

氏名（本籍）	きく	ち	かず	お	夫（茨城県）
学位の種類	学	術	博	士	
学位記番号	博	甲	第	489	号
学位授与年月日	昭	和	62	年	3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当				
審査研究科	体育科学研究科				
学位論文題目	急性低圧低酸素環境下における安静時及び最大下運動時心機能に関する研究				
主査	筑波大学教授	医学博士	池	上	晴夫
副査	筑波大学助教授	医学博士	浅	野	勝己
副査	筑波大学教授	医学博士	浅	見	高明
副査	筑波大学教授	医学博士	熊	田	衛
副査	筑波大学助教授		長	洲	南海男
副査	筑波大学助教授		岩	崎	庸男
副査	筑波大学助教授	医学博士	吉	岡	博英

### 論 文 の 要 旨

本論文は、低圧低酸素環境への急性暴露時の心機能応答特性を、安静時と運動時について運動生理学及び環境生理学等の面から検討したものである。

高所への無酸素登山の一般化に伴い、高山病に起因する事故が近年頻発している。特に低酸素の影響を蒙り易い心筋組織は、重篤な高所障害を誘起するが、その機序に関する研究は少なく、その解明が急務とされている。従来の報告では、主に安静時の心ポンプ機能を対象にしたものが多く、心筋収縮性を含めて包括的に検討したものは少ない。特に運動時の場合の知見が少なく、これが登山の安全を確保する上の問題点となっている。

そこで本研究では、低圧シミュレーターを用いて人体に種々の相当高度の低圧を負荷し、安静時及び運動時について心機能を検討した。測定項目は、心機図、インピーダンスカルジオグラフ、血圧のほか、未だ報告のない低圧シミュレーター内でのMモード心エコー図法を行い、さらに血漿カテコラミンについても測定した。

得られた結果と考按は以下のとおりである。まず心機能測定に用いる心エコー図法とインピーダンス法の測定精度を検討するため、色素希釈法との同時測定を常圧下で行った。その結果、安静時・運動時ともに、両側定法間の相関は十分に高く、心機能測定法としての妥当性を確認することができた。

次に4,000m、5,000m及び6,000mの各相当高度で、安静保持と二種の最大下運動（50Wと75W）の各5分間のペダリング運動を実施し、また6,500mでは安静保持のみを行った。各被験者は、常圧から始めて低い高度順に、少なくとも1週間の間隔をおいて低圧に暴露した。減・復圧速度は毎分200m相当高度とした。

安静時には、左室拡張終期容積が5,000mと6,000mで有意に減少し、左室収縮終期容積も4,000より6,500mにかけて有意に減少した。このため一回拍出量はほぼ一定を保ったが、心拍数が高度の上昇に伴って増大したため、心拍出量は各高度において有意に増加した。またポンプ機能の指標である駆出分画と収縮性を示す左室円周方向心筋線維平均短縮速度は、4,000m以上の各高度において有意な増加を示した。

平均血圧は各高度でほぼ一定であったが、脈圧は6,000m以上で増加した。一方総末梢血管抵抗は高度の上昇に伴って低下した。血漿カテコラミンは高度の上昇とともに増加し、左室円周方向心筋線維平均短縮速度と有意な相関を示した。この結果から、高度上昇に伴う心機能高進には、低酸素刺激の交感神経系興奮による血漿カテコラミン遊出が寄与しているものと想定された。一方、ヘマトクリット値の上昇が5,000m以上で認められ、循環血液量の減少が示唆された。これが静脈還流量を減少させ、左室拡張終期容積の減少をもたらしたものと考察した。またカテコラミンの増大が心拍数増大と心拍出量を増加させるが、呼吸性アルカローシスによる血管拡張は総末梢血管抵抗を減少させ、平均血圧をほぼ一定化する役割を演じているものと推論している。

