

高気圧＋高濃度酸素 臨床試験データ集

1. 活性酸素の影響
(筑波大学との共同研究)
2. 生理学的効果の検証
(群馬大学との共同研究①)
3. 運動の血液生科学データに及ぼす影響
(群馬大学との共同研究②)
4. 喫煙により増加した血中の一酸化炭素の排出
(群馬大学との共同研究③)
5. 運動負荷における高気圧酸素吸入による効果
(東京医科歯科大学との共同研究)
6. 運動時呼吸循環諸指標に対する高気圧高濃度酸素環境の影響
(山形県立保健医療大学との共同研究)

1. 活性酸素の影響（筑波大学との共同研究）

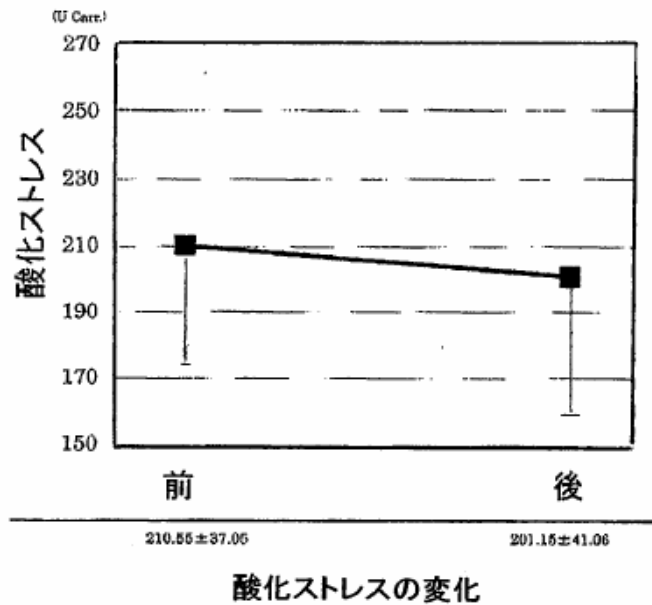
高気圧酸素は、細部組織により多くの酸素を送るために、酸素が増えると同時に活性酸素も増え、活性酸素が持つラジカルによるDNA損傷（酸化ストレス）が増大する可能性が考えられる。

しかし、20人を対象としたフリーラジカル分析システムによる測定によると、体験前平均210.55（正常値250～300 U. CARR）、体験後平均201.15といずれも正常範囲であり、**1.3気圧、50%濃度酸素の吸引では酸化ストレスの変動は全く問題にならないことが判明した。**

※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

●測定結果による基準値

酸化ストレスレベルが正常	250～300 U.CARR
酸化ストレスレベルがボーダライン域	301～320 U.CARR
軽度の酸化ストレスレベル	321～340 U.CARR
中程度の酸化ストレス	341～400 U.CARR
強度の酸化ストレス	401～500 U.CARR
かなり強度の酸化ストレス	501以上 U.CARR



