

学位論文題名

快適自己ペース運動による青年女性の感情の  
最適化に関する研究

- 女性ホルモン濃度と脳波からの検討 -

学位論文内容の要旨

女性の青年期は身体的成熟期にあり、性周期(月経周期)を有する。性周期に伴って、女性ホルモン{卵胞ホルモン;エストロゲン(E)と黄体ホルモン;プロゲステロン(P)}の血中濃度は変動する。Eのなかでも量的に最大で効果も強いエストラジオール(E2)は、生殖器官を発育させる作用の他にネガティブな感情を低減し、ポジティブな感情を高める向精神作用をもっている。人間関係にストレスを感じている者の割合が高い15~24歳の女性では、ストレス状況が続くことで気分的に落ち込み、抑うつ状態となる危険性をはらんでいる。青年女性は心身の急激な発達と体内ホルモン環境の周期性変動の中にあり、不安定になりやすい年代である。

感情の最適化とは不安・抑うつ・過緊張などのネガティブな感情が強くなく、活気のある自尊感情の高い状態をさして用いる。身体運動以外にも様々な要因が最適化に関係すると考えられるが、本学位論文では運動による感情の最適化を青年女性で検討した。運動による感情改善効果を、性周期を考慮して女性ホルモン分泌の影響を揃え、運動負荷を行って検討した研究は多くない。身体運動がもたらす脳を介した心(感情、情動)へのマイナス影響とプラス効果に関心は強いものの、研究報告は未だ多くない。本学位論文では主観的「快」に基づいた快適自己ペース運動(Comfortable Self-Paced Exercise: CSPE)による青年女性の感情改善とE2濃度の変化について、さらに、CSPEによる感情改善と前頭前野 EEG (electroencephalogram)  $\alpha$  パワー値左右偏側性(以下、EEG 左右偏側性)について以下の3つの研究から検討した。

研究1では、黄体期後期に性周期を統一し、快適自己ペース運動としてトレッドミル走運動(Comfortable Self-Paced Running: CSPR)を50分間行わせた。標準化された感情評価尺度 MCL-S.1 (Mood Check List-Short Form 1) による「快感情」得点は CSPR 中から上昇し、終了後も持続した。CSPR によって、標準化された感情評価尺度 POMS (Profile of Mood State) の「活気」得点の上昇と血中女性ホルモン E2 濃度の上昇を認めた。E2 と感情得点の変化量間に正の相関を認めた。主観的「快」に基づき、心拍予備率(=%HRR)と自覚的運動強度(RPE)からみて低~中等度強度の運動でも、血中 E2 濃度が上昇し、感情が改善するという効果を見いだした新しい知見である。運動を継続する動機を高めるような強度で実施するのが望ましく、快感情を重視して至適運動強度を決める CSPR は、運動習慣の少ない体力水準の低い人でも無理のない低~中等度強度の運動実施になり、運動を習慣化するうえで有用と考える。身体運動による女性ホ

ルモン濃度の上昇は、従来 70~75%VO<sub>2</sub>max (=HRR)という高強度運動での検討が多かった。本学位論文で実証した低~中等強度(20~60%HRR 程度)の CSPE による血中 E2 濃度の上昇と感情の改善は、青年女性を対象に運動を推奨する科学的根拠を示し、社会的に有用と考える。

研究2では、運動習慣を有する青年女性(習慣群)と習慣のない青年女性(非習慣群)を対象に、20分間の CSPE が感情と女性ホルモン濃度に及ぼす効果について検討した。10-20歳代は生涯における心身機能の基礎づくりの年代であるが、この年代で運動習慣のある者は性別、年代別で最も低い。そこで、運動強度に加え、健康づくりのために必要な1日の運動量として推奨されている運動実施時間である20分間の運動を行わせ、感情と血中女性ホルモン濃度の改善について検討した。運動強度は研究1と同様に主観的「快」に基づく CSPE とし、自転車エルゴメータペダリング運動を用いた。20分間の CSPE の代わりに、風景写真を見て過ごす対照安静実験を、別な日の同じ時間帯にカウンターバランスをとって割り当てた。運動習慣有無別の CSPE 実験と対照安静実験は、被験者の黄体期に行った。習慣群と非習慣群で、MCL-S.1による「快感情」得点と血中 E2 濃度は、CSPE によって同様に上昇した。CSPE として選択した20分間の平均運動強度を%HRR から評価すると、習慣群で非習慣群より有意に高かったが、RPE は両群に差がなく「11: 楽である」であった。このことから運動を継続することで、体力が向上し、高い強度の運動を好むことが推察される。

