

氏名(本籍)	アッカラニー ティミンクン (タイ)		
学位の種類	博士(体育科学)		
学位記番号	博乙第2494号		
学位授与年月日	平成22年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	人文社会科学研究科		
学位論文題目	CEREBRAL OXYGENATION RESPONSES TO EXERCISE: A NIRS STUDY ON THE ENHANCING EFFECT OF CEREBRAL BLOOD VOLUME BY LOW INTENSITY OF EXERCISE (運動中の脳の酸素化動態：NIRSを用いた軽運動による脳血流促進効果の検討)		
主査	筑波大学教授	医学博士	征矢英昭
副査	筑波大学教授	学術博士	西平賀昭
副査	筑波大学准教授	博士(体育科学)	木塚朝博
副査	筑波大学教授	医学博士	徳山薫平

論文の内容の要旨

(目的)

本研究では、NIRS(近赤外線分光分析装置)を用い、前頭前野における運動時の局所脳血流量(rCBV)動態と運動強度の関係を明らかにすることを目的とした。

(対象と方法)

本研究では、上記目的を遂行するために3つの実験を実施した。実験1では、健常男子大学生10名を用い、自転車エルゴメータによるペダリング運動を漸増負荷法により疲労困憊まで行わせた。被験者にNIRS(NIRO300、浜松ホトニクス)によるrCBV測定用プローブを前頭部(10-20法におけるFp1部位)に装着し、oxy-Hbとdeoxy-Hbからtotal-Hbを求め、これをrCBVとして運動時に測定した。実験2では、健常な学生9名(男子8名、女子1名)を用い、自転車エルゴメータで10分間の固定負荷運動を3条件(20, 40, 60% $\dot{V}O_{2max}$)で負荷した。各運動は30分間の休憩を置き、連続して行わせた。rCBVの測定は実験1と同様のFp1部で行った。実験3では、健康な学生11名(男子8名、女子3名)を用い、異なる強度(40, 60% $\dot{V}O_{2max}$)の固定負荷で10分間のペダリング運動を負荷し、運動後の回復時間は20分とした。各運動は別々の日に行い、rCBVは運動前・中・後に測定した。また、レーザードップラー血流計及び超音波ドップラー血流速度計のプローブをそれぞれFp1部に隣接した部位に装着し、皮膚血流及びMCAVmean(中大動脈平均血流速度)を同時に測定した。

(結果)

実験1の漸増負荷運動により、rCBVは乳酸性作業閾値(LT)よりも低いCBVT(cerebral blood volume threshold、およそ40% $\dot{V}O_{2max}$ 付近)強度を閾値として指数関数的に増加し、疲労困憊時には低下した。すなわち、運動時の脳の酸素化は非直線的に増加し、閾値(CBVT)をことが判明した。実験2における40, 60% $\dot{V}O_{2max}$ の固定負荷運動時でも実験1同様の変化パターンがみられるかどうかを確認された。さらに実

験3では、MCAVmean及び皮膚血流は運動開始後増加するが、前者は運動終了前から低下すること、後者は運動終了後すぐに低下することから、これらのパラメータがrCBV信号にコンタミしないこと、すなわち、運動後の前頭部rCBV変化は皮膚血流とは独立して起こることが示唆された。したがって、LT以下の低強度でも前頭前野の局所血流は増加し、神経活動を一部高める可能性が明らかとなった。

(考察)

前頭前野のrCBVは運動強度依存的に増加するが、直線的ではなく、LTよりも低い運動強度に局所脳血流増加の閾値(CBVT)が存在し、それを超えると急激に増加することが初めて確認された。さらに、rCBVの変化パターンは、運動開始直後に一旦は低下するがすぐに増加に転じ、運動後も一定期間増加する。これらの知見は、低強度でもrCBVを効果的に高め、前頭前野の神経活動にとって好条件をもたらすことを示唆する。この知見は、高齢者などの脆弱者には朗報となり、脳血流や機能を高める新たな運動処方の開発にとって有用な情報となりうることを示唆された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究はNIRS(近赤外線分光分析装置)を用い、前頭前野における運動時のrCBVをモニターし、それを高める運動条件(強度)とは何か、更に、それが神経活動の指標となり得るかを脳血流や皮膚血流の同時モニタリングの解析を通じて明らかにした。作業仮説としては、低強度の運動(軽運動)でもrCBVを増加させるかどうかを検証するものであった。

実験1では、漸増負荷運動による脳の酸素化の変化パターンをrCBVの変化から検討した。その結果、前頭部(Fp1)のrCBVはLTより低い強度(40% $\dot{V}O_{2max}$)にみられる脳血流増加閾値(CBVT)を超える強度から非直線的に増加することが明らかとなった。これは低強度でもrCBVが増加することを示す(実験1)。次に、漸増負荷運動時にみられるCBVTは果たして持続的な運動負荷時でもみられるかを確認するため、CBVTを境として異なる負荷(20%、40%及び60% $\dot{V}O_{2max}$)で10分間の固定負荷運動中のrCBVをモニターした。その結果、運動開始直後に一旦はCBVが減少するものの、その後増加に転じ、運動強度依存的な増加パターンを示した。運動終了後1分間のrCBVの増加量は安静時に比べ40、60% $\dot{V}O_{2max}$ で有意となり、実験1の傾向を固定負荷でも検証することに成功した。最後に、この増加がMCAVmean及び皮膚血流増加に伴うNIRS信号へのコンタミンかどうかを調べるために、異なる運動強度(40%及び60%で)10分間の運動を課し、運動中・後(20分)のMCAVmean及び皮膚血流を測定した。その結果、両パラメータの変化はrCBVの増加パターンと同期せず変化も小さいことから、NIRS信号へのコンタミは無視できることが明らかとなった。これらの知見は、運動時、CBVT(およそ40% $\dot{V}O_{2max}$)付近での低強度運動でも前頭前野のCBVを増加させ、一部神経活動を高める可能性を示唆することが明らかとなった。これは、低強度の軽運動でも前頭部の脳血流を増加するとする作業仮説を支持し、脳神経疾患や高齢者の脳機能を高める新たな運動処方開発への糸口となりうる点で高いオリジナリティをもつことから、体育科学、とりわけ運動生理学やスポーツ医学の分野から高く評価された。

よって、著者は博士(体育科学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。