運動時には、高度の上昇に伴って左室拡張終期容積は増加傾向を示し、一方左室収縮終期容積は減少傾向にある。このため一回拍出量は、安静時に比し増加傾向を示すが高度間の差は認められない。これに対して心拍数は高度と共に有意に増加するため、心拍出量も高度と共に増加した。また駆出分画と左室円周方向心筋線維平均短縮速度は、高度に伴って有意に増大した。

平均血圧と脈圧は、各高度で有意に増大したが、総末梢血管抵抗は低下傾向を示した。血漿カテコラミンは増加し、安静時と同様に運動時心機能高進への寄与が示唆された。一方、前駆出期／駆出時間の比から運動時ポンプ機能をみると、4,000mまでは高進するが、5,000m以上では低下する傾向が指摘された。

各高度において運動時左室拡張終期容積の増大が認められた。これは血球容積比の上昇などから示唆される循環血液量の減少を、筋ポンプが代償して静脈還流を促進した結果であると考察した。一方、運動時カテコラミン遊出の増大は、心拍高進、一回拍出量及び心拍出量の増大をもたらすが、総末梢血管抵抗の低減を上回るために、平均血圧は増加したものと推論した。

以上の結果から、4,000m以上の低圧低酸素環境への急性暴露時の安静時および運動時には、

低酸素刺激のもたらす交感神経系興奮によるカテコラミン遊出を介して、心筋収縮性の高進がもたらしたと考えられる。さらに運動時ポンプ機能については、4,000mまでは高進するが、5,000m以上では低下することが指摘された。

## 審 査 の 要 旨

酸素は生物の生存にとって必須の物質であり、その不足はその生存にとって重大な脅威となる。したがって酸素の不足は、医学的にも生物学的にも人類学的にも極めて重要な要件である。運動時には多量の酸素を必要とするため、低酸素状態は特に運動時にその影響が顕著になる。したがって低酸素の影響に関する研究は、運動生理学の重要な課題でもある。

本論文は、低圧低酸素条件下において安静時及び運動時の左心室機能を中心に、循環反応を検討したものである。低圧低酸素条件は、登山、グライダー、気球等で経験されるものであり、また高地トレーニングや低圧トレーニングとして利用される条件でもあって、スポーツとの関係が密接である。この領域に関する研究は、これまでも数多く報告されてきたが、その中において本論文は以下のような特徴を有することが指摘できる。

- (1) 本論文は左室機能を中心にした循環系の反応を扱ったものであるが、循環系は閉鎖系であるため、それを構成する幾多の機能は相互に依存し合い影響し合っている。したがって、循環反応の部分的な解明はできてもその包括的把握は困難を極める。従来の報告においても、部分的知見は多く得られたが、包括的説明の点に問題が残っていた。本論文は低酸素の影響を多角的に検討して、それをシステムとしてとらえ、包括的に説明したところに大きな特徴がある。
- (2) 低酸素に対する生体反応には、適応としての積極的な反応と、浸襲され機能が低下したために起こる反応とが含まれる。この両者は時に鑑別が困難であり、したがって得られた結果の意味付けにおいて意見が分れることが少なくない。

本論文は、心機能をポンプ機能と心筋収縮性という二面から検討して、結論として、ポンプ機能も心筋収縮性も共に高進しているとした。低圧低酸素環境下において心筋収縮性が高進することを明らかに示した報告は類が少なく、この点も本論文の貴重な成果である。

- (3) 5,000m以上での低圧環境下で運動する場合には、たとえ軽度な運動であっても心機能の適応には限界があり、特に6,000mでは機能が明らかに低下することが示された。このような高度条件と運動条件の具体的な組み合わせについて適応能力の限界的を明らかにできたことは、登山や低圧トレーニング等の場合に利用できるものであり、実用上の見地からみても貴重な知見である。

被験者が少なく、高度条件や運動条件も限られているため、結果の処理や考察になお不十分な点はある。しかしながら実験自体が極めて困難な条件下でなされたことを考慮すると、学問的意

義は大きく、独創的な理論や新しい知見を含むものであり、体育科学、環境生理学、基礎医学、あるいは生物学等の分野において、十分に貢献しうる研究であると考えられる。

よって、著者は学術博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。