北海道体育学研究　48：17－23，2013

原著論文

連続的運動と間欠的運動が認知機能に及ぼす影響の比較

石　原　　暢[1]，森　本　晃　大[2]，山　田　優　二[1]
竹　谷　隆　司[1]，河　西　哲　子[3]，水　野　眞佐夫[3]

Comparisons of the effect on cognitive function between continuous and intermittent exercise

Toru Ishihara[1], Kohta Morimoto[2], Yuuji Yamada[1], Takashi Takeya[1], Tetsuko Kasai[3], Masao Mizuno[3]

Abstract

The present study aimed at evaluating the effect of bicycle exercise with varied work intensities inducing exhaustion on cognitive function in eight undergraduate students who were basketball players involved regularly in training and competitive games. Subjects performed 4 sets of 10-min bicycling with two types of work intensities in a separated day, either 1) intermittent exercise presumed a basketball game, varying from 50 % to 90% of maximal work load every 1 min (INTERMIT), or 2) continuous exercise at 62% maximal work load (CONTINUE) that was equivalent to the average work load at INTERMIT. The Stroop task and the Navon task as indicators for cognitive processes reflecting in particular inhibition and selective attentiveness were performed before and after bicycle exercise. The Stroop interference score reflecting inhibitory control was also calculated. The reaction time for cognitive tasks was shortened, and the number of total errors increased after bicycle exercise with no difference between the INTERMIT and the CONTINUE. The number of the errors on the condition to need a change of the attention was increased only in INTERMIT. The Stroop interference score declined only in INTERMIT. The results indicated that both types of exercise improve the speed for cognitive processing and increase the number of errors, and further suggest that the intermittent exercise improves the inhibitory control, while a change of attentiveness becomes underactive.

Key words : strenuous exercise, fatigue, visual attention

Ⅰ．緒　　言

身体運動が認知機能に及ぼす影響については20世紀初頭から注目されており，運動が計算課題に代表される認知課題に及ぼす影響についての報告も少なくない（Tomoporowski and Elilis，1986；松田ほか，1973；大森ほか，2008；柏原ほか，1999）．これらの研究成果において，運動により計算成績が向上するとする報告（松田ほか，1973）がある一方で，運動強度により異なるとしている報告（大森ほか，2008；柏原ほか，

１．北海道大学大学院教育学院
〒060－0811　札幌市北区北11条西７丁目
２．北海道大学教育学部
〒060－0811　札幌市北区北11条西７丁目
３．北海道大学大学院教育学研究院
〒060－0811　札幌市北区北11条西７丁目

著者連絡先　石原　　暢
t.ishihara@edu.hokudai.ac.jp

1．Graduate School of Education, Hokkaido University
Kita 11-jo, Nishi 7-chome, Sapporo 060－0811
2．Undergraduate School of Education, Hokkaido University
Kita 11-jo, Nishi 7-chome Sapporo 060－0811
3．Faculty of Education, Hokkaido University
Kita 11-jo, Nishi 7-chome, Sapporo 060－0811

1999）もあり，一貫した結果は得られていない．疲労困憊に至るまでの身体運動については，Bard and Fleury（1978）は認知課題成績に与える効果が見られなかったとしており，Wrisberg and Herbert（1976）は認知課題の成績が低下したと報告している．その原因として，Tomoporowski and Elilis（1986）は運動の強度や時間，形式が研究間で異なっていること，運動に対する身体の適応度の違い，心理面の影響，精神作業の違いを挙げている．

身体活動の種類や時間によって認知機能に与える効果が異なるため，スポーツ競技をモデルとした身体活動を実施した際の認知機能の変化，さらには生体応答と認知機能の関係について検討することは，運動が認知機能に及ぼす影響について明らかにすることのみならず，スポーツの競技におけるパフォーマンス維持への一助となることが期待される．しかし，特定のスポーツ競技を想定し，想定した競技と類似させて運動負荷を変化させ，運動の種類の影響を検討した研究は筆者の知る限りにおいてはない．本研究は，バスケットボールをモデルとした間欠的運動と連続的運動の前後における認知機能の変化を比較し，運動中の運動負荷の強弱変化が認知機能にいかなる影響を及ぼすのかについて，それらの運動による主観的な疲労度と認知機能との間にどのような関係があるのかを検討することを目的とした．

