーに関しても、大気圧環境下と比べて高気圧酸素環境下の方が高く、統計的にも有意差が認められた。従って、定期的な高気圧酸素環境下での有酸素運動は、日常生活において運動不足がちな人にとって、効率良く運動効果を得ることができる有効な手段の一つであることが示唆された。

東京医科歯科大学 Tokyo Medical and Dental University



運動負荷における 高気圧酸素吸入に依る効果について

東京医科歯科大学との共同研究

高気圧下で高濃度酸素を吸入しながら有酸素運動した場合と、大気圧下で空気を吸入しながら同様の運動した場合とで運動による効果を比較した。本実験では被験者20名をA、Bの2群に分け、A群は1.6気圧環境下で純酸素を吸入しながら、B群は大気圧下で空気吸入しながら30分間の50%VO₂max(有酸素)運動を実施

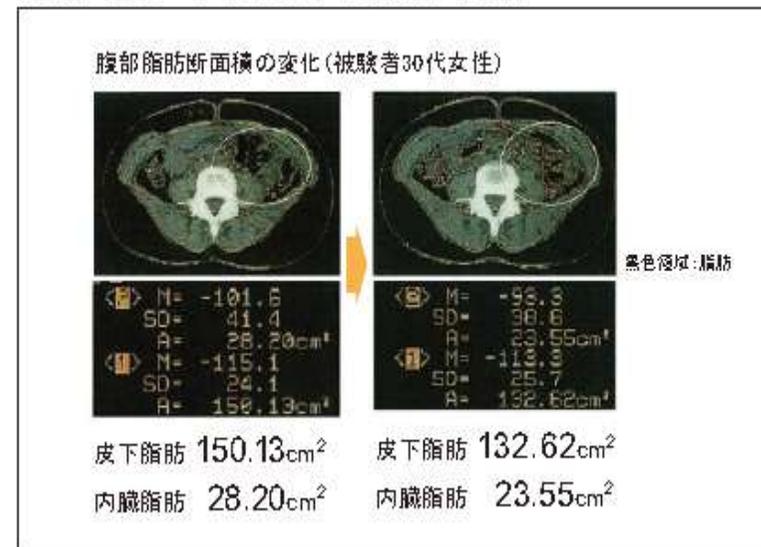


実験で使われた医用高気圧タンク

した。リノوند現象消失の2ヶ月後に、A、B群を入れ替えてB群は高気圧酸素、A群は大気圧空気によって同様の運動処方を課した。体重、体脂肪率減少、CTによる腹部の内臓脂肪と皮下脂肪の断面積減少など、運動による副次的効果から2群間の相違を調べた。

その結果、大気圧環境下では、全19症例のうち5例が腹部の内臓脂肪面積が減少した。それに対して、高気圧酸素環境下では、全20例のうち14例が減少した。消費カロリーに関しても、大気圧環境下と比べて高気圧酸素環境下では有意に高かった。それらの結果から、高気圧酸素環境下では、より効果的な運動が可能であり、運動能力が低下した人に対しては特に有効ではないかと考えられる。

●高気圧酸素下における症例(左:運動前、右:運動後)



東京大学

大谷 先生、川田先生

～ 高圧高酸素への事前暴露がその後の高強度運動のパフォーマンスと整理反応に及ぼす影響 ～

- ・事前の高圧高酸素暴露がその後の筋力発揮の低下をもたらす原因として、中枢の抑制が示唆される。また、高圧高酸素暴露のDNA酸化障害への影響を調べた結果、尿中8-OHdG排出量は有意な変化を示さなかった。
 1. 3気圧100%濃度酸素での酸化ストレスは無いと考えられる。

12th European College of Sport Science (July 11-14, 2007. Jyväskylä, Finland)

