高濃度酸素環境下における運動性疲労回復

早稲田大学 人間科学部 ○永田 晟
三洋化成工業 吉田 優

Recovery from Exercise Exhaustion during Hyperoxia

Akira Nagata (School of Human Sciences, Waseda University)
Masaru Yoshida (Sanyo Chemical Industries, Ltd)

研究目的

本研究では究極の全身疲労状態を短時間(1分以内)に誘発し、その後の回復過程において酸素の効能を検証する目的をもっている。大気中の21%酸素濃度に対して30%の高濃度酸素を呼吸ガス条件として設定し、人間の疲労回復度に与える影響を調べた。

実験方法

身体疲労を誘発するために自転車型エルゴメータを使い、300ワットの一定負荷を約1分間ペダリング運動を課した。回転数が20rpmに低下した時点で運動を中止し、直ちにバッグに貯められていたガスを吸引させた。運動によって誘発された無酸素性の全身疲労に対する高濃度酸素の効果をみるために次の測定項目を選んだ。

1. 呼吸循環系の測定項目

収縮期血圧(SBP)、拡張期血圧(DBP)
心拍数(HR)、酸素飽和度(SaO_2)
換気量($\dot{V}_E$)、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)
炭酸ガス排出量($\dot{V}CO_2$)

2. 静脈血の分析

乳酸(LA)、ブラジキニン(BK)
アドレナリン(Adr)
ノルアドレナリン(Nol adr)

なお、静脈血の採取は上腕静脈血管に三方活栓を挿入し、図1のように運動前、運動直後、疲労困憊後10分、25分の4回サンプリングした。

吸入ガスの組成は大気成分と30%酸素濃度の2種類として、あらかじめ用意したダグラスバッグに貯えたガスを吸入した。大型三方活栓を使い、吸入用と分析用にガスを区分した。

実験は2週間にわたり、同一個人を異なった条件で実施した。第1回目の実験は回復過程において大気を吸入させ、第2回目は30%酸素混入ガスを使った。被験者は健康な男子学生8名とし、全被験者が2回の疲憊実験に参加することを条件とした。

結果と考察

1. 30% O_2 環境下の循環機能

心拍数の上昇は高濃度酸素下において低く抑さえられ、回復過程で早く元の安静値に戻ってくる。また収縮期血圧も同様に低く抑さえられ、早い回復が見られた。拡張期血圧は一定の傾向が見られず、高濃度の酸素の影響は見られなかった。他方酸化ヘモグロビンを中心とした血球の酸素飽和度(SaO_2)

は、30% O_2 下によって97~98%の変化レベルに保持された。

こうした循環系の生理機能は、大気中の酸素濃度以上の条件下において、統計上有意な差が見られ($P<5\%$)、循環機能の向上を促進させることがわかる。無酸素性の激運動によって多くの酸素負債を得た生体は、高濃度酸素下において、その負債を敏速に補償し、疲労状態からリフレッシュな状態に早く回復させることがわかった。運動効果器官の組織において酸素不足を期たしていた状態が、大気下では約13分、30% O_2 下では約9分後に解消されていった。

2. 30% O_2 環境下の呼吸機能

酸素摂取量($\dot{V}O_2$)は大気下と30% O_2 下とは有意な差がみられなかった。($P<0.05$)。また呼吸換気量($\dot{V}_E$)は少量に保たれ、吸気と呼気の量は少ないままで、酸素負債を補償したことが推察される。呼気ガス中の酸素濃度が高まったためにその量は最

図1 実験システム

小限に保たれ、効率の高い呼吸機能が誘発された。これらの結果より10%程度の酸素濃度上昇によって危急な場合を含めて全身疲労からの回復に役立つことが証明されたことになろう。

3. 30% O₂ 下の血中乳酸、ホルモン、キニンの変動

乳酸は疲労物質といわれているが、エネルギー生成過程において酸素がある限り、乳酸は分解されて体内に蓄積することはない。短時間内の運動においても筋組織や抹消血管中に貯留されていた酸素を利用することが多く、長時間の運動においては心臓から運搬された酸素を利用することになる。本実験では短時間(約1分)の運動で、無酸素性の激運動である。そのために運動終了後から酸素の需要量が増加し、呼吸と循環機能を促進させることになる。

乳酸の蓄積も運動終了後から徐々に蓄積されていき、S u b. Sは10分後において200ng/dlにも達した。この被験者を30% O₂ 下においた場合には145ng/dlに減少し、乳酸は高濃度酸素によって分解されたことを示している。こうした無酸素性の運動後の回復過程において、乳酸蓄積量は顕著に減少し、30% O₂ の結果を如実に示したようである。

アドレナリンとノルアドレナリンの副腎髄質から分泌されるホルモンは、運動性のストレスに対応するもので、一種の運動刺激としてのストレスの負担度を示すものと考えられる。交感神経の興奮度とも比例関係を示している。本実験のデータにおいても従来の報告と同様に30% O₂ 下において統計上有意に減少し、運動性ストレスの低下を示した。高濃度酸素の環境においては、生体負担度を軽くし、生活し易い条件となり、ストレスの影響も少なくなることが考えられる。

図2 呼吸機能の変化

ブラジキニンは筋活動後の疲労物質の一つであり、筋痛誘発性のトリガー物質とも考えられている。本実験の無酸素性の運動によってブラジキニンは増加せず、減少する傾向を示した。一過性の激運動によって短時間に誘発されるのではなく、24時間後に誘発されると考えられる。しかし、運動25分後に増加する傾向もみられたが酸素濃度とブラジキニンの関係は明確な傾向はみられず、高濃度酸素による筋痛予防上の資料は得られなかった。

結語

無酸素性の運動を課した後、大気と30%酸素濃度の2種類の環境下において、生体機能の回復過程を比較実験した。その結果、以下の事項が明らかになった。

- (1) 30% O₂ 下において、心拍数や収縮期血圧の上昇は低く押さえられ、循環系の機能に抑制的に作用した。
- (2) 30% O₂ 下において換気量($\dot{V}_E$)が少なく、呼吸効率は高まった。
- (3) 30% O₂ 下において乳酸の蓄積量やカテコールアミンの分泌量は少なかった。
- (4) これらの生理的な評価パラメータの変化は、大気下の変化量と統計的に有意な差がみられ、運動生理上30% O₂ は有効であると考えられる。

図3 血液成分の変化