Ⅱ．方　　法

A．被験者

本研究は，大学在学中の男子学生８名を対象とした（身長170.2－184.5㎝，体重55.0－80.0kg，年齢18－23歳）．各被験者は定期的に（平均２時間，週３回）バスケットボールのトレーニングを実施しており，５年以上の経験を有している者とした．被験者へは，実験前日および当日は飲酒と刺激物の摂取を控えること，また，実験前の激しい運動を控えることを指示した．本研究は，北海道大学大学院教育学研究院倫理委員会の承認を得て，全ての被験者に本研究の目的，方法および実験の安全性について説明を行い，書面による研究参加の同意を得た上で行った．

B．実験プロトコル

本研究は，一定負荷である連続的運動と，運動負荷の変化を伴う間欠的運動が認知機能へ及ぼす効果を明らかにするために，１）最大自転車運動負荷の測定，２）間欠的運動実験，３）連続的運動実験の３回の実験を，７日間以上の間隔を開けて実施した．第１回目の実験は最大自転車運動負荷の測定として，ランプ負荷法を用いて実施した．第２回目と第３回目の間欠的運動実験と連続的運動実験では，課題遂行の順序による影響をなくすために，被験者の半数で順序を逆にする無作為交叉法を用いた．各運動実験では，被験者は30分間の安静後，自転車運動によるウォーミングアップを最大負荷の50％で５分間行い，２分間の休息後，１ターム10分間の運動を計４回実施し，その後30分間を回復期とした．第１タームと第２ターム，第３タームと第４タームの間の休息は２分間，第２タームと第３タームの間の休息は10分間とした．運動実験の所要時間は１回につき約２時間程度であった．Stroop課題，血中乳酸濃度，主観的疲労度は，運動前，第２ターム終了後，第４ターム終了後に測定した．Navon課題は，運動前，第４ターム終了後に測定した．

C．運動負荷

全ての実験は自転車エルゴメーター（StrengthErgo.240，三菱電機エンジニアリング株式会社，東京，日本）を用いて行った．最大運動負荷の測定では，１分毎に負荷が20W増加するランプ負荷法を用いた．回転数は毎分60回に設定し，ピッチ音に合わせて回転させるように指示した．被験者の最大運動負荷は，毎分55回転を維持できなくなった疲労困憊時の負荷を採用した．

間欠的運動条件では，バスケットボールの運動率に関する研究（福塚ほか，2007）を参考にして，最大運動負荷の50％の運動を30秒間，70％の運動を24秒間，90％の運動を６秒間，計１分間（運動時間の比率５：４：１）行うことを１セットとした．また，これを連続して10セット行うことを１タームとした．

連続的運動条件では，間欠的運動条件と平均運動負荷が等しくなるように，最大運動負荷の62％の運動を10分間続けて行うことを１タームとした．両運動条件共に回転数は毎分60回となるよう設定した．

D．血中乳酸濃度

血中乳酸濃度は，運動前の安静時，第２ターム終了後，第４ターム終了後の計３回，指尖末端から約0.5μl採血し，簡易型乳酸測定器（ラクテートスカウト，エヌ・エス・アイ，東京，日本）を用いて測定した．

E．主観的疲労度

主観的疲労度の測定はVisual analogue scale（VAS法）を用いて行った．10㎝の直線上において，左端が疲労の全くない状態，右端が（想定できる範囲の）最大の疲労とし，全身疲労度を記入させて左端からの長さを測定した．

F．認知機能評価

１）Stroop課題

Stroop課題は，２つの情報が同時に呈示された際にそれらの情報が矛盾している場合に一致している場合よりも反応時間が遅延し，誤答数が増加する現象（Stroop効果）を用いたテストであり，反応してはならない矛盾した情報を抑制することが要求される（Stroop，1935）．

計算課題に見られる思考からの解答の選択と決定という精神的作業の過程は，スポーツにおける状況の認知から運動の選択へという精神過程に類似する側面を持っている．Stroop課題は計算課題と同様に思考，回答の選択と決定を行う課題であり，状況が複雑に変化するスポーツにおいて実行されていると推定される抑制機能を必要とする課題である．