実験に使用した
フリーラジカル分析システム



実験に使用した高気圧チャンバー



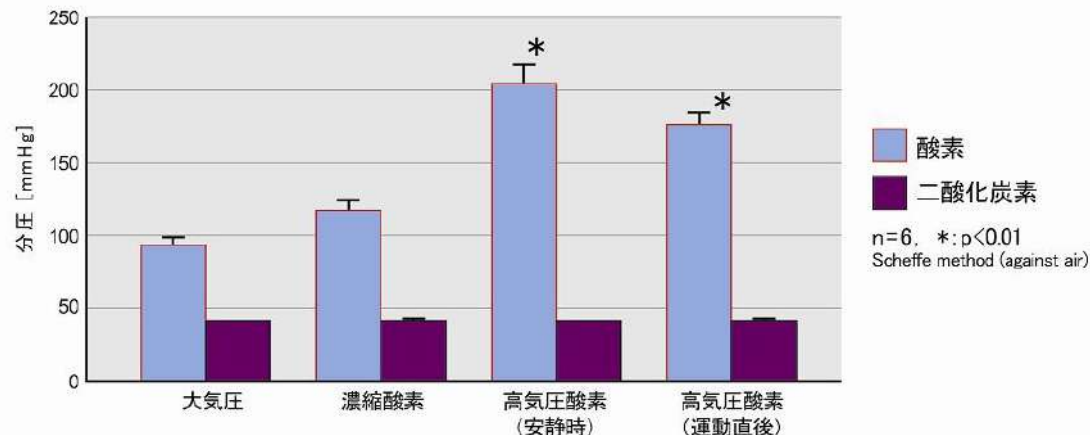
2. 生理学的効果の検証（群馬大学との共同研究①）

高気圧環境機器を利用し、高気圧下で高濃度の酸素を吸入しながら運動した際の生理学的効果を検証した。本実験は、群馬大学において倫理委員会の承認後、承諾を得た健康な被験者7名（男性6名、女性1名）を対象として実施した。

本実験では、大気圧空気条件、大気圧下高濃度酸素条件、高気圧下高濃度酸素(安静時)条件、高気圧下高濃度酸素(運動直後)条件の4つの環境条件で比較検証した。高気圧下高濃度酸素条件では、1.3気圧に加圧した中で、酸素濃度を50%に濃縮した空気をフェイスマスクより毎分8Lにて被験者に吸入させた。なお、各条件で酸素(空気)吸入開始から3分経過した後、及び自転車エルゴメーターによる10分間の運動を実施した後に動脈血より採血し、動脈血酸素分圧(PaO₂)および動脈血二酸化炭素分圧(PaCO₂)を分析した。その結果、PaO₂に関しては、大気圧空気条件に対して高気圧下高濃度酸素で統計的に有意な上昇が認められた。一方、PaCO₂に関しては大気圧空気条件と大気圧下高濃度酸素条件との間で有意な差が認められなかった。

以上の結果より、大気圧下と比較して1.3気圧下で50%濃度の酸素を吸入した方が、約2倍の酸素が血中に溶け込んでいることが判明した。

●各条件におけ動脈血酸素分圧および二酸化炭素分圧



高気圧下における実験の様子

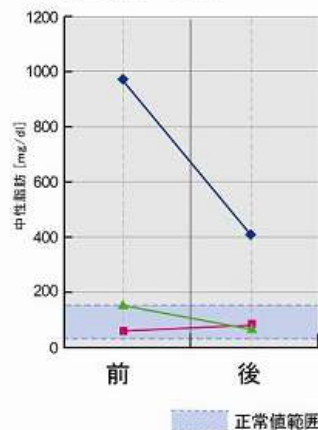
3. 運動の血液生科学データに及ぼす影響（群馬大学との共同研究②）

体内へ取り込む酸素量が増加することを確認したが、それによる運動効果の違いについては不明であった。そこで今回エクササイズジムなどで実際に使用される場面を想定しつつ、約1ヵ月間にわたり、繰り返し運動を実施する場合、どのような効果が期待できるかを検討した。本実験では、被験者に対して1.3気圧下で酸素濃度を50%に濃縮した空気をフェイスマスクで吸入させ、自転車エルゴメータによる運動を1日30分間課した。運動強度は心拍数が100~120回/分程度を目標とした。なお、体重、体脂肪率は各回の運動前後にヘルスメータ(オムロン製)で測定し、運動期間開始前日と30日間の運動期間終了翌日のそれぞれ18時~19時、食事摂取前に採血した。その結果、全被験者のうち、週2回以上運動を実施することができ、かつ血液生化学データに影響を及ぼした症例が3例であった。この3例では、**中性脂肪、総コレステロール、LDLコレステロール、血糖値のうち何れかに前値より20%以上の変化を認めた。**

