



博士(人間科学)学位論文 概要書

運動時の呼吸・循環応答に及ぼす頸下浸水の影響

2001年 1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

木村 真規

指導教授 村岡 功

【緒言】 頸下浸水環境は、運動時の生体応答に対して多大な影響を及ぼすことが知られており、高齢者や肥満者などの低体力者が安全で効果的に水中運動を行うためには、運動時の生体応答に及ぼす頸下浸水の影響について、その特性を明らかにする必要がある。

【研究課題】 研究課題1では、流水プールを用いた歩行・走運動を行い、陸上トレッドミル運動と比較した結果、中～高強度(最大酸素摂取量の60%以上)の運動時に呼吸数の増加に依存した換気亢進が惹起され、換気効率は有意に低下した。そこで研究課題2では、換気亢進時の呼吸様式に与える頸下浸水の影響について検討するために、最大換気量(MVV)を比較したところ、MVVは水位の上昇に伴って減少し、呼吸様式は浅く速い呼吸へと変化した。この頸下浸水に伴う呼吸様式の変化は、研究課題1における中～高強度での水中運動時の呼吸様式と類似しており、頸下浸水時には静脈還流の増加に伴う肺毛細血管内での血液貯留によって、末梢気道の閉塞と肺コンプライアンスの低下が惹起され、浅く速い呼吸に伴う死腔換気量の増加によって換気効率が低下したと考えられた。

一方、研究課題1の結果、頸下浸水環境は運動時の心拍応答に影響を及ぼし、低強度運動時の心拍数(HR)は頸下浸水によって有意に減少した。そこで研究課題3では、運動強度とHRの関係に及ぼす頸下浸水の影響について検討するために、剣状突起位までの浸水時に水面上で腕運動を行ったところ、運動時のHRは頸下浸水によって約8～13拍/分ほど低値となり、この減少傾向は運動強度によらずほぼ一定であった。また心電図RR間隔変動の周波数解析の結果、低強度の腕運動時において頸下浸水に伴う高周波成分の増加が観察されたことから、頸下浸水に伴うHRの減少作用は心臓副交感神経活動の賦活化によって惹起される可能性が示唆された。

また、研究課題1と3でみられたHR応答の差異は、一部、腕運動と脚運動における運動様式の違いによって生じた可能性が考えられる。高強度での脚運動時には、筋ポンプ作用に伴う静脈還流の増加によって、頸下浸水に伴う血液シフトと同様に、運動時のHRを減少させるが、腕運動時には筋ポンプ作用は殆ど機能せず、高強度運動時においても頸下浸水に伴うHRの減少作用が顕在化した可能性が考えられた。

研究課題4では、頸下浸水に伴う胸腔内への血液シフトが、運動時の血圧応答に及ぼす影響について検討するために、等尺性脚伸展運動中の動脈血圧を陸上と水中で比較した。その結果、高強度の等尺性運動では活動筋内圧の上昇に伴う血流阻止によって末梢血管抵抗が増加し、非活動肢や腹腔内からの血液シフトに伴う心拍出量の増加によって動脈

血圧が上昇する可能性が示唆された。また本課題では、中高年齢者の血圧応答を若年者と比較したところ、中高年齢者では頸下浸水によって低～中強度[最大随意収縮(MVC)の10～30%]運動時の血圧上昇が抑制された。水中等尺性運動時の血圧応答において若年者と中高年齢者に違いがみられた理由として、運動負荷の絶対強度の差が考えられる。本研究では、MVCを基準とした相対強度で運動を行ったことから、生体負担度は両群でほぼ同一であったと考えられる。しかし、若年者のMVCは中高年齢者より約30%ほど高値であり、筋収縮時の活動筋内圧は若年者でより高かった可能性が考えられる。従って、若年者では筋収縮に伴う活動筋内圧の上昇が、頸下浸水に伴う末梢血管拡張作用を凌駕し、結果として水中運動時の血圧を上昇させたと考えられた。

研究課題5では、入水・出水に伴う急速な静脈還流の増加とその消失が、動静脈の血圧調節に及ぼす影響について検討することを目的として、麻酔下ラットを用いた観血的モデル実験を行ったところ、急速入水直後にOvershoot状の昇圧現象が観察された。動脈血管系における急速な血圧上昇は、血管コンプライアンスの低下した高齢者などでは脳血管障害の危険因子となる可能性が考えられ、循環調節系に対する影響が比較的少ないと考えられている中立温での浸水時にも、急速入水に伴う一過性の血圧上昇について十分に考慮する必要があると思われた。一方、急速出水時には中心静脈圧が有意に低下し、急速な動脈血圧の低下に伴って頻脈反射が惹起されたことから、急速出水時には一過性に起立耐性が低下する可能性が示唆された。

【総括】以上の結果から、①頸下浸水に伴う胸腔内への血液シフトは、高強度運動時の呼吸様式を変化させ、換気効率を低下させる、②高強度の等尺性運動時の血圧応答では、頸下浸水によって過負荷が生じる、③中高年齢者では、低強度の等尺性運動時の血圧上昇が、頸下浸水によって抑制されることなどから、水中運動は低～中強度で行うのが好ましいと考えられた。また、水中運動時のHR応答は運動様式によって異なる可能性が示され、その要因の一つに頸下浸水に伴う筋ポンプ作用の減弱化が示唆された。一方、入水・出水に伴う急速な静脈還流の増加とその消失は、心臓血管系での過負荷や起立耐性の低下を惹起する可能性が示唆された。

頸下浸水環境は、浮力によって体重負荷などが軽減される反面、心臓血管系に対する様々な負荷増加因子が存在する可能性があり、水中運動の安全性に関してより一層の検討を重ねる必要性が感じられた。