

W-up の効果に関する研究

——一桁の連続足し算の作業結果からみた一考察——

楠 本 秀 忠
谷 所 慶
野 村 国 彦
小 泉 智 也

要旨

本研究では、W-up が一桁の連続足し算並びに最大ステップング作業に与える影響について観察した。被験者は健康男子大学生18名をランダムに9名ずつに分け、それぞれ Con-G と Wup-G とした。Wup-G には、W-up として 8 km/h のトレッドミル走 (JOG) を課し、心拍数が 140 bpm に達するまで行わせた。一桁の連続足し算作業では、その Up 率は Con-G と Wup-G それぞれ $2.4 \pm 4.49\%$ 、 $20.6 \pm 8.93\%$ であり、Wup-G の方が有意 ($p=5.10E-06$) に大きい Up 率を示した。ステップ数では、それぞれ $-9.0 \pm 7.98\%$ 、 $8.2 \pm 5.34\%$ であり、Wup-G の Up 率の方が有意 ($p=1.44E-04$) に大きいことを示した。これらの結果は、W-up によって脳への血流量の増大と共に脳の興奮水準が亢進されたことを示唆するものと考えられた。

1. ま え が き

これまでスポーツ科学や運動生理学の分野では、W-up に関して、柔軟性や呼吸循環器系との関係、あるいはその種類や負荷強度とパフォーマンスとの関係を検討した研究[1-15]がここにあげる以外にも数多く行われてきた。しかし、上位中枢を含めた筋-神経系の面から W-up の影響について検討した報告[16-20]を見た場合、精神作業成績、例えば一桁計算などとの関係において、向上するとするもの[17-19]もあれば、運動の強度により成績が変化するとするもの[16, 20]があり、W-up による上位中枢を含めた筋-神経系への効果について明確にされているとは言い難い。

川島[21]は非侵襲的脳機能イメージングとよばれる手法を用いて、種々の作業中の脳活動を記録した。その結果、一桁の数字の連続足し算を行わせた場合や音読させた場合に左右脳の多くの領域が活性化していることを示した。さらに、彼は、これまでに得られた脳機能イメージング研究結果から、大切な仕事を行う前などに計算や音読を行うことで効率アップが期待でき、実際に22歳～55歳の健康な成人18名に、毎日音読1ページもしくは単純計算100問を行わせると、単純記憶テストの成績が、15～25%も向上することを示し、一桁の数字の連続足し算や音読が、脳の W-up になることを指摘した[21]。大森ら[22]は、主観的運動強度 RPE 11程度の負荷強度を用いて、運動時間を変えた場合について、内田

クレペリン精神検査の作業結果との比較を行った。その結果、安静の場合よりも、10分間並びに30分間のジョギングを行った場合の方が、有意に作業成績が上がることを示した。彼らの結果からすれば、主運動を行う前に何らかの軽運動（ここでは、軽度の運動をW-upとして取り扱う）を行うことにより運動器などの末梢からの求心性の入力や脳への血流の変化により、脳を活性化させ、筋や循環器系のみならず、脳機能のW-upに役立ち、その後に行われる主たる精神的作業やスポーツ場面における競技成績に良好な影響を与えている可能性を想起させる。

そこで本研究は、まず、軽運動を用いたW-upがその後の作業効率を高めるか否かについて確認するとともに、その背後にあるメカニズムについて検討を加えようと試みた。

2. 方 法

2.1 作業項目

被験者に課した作業は、(1) 10秒間の片足での連続ステップングと(2) 一桁の連続足し算である。片足連続ステップングは機能足のステップング数（以後、ステップ数と呼ぶ）を測定した。

2.2 機能足・支持足判別アンケート

左右側のいずれに機能足があるかを決定するために、機能足・支持足判別アンケートを作成し、判定した。麓[23]のラテラルティ現象の質問紙法を参考に10項目の設問を用意した。機能足・支持足判別アンケートを資料1として末尾に示した。また、評価方法はOldfield[24]のThe Edinburgh Inventoryを参考にした。被験者には各項目において一貫して右足を使う場合はRIGHTに++、どちらかといえば右足を使う場合はRIGHTに+を記入させた。左の場合はLEFTに同様に記入させた。両方共に使うという場合はRIGHTとLEFTの両方に+を記入するように指示した。このアンケート結果をOldfield[24]と同様に判別のための指数Laterality quotient（以後L.Q.指数と略す）を用いて機能足の傾向を数量化した。L.Q.指数の計算方法を式1に示す。L.Q.指数は $-100 \leq L.Q. \leq 100$ で表され、 $L.Q. > 0$ なら機能足が右足、 $L.Q. < 0$ なら左足にその傾向が強いことを示している。