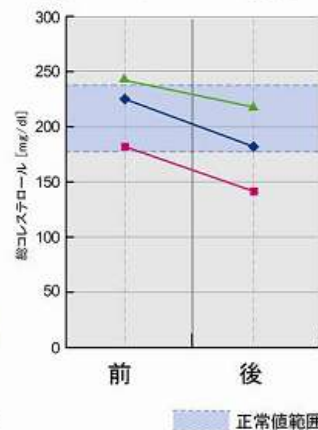
●検査値の変化

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

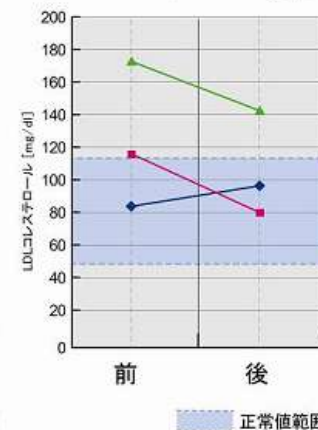
●中性脂肪の変化



●総コレステロールの変化



●LDLコレステロールの変化



4. 生理学的効果の検証（群馬大学との共同研究③）

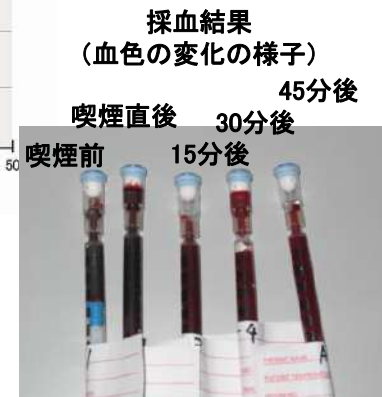
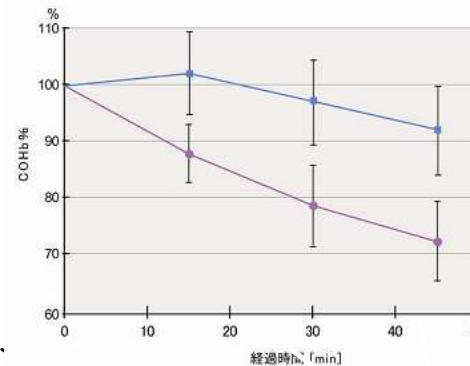
喫煙において、タバコの煙に含まれる一酸化炭素は4~6ppmで、これは車の排気ガス中の6~8ppmに匹敵すると言われている。喫煙により一酸化炭素が取りこまれると、一酸化炭素は強力にヘモグロビンと結合する。ヘモグロビンは身体の隅々に酸素を運ぶ役割を持っているが、一酸化炭素のヘモグロビンとの結合力は酸素に比べ約240倍も強力なので、全身への酸素の運搬が障害され、全身的な酸素欠乏を引き起こす。一酸化炭素ヘモグロビンの半減期は約3-4時間なので、喫煙者は常時酸欠状態にいることになる。こうなると、十分な酸素を細胞に送ることができないようになるので、腎臓は赤血球の増加を促す物質を分泌するため、赤血球（ヘモグロビン）が増加する。赤血球が増加すると、血液がながれにくいドロドロ状態となる。

毛細血管の血液から組織への移動は、酸素分圧の高い血液から酸素分圧の低い組織へ、分圧勾配差による拡散によって行われる。高気圧高濃度酸素下では、動脈血酸素分圧の上昇により、血液と組織との間に大きな圧力勾配が生じ、酸素の拡散速度が加速される。高気圧高濃度酸素下では灌流血液中のガスがほとんど酸素であり、血中の酸素以外のガス分圧は低下するため、周囲の組織中の窒素や他のガスは、分圧勾配にしたがって血中に移行し、肺から洗い出すことができる。

この効果は、医療用の高気圧治療装置として、一酸化炭素中毒やガス塞栓症に対する治療に応用されている。

この効果を利用すれば、1.3気圧・酸素濃度50%の環境であっても、喫煙によって吸入される一酸化炭素を通常よりも早い段階で排出できると考えられる。そこで本実験では、大気圧下で通常濃度の空気を吸入した場合と、高気圧酸素機器を使用した場合とで、喫煙後の一酸化炭素ヘモグロビンの減少傾向を比較した。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、高気圧酸素機器使用時では25%減少した。この結果より、高気圧酸素機器は生体にとって有害な一酸化炭素を排出するのに有効であることが分かった。