研究3では、習慣群と非習慣群を対象として、20分間の CSPE の効果を感情と EEG 左右偏側性から検討した。女性ホルモン濃度の影響を可及的に揃えるために、CSPE 実験を卵胞期に行った。CSPE の効果を感情と EEG 左右偏側性から検討した報告は少ない。両群で、MCL-S.1による「快感情」得点は CSPE によって上昇した。標準化された感情評価尺度 STAI (state-trait anxiety inventory) で測定した「不安感」得点は習慣群で低下したが、非習慣群では低下しなかった。EEG 左右偏側性とは、左前頭葉 F3 部位  $\alpha$  パワー値の相対的低下と右前頭葉 F4 部位  $\alpha$  パワー値の相対的増大が生じると、左前頭葉の賦活を意味するものとして用いる。左前頭葉の賦活は接近行動を示し、右前頭葉の賦活は撤退行動を示すと考えられている。本研究では、運動習慣の有無別で検討し、CSPE 前、中、直後、回復の4時点で EEG 左右偏側性(左前頭葉の賦活)を解析した。習慣群では CSPE 前には左前頭葉の賦活を示さなかったが、CSPE 中、直後に左前頭葉の賦活を認めた。CSPE による感情改善を脳機能から説明することが可能になったと考えられる。一方、非習慣群では CSPE 前から左前頭葉の賦活が認められていたが、CSPE 中、直後、回復まで持続して左前頭葉の賦活が観察された。非習慣群では、CSPE による左前頭葉の賦活効果が、安静時に見られる賦活によってマスクされている可能性があることから、運動習慣のない人でも、主観的に「快」と感じる運動強度の CSPE による感情および脳機能に対する効果が推測される。また、運動習慣群でのみ、CSPE による MCL-S.1 の「快感情」得点変化量、並びに STAI の「不安感」得点変化量と左前頭葉賦活の程度間に有意な相関、並びに相関傾向を認めた。習慣群は非習慣群に比べて、CSPE による感情と脳機能の変化が著明であった。これまでに運動中の EEG を測定し、CSPE による感情改善を EEG 左右偏側性から検討した報告は見あたらないことから、本研究による新知見である。左前頭葉の賦活は、大脳辺縁系扁桃体の機能に影響すると考えられている。本研究結果は、運動がもたらす脳を介した心への影響という課題に対する答えを示したものとする。

以上の研究結果から、本学位論文でとりあげた CSPE では、実施者の体力や体調にあわせた運動強度を選ぶことができ、感情を最適化する効果が認められた。女性ホルモン E2 濃度の上昇

に伴い、E2 のもつ精神作用によって感情がポジティブになる可能性が推察される。併せて、CSPE 実施による感情の改善が左前頭葉の賦活に関連する可能性が推測される。本研究を通じて、青年女性の不安定になりがちな感情を、快適自己ペースの運動によって最適化できる可能性が示唆された。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 森 谷 梨  
副 査 助 教 授 片 山 順 一  
副 査 助 教 授 大 塚 吉 則  
副 査 教 授 武 田 秀 勝 (札幌医科大学)

## 学位論文題名

# 快適自己ペース運動による青年女性の感情の 最適化に関する研究

## －女性ホルモン濃度と脳波からの検討－

青年女性は心身の急激な発達期にあり、性成熟の時期でもある。性成熟に伴い、体内女性ホルモン環境は周期性変動をし、月経周期が確立する。女性ホルモンエストラジオール(E2)は、ネガティブ感情を低減し、ポジティブ感情を高める向精神作用を持っている。保健福祉動向調査(2000)では、15～24歳女性のストレスを感じている割合は64.5%と性別・年齢階級別で最高である。青年女性は精神的に不安定になりやすいことが推察される。本研究では、身体運動による青年女性の感情改善効果を、性周期を揃えて行った実証研究1～3で検討した。その結果から、血中E2濃度の上昇、並びに前頭前野脳波左右偏側性 (EEG 左右偏側性) による感情の最適化の機序を考察したものである。