$$L.Q. = \frac{\text{RIGHTの+の合計} - \text{LEFTの+の合計}}{\text{RIGHTの+の合計} + \text{LEFTの+の合計}} \times 100 \quad \cdots \cdots \text{式1)}$$

2.3 被験者

被験者には健常男子大学生18名を用いた。被験者は中学校、高等学校を通して6年間以上スポーツを経験した者である。被験者には、実験に先立ち研究の目的並びに実験方法について十分に説明し、実験に参加することに同意を得た。被験者をランダムに9名ずつの2群に分け、それぞれをCon-G、Wup-Gとした。Con-GとWup-Gの年齢はそれぞれ 20.4 ± 1.67 歳、 20.1 ± 0.93 歳、身長は 171.4 ± 3.24 cm、 173.8 ± 5.26 cm、体重は 65.9 ± 7.79 kg、 71.8 ± 6.78 kgであった。

2.3 統計処理

得られた Wup-G と Con-G のデータは、F 検定を用いて、分散の差異を検討した後、t 検定（等分散を仮定した 2 標本による検定もしくは、分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定のいずれか）を用いた。統計的有意水準は危険率 5 % 未満とした。

年齢、身長、体重、足長において、両群間にいずれの項目についても有意な差異は認められなかった。

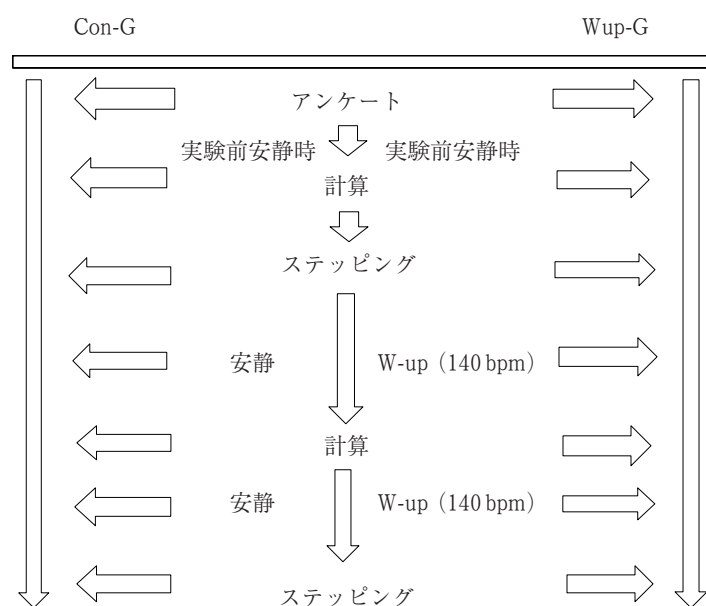


図1 実験プロトコル

2.4 実験方法

実験の手順を図1に示した。Wup-G、Con-Gともに機能足・支持足判別アンケートを記入させ機能足を判別した。その後、心拍数を測定するためにバンテージ（POLAR社製、VANTAGE XL）を装着させ、実験前の安静時心拍数を測定した（以後、この時期を実験前安静時と呼ぶ）後、自作した計算シートを用い計算を行わせた。計算終了後、両群ともに片足ステッピング装置（竹井機器工業社製、T.K.K 5808）を用いて、最大努力でステッピングを行わせた。これ以降、両群のプロトコルが異なる。Wup-GにはW-up後、計算を行わせた。その後、再びW-upを行わせた後に、ステッピングを行わせた。一方、Con-GではWup-GのW-upに相当する時間は安静座位を保たせた。

2.5 測定方法

(1) 計算シート

計算シートは、EXCELのRAND関数を用い、1から9までの数字をランダムに縦15行、横65列になるように作成した。このような計算シートを10種類用意した。

計算シートを用いた作業は、隣に並ぶ一桁同士の数を足していくことである。答えが二桁になった場合は、下一桁の数字のみを記入させた。1行につき30秒間の足し算を15行連続して行わせた。2回の計算作業には異なる計算シートを用いた。

