

平成7、8年度コロキウム発表要旨

平成7年度第4回3月13日

演題：運動開始時の換気亢進のメカニズムを探る

演者：石田 浩司（体育科学部）

運動を始めた途端に呼吸は急に激しくなる。特に運動開始15秒以内に見られる換気の急増(Phase I)は代謝メカニズムが関与しないことから、呼吸中枢への上位中枢神経からの central command あるいは末梢からの neural reflex の2つの神経性入力、さらには心拍出力増大による cardiodynamic 説など様々なメカニズムが提唱されてきたが、一致した見解は得られていない。今回はこの Phase I に関して実施した3つの実験について概説する。

(1) 睡眠中の phase I

上位中枢の活動レベルが低下した深い睡眠中に受動的動作を行わせた場合にも、覚醒時と同様 phase I が起こるか、また、その程度は覚醒時と比較して差があるか明らかにするために睡眠実験を実施した。健康な成人男子5名を対象に、仰臥位で両脚交互の膝伸展-屈曲運動(60rpm)を1) 随意運動、2) 覚醒時に検者が被検者の足首につけたロープを引っ張る受動的動作、3) 脳波で stage III、IV の睡眠状態であることを確認した上での受動的動作、の3つ条件について、各被検者が2呼吸する間(約10秒)実施した。その結果、すべての条件で動作開始直後の1呼吸目から換気は急増し、その増加の程度(デルタ値)は随意運動が最も大きい、受動的動作では覚醒時よりも睡眠時の方が高値を示した。また、心拍出力は運動開始2呼吸目までに増加しなかった。このことから、必ずしも上位中枢の影響や cardiodynamic mechanism がなくても、末梢からの入力だけで換気亢進が起こること、さらに、覚醒時の受動的動作における呼吸中枢への抑制性の入力の可能性が示唆された。

(2) 脚と腕の phase I

脚と腕のように異なる部位での換気応答の違いを明らかにするために、脚と腕の換気応答を比較

した。7人の被検者に対し、脚運動として騎座位で実験1と同様の随意運動および受動的動作を行わせた。腕運動については、随意運動として上腕部を固定した肘関節の屈曲-伸展運動を、また、手首につけたロープを検者が引っ張る受動的動作を実施した。その結果、脚よりも腕の方が運動開始時の換気応答が大きいこと、さらに、各被検者の腕と脚のデルタ値の間に有意な相関が見られ、脚運動での換気応答が高い者は腕運動でも高いことが明らかとなった。このことから、脚よりも腕の方が換気応答が高いように、筋量に関係なく部位によって換気応答に差があること、また、応答の程度は個人依存性が高いことが示唆された。

(3) 自律神経と Phase I

運動開始時の換気亢進に自律神経系が関与するか否か明らかにするため、交感、副交感神経を同時に遮断(ブロック)する薬理実験を行った。6人の健康な成人男子を対象に、atropine (コリン作動性遮断剤)と propranolol (β -アドレナリン性遮断剤)を静注した後、随意運動、受動的動作を実施し、その時の換気応答をブロッカー投与前のコントロール条件と比較した。その結果、Phase I は自律神経をブロックしても出現するが、その程度はコントロールに比べて低く、抑制されることが明らかとなった。この原因として、自律神経が気道を支配していることやブロッカーの中枢神経への影響が示唆された。

以上のように、人間には運動開始時に様々な機能を動員して素早く換気を増大させる機構が備わっており、たとえ一つのメカニズムが働かなくとも他のメカニズムで代償可能であり、これらは加算的でなく余剰的に働くことが考えられる。人間の刺激に対する応答メカニズムは奥深く、興味は尽きない。