

# 水素摂取が一過性持久運動時の酸化ストレスに及ぼす影響

身体運動科学研究領域

5013A025-5 河村 拓史

研究指導教員：村岡 功 教授

## 【緒言】

習慣的な運動は、生活習慣病の予防や改善、あるいはQOLの向上など、我々に多くの恩恵をもたらす。しかしその一方で、運動時には、酸素摂取量の増大や、局所的に虚血-再灌流に似た状態が生まれることから、活性酸素の発生量が増加すると考えられている。活性酸素は反応性の高い酸素種の総称であり、細胞膜の脂質、核、タンパク質などに傷害を与えることで様々な疾病を誘発すると考えられている。また運動時における活性酸素の増加は、筋発揮張力を低下させ、運動パフォーマンスの低下を引き起こす可能性も示唆されている。生体には、活性酸素を消去する仕組みも備わっているものの、負荷の高い運動を行う際にはそれだけでは不十分であることから、運動誘発性酸化ストレスを軽減する方策を検討する必要がある。

近年、水素が活性酸素を効率的に除去できることが動物実験において報告された。以来、水素による抗酸化作用が注目されるようになり、水素の有用性に関する論文も数多く発表されるまでになっている。しかしながら、その多くが疾病に対する効果を検証したものであり、運動時の酸化ストレスに及ぼす影響についてはほとんど研究が行われていない。

## 【本研究の目的】

本研究では、水素発生剤(MgH<sub>2</sub>)を用いて行う水素摂取が一過性持久運動時の酸化ストレスおよびその関連指標に及ぼす影響を動物実験により明らかにすることを目的とした。本研究の仮説は、水素は運動時の酸化ストレスおよびその関連指標の増加を抑制することである。本研究では、運動負荷の異なる2つの実験を行うことでこれを検証した。

## 【研究課題】

<実験1>

### ①方法

7週齢の雄性SD系ラットを、1週間の環境馴化後、コントロール群(C群)、エクササイズ群(Ex群)、エクササイズ+水素摂取群(Ex+H<sub>2</sub>群)の3群に振り分けた。C群はケージ内で通常通りの飼育を行い、Ex群およびEx+H<sub>2</sub>群には、水温32~35℃に設定されたプラスチックバケツにおいて、体重あたり4%の重量を負荷した強制水泳運動を60分間行わせた。Ex+H<sub>2</sub>群では、MgH<sub>2</sub>を用いて水素ブールを作り、その中で運動を行わせることにより経皮的に水素摂取を行わせた。一方、Ex群では、コントロール剤として二水酸化マグネシウム(Mg(OH)<sub>2</sub>)を使用した。

強制水泳運動終了直後に、完全麻酔下において、採血(腹大静脈)および骨格筋(上腕三頭筋)の摘出を行った。測定項目は、①酸化ストレス指標(血漿TBARS、骨格筋TBARS)②抗酸化酵素活性(SOD、GPX)③血漿IL-6④骨格筋HSP70の6項目であった。

### ②結果

一過性の水泳運動(Ex群)により、酸化ストレス指標であるTBARS、および抗酸化酵素活性に上昇は観察されなかった。同様に、血漿IL-6およびHSP70の増加も観察することができなかった。その一方で、Ex+H<sub>2</sub>群では、運動直後のSOD活性がC群と比べて有意に高い値を示した。また、IL-6およびHSP70において、Ex+H<sub>2</sub>群では他の2群よりも有意に高い値を示した。

<実験2>

### ①方法

5週齢の雄性SD系ラットを、2週間の環境馴化後、コントロール群(C群)、エクササイズ群(Ex群)、エクササイズ+水素摂取群(Ex+H<sub>2</sub>群)の3群に振り分けた。

Ex 群およびEx+H<sub>2</sub>には、無負荷での強制水泳運動を合計6時間(3時間運動, 45分休憩, 3時間運動)行わせた。その他の実験プロトコルおよび測定項目は、実験1と同様であった。

## ②結果

無負荷での低強度長時間運動(Ex 群)を行わせたものの、酸化ストレス指標およびその関連指標においてC 群との間に有意差は見られなかった。また、Ex+H<sub>2</sub> 群においても他の2 群との間に有意差は認められなかった。

### 【本研究結果のまとめ】

実験1 では、体重の4%の重量を負荷した60分間の水泳運動を行わせたものの、酸化ストレスおよびその関連指標に変化は見られなかった。しかしその一方で、運動と同時に水素を摂取させた群では、SOD 活性が高まり、血漿IL-6 および骨格筋HSP70 の値が増加した。

また、実験2 では、低強度長時間運動時の酸化ストレスおよびその関連指標において、全ての群で差は見られなかった。

### 【考察】

本研究では、水素は運動時の酸化ストレスおよびその関連指標の増加を抑制するとの仮説を立てた。しかしながら、実験1 および実験2 において酸化ストレス指標であるTBARS の上昇は観察されなかった。先行研究では、本研究で用いた運動プロトコルによりTBARS の上昇が観察されていることから、これらの先行研究と本研究における結果の違いを説明することは難しい。

同様に、本研究では、抗酸化酵素活性、IL-6、HSP70 においても運動による影響は見られなかった。その要因の一つとして、運動により酸化ストレスが生じなかったことが挙げられる。水素摂取が酸化ストレスおよびその関連指標に及ぼす影響を検討するためには、まず酸化ストレスを生じさせるような運動プロトコルを確立する必要がある。

Ex+H<sub>2</sub> 群では、実験1 においてSOD 活性、IL-6 およびHSP70 の値が有意に上昇した。しかしながら、実験2 では水素摂取による影響は見られなかったことから、2 つの実験結果は全く異なるものであった。

これらの実験結果の違いには、運動強度やラットの週齢の違いが関与していた可能性がある。しかしながら、運動実施時の週齢の違いはわずかに1 週間であり、このことが実験結果に及ぼす影響は小さいと思われる。そのため、実験結果の相違は、運動強度の違いによりもたらされた可能性が高い。

IL-6 およびHSP70 の増加を引き起こす共通のメカニズムとして、筋グリコーゲンの枯渇や、グリコーゲンの生物学的利用能の低下といった代謝的要因が挙げられていることから、本研究では、運動と同時に水素摂取が行う水素摂取が骨格筋のエネルギー代謝に影響を及ぼした可能性もある。しかしながら、これはあくまでも推測であるため、今後さらなる検討が必要である。

### 【今後の課題】

本研究では、TBARS が運動により上昇しなかったため、結果の解釈が困難なものとなった。そのため、今後の課題として、TBARS が確実に上昇する運動プロトコルを確立する必要があると言える。また、本研究では酸化ストレス指標としてTBARS のみを測定したが、今後は、他の指標と併せて測定を行うことで、運動時の酸化ストレスの程度について複合的に判断していく必要があるだろう。

もう一つの課題として、今後、経皮的にどの程度の水素が取り込まれたのかを明らかにする必要がある。水素は拡散性が高く、体内に留まらないことから測定するのが困難である。しかしながら、これまでに、水素電極を直接生体組織に挿入する方法や、採血後、血液をアルミ容器に移し、ガスクロマトグラフィーにより分析する方法が採用されていることから、これらの方法を用いて水素濃度の測定を行う必要があると思われる。