(2) 片足ステップ数の測定

被験者には靴を脱がせ、踵を床に着けさせた状態で、膝関節約100°、足関節約110°を保たせた。足関節の底背屈のみで最大努力で10秒間のステッピングを5回行わせ、機能足のステップ数を測定した。

(3) W-up の方法

W-up としてトレッドミル走 (JOG と呼ぶ) を用いた。その際、バンテージを用いて心拍数を記録した。時速 8 km に設定されたトレッドミル上を被験者が走り、心拍数が 140 bpm に達した時に W-up を中止した。

2.6 分析方法

(1) 計算シート

被験者毎に計算回数並びにエラー数をカウントした。計算回数は、被験者毎に合計し、Wup-G と Con-G について 9 人の平均値を算出した。両群共に、実験前安静時で得られた各被験者の合計の値を計算基準値と呼ぶ。Wup-G の W-up 後の値を計算 Wup 値、Con-G の同時期の値を計算安静値と呼ぶ。計算基準値に対する計算 Wup 値並びに計算安静値との差異を求め、計算基準値で除すことにより、計算基準値に対する増減率 (以後、Up 率と呼ぶ) を算出した。Up 率の計算方法を式 2 に示した。

$$\text{計算回数の Up 率} = \frac{\text{計算 Wup 値 (あるいは計算安静値)} - \text{計算基準値}}{\text{計算基準値}} \times 100 \quad \dots\dots(\text{式 2})$$

エラー数は Con-G と Wup-G 共に各時期の計算結果からエラー数を抽出した。実験前安静時の被験者のエラー数をエラー基準値と呼ぶ。

(2) ステップ数

両群ともに、実験前安静時に得られたステップ数は、5回の測定値のうち最大値と最小値を除いた3回分の値を合計し、その被験者の値 (以後、この値をステップ基準値と呼ぶ) とした。同様の方法を用いて、他の時期により得られた値を Wup-G ではステップ Wup 値、Con-G ではステップ安静値と名づけた。この様にして得られた各値からステップ基準値を引き、それをステップ基準値で除すことによって計算作業と同様に、ステップ基準値に対する増減率 (以後、Up 率と呼ぶ) を算出した。その計算方法を式 3 に示した。

$$\text{ステップ数の Up 率} = \frac{\text{ステップ Wup 値 (あるいはステップ安静値)} - \text{ステップ基準値}}{\text{ステップ基準値}} \times 100 \quad \dots\dots(\text{式 3})$$

3. 結 果

3.1 機能足・支持足判別アンケート結果

L.Q. 指数に基づいた機能足・支持足アンケートの結果を表 1 に示した。この結果から今回用いた被験者 18 人全てが右足に機能足の傾向があると判定された。そのため、片足ステップング実験ではいずれの被験者にも右足でステップングを行わせた。なお、Con-G と Wup-G の L.Q. 指数はそれぞれ 54.4 ± 26.28 、 46.4 ± 18.80 であり、両者の間には、有意な差異は見られなかった。

表 1 機能足判別結果

Con-G		実験 G	
sub	L.Q	sub	L.Q
A	52	J	57
B	73	K	33
C	80	L	43
D	25	M	16
E	22	N	50
F	82	O	57
G	56	P	53
H	80	Q	29
I	20	R	80
Mean	54.4	Mean	46.4
SD	26.28	SD	18.80

3.2 計算回数の結果

表 2 は被験者毎の計算結果を Con-G と Wup-G に分けて示した。Con-G は左から計算基準値、計算安静値、Up 率を示した。Wup-G では、計算基準値、計算 W-up 値、Up 率を示した。

