

論文の内容の要旨

氏名：高 階 曜 衣

博士の専攻分野の名称：博士（教育学）

論文題名：長期の運動負荷に対する免疫応答および神経内分泌反応

第1章 序論

中等度の運動では、上気道感染症の罹患率を低下させると報告されているが、他方、高強度運動や長期間運動によって、上気道感染症の罹患率が高まると指摘されている。ゆえに、高強度運動や長期間運動によって免疫能が低下すると報告されている。免疫能は、ウイルスやがん細胞などに対して働く細胞性免疫能と、抗体により細菌やウイルスの排除を補助する液性免疫能の二つに大別される。細胞性免疫能の活性を調節する T helper (Th) 1 細胞と液性免疫能の活性を調節する Th2 細胞のバランスを維持することが、免疫能を維持する上で重要とされる。これまでヒトを対象に、長期の運動負荷が Th1 細胞と Th2 細胞に与える影響を検討したものは調査した限り見当たらない。そこで本論文は、長期の運動負荷により細胞性免疫能と液性免疫能のどちらが低下するのか検討することを目的とした。

一般に、免疫能に影響を及ぼすものとして、内分泌系ホルモンと交感神経系ホルモンが知られている。運動は生体へのストレス刺激となり、内分泌系では副腎皮質刺激ホルモン (Adrenocorticotropic hormone ; ACTH) やコルチゾール (Cortisol) が分泌され、一方、交感神経系が活性化すると、アドレナリン (Adrenaline) やノルアドレナリン (Noradrenaline) が分泌される。短時間運動では、ACTH、コルチゾール、アドレナリン、ノルアドレナリンはいずれも上昇すると報告されているが、短時間運動と比較し、長期の運動負荷による神経内分泌系の変化を検討したものは見当たらない。

そこで本論文は、長期の運動負荷として 25 日間のトレーニング合宿を実施し、細胞性免疫能と液性免疫能のどちらが低下するのか、神経内分泌反応も併せて検討することを目的とし、以下の項目について検討した。

- 1) 長期の運動負荷に対する体組成の変化
- 2) 長期の運動負荷に対する液性免疫能の変化
- 3) 長期の運動負荷に対する細胞性免疫能の変化
- 4) 長期の運動負荷に対する神経内分泌系の変化（短時間運動と比較して）

第2章 長期の運動負荷に対する体組成の変化

本章は、長期の運動負荷に対する体組成の変化を検討している。その結果、長期の運動負荷前と比較して、運動後、体重および体脂肪量、体脂肪率、体水分量が有意に低下した。一方、骨格筋量は変化がなかったが、骨格筋率が運動後、有意に増加した。したがって、合宿前後で生じた骨格筋率増加の原因は、骨格筋量の増加に伴うものではなく、体脂肪量や体水分量の低下に起因したことを明らかにしている。

第3章 長期の運動負荷に対する液性免疫能の変化

B 細胞による免疫グロブリン (Immunoglobulin ; Ig) 産生が中心となる液性免疫能は、Th2 細胞により活性が調節されている。しかし、これまで長期の運動負荷による液性免疫能の変化を検討する際、IgG および IgM、Th2 細胞を併せて検討した報告は調査した限り見当たらない。本章は、免疫グロブリンや Th2 細胞に加え、筋損傷の程度を反映するクレアチンキナーゼ (Creatine Kinase ; CK) やミオグロビン (Myoglobin ; Mb) を含め、長期の運動負荷前後の液性免疫能の変化を明らかにすることを目的とした。

対象はラグビーフットボール部に所属する男子大学生 10 名とし、長期の運動負荷前後に Th2 細胞数、IgG 濃度、IgM 濃度、CK 濃度、Mb 濃度を測定した。長期の運動負荷前と比較して、運動後、CK 濃度、Mb 濃度は有意に低下したが、Th2 細胞および IgG 濃度、IgM 濃度に有意な変化は認められなかった。以上から、本章は、長期の運動負荷は、液性免疫能に影響しないことを明らかにした。

第4章 長期の運動負荷に対する細胞性免疫能の変化

細胞性免疫能を担うナチュラルキラー細胞（Natural killer cell ; NK 細胞）は、ウイルス感染細胞やがん細胞などを直接傷害することができ、生体防御において重要な役割を果たしている。これまでヒトを対象とした報告により、長期の運動負荷で NK 細胞数、NK 細胞活性が低下することが明らかにされている。さらに、ラットを対象とした報告では、細胞性免疫能の調節因子である Th1 細胞は、長期の運動負荷後、有意に低下すると報告されている。しかし、ヒトを対象に長期の運動負荷が Th1 細胞に与える影響を検討した報告は調査した限り見当たらない。そこで本章は、ヒトを対象に Th1 細胞と NK 細胞に着目し、長期の運動負荷前後の細胞性免疫能の変化を明らかにすることを目的とした。

対象はラグビーフットボール部に所属する男子大学生 10 名とし、長期の運動負荷前後に Th1 細胞数、NK 細胞数、NK 細胞活性を測定した。長期の運動負荷前と比較して、運動後、Th1 細胞数、NK 細胞数、NK 細胞活性は有意に低下した。さらに、Th1 細胞数と NK 細胞活性、NK 細胞数と NK 細胞活性の間に正の相関関係が認められた。したがって、本章は、長期の運動負荷により細胞性免疫能が低下することを明らかにした。

第 5 章 長期の運動負荷に対する神経内分泌系の変化

一過性の短期間運動により、内分泌系ホルモンと交感神経系ホルモンが有意に上昇することが報告されているが、数週間に及ぶ長期間運動が神経内分泌系に与える影響を検討した報告は調査した限り見当たらない。そこで本章は、短期間運動と比較し、長期の運動負荷に対する神経内分泌系の変化を明らかにすることを目的とした。

短期間運動は、日常的に運動している男子大学生 10 名を対象に、12 分間の最大努力走を実施した（短期間運動群）。長期間運動は、ラグビーフットボール部に所属する男子大学生 10 名を対象に、25 日間のトレーニング合宿を実施した（長期間運動群）。いずれも、運動前後にアドレナリン、ノルアドレナリン、ACTH、コルチゾールを測定した。

短期間運動群はアドレナリン、ノルアドレナリン、ACTH、コルチゾールが運動後、有意に上昇した。一方、長期間運動群は運動後、アドレナリン、ACTH、コルチゾールに有意な変化はなく、ノルアドレナリンのみ有意に上昇した。したがって、短期間運動群は交感神経系と内分泌系の活性がともに亢進するが、長期間運動群は内分泌系に変化はなく、交感神経系の緊張状態のみが持続することを明らかにした。

第 6 章 総合的考察

本研究は、長期の運動負荷による細胞性免疫能低下は、交感神経系の緊張が持続したために生じたことを明らかにした。交感神経系の緊張を非侵襲的かつ簡易的に推し量ることのできる指標に起床時心拍数がある。指導者は起床時心拍数の上昇が認められた選手に対し、休養を促し、運動強度の低いトレーニングやトレーニング内容の変更を指示する必要がある。指導者は起床時心拍数の測定意義を認識し、選手の健康状態をもとにトレーニング目標を設定し、運動時間、運動強度を適切に調節することが大切である。

本研究で得られた知見は、長期の運動負荷を実施する選手自身が体調管理を行う上で重要であることは当然のことながら、指導者の選手管理、トレーニング計画の立案に寄与するものと考えられる。