本研究ではまず，Ａ４サイズの用紙に４種類の色のカラーパッチを48個配列し（縦８×横６），その色名を左上から右に向かって順番に発音させた（Task 1）．その後，色名と表記の色の異なる語を48語配列し，その色名を発音させた（Task 2）．Task 2では文字を読もうとする反応を抑制して発音する必要がある．被験者には，できるだけ速く正確に読むことを指示した．48個（語）から構成されたTask 1とTask 2の発音開始から終了までの回答にかかった時間をストップウォッチを用いてそれぞれ測定した． また，抑制機能の指標としてTask 1とTask 2の回答時間の差（Task 2回答時間-Task 1回答時間，Stroop干渉）を用いた．

２）Navon課題

Navon課題は，複数の小さな文字から構成された大きな文字（例えば，複数の小さな「３」の文字が集まってできた大きな「２」の文字）について，被験者にその文字のローカル情報（小さな「３」）かグローバル情報（大きな「２」）のいずれかに注意を向けさせる課題である．認知機能を支える重要な側面の注意機能とその切り替え能力が要求される．本研究では「１」,「２」,「３」,「４」の４個の数字を用い，「１」と「２」のローカル情報もしくはグローバル情報に対する反応時間を測定した［例えば，小さな「４」が集まってできた大きな「１」なら「１」（「１」のグローバル情報），小さな「２」が集まってできた大きな「３」なら「２」（「２」のローカル情報）と回答させた．小さな「１」を集めて大きな「２」を作るなどの回答の重複は無いものとした］．測定はディスプレイとキーボードを用いて，１回につき96問の課題を２回実施した．キーボードに「１」,「２」のボタンを配置し，ディスプレイ上に表示される課題に対してできるだけ速く正確に回答することを指示し，いずれかのボタンを押させた．注意機能の指標として192問の平均反応時間と誤答数を測定し，それぞれを注意の切り替えを必要とした場合，必要としなかった場合の２条件に分けて分析を行った．ここで言う注意の切り替えとは，１つ前の課題と注意を向ける情報（グローバル情報，ローカル情報）が変化したことを指す．以下，切り替えを要した場合をChange条件（Ｃ条件），要しなかった場合をRepeat条件（Ｒ条件）とする．Navon課題は注意機能の指標とした．

Ｇ．統計処理

測定値は平均値±標準偏差で表した．Stroop課題回答時間及びStroop干渉は運動条件（間欠的運動，連続的運動）×運動前中後（運動前，第２ターム終了後，第４ターム終了後）の２要因，血中乳酸値，主観的疲労度はそれぞれ運動条件×運動前中後の２要因，Navon課題平均反応時間および誤答数は運動条件×課題条件（Ｃ条件，Ｒ条件）×運動前後（運動前，第４ターム終了後）の３要因についてそれぞれ対応のある分散分析を行った．多重比較の検定にはTukey補正法を用い，統計学的有意水準は５％未満とした．主観的疲労度と認知課題成績の関係をPearsonの相関分析を用いて検討した．

Ⅲ．結　　果

Ａ．運動に対する生理的応答

各測定時の血中乳酸濃度および主観的疲労度の結果を表１に示した．血中乳酸濃度は，運動条件による有意な差は認められなかった．両運動条件とも安静時と比較して，第２ターム終了後，第４ターム終了後において有意な上昇を示した（$p<0.01$）．

主観的疲労度は，運動条件による有意な差は認められなかった．両運動とも安静時と比較して，第２，第４ターム終了後，第２ターム終了後と比較して第４ターム終了後において有意な上昇を示した（$p<0.01$）．

被験者の最大運動負荷値は，265.41±35.54Wであった．

Ｂ．Stroop課題

Stroop課題における測定結果を表２に示した．連続的運動と間欠的運動の運動条件による有意な差は認められなかった．また，全試行においてTask 1回答時間と比較してTask 2回答時間が有意に長かった（$p<0.01$）．Task 1は，両群とも安静時と比較して，第２ターム終了後（$p<0.05$），第４ターム終了後（$p<0.01$）において回答時間が有意に短縮された．Task 2についても，両運動条件とも安静時と比較して，第２ターム終了後（$p<0.01$），第４ターム終了後（$p<0.01$）で，回答時間が有意に短縮された．Stroop干渉は，運動条件間における差は認められなかった．間欠的運動条件において，安静時と比較して第２ターム終了後（$p<0.01$）及び第４ターム終了後（$p<0.01$）においてStroop干渉が有意に低い値を示した．