●血中の一酸化炭素ヘモグロビンの変化に関する比較

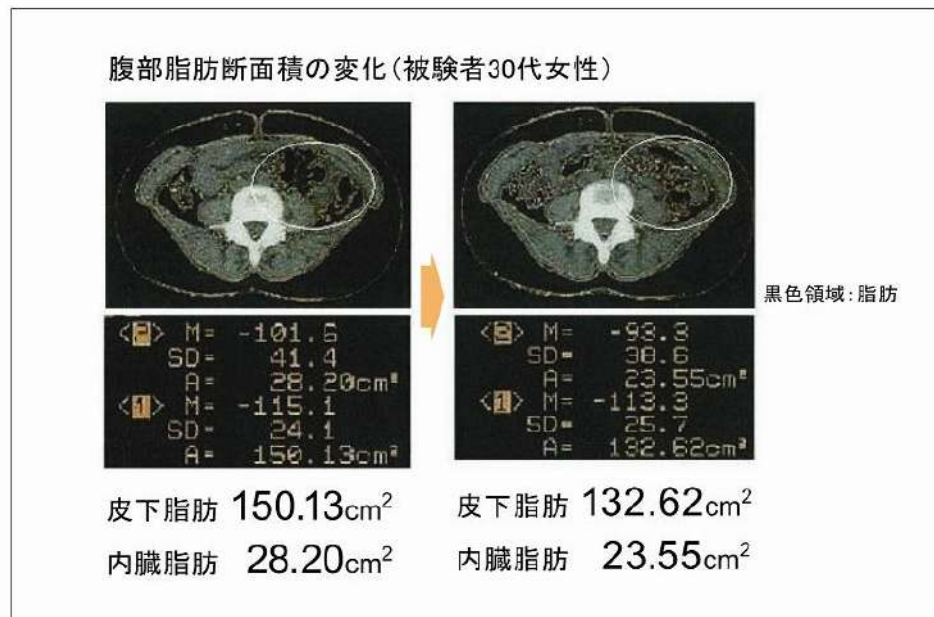


5. 運動負荷における高気圧酸素吸入による効果（東京医科歯科大学との共同研究）

高気圧下で高濃度酸素を吸入しながら有酸素運動をした場合と、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を吸入しながら30分間の50% V02max（有酸素）運動を実施した。リバウンド現象消失の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)



実験で使用した医療用高気圧タンク

6. 運動時呼吸循環諸指標に対する高気圧高濃度酸素環境の影響 (山形県立保健医療大学との共同研究)

一般的に、高気圧下で高濃度酸素を吸入することは運動時の低酸素状態を軽減し、低酸素由来の肺水腫の予防や末梢の虚血状態を解消するものと考えられている。また、スポーツ選手においては、持久力や心肺機能を高め、運動後の疲労を早く回復させたり、筋の障害を低減する効果を期待し、利用されている。実際いくつかの報告では効果が認められているが、高気圧下で高濃度酸素を吸入することが呼吸循環調節系にどのような影響を与えるのか十分に解明されていない。そこで、本研究では、高気圧下で高濃度酸素吸入しながら運動するとき、呼吸循環系調節に及ぼす効果について検討した。

①大気圧通常濃度酸素条件と②高気圧通常濃度酸素条件と③大気圧高濃度酸素条件、④高気圧高濃度酸素条件の4つの環境条件下で、エルゴメータによる運動を被験者に課した。なお、高濃度酸素の実験では、あらかじめ50%O₂ in N₂のガスを満たしたダグラスバッグを用いた。高気圧の実験では1.3気圧を利用した。運動は、3分間の安静状態を保った後、50W、100W、150Wの負荷でそれぞれ15分間、5分間、5分間連続的に実施した。測定パラメータとして、換気量(VE)、酸素摂取量(V_{O2})、心拍数、炭酸ガス排出量等を測定した。また、それらの測定パラメータから、呼吸の効率を反映すると言われる換気当量(VE/V_{O2})を算出した。その結果、高気圧通常濃度酸素条件では、recovery時に換気当量が有意に低下し、心拍数も高い傾向を示したが、高気圧高濃度酸素条件ではその傾向は見られなかった。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、その傾向が消失することが分かった。