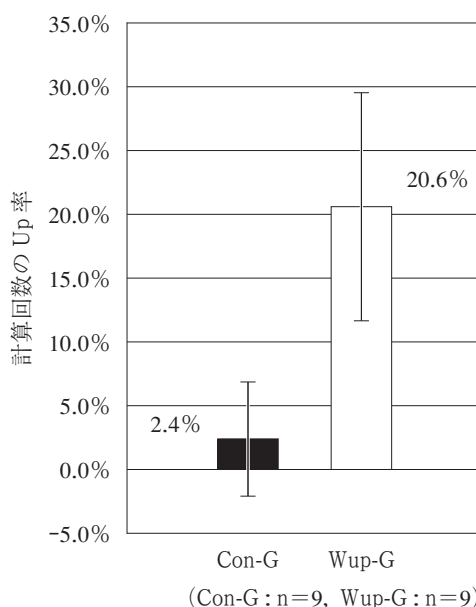
Con-G では計算基準値は 400.8 ± 86.39 回、計算安静値は 411.7 ± 93.72 回であった。その差異は 10.9 ± 17.10 回であったが、両者に有意な差は見られなかった。Wup-G では計算基準値は 420.6 ± 73.25 回、計算 W-up 値は 505.7 ± 85.24 回であり、差異は 85.1 ± 35.48 回であった。両者を比較すると有意 ($p=0.0037$) に計算 W-up 値の方が大きかった。Up 率は、Con-G では、負の値を示す被験者やほぼ変化しない被験者がいるのに対して、Wup-G では、全ての被験者で増加する傾向を示した。両群の Up 率の平均値を図 2 にプロットした。Con-G と Wup-G の Up 率はそれぞれ $2.4 \pm 4.49\%$ 、 $20.6 \pm 8.93\%$ であり、Wup-G は Con-G よりも有意 ($p=5.10E-06$) に Up 率が大きいことを示した。

表 3 は各被験者について Con-G ではエラー基準値、安静後のエラー数、Wup-G ではエラー基準値、W-up 後のエラー数を示した。Con-G ではエラー基準値に対する安静後のエラー数の差を、Wup-G では W-up 後のエラー数の差をそれぞれの群の被験者の差異として

表2 各被験者の計算回数並びに Up 率

Con-G では、安静後、Wup-G では W-up 後の計算回数をそれぞれ、安静、W-up の欄に示した

Con-G				Wup-G			
sub	基準値	安静	up 率	sub	基準値	W-up	up 率
A	394	434	10.20%	K	318	383	20%
B	481	485	0.80%	L	527	605	15%
C	315	309	-1.90%	M	484	619	28%
D	431	429	-0.50%	N	418	463	11%
E	225	219	-2.70%	O	351	403	15%
F	459	466	1.50%	P	403	482	20%
G	504	526	4.40%	P	345	473	37%
H	401	406	1.20%	R	443	570	29%
I	397	431	8.60%	S	496	553	12%
Mean	400.8	411.7	2.4%	Mean	420.6	505.7	20.6%
SD	86.39	93.72	4.49%	SD	73.25	85.24	8.93%



表した。Con-G ではエラー基準値は 3.1 ± 3.41 回、安静後のエラー平均値は 3.4 ± 3.24 回であり、両者の差は 0.3 ± 2.45 回であった。Wup-G ではエラー基準値は 2.9 ± 1.69 回、W-up 後のエラー平均値は 2.3 ± 1.94 回であり、両者の差は 0.6 ± 1.88 回であった。Wup-G では、エラー基準値に対して W-up 後のエラー平均値は減少する傾向を示すが、Con-G ではエラー基準値に対して安静後のエラー平均値はやや増加する傾向がみられた。しかし、Con-G と Wup-G の間には有意な差は見られなかった。

表 3 各被験者の計算エラー数

Con-G				Wup-G			
Sub	基準値	安静	差異	Sub	基準値	W-up	差異
A	5	5	0	J	3	3	0
B	5	1	-4	K	4	1	-3
C	0	1	1	L	3	6	3
D	5	9	4	M	2	3	1
E	10	8	-2	N	2	2	0
F	0	1	1	O	0	0	0
G	1	0	-1	P	2	0	-2
H	2	3	1	Q	4	2	-2
I	0	3	3	R	6	4	-2
Sum	28	31	3	Sum	26	21	-5
Mean	3.1	3.4	0.3	Mean	2.9	2.3	0.6
SD	3.41	3.24	2.45	SD	1.69	1.94	1.88

表 3 に示した差異の中で網掛けの部分は、Con-G と Wup-G とともに差がプラス、すなわちエラー基準値に対して増加した被験者を表している。Con-G は 5 名、Wup-G は 2 名であった。両者の人数の違いを χ^2 検定を用いて比較したが、Con-G と Wup-G の間にはその人数において有意な差は見られなかった。