表１　運動前，中，後における血中乳酸濃度（mmol/l）及び主観的疲労度（㎝）

	間欠的運動条件		
	安静時	第２ターム終了後	第４ターム終了後
血中乳酸濃度	1.3±0.5	8.2±2.0**	7.6±2.7**
主観的疲労度	1.8±0.8	6.0±1.7**	8.4±1.6**++
	連続的運動条件		
	安静時	第２ターム終了後	第４ターム終了後
血中乳酸濃度	1.4±0.5	7.3±2.1**	6.5±2.2**
主観的疲労度	1.1±0.8	6.6±1.8**	8.1±1.5**++

**：vs. 安静時　$p<0.01$，++：vs. 第２ターム終了後　$p<0.01$

表２　各運動条件における Stroop 課題成績（秒）

	間欠的運動条件		
	安静時	第２ターム終了後	第４ターム終了後
Task 1	20.96±3.15	20.04±2.88*	19.84±3.17**
Task 2	29.10±4.41	26.04±3.89**	25.92±3.96**
Stroop 干渉	8.14±2.49	6.00±2.06**	6.09±2.07**
	連続的運動条件		
	安静時	第２ターム終了後	第４ターム終了後
Task 1	20.97±3.28	19.35±2.76**	19.76±2.79**
Task 2	27.58±4.13	25.85±2.95**	25.15±3.36**
Stroop 干渉	6.60±2.89	6.498±2.33	5.39±1.37

*：vs. 安静時　p < 0.05,　**：vs. 安静時　p < 0.01

表３　各運動条件，課題条件における Navon 課題反応時間（ms），誤答数（個）

	間欠的運動条件	
	安静時	第４ターム終了後
RT		
R条件	425.00±51.00	366.04±30.64**
C条件	451.35±66.05++	391.36±45.16**++
Total	440.69±58.06++#	380.42±37.67**++##
Error		
R条件	2.86±2.53	3.63±2.83
C条件	4.75±3.20+	6.25±4.33**++
Total	7.63±5.42++##	9.88±6.79**++##
	連続的運動条件	
	安静時	第４ターム終了後
RT		
R条件	416.53±54.94	370.18±36.10**
C条件	445.06±66.69++	386.32±44.43**++
Total	429.86±58.97+##	380.22±40.42**+
Error		
R条件	2.25±1.19	4.88±2.75**
C条件	4.50±2.67++	5.00±3.16
Total	6.75±4.20++##	9.88±5.57**++##

RT：反応時間，Error：誤答数
R条件：注意の切り替えが無かった場合
C条件：注意の切り替えを必要とした場合
**：vs. 安静時　p < 0.01，＋：vs. R条件　p < 0.05,
++：vs. R条件　p < 0.01　#：vs. C条件　p < 0.05,
##：vs. C条件　p < 0.01

C．Navon課題

Navon課題における測定結果を表３に示した．両運動条件で，第４ターム終了後に平均反応時間が有意に短縮し（p<0.01），総誤答数が有意に増加した（p<0.01）．課題条件について見ると，平均反応時間はいずれの運動条件，測定時においてもC条件がR条件と比較して有意に遅い結果となった（p<0.01）．さらに，両運動条件，両課題条件ともに安静時と比較し，第４ターム終了後に平均反応時間が有意に短縮されていた（p<0.01）．誤答数について，両運動条件共に安静時においてC条件がR条件と比較して有意に多い結果となった[間欠的運動条件（p<0.05），連続的運動条件（p<0.01）]．連続的運動条件で，第４ターム終了後にR条件のエラーが有意に増加した（p<0.01）．一方，間欠的運動条件では第４ターム終了後にC条件が有意に増加した（p<0.01）．平均反応時間および誤答数について，各測定時の値に運動条件による有意な差は認められなかった．

