【220】

氏　名(本　籍)	矢　野　徳　郎（大阪府）
学位の種類	博　士（学　術）
学位記番号	博　乙　第　794　号
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
審査研究科	体育科学研究科
学位論文題目	定常および漸増運動負荷時の二酸化炭素排出動態
主　査	筑波大学教授　医学博士　浅　野　勝　己
副　査	筑波大学教授　医学博士　池　上　晴　夫
副　査	千葉大学医学部教授　医学博士　本　田　良　行
副　査	筑波大学教授　教育学博士　高　野　恒　雄
副　査	筑波大学教授　医学博士　佐々木　雄　二
副　査	筑波大学助教授　保健学博士　池　田　由紀江

論　文　の　要　旨

1）目　的

運動時における水素イオン調節について二酸化炭素排出動態からの研究は十分でなく，明らかにされていない点が多い。そこで運動時に有酸素性エネルギー供給機構から産生される酸（二酸化炭素）と，呼気として排出される二酸化炭素との関係（二酸化炭素排出機構）および乳酸生成と呼気二酸化炭素排出との関係（二酸化炭素過剰排出機構）について検討することを目的とした。

2）方法と結果および考察

実験Ⅰ：

（方法）運動負荷時にDefaresのCO_2再呼吸法を用いて$P'\bar{v}co_2$を求めた。その後，Farhiらの理論式を用いて再呼吸中に起こる肺――バッグ容量の減少効果を補正して$P\bar{v}co_2$（理論値）を求めた。さらに，Kimらの理論によりHaldane効果を補正して$truePv\bar{v}co_2$を求めた。また再呼吸によるアルゴンの希釈度を利用することによって肺――バッグ容量の減少効果を補正し，$P\bar{v}co_2$（実測値）を測定した。また，肺――バッグ減少効果を理論的に補正して心拍出量（$\dot{Q}_{CO2}$）を求めた。

（結果と考察）(1)理論値である$P\bar{v}_{CO2}$と$truePv\bar{v}_{CO2}$は有意な相関関係にあった。(2)$\dot{Q}_{CO2}$は，$truePv\bar{v}_{CO2}$を理論的に求めるために必要であった。この$\dot{Q}_{CO2}$はアセチレン法によって決定された$\dot{Q}_{C2H2}$の値によく一致した。これらの結果から，Defaresの方法に従来の理論を適用して得た$truePv\bar{v}_{CO2}$は，適切な

値であると考えられた。

実験II：

（方法）無気的作業閾値（AT）以下の3種類の負荷を用い，運動開始時の$\dot{V}_{O2}$と二酸化炭素排出量（$\dot{V}_{CO2}$）の動態からCO_2貯蔵量（CO_2stores）を求め，それに酸素貯蔵量（O_2stores）の影響を補正してtotal CO_2storesを求めた。CO_2再呼吸法により$P'\bar{v}_{CO2}$を決定した。この値に肺――バッグ容量の減少効果およびHaldane効果を補正して$truePv_{CO2}$を得た。

（結果と考察）(1)$truePv_{CO2}$は運動開始後除々に増加し，その後ほぼ一定値を保った。また，その定常値を示したときの$truePv_{CO2}$は運動強度が高いほど大きい値であった。(2)混合静脈血CO_2分圧が運動によって増加しているので，体内にCO_2が貯蔵していると推定した。この方法によって体内のCO_2貯蔵量を求め，そのtotal CO_2 storesは運動開始後徐々に増加し，その後一定値を保った。その定常値を示した時のtotal CO_2 storesは運動強度が高いほど大きい値であった。このように$truePv_{CO2}$とtotal CO_2 storesはほぼ同傾向の変動を示した。この対応関係から呼気相にCO_2貯蔵に関係する相があると考えられた。(3)$truePv_{CO2}$とtotal CO_2 storesとの曲線関係の接線をimmediate CO_2 storageであると考えた。しかし，その接線であるimmediate CO_2 storageは$truePv_{CO2}$の値に影響されるとは考えられなかった。

これらの結果から，最大下定常運動負荷の初期時のCO_2排出は，エネルギー代謝から産生されるCO_2と混合静脈血CO_2分圧の上昇を伴うCO_2貯蔵量に関係する2つの呼気相から構成されているものと考えられた。

実験III：

（方法）定常運動負荷と漸増運動負荷時の$\dot{V}_{O2}$，$\dot{V}_{CO2}$，$P'\bar{v}_{CO2}$，血中乳酸（LA）および血液ガス（pHとP_{CO2}）を測定した。また，血液ガスの結果を用いて重炭酸イオンの値を計算した。