3.3 ステップ数の結果

表 4 は Con-G のステップ基準値、ステップ安静値、並びに Wup-G のステップ基準値、ステップ W-up 値を示した。各群の右端に Up 率を示した。Con-G ではステップ基準値は

表 4 各被験者のステップ数並びに Up 率

Con-G では、安静後、Wup-G では W-up 後のステップ数をそれぞれ、安静、W-up の欄に示した

Con-G				Wup-G			
sub	基準値	安静	Up 率	sub	基準値	W-up	Up 率
A	142	135	-4.9%	K	115	113	-1.70%
B	163	134	-17.8%	L	123	135	9.80%
C	133	140	5.3%	M	106	120	13.20%
D	108	97	-10.2%	N	144	155	7.60%
E	106	102	-3.8%	O	129	139	7.80%
F	170	143	-15.9%	P	138	151	9.40%
G	98	83	-15.3%	Q	130	145	11.50%
H	143	120	-16.1%	R	134	136	1.50%
I	128	125	-2.3%	S	148	170	14.90%
Mean	132.3	119.9	-9.0%	Mean	129.7	140.4	8.2%
SD	25.12	21.20	7.98%	SD	13.46	17.47	5.34%

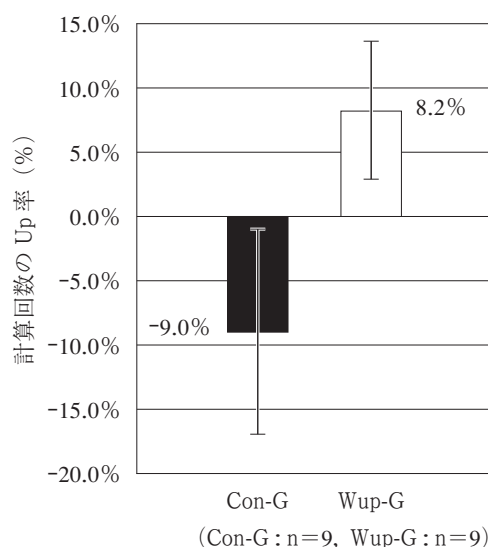


図3 ステップ数の Up 率で見た Con-G と Wup-G の比較

132.3±25.12回, ステップ安静値は119.9±21.20回であった。被験者毎に見ると, ステップ基準値より減少した者が, 9名中8名いた。両者を比較すると, 安静後の値の方が有意 ($p=0.0151$) に減少することを示した。Wup-G ではステップ基準値は129.7±13.46回, ステップ W-up 値は140.4±17.47回であった。被験者毎では, ステップ基準値よりも減少した sub.K を除き, 他は全て増加する傾向を示した。両者を比較すると, W-up 後の値の方が有意 ($p=0.0018$) に増加することを示した。両群の Up 率の平均値について, 図3にプロットし両群を比較した。Con-G の Up 率は-9.0±7.98%と負の値を示し, Wup-G のそれは8.2±5.34%であり, Wup-G の Up 率の方が有意 ($p=1.44E-04$) に大きいことを示した。

4. 検 討

今回, 心拍数が140bpm に達するまで JOG を行わせ, それを W-up として用いた。一桁計算作業では, Con-G は計算基準値と計算安静値の間には有意な差は見られなかった。Wup-G の計算基準値と計算 W-up 値を比較すると有意 ($p=0.0037$) に計算 W-up 値の方が大きかった。さらに, その Up 率では, Con-G 2.4%, Wup-G 20.6%であり, 有意 ($p=5.10E-06$) に Wup-G の Up 率の方が大きいことを示した。片足ステップング作業では, Con-G のステップ基準値とステップ安静値を比較すると, 安静後の値の方が有意 ($p=0.0151$) に減少していることを示した。Wup-G ではステップ基準値よりもステップ W-up 値の方が有意 ($p=0.0018$) に増加することを示した。Con-G と Wup-G の Up 率の平均値はそれぞれ-9.0%, 8.2%であり, 有意 ($p=1.44E-04$) に Wup-G の Up 率の方が大きいことを示した。すなわち, Con-G について見ると, 一桁計算を行った後, 約10分間の安静を挟んで行った片足ステップングのステップ数は有意に減少した。その後さらに約10分