D. 認知課題成績と主観的疲労度の関係

第４ターム終了後の主観的疲労度と認知課題の間の関係を表４，５に示した．Stroop課題について，Task1, Task2の回答時間と主観的疲労度との間に負の相関関係が認められた(Task 1, r= −0.522, p＜0.05; Task 2, r= −0.572, p＜0.05)．Navon課題については，主観的疲労度と総誤答数 (r=0.606, p＜0.05), C条件誤答数 (r=0.552, p＜0.05)，R条件誤答数（r=0.570, p＜0.05）との間にそれぞれ正の相関関係が認められた．その他の項目については主観的疲労度との間に有意な相関関係が認められなかった．相関が認められた項目について図に示した（図１－３）．

表４　運動後における主観的疲労度と Stroop 課題との相関係数

	Task 1回答時間	Task 2回答時間	Stroop 干渉	主観的疲労度
Task 1回答時間	−			
Task 2回答時間	0.877**	−		
Stroop 干渉	0.141	0.600*	−	
主観的疲労度	-0.522*	-0.572*	-0.309	−

*：p < 0.05,　**：p < 0.01

表５　運動後における主観的疲労度とNavon課題との相関係数

	R条件RT	C条件RT	平均RT	R条件Error	C条件Error	Total Error	主観的疲労度
R条件RT	−						
C条件RT	0.930**	−					
平均RT	0.97**	0.986**	−				
R条件 Error	-0.443	-0.307	-0.367	−			
C条件 Error	-0.616*	-0.562*	-0.598*	0.702**	−		
Total Error	-0.587*	-0.490	0.541*	0.897**	0.944**	−	
主観的疲労度	-0.322	-0.240	-0.281	0.570*	0.552*	0.606*	−

RT：反応時間，Error：誤答数
R条件：注意の切り替えが無かった場合
C条件：注意の切り替えを必要とした場合
*：p < 0.05,　**：p < 0.01

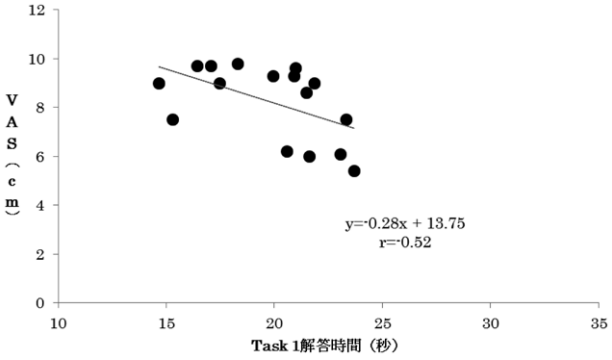

図１　第４ターム後の主観的疫労度と第４ターム後のTask １解答時間
VAS：主観的疫労度

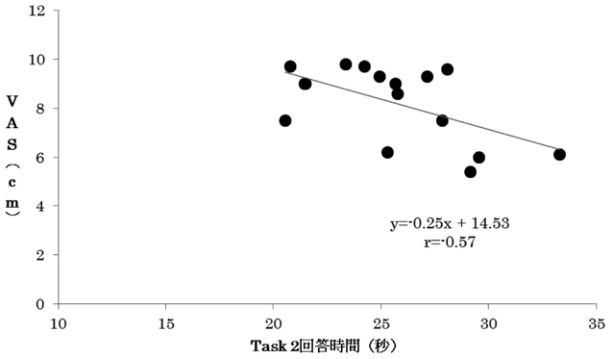

図２　第４ターム後の主観的疫労度と第４ターム後のTask ２解答時間
VAS：主観的疫労度

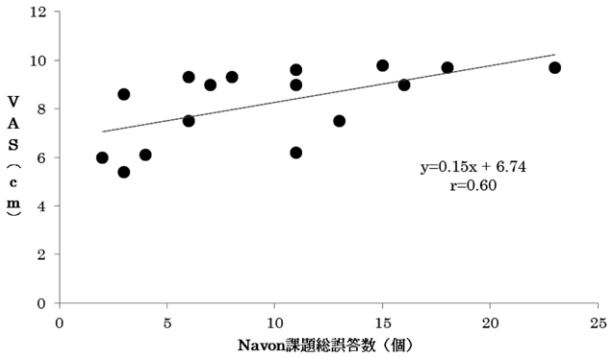

図３　第４ターム後の主観的疫労度と第４ターム後のNavon課題誤答数
VAS：主観的疫労度

Ⅳ．考　　察

Ａ．運動に対する生理的応答

血中乳酸値は，安静時と比較して第２ターム終了後に有意に上昇し，その高い値が第４ターム終了後まで維持された．間欠的運動では第４ターム終了後に８名中４名が8mmol/l以上の高い値を測定しており，平均的に高い値を示したが，連続的運動条件と比較して有意な差は認められなかった．