高圧高酸素への事前暴露がその後の高強度運動のパフォーマンスと生理反応に及ぼす影響

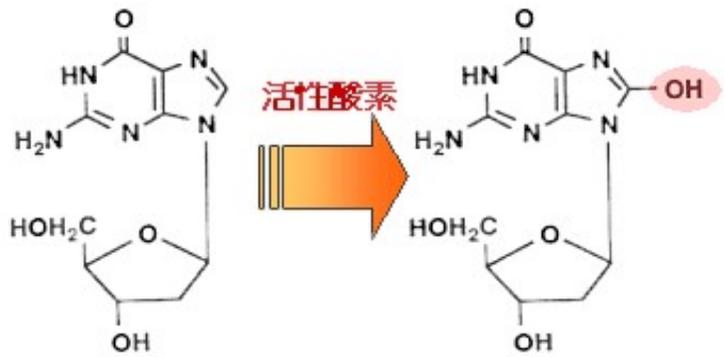
川田茂雄・深谷考平・大谷勝・小林寛道・福崎千穂

人における体内の酸素運搬は通常は主に赤血球がその役割を担っている。しかしながら、高圧高酸素下では、溶解型の酸素が増加することから動脈血酸素飽和度が上昇することが知られている(1)。高圧高酸素は、エアロビック運動中の心拍数や血中乳酸濃度の上昇を抑えることも知られている(2)。このことにより、増加した動脈血酸素飽和度は高強度のエアロビック運動において疲労までの時間を遅らせることが知られている(3)。しかしながら、現在までのところ、高圧高酸素暴露が最大筋力を繰り返し発揮するような運動にどのような効果があるかは検討されていない。このような運動に高圧高酸素暴露がなんらかの効果を持つのであれば、今後、新たなトレーニングやリハビリテーション・プログラムの開発に応用できる可能性がある。そこで、本研究では高強度の繰り返し筋力発揮の前に高圧高酸素を暴露し、その後の運動パフォーマンスや生理応答にどのような影響を与えるかについて検討することを目的とした。また、高圧高酸素が人体へ与える酸化障害を検討するためにDNAの酸化障害について併せて検討した。方法：成人男子被験者6名に100%酸素、1.3気圧を50分間暴露し、その後、最大等尺性片脚膝伸展運動(30回×2セット)を行わせた。コントロールとして、同一被験者に21%酸素、1.0気圧を50分間暴露し、同一運動を負荷した。運動中の外側広筋より筋電図データを取得し、心拍数、血圧、血中乳酸濃度を

適宜測定した。高圧高酸素暴露のDNA酸化障害の影響を検討するために、健康な成人男女8名に100%酸素、1.3気圧、50分間暴露を週に1回の頻度で2週間行った。尿中8-OHdGをDNA酸化障害の指標とした。尿の採取は各高圧高酸素暴露前、暴露1、3、5日後の早朝に行った。結果：等尺性膝伸展トルクは高圧高酸素を事前に暴露することにより1セット目において暴露していない試行と比べ有意に低下し、筋電図より解析した筋の放電量も有意に減少していた。筋の疲労の指標となる筋電図波形の平均周波数には事前の高圧高酸素暴露の影響は認められなかった。運動中の血中乳酸濃度、血圧、心拍数も事前に高圧高酸素を暴露することによる影響は認められなかった。これらことから、事前の高圧高酸素暴露がその後の筋力発揮の低下をもたらす原因として、中枢の抑制が示唆される。また高圧高酸素暴露のDNA酸化障害への影響を調べた結果、尿中8OHdG排出量は有意な変化を示さず、本実験の条件では問題ないと考えられる。

参考文献

- Pronay F. et al. Int Z Angew Physiol. 31:259-268 (1973)
Neubauer B. et al. Int Arch Occup Environ Health. 72:178-181(1999)
Welch H.G. Med Sci Sports Exerc. 14:253-262(1982)