間の安静を挟んで行った一桁計算の成績には、基準値と安静値の間に有意な差は認められず、一桁計算とステップングが W-up として影響を与えなかった。川島[21]が言うように、一桁計算が次の作業に対して W-up としての効果的な影響を確認することはできなかった。今回用いた一桁計算の作業時間は7分30秒間であった。この作業時間が約10分間の安静時間を挟むことにより、その効果が逓減したためか、あるいは種類の異なった精神的作業、例えば単純記憶などには影響を与えるか等、今後さらに検討する必要がある。

さて、ストレッチも W-up に含めた場合、Guissard ら[9, 10]は、ストレッチによって脊髄反射の活動が抑えられ、柔軟性が改善すると報告している。Hutton ら[11]は、ストレッチにより、結合組織に変形が生じてスティフネスが低下することを指摘している。これらの報告は W-up によるステップ数の有意な増加について、運動器とその周辺組織の機能的な改善に支えられていることは否定できない。しかし、W-up が上位中枢を含めた神経系への影響を示すいくつかの報告がある。

柏原ら[16]は、エアロバイクを用い運動強度と運動時間が計算成績に及ぼす影響を調べた。その中で計算成績の変化の上昇は、運動による大脳皮質の覚醒化の影響であると推察している。大森ら[22]は15分間の加算作業（内田クレペリン精神検査）を行わせた後に、10分間運動、10分間安静、30分間運動、30分間安静の4つのうちのいずれかを課し、その後15分間の加算作業を行わせた。10分間運動と30分間運動はいずれの安静条件よりも、加算作業の成績において有意に高値を示した。この結果から彼らは運動により覚醒レベルがあがり、それが運動後ある程度維持され、その影響で連続加算作業量が増加した可能性を示唆している。ただし、作業成績を前、中、後半に分けてみた場合、運動時間の違いにより、30分間の運動では中、後半に作業成績の減少が見られたが、10分間運動では、中、後半においても成績を維持する傾向があったことも報告している。

これらの報告は W-up などの運動による末梢からの求心性の刺激が中枢系の興奮水準を高めていることを示しており、Con-G に対して Wup-G の計算回数の Up 率が上昇するという今回の結果は W-up によって上位中枢系の興奮水準が高まった結果であることを裏づけるものである。

これらの背景にはどのようなメカニズムが存在しているのであろう。吉崎[25]は60% $\dot{V}O_{2max}$ の強度で自転車エルゴメータ労作を課し、運動前後で α 運動ニューロン興奮度の指標となる H/M 比の動向を観察した。その結果、運動後ではこの値が有意に増加することを見出した。この結果から、随意運動に伴う神経系の機序について、1) 随意運動に伴う上位中枢からの司令による下降路と α 運動ニューロンとの間の短期の可塑性が成立すること。2) Renshaw 抑制の軽減や Ia 抑制の軽減を介することによる筋疲労補償のために新しい運動単位を動員することによる α 運動ニューロン活動が亢進されることを示唆している。

これまで脳への血流は運動時においても一定であるとする説[26, 27]が一般的であった。しかし、Ogoh ら[28]は、運動時に脳の血流量が変化し、脳-神経活動と代謝系は、最大酸素摂取量の約60%強度までの運動においては、安静時に比して総脳血流量（cerebral blood

flow: CBF) が増加することを示した。ただし、それ以上の強度の運動になると、過度の呼吸誘因による脳血管収縮によって、脳の代謝系からの要求にも関わらず CBF の量は減少することを観察している。前述したように、運動強度によっては W-up の効果が見られない場合があるのは、このような脳生理学的な機序によるのかもしれない。Sato ら[29] は、脳への血流の経路である内頸動脈経路 (internal carotid artery: ICA) と椎骨動脈経路 (vertebral artery: VA) の血流量を10名の成人女性を用いて、最大酸素摂取量の30%、50%、70%強度の自転車エルゴメータによる運動を5分間課し、その際の2経路の血流量を超音波ドップラー法により評価した。その結果、ICA に比して、VA による血液供給の量が有意に多くなった。さらに ICA では50%レベルの運動で頭打ちになるが、VA では70%レベルまで増加することを見出している。一方、Smith ら[30]は10名の被験者を用い、最大仕事に対する負荷強度 (%Wmax) を変えた場合の CBF を、ICA の分枝である MCAv (Middle cerebral arterial velocity) と VA の分枝である PCAv (Posterior cerebral arterial velocity) についてその動向を観察した。その結果、40%から80% Wmax の間で CBF は安静値に比して大きく増大することを見出し、さらに、MCAv の方が PCAv よりも大きいことを示した。これらの結果は、最大下運動の場合には、脳血流量が増大しており、脳の代謝が亢進されたことを示している。言い換えれば、運動により脳が活性化されたことを示すものと考えられる。ただし、Sato ら[29]と Smith ら[30]の結果が示すように、運動の負荷強度と脳への血流の経路との関係については、今後の研究成果を待つ必要がある。