主観的疫労度は，安静時と比較し第２ターム終了後，第４ターム終了後，第２ターム終了後と比較し第４ターム終了後に有意な上昇がみられた．16回中10回，第４ターム終了後には８以上の高い値が測定されており，運動形態に関わらず被験者にとって高強度の運動であったと考えられる．

Ｂ．認知課題成績への運動の効果

Stroop課題は，課題実施の繰り返しによる学習効果が小さく，複数回の反復によってもStroop効果が消滅しないことが報告されている（MacLeod，1998）．本研究においても，全ての値でTask 2回答時間がTask 1回答時間と比較して有意に長いことが明らかになった．松川ほか（2008）は15分間の中強度自転車運動後，Hogervorst et al.（1996）は１時間の高強度自転車運動後において，それぞれStroop課題の回答時間が短縮することを示している．本研究は平均負荷が62％最大運動負荷（10分間）×４ターム実施したものであり，運動中の運動負荷の変化に関わらず，Stroop課題の回答時間が短縮する可能性が示唆された．

Navon課題について，Cereatti et al.（2009）は，安静時と自転車エルゴメーターでの運動中に課題に対する反応時間が短縮すると報告しており，Audiffren et al.(2008)も同様の結果を示している．本研究においても，Navon課題反応時間は安静時と比較し，第４ターム終了後には有意に短縮した．Mulert et al.（2003）は，前帯状皮質の活動の活性化が反応時間の短縮および誤答数の増加に関連していることを示唆している．本研究の結果は反応時間が短縮する一方で誤答数が増加するというものであった．運動により前帯状皮質を含む脳の活動が活発になり，反応時間が短縮する一方で，誤答数が増加したと考えられる．課題条件別に見ると，いずれの運動条件，測定時においてもＲ条件と比較してＣ条件で有意に反応時間が遅く，誤答数が多い結果となった．認知課題遂行中に注意やルールの切り替えが起きた場合，反応時間の遅延や誤答数の増加がみられることが知られているが（Kiesel et al., 2010），本研究もそれを支持する結果となった．

各運動条件が認知課題に与える影響の比較について，Navon課題誤答数は間欠的運動条件においてＣ条件で有意に増加し，連続的運動条件でＲ条件誤答数が有意に増加した．また，Stroop干渉が運動中・後に間欠的運動条件でのみ短縮された．間欠的運動により，Stroop課題の成績が向上した一方でNavon課題における注意の切り替えが低下したのは，それぞれの課題実施時の脳賦活部位の相違が原因だと考えられる．Leung et al.（2000）はfMRIを用いた研究により，Stroop干渉課題実行中に前帯状回，島皮質，下前頭回，中前頭回，頭頂部，中側頭部が賦活することを報告している．Billington et al.（2008）はNavon課題実施時の脳賦活部位が，グローバル情報に注意を向ける際には帯状回，前帯状回，上頭頂葉，頭頂皮質であり，ローカル情報に注

意を向ける際には帯状回，中前頭回後部，綿条体外視覚皮質であるとしている．本研究で用いたStroop課題は，注意の切り替えを必要としない課題であった．これに対して，Navon課題はグローバル情報に注意を向ける課題とローカル情報に注意を向ける課題を組み合わせており，脳の活動部位を細かく変化させることが必要とされる．よって，この違いがStroop課題成績が向上した一方で，Navon課題による注意の切り替えが低下した要因であると推察される．

本研究において生理的な指標に有意な差が見られなかったことから，各運動条件が認知課題成績に及ぼす影響の違いは，運動の種類の差によるものだったと推察される．これは，負荷設定によって認知機能に及ぼす影響が変化するというTomporowski and Ellis（1986）の先行研究を支持する結果となった．注意・集中を持続的に行うか，断続的に行うかという運動の特性の違いによって，認知課題成績に差が表れたと考えられる．このような違いが起こるメカニズムは未だ解明されておらず，さらなる研究が期待される．