本研究の評価すべき第一の点は、主観的「快」に基づいて運動強度を決める快適自己ペース運動 (CSPE) に着目し、運動習慣のない青年女性でも可能な身体運動としてとりあげた点である。従来、無酸素性作業閾値を超えるような高強度運動またはレジスタンス運動での研究報告が多い中で、50分間の主観的「快」に基づく低～中等度強度運動の効果を感情と血中E2濃度等に認めた。さらに20分間と時間を短くして取り組みやすくしたCSPE実施が、感情と血中E2濃度他に及ぼす効果を認めた。

評価すべき第二の点は、CSPEによる感情の最適化、特に快感情の亢進にE2血中濃度の上昇が関与する機序を考察した点である。50分または20分間のCSPEによって、標準化された感情評価尺度 (感情尺度) MCL-S.1 の快感情得点が運動中から上昇し、終了後も持続することを見出した。E2と快感情得点増加量間に正の相関を認めた。感情尺度 POMS の活気得点もCSPEによって増加し、E2と活気得点増加量間に正の相関を認めた。主観的「快」に基づく低～中等度強度運動で、血中E2濃度

が上昇し感情が改善されるという新しい知見を得たことになる。CSPE による血中 E2 濃度上昇の機序を、血中カテコールアミン、性腺刺激ホルモン濃度の測定データに、先行研究の知見を加えて考察した。CSPE によって増加する血中カテコールアミンが卵巣の E2 分泌を刺激し、増加した血中 E2 が脳内セロトニンを増加させることで快感情を上昇させると考察した。

評価すべき第三の点は、CSPE による感情の最適化と EEG 左右偏側性 について検討を行い、その関連を認めた点である。CSPE による快感情の亢進や不安感の低減を EEG 左右偏側性(左前頭葉の賦活)から検討した報告は極めて少ない。運動習慣を持つ青年女性(習慣群)と持たない青年女性(非習慣群)を対象に、CSPE 前安静、CSPE 中、直後、回復時における MCL-S.1 の快感情得点と左前頭葉賦活の程度、並びに CSPE 前安静と回復時における感情尺度 STAI による不安感得点を解析した。CSPE による感情の改善は両群で認められたが、習慣群において非習慣群より顕著であった。左前頭葉の賦活は、習慣群の安静時には無く、CSPE 中と直後に認められた。CSPE による快感情得点増加量と左前頭葉の賦活程度の間には有意な正の相関を認め、不安感得点低下量と左前頭葉賦活程度の間には負の相関傾向を認めた。一方、非習慣群では、安静時に左前頭葉の賦活が認められ、CSPE 中、直後、回復まで持続して賦活した。CSPE による快感情得点並びに不安感得点変化量と左前頭葉賦活程度の間には、相関は認められなかった。非習慣群では、CSPE による左前頭葉賦活の効果が生じても安静時から見られる賦活によってマスクされた可能性は残るものの、習慣者の方が非習慣者より、脳機能に対する CSPE 効果が強く現れた結果と推察した。CSPE による左前頭葉賦活は、大脳辺縁系扁桃機能と関連すると考察した。運動中の EEG を測定し、CSPE による感情の最適化を左前頭葉の賦活から検討した報告が見当たらないことから、これは本研究における新知見である。

評価すべき第四の点は、習慣群の 3 ヶ月をこえる運動継続によって形成された適応性変化を見出した点である。主観的「快」に基づいた 20 分間の CSPE で、習慣群は非習慣群より高い運動強度を選び、感情の最適化効果も大きいことが示唆される結果を得た。CSPE による左前頭葉の賦活は習慣群で著明であった。

以上の研究を通じて、CSPE は実施者の体力や体調にあわせて運動強度を選ぶことができ、感情を最適化できる運動であることを 20 分または 50 分間の実施で明らかにした。CSPE による感情の最適化が、女性ホルモン E2 濃度の上昇とその精神作用に関連している可能性、並びに左前頭葉の賦活に関連している可能性を考察した。快適自己ペースの低～中等度強度の運動で、青年女性の不安定になりがちな感情を改善する可能性を示唆し、改善の機序を考察した意義は大きいと考える。

よって筆者は、北海道大学博士(教育学)の学位を授与される資格があるものと認める。