100%酸素, 1.3気圧, 50分間

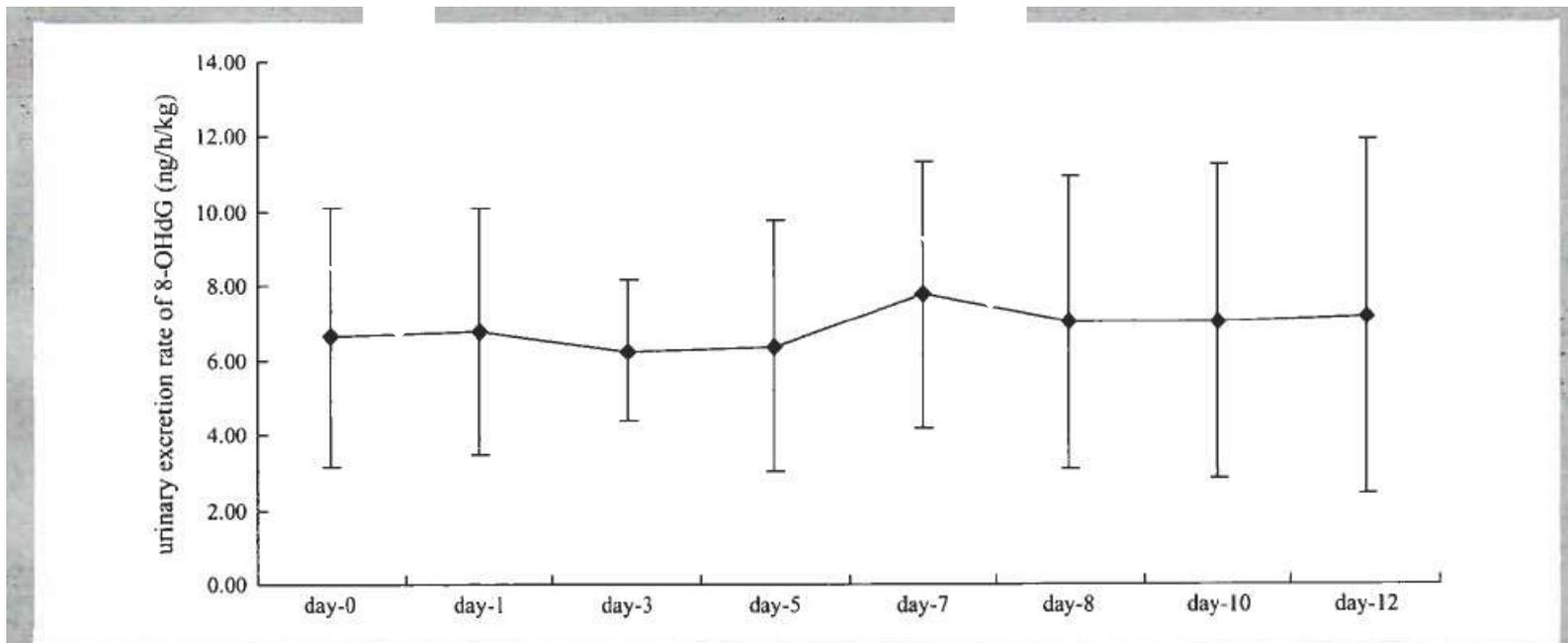


Figure 2. Effects of HBO exposure on excretion rate of urinary 8-OHdG. Subjects ($n = 8$; males = 4 and females = 4). Urine samples were obtained on the morning of the day of the first HBO exposure (day-0), and 1, 3, and 5 days after this (day-1, -3, and -5), and on the day of a second HBO exposure (day-7), and 1, 3, and 5 days after this (day-8, -10, and -12). Mean \pm SD.

山形大学 新関 久一 先生

～運動時呼吸循環系諸指標について～

- ・1気圧下と1.3気圧下、及び高濃度酸素レベルと通常濃度酸素レベルを組み合わせ、運動時と運動終了後の回復過程の呼吸循環応答の違いについて調べた。その結果、1.3気圧通常濃度酸素レベルでは、酸素負債の増大や心拍数の増加傾向が見られたが、1.3気圧下高濃度酸素レベルではそれらを減少させることができた。つまり、気圧を上げただけでは、ガスの密度が増加するため、呼吸するのが大変になるが、気圧を上げると同時に高濃度酸素を供給すると、その傾向が消失した。