高強度かつ間欠的な運動を繰り返すスポーツ，例えばバスケットボールでは，試合を構成する戦術と技術及び身体活動が高度であると同時に複雑であり，選手の一瞬の判断がゲーム時のパフォーマンス，さらには試合の結果を左右する場合があると考えられる．バスケットボールと同様な高強度間欠的運動であるサッカーにおいては，試合終了直前の時間帯に得失点が多いことが報告されており（江口，1986；管ほか，1997），その原因の一つに認知機能の低下が挙げられる．運動負荷によって身体活動が認知機能へ与える効果が変わるため，特定の競技をモデルとした身体活動が認知機能に与える影響について検証することで，スポーツ現場の発展に貢献できる可能性があると考えられる．本研究の結果から，バスケットボールをモデルとした間欠的な運動を行うことで，連続的な運動と比較して，抑制機能の向上を促す一方で注意の切り替えが散漫になることが示唆された．

本研究の限界として４つの点が挙げられる．第１点は，サンプルサイズが小さいため，Type1エラーの可能性がある．間欠的運動条件の運動前のStroop干渉量が全体的に大きかったことが運動中・後のStroop干渉量に影響を与えた可能性が考えられる．第２点は，各運動条件試行時の心理状態を測定していなかったことである．Booth and Sharma（2009）はストレス状態によって注意機能に変化が起こることを報告している．各運動条件試行時に心理状態の差が生じており，そのことが認知課題の成績に影響を及ぼした可能性がある．第３点は，本研究では間欠的運動条件と連続的運動条件の比較のみで，安静時の経時的な認知課題成績の変化との比較を行わなかった．Stroop効果は学習効果が少ないことが示されているが，Navon課題の総反応時間には経時的変化による学習効果があった可能性は否定できない．第４点は，本研究では心拍数や酸素摂取量などの測定を行っておらず，個人の運動強度を明らかにできていないため，運動強度と認知機能の関係については今後の課題と考えられる．

今回の実験ではバスケットボールをモデルとした高強度間欠的運動を行ったが，実際にバスケットボールを行ったわけではない．バスケットボールは高強度間欠的運動に加えてさまざまな認知処理を同時に行うスポーツである．Budde et al.（2008）は，注意を要求するタスクを含む一過性の身体運動を実施した際，注意を要求するタスクを含まない一過性の運動を実施した場合よりも認知機能が大幅に向上することを報告している．今回の負荷設定はバスケットボールをモデルにしているが，バスケットボールを行う際に起こる認知処理を課してはいなかった．今後の課題として，より実践に近い条件下での実験を行うことで，スポーツによる身体運動と認知機能の関係をより深く検証できると考えられる．

Ⅴ．結　　語

本研究は大学在学中の男子学生８名対象に，連続的運動と間欠的運動が認知機能に及ぼす影響を検討することを目的とした．その結果，両運動条件ともに反応時間が短縮する一方で誤答数が増加した．間欠的運動条件においてStroop干渉が減少し，注意の切り替えがある課題の誤答数が増加した．また，主観的な疲労度と反応時間に負の相関関係が，誤答数とは正の相関関係が認められた．バスケットボールをモデルとした身体活動によって，認知処理速度や抑制機能が向上する一方で，身体活動による主観的な疲労に伴って認知処理の正確性が低下し，注意の切り替えが散漫になることがゲームにおけるミスの増加に影響を及ぼしていると推察される．

謝　　辞

本研究にご協力いただいた被験者の皆さまに心より感謝いたします．なお，本研究は第二著者による北海道大学教育学部平成23年度卒業論文の研究成果をまとめ，加筆・修正したものである．本研究は，平成23年度科学研究費助成事業（学術研究助成金（基礎番号Ｃ）課題番号23500682））の助成を受けて実施された．

文　　献

Audiffren, M., Tomporowski, P. and Zagrodnik, J.（2008）Acute aerobic exercise and information processing. Energizing motor processes. Acta Psychologica., 129：410－419.

Bard, C. and Fleury, M.（1978）Influence of imposed metabolic fatigue on visual capacity components.

Percept Motor Skills, 47：1283－1287.

Billington, J., Baron-Cohen, S. and Bor, D.（2008）Systemizing influences attentional processes during the Navon task: An fMRI study. Neuropsychologia., 46：511－520.