いずれにしても、今回、W-up の目安として用いた心拍数140 bpm は、一般に成人男子の最大心拍数を200 bpm と仮定した場合[31]、70%HRmax に相当する。このように中等度の運動を行った後、一桁計算や片足ステップングの作業を行わせた場合に、その作業量は安静時に比して有意に増加した。その背後には、筋-神経系の活動の亢進とそれに伴う脳への血流量の増加によって支えられたメカニズムの存在が示唆された。

5. ま と め

本研究では、W-up が一桁の連続足し算並びに最大ステップング作業に与える影響について観察した。被験者は健常男子大学生18名をランダムに9名ずつに分け、それぞれ Con-G と Wup-G とした。Wup-G には、W-up として8 km/h のトレッドミル走 (JOG) を課し、心拍数が140 bpm に達するまで行わせた。

1) 一桁計算作業では、Con-G は計算基準値と計算安静値の間に有意な差は見られなかった。Wup-G では有意 ($p=0.0037$) に計算基準値に比して計算 W-up 値の方が増加した。

2) 一桁計算作業の Up 率では、Con-G 2.4%、Wup-G 20.6%であり、有意 ($p=5.10E-06$) に Wup-G の Up 率の方が大きいことを示した。

3) 片足ステップング作業では、Con-G のステップ基準値とステップ安静値を比較すると、安静後の値の方が有意 ($p=0.0151$) に減少した。Wup-G ではステップ基準値よりもステップ W-up 値の方が有意 ($p=0.0018$) に増加した。

4) Con-G と Wup-G では、ステップ数の Up 率の平均値はそれぞれ-9.0%、8.2%であり、

有意 ($p=1.44E-04$) に Wup-G の Up 率の方が大きいことを示した。

謝辞

本論文を作成するにあたり実験に際し、大阪経済大学人間科学部人間科学科第9期卒業生、松崎保樹氏、湊真由氏、山根大直氏にお手伝い頂いた。ここに謹んで感謝の意を表します。

引用文献

- [1] Healy R, Harrison AJ (2014): The effects of a unilateral gluteal activation protocol on single leg drop jump performance, *Sports Biomech*, 13(1), 33-46
- [2] Chatzopoulos D, Galazoulas C, Patikas D, Kotzamanidis C (2014): Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time, *J Sports Sci Med*, 13(2), 403-409
- [3] Cochrane DJ, Booker H (2014): Does acute vibration exercise enhance horizontal jump performance?, *J Sports Sci Med*, 13(2), 315-320
- [4] Lim KI, Hwnagbo G, Nam HC, Cho YH (2014): Comparison of the Effects on Dynamic Balance Ability of Warming up in Water Versus on the Ground, *J Phys Ther Sci*, 26(4), 575-578
- [5] Donti O, Tsolakis C, Bogdanis GC (2014): Effects of baseline levels of flexibility and vertical jump ability on performance following different volumes of static stretching and potentiating exercises in elite gymnasts, *J Sports Sci Med*, 13(1), 105-113
- [6] Sole CJ, Moir GL, Davis SE, Witmer CA (2013): Mechanical analysis of the acute effects of a heavy resistance exercise warm-up on agility performance in court-sport athletes, *J Hum Kinet*, 39, 147-156
- [7] Barnes KR, Hopkins WG, McGuigan MR, Kilding AE (2014): Warm-up with a weighted vest improves running performance via leg stiffness and running economy, *J Sci Med Sport*, S1440-2440(13), 522-527
- [8] Anderson P, Landers G, Wallman K (2014): Effect of warm-up on intermittent sprint performance, *Res Sports Med*, 22(1), 88-99
- [9] Guissard N, Duchateau J (2004): Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles, *Muscle Nerve*, 29, 248-255
- [10] Guissard N, Duchateau J, Hainaut K (2001): Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching, *Exp Brain Res*, 137(2), 163-169
- [11] Hutton RS, Atwater SW (1992): Acute and chronic adaptations of muscle proprioceptors in response to increased use, *Sports Med*, 14(6), 406-421
- [12] 後藤真二, 池上春夫 (1987): 運動中の血中乳酸動態に対するウォーミング・アップの影響, *体力科学*, 36(2), 78-84
- [13] 権五晟, 鍋倉賢治, 池上春夫 (1991): 急に始まる激運動時の循環反応に及ぼすウォーミング・アップの効果, *体力科学*, 40(2), 174-186
- [14] 石川雄一, 山神眞一, 岡田泰士, 藤岡章司, 藤元恭子 (2005): 2回の激運動間におけるクーリングダウンとウォーミングアップが血中乳酸の動態とパフォーマンスに及ぼす影響について, 香川大学教育学部研究報告, 第1部, 123, 19-26
- [15] 西周助, 朝井均 (1995): 男子サッカー部員におけるウォーミングアップ時のサーモグ

