

1913年、Krogh と Lindhard はヒトが運動を開始すると同時に1呼吸目から呼吸の深さと速さが増大することを観察した。Kao (1967) の有名な交叉実験により運動時の換気亢進には神経性要因と体液性要因が関与していることが明らかになった。われわれはこれまでヒトを対象に神経性要因と体液性要因からみた運動時の換気応答について実験を行ってきた。ここではヒトの運動時の換気応答における神経性要因について概説したい。

運動開始と同時に観察される毎分換気量の増大は、体液性要因では説明できないと考えられている。何故なら、運動により活動筋で生成された代謝産物が末梢化学受容器（頸動脈小体、大動脈体）を介して呼吸中枢を刺激するには少なくとも15秒程要するからである。先のKrogh と Lindhard はヒトが運動を開始すると同時に1呼吸目から毎分換気量が増大するのは、大脳の運動野から活動筋への指令が呼吸中枢にも放散（irradiation）したことによるものであるという考え（central command 説）を提唱した。Wuyam ら (1995) は、トレッドミルの走行音を被験者に聞かせたところ、日常生活においてリズムカルな運動トレーニングを行っている運動選手の毎分換気量は増大したが、規則的な運動を行っていない一般人では換気増大が認められなかったと報告している。この他 central command 説を支持する報告はいくつかあるが、いわゆる central command が換気増大にどの程度関与しているのかまたその神経ルートなどについては、ほとんど解明されていない。

一方、McCloskey と Mitchell (1972) は、骨格筋からの求心性神経のうち痛みや圧につながるグループ III と IV をブロックすると電気刺激による運動開始時の換気増大は消失することを明らかにした。これらの結果は運動開始時における換気亢進には求心性神経グループ III、IV が関与していることを示唆している。事実、我が国では千葉大学の研究グループ (Morikawa ら, 1989) は、脊髄損傷患者における受動的運動では換気増大が認められなかったと報告している。もし求心性神経グループ III、IV を介する衝撃（peripheral reflex 説）のみでヒトの運動開始時の換気応答を説明できると仮定するならば、両足での受動的運動の換気応答（毎分換気量の増大）は、片足のそれと比べ2倍になることが予想される。しかしながら、われわれの

先の実験結果では両足に受動的運動における毎分換気量の増大は、片足の2倍にはならなかった (Miyamura ら, 1992)。この結果は、運動開始時の換気亢進は求心性神経グループ III、IV を介する衝撃（peripheral reflex 説）のみでは説明できないことを意味している。

最近、Monahan ら (2002) は前庭系（垂直半規管、水平半規管、耳石）および頸部筋収縮が呼吸中枢に及ぼす影響を明らかにするため、健康なヒトを対象に7つの条件下で呼吸循環応答を観察した。特に、回転椅子を用いて毎分15回転させた時には呼吸数が有意に増加（約2回/分）したことから、ヒトにおける前庭一呼吸反射は耳石ではなく半規管刺激によると結論している。われわれは被験者を開眼または閉眼状態で回転椅子に座らせ、約1.5秒かけて椅子を右あるいは左へ180度回転させた時の呼吸循環応答を観察した。その結果、回転前（安静時）と比べ呼吸数は4条件とも有意の増加は認められなかったが、一回換気量と毎分換気量はそれぞれ有意に増大した。呼吸数の応答からみた我々と Monahan ら (2002) の前庭一呼吸反射の違いは明らかではないが、少なくとも運動開始時の換気応答には、運動野および活動筋からの刺激に加え前庭系、特に水平半規管刺激も関与することが示唆される。言い換えれば、運動時換気応答における central command 説、peripheral reflex 説に加え、semicircular canals respiratory reflex 説も重要である。