Booth, R. and Sharma, D.（2009）Stress reduces attention to irrelevant information: Evidence from the Stroop task. Motiv. Emot., 33：412－418.

Budde, H., Voelcker-Rehage, C., PietraByk-Kendziorra, S., Ribeiro, P. Tidow, G.（2008）Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. Neurosci Lett., 441：219－223.

Cereatti, L., Casella, R., Manganelli, M.and Pesce, C.（2009）Visual attention in adolescents: Facilitating effects of sport expertise and acute physical exercise. Psychol Sport Exer., 10：136－145.

江口潤（1986）得点場面における攻撃プレーヤーの動作に関する研究．財団法人日本サッカー協会科学研究部報告書，18－24.

福塚優樹・大場渉・奥田知靖（2007）バスケットボール選手中における試合中の運動率に関する研究－Time-Motion分析を用いて．スポーツ方法学研究，21（1）：51－54.

Hogervorst, E., Riedel, W., Jeukendrup, A. and Jolles, J.（1996）Cognitive performance after strenuous physical exercise. Percept. Motor Skills, 83：479－488.

管輝・塩川満久・沖原謙・野地照樹（1997）サッカーゲームにおける得点時間帯に関する研究. 第17回サッカー医・科学研究会報告書，171－176.

柏原孝爾・室田真男・清水康敬（1999）エアロバイク運動時の負荷強度と運動時間が計算成績に及ぼす影響に関する検討．日本生理人類学雑誌，4：173－180.

柏原孝爾・室田真男・清水康敬（1999）身体運動の負荷強度と時間が計算成績に及ぼす影響に関する検討．電子情報通信学会技術研究報告，ET98：45－52.

Kiesel, A., Steinhauser, M., Wendt, M., Falkenstein, M., Jost, K. and Philipp, A. M.（2010）Control and interference in task switching-A review. Psychol. Bull., 136（5）：849－874.

Leung, H.C., Skudlarski, P., Gatenby, J.C., Peterson, B.S. and Gore, J.C.（2000）An event-related functional MRI study of the Stroop color word interference task. Cereb. Cortex., 10（6）：552－560.

MacLeod, C.M.（1998）Training on integrated versus separated Stroop tasks The progression of interference and facilitation. Mem. Cognit., 26：201－211.

松田生米夫・藤田信義・渡辺謙（1973）身体運動が計算成績に及ぼす効果．体育学研究，18（3）：135－143.

松川寛二･土持裕胤･中本智子･加島絵里･遠藤加奈（2008）動的運動と高次機能の向上：最適運動タイプ，運動強度を探る．デサントスポーツ科学，29：56－63.

松本亜紀・野口福武・赤間英夫・箱田裕司（2011）激しい運動は注意機能に影響を及ぼすのか？．スポーツ心理学研究，38（2）：99－108.

Mulert, C., Gallinat, J., Dorn, H., Herrmann, W.M and Winterer, G.（2003）The relationship between reaction time, error rate and anterior cingulate cortex activity. Int. J. Psychophysiol., 47（2）：175－183.

Navon, D.（1977）Forest Before Trees: The precedence of Features in Visual Perception. Cognit Psychol 9：353－383.

大森肇・青木大輔・窪田辰政・金木悟・村上繁（2007）サッカーにおける中枢疲労が状況判断能力に及ぼす影響と中枢疲労因子としてのアンモニアの関与．「海―自然と文化」東海大学紀要海洋学部，5（2）：55－64.

大森肇・青木大輔・中垣浩平・窪田辰政・下川哲徳・小山泰文（2008）長時間走運動による血中アンモニアの上昇が加算作業成績に及ぼす影響．体育･スポーツ科学研究，8：29－40.

Reilly, T. and Smith, D.（1986）Effect of work intensity on performance in a psychomotor task during exercise. Ergonomics, 29: 601－606.

Stroop, J.R.（1935）Studies of interference in serial verbal reactions. J. Experiment. Psychol., 28：643－662.

Tomporowski, PD. and Ellis, NR.（1986）Effects of exercise on cognitive processes. A review. Psychol Bull., 99（3）：338－346.

Wrisberg, C.A., and Herbert, W.G.（1976）Fatigue effects on the timing performance of well practiced subjects. Res. Q., 47：839－844.

（平成25年４月２日　受付
平成25年８月９日　受理）