（結果と考察）(1)漸増負荷運動時でAT以下の$\dot{V}_{CO2}$は，同一$\dot{V}_{O2}$上では定常運動負荷の4――5分時の$\dot{V}_{CO2}$より小さい値であった。(2)この両負荷の$\dot{V}_{CO2}$の差を漸増負荷運動中にわたって加算した値は，CO_2再呼吸法で決定された$P'\bar{v}_{CO2}$に有意に相関した。この対応関係から漸増負荷運動時の呼気相に体内のCO_2貯蔵に関係した相があると考えられた。(3)運動時の乳酸増によるbody CO_2 slopeへの影響は緩衝価の増加によって相殺されると考えられた。(4)漸増負荷運動時のAT以下では$\dot{V}_{O2}$と$\dot{V}_{CO2}$は直線関係にある。AT以上の負荷では実際の$\dot{V}_{CO2}$は，その直線からの推定値よりも大きい値を示した。AT以上で得た実測値の$\dot{V}_{CO2}$とこの直線からの推定値との差の総量は，ΔLAmax（疲労困憊3分目のLAとAT以下の負荷中のLAとの差）に有意に相関した。この対応関係から漸増運動負荷時の呼気相に乳酸増に関係する相があると考えられた。(5)血中乳酸の増加に伴い重炭酸イオンが減少することが認められた。

これらの結果から，漸増運動負荷時の呼気として排出されるCO_2は，エネルギー代謝によって産生されるCO_2とCO_2分圧の上昇を伴うCO_2貯蔵および主にLAの増加により過剰に排出されるCO_2に関係する3つの呼気相から構成されているものと考えられた。また，body CO_2 slopeは，運動時の乳酸増によって影響を受けなかった。

実験IV：

（方法）短・中・長距離走者群の漸増運動負荷時のCO_2storesとCO_2excessを求め，また$P'\bar{v}_{CO2}$とLAを測定した。

（結果と考察）(1)body CO_2 slopeを短・中・長距離走者の各群において比較した。しかしその差異は認められなかった。(2)本実験のbody CO_2 slopeと実験IIの値はほぼ同等であった。この結果から運動時の乳酸増がbody CO_2 Slopeに影響を与えるとは考えられなかった。(3)surplus CO_2 rateを短・中・長距離走者の各群において比較した。その結果，短距離走者群のsurplus CO_2 rateが長距離走者群のものよりも少ないことが認められた。このことは短距離走者群において非重炭酸緩衝系の緩衝価が大きいために，重炭酸緩衝系の緩衝する割合が相対的に減少したこと，および，長距離走者群では，重炭酸緩衝系が主として緩衝を行う細胞外液において，乳酸がより多く緩衝されていたために，重炭酸緩衝系の緩衝する割合が相対的に増加していたことに起因していると考えられた。

これらの結果から，body CO_2 slopeは運動時の乳酸増に影響されるとは考えられなかった。さらに，余剰CO_2率は，全身の緩衝作用に対する重炭酸緩衝系の貢献度を表わしているものと考えられ，被検者特性によってこの率が影響されることが示唆された。

3）結　論

実験IでのCO_2再呼吸法の理論的補正法の確立は，以後の実験の定量的側面を検討する上での基礎になった。また，実験IIとIIIにおいて，運動時の呼気CO_2排出相を次のように分類した。

(1)CO_2貯蔵に関係する呼気相

(2)乳酸増に関係する呼気相

(3)CO_2に産生に関係する呼気相

また，実験II，IIIおよびIVにおいて，混合静脈血CO_2分圧とCO_2貯蔵，および乳酸増とCO_2過剰排出の各対応に関する定量的特徴を明らかにした。またこの定量的特徴をCO_2解離曲線から次のように考察した。

(1)あるCO_2分圧以上では身体CO_2解離曲線は直線的である。

(2)乳酸増によって身体CO_2解離曲線は下方へ移動するが，CO_2傾斜は移動前と後で変わらない。

(3)身体CO_2解離曲線の移動は乳酸の増加量に応じて余剰にCO_2を生じる。また，その余剰CO_2率は被検者の身体特性に応じて変化する。

審　査　の　要　旨

本論文は，定常および漸増運動負荷時の二酸化炭素排出動態について検討し，まず漸増運動時の呼気として排出されるCO_2量は，エネルギー代謝により産生されたCO_2量，体内に貯蔵されたCO_2量および主に乳酸増加により過剰排出されたCO_2量から構成されていることを明らかにした。

ついで，混合静脈血CO_2分圧とCO_2貯蔵，および乳酸増加とCO_2過剰排出の各対応関係について，CO_2排出機構特性から検討している。また，乳酸増に対するCO_2過剰排出量への影響を短・中・長距

離走者の3群について比較し，長距離走者群では重炭酸緩衝系が主に緩衝を行う細胞外液において，乳酸がより多く緩衝されるために，CO_2過剰排出量が増加する傾向を指摘している。これらの運動時のCO_2排出機構に関する成果は新しい知見であり，独創性の高いものである。

審査において長距離走者の低酸素換気応答が低く，換気の抑制傾向が指摘されている点とは矛盾するという指摘と，細胞内で乳酸が緩衝されてしまうという最近の報告のあること，さらにCO_2 slopeにはこの3群で差のないことを示しながら，CO_2過剰排出量に差異の生じている点について指摘がなされた。しかし全体的にみて，本論文は研究方法および成果の点において独創性があり，運動の呼吸生理学の領域において学問的意義の高いものであり，博士（学術）を授与するのに十分な条件を備えているものと判定する。

よって，著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。