

196. 最大漸増運動による筋内pHの変化と重炭酸系緩衝能との関係

-³¹P NMRによる検討-Relationship between the changes of intramuscular pH during incremental exercise and bicarbonate buffering capacity using ³¹P NMR.

細胞内pH

稲木光晴, 久野譜也, 阿武 泉, 板井悠二, 勝田 茂 (筑波大学)

重炭酸系緩衝能

Mitsuharu Inaki, Shin-ya Kuno, Izumi Anno, Yuji Itai, Shigeru Katsuta

NMR

(University of Tsukuba)

【目的】

高強度運動中, 乳酸蓄積にともなう細胞内pHの低下度は, 緩衝能の大きさに左右される. 最近, 漸増運動時に認められる炭酸ガスの過剰排出量 (CO_2 excess) は, 重炭酸イオン (HCO_3^-) による緩衝作用の程度を反映することが示唆されてきている. このことから, もし漸増運動時において HCO_3^- 系の緩衝作用が効率よく行なわれるならば, 乳酸蓄積に対する細胞内pHの低下が抑制され, 同時に大きな CO_2 excessが観察されることが予想される. しかしながら, 実際にこのことを観察した報告は見当らず, これは細胞内pHの測定が主として筋生検を必要とする生化学的手法に大きく依存していたため, 実際上測定が困難であったためと考えられる.

そこで本研究では, 上記の仮説を検証するために筋エネルギー代謝の非侵襲的な測定が可能な³¹P NMRを用いて, 漸増運動前後の細胞内pHを測定し, 同時に CO_2 excessの算出を行なった.

【方法】

被検者には, 男子学生スプリンター5名 (SP群) と陸上同好会に所属し, 長距離種目を専門とするジョガー5名 (JO群) を用いた. 被検者は, 自転車エルゴメーターによる最大漸増運動を行なった. 呼吸ガスは, 安静時および運動中連続して採取され, 毎分換気量, 酸素摂取量, 炭酸ガス排泄量について分析された. 血中乳酸濃度の測定のための採血は, 安静時および運動後3分目に指先より毛細管を用いてなされた. ³¹P NMRの測定は, 大腿直筋において安静時および運動後に超電導MR装置を用いて行なわれ細胞内pHが算出された.

【結果および考察】

体重当たりの CO_2 excessは, SP群で36.7, JO群で40.3ml/kgを示し, 両群間で有意な差は認められなかったが, 血中乳酸の増加量に対する比率 (CO_2 excess/W/ Δ LA) は, SP群において4.50, JO群で5.34 ml/kg/mmol/lを示し, JO群が有意に高値を示した ($p < 0.01$). これは, 先行研究の結果と一致しており, JO群においては HCO_3^- 系の緩衝効率が高いことを示唆するものと思われる.

CO_2 excess/W/ Δ LAには, 両群間で有意差が認められたにもかかわらず, 運動による細胞内pHの低下はSP群で0.83, JO群で0.63unitを示し, JO群が低値を示す傾向にあったが両群間に有意な差は認められなかった. これは, 血中乳酸の増加量に対する比率 (Δ intracellular pH/ Δ LA) で表しても同様な結果であった. これらの結果は, 運動による細胞内pHの低下度が HCO_3^- 系の緩衝効率だけに左右されるわけではないことを示唆している. 先行研究によれば, スプリンターは持久性鍛錬者と比較して筋内の緩衝物質 (例えば, ジペプチドカルノシン) の濃度が高いことが報告されてきていることから, 非 HCO_3^- 系の緩衝効率が高い可能性が考えられる.

そこで本研究では, HCO_3^- 系の緩衝効率の違いが運動による細胞内pHの低下に及ぼす影響を明らかにするために, それぞれの群において, CO_2 excess/W/ Δ LAと Δ intracellular pH/ Δ LAとの関係を検討した. その結果, SP群, JO群のそれぞれにおいて, $r = -0.93, -0.96$ の有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.05$, 図1). これらのことから, 漸増運動時において, HCO_3^- 系は重要な緩衝メカニズムのひとつとして, 細胞内pHの低下を左右する可能性が示唆された.