東京大学 大谷 先生、川田先生

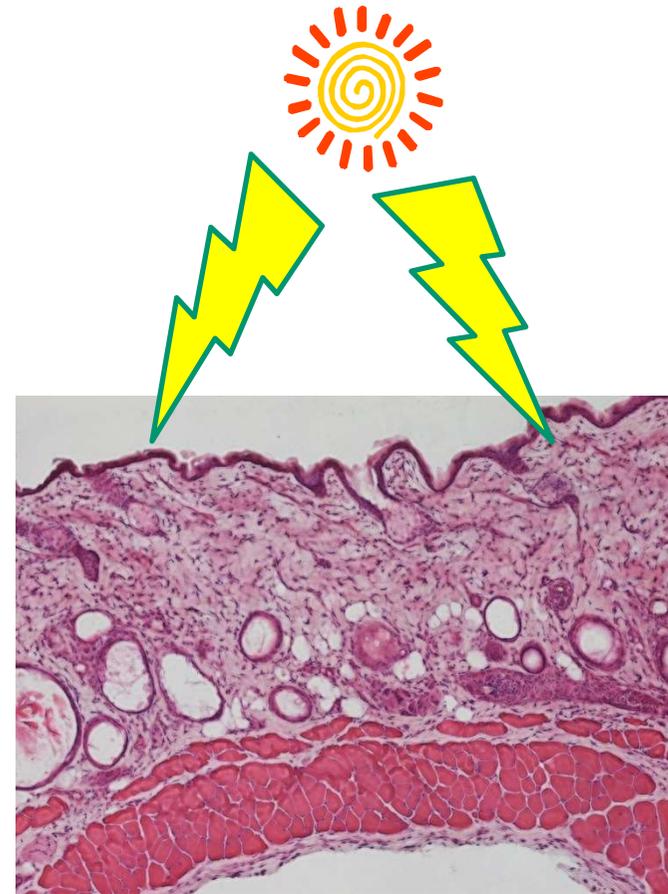
～皮膚の皺に対する高酸素の効果～

- ・紫外線による皮膚の血管増殖は高酸素吸入によって弱めることができる。
- ・紫外線照射による皮膚のダメージは、高酸素吸入によって弱めることができる。

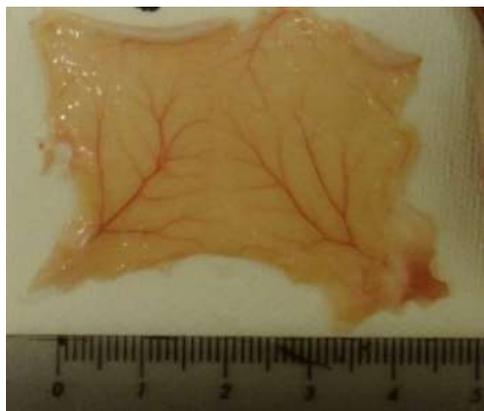


- 1) コントロール群
- 2) 紫外線照射群
- 3) 紫外線照射+2時間の高酸素(90%)

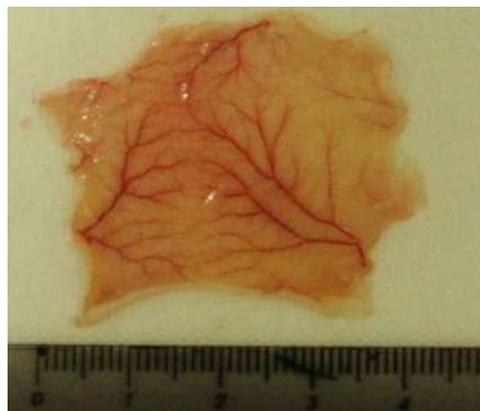
* 紫外線照射は週3回で5週間



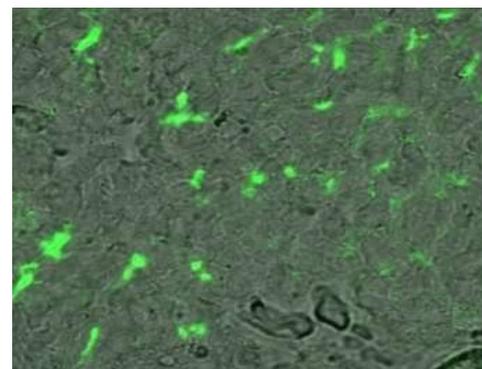
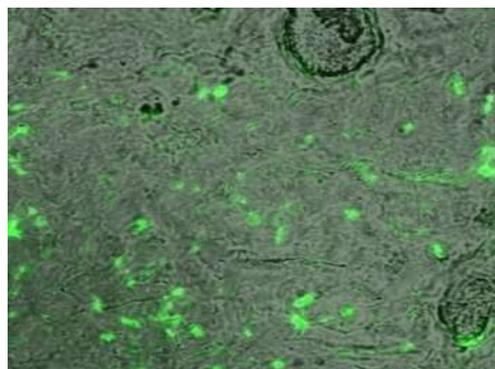
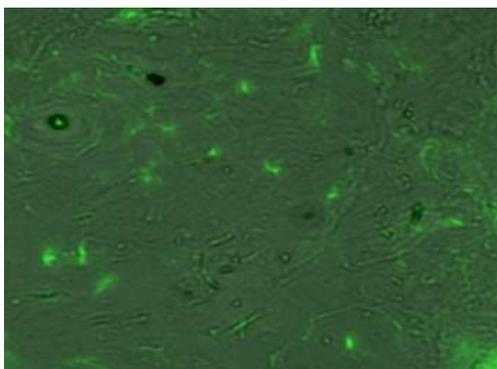
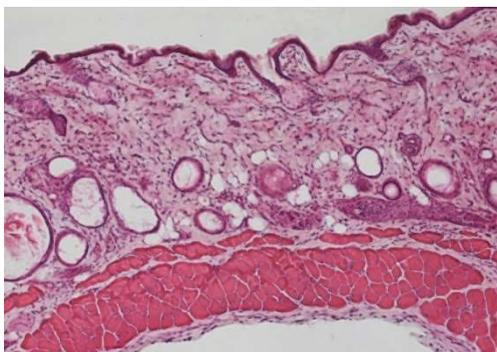
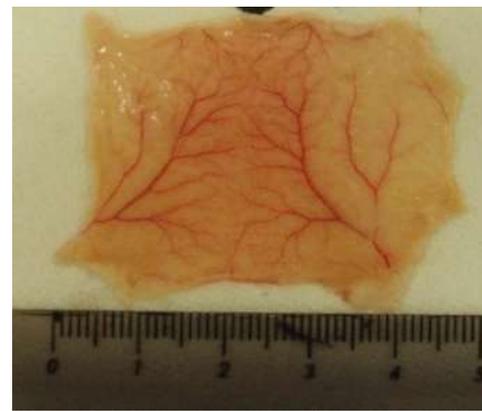
コントロール群