- ラムに関する研究, 大阪教育大学紀要, 第Ⅲ部門, 自然科学・応用科学, 44(1), 123-134
- [16] 柏原考爾, 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, 日本生理人類学会誌, 4(4), 173-180
- [17] 柏原考爾, 中原凱文 (2001): 適度な運動がワープロ作業の効率に及ぼす効果, 日本生理人類学会誌, 6(3), 55-62
- [18] 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
- [19] Caterino MC, Polak ED (1999): Effects of two types of activity on the performance of second-, third-, and fourth-grade students on a test of concentration, *Percept Mot Skills*, 89(1), 245-248
- [20] Travlos AK, Marisi DQ (1995): Information processing and concentration as a function of fitness level and exercise-induced activation to exhaustion, *Percept Mot Skills*, 80(1), 15-26
- [21] 川島隆太 (2004): 脳を知り, 脳を育む, 一脳機能イメージング研究の最前線一, 電子情報通信学会技術研究報告, NC, ニューロコンピューティング, 104(99), 29-34
- [22] 大森肇, 榎藤雄一, 澤入正通, 窪田辰政, 大城戸道生 (2011): 中強度運動の継続時間が計算課題成績の向上と維持に及ぼす影響, 日本運動生理学雑誌, 18(2), 47-54
- [23] 麓信義 (1980): ラテラルティ現象の質問紙法による研究—主として利き足の定義に関して—, 体育学研究, 26(4), 305-316
- [24] Oldfield R. C. (1967): The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory, *Neuropsychologia*, 9, 97-113
- [25] 吉崎晶子 (1991): 脊髄反射と脳波へ及ぼすウォームアップの効果, 生活工学研究, 1(1), 10-11
- [26] 中村隆一, 斉藤宏 (2002): 基礎運動学, 医歯薬出版株式会社, p. 161
- [27] Seifert T, Secher NH (2011): Sympathetic influence on cerebral blood flow and metabolism during exercise in humans, *Prog Neurobiol*, 95(3), 406-426
- [28] Ogoh S, Ainslie PN (2009): Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation, *J Appl Physiol*, 107(5), 370-380
- [29] Sato K, Sadamoto T (2010): Different blood flow responses to dynamic exercise between internal carotid and vertebral arteries in women, *J Appl Physiol*, 109(3), 864-869
- [30] Smith KJ, Wong LE, Eves ND, Koelwyn GJ, Smirl JD, Willie CK, Ainslie PN (2012): Regional cerebral blood flow distribution during exercise: influence of oxygen, *Respir Physiol Neurobiol*, 184(1), 97-105
- [31] 山路啓司 (1989): 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店, 33-36

資料 1

機能足・支持足判別アンケート

1. 一貫して右足を使っている場合・・・RIGHT に++

左足を使っている場合・・・LEFT に++

2. どちらかといえば右足を使っている場合・・・RIGHT に+

左足を使っている場合・・・LEFT に+

3. 右足と左足を同じように使っている場合・・・RIGHT と LEFT に+

		LEFT	RIGHT
1	走り