紫外線照射群

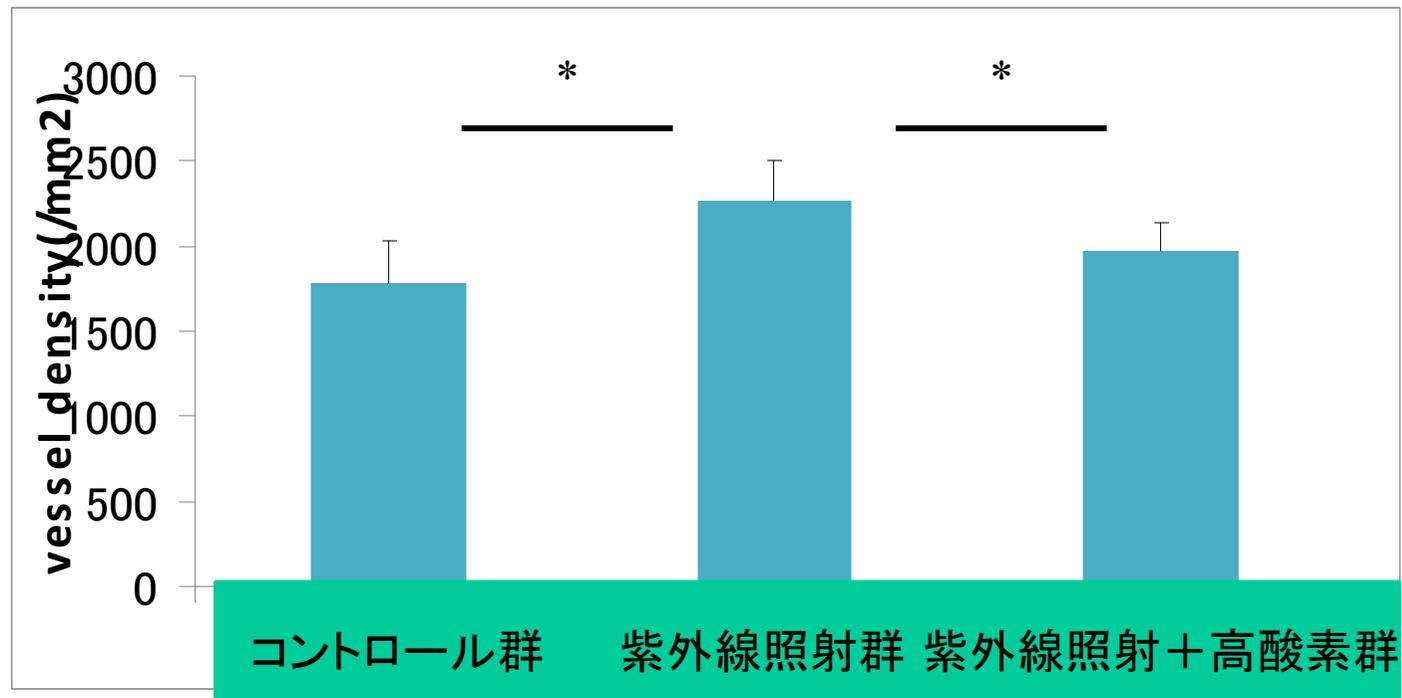


紫外線照射+高酸素群



血管の数

紫外線照射群 > 紫外線照射+高酸素群 > コントロール群



東京大学

石井 先生、川田先生

～加圧トレーニングと高気圧高濃度酸素の
組み合わせ効果～

・加圧トレーニングにおける、局所的低酸素状態から、
高気圧高濃度酸素暴露による、生体防御反応の実験。

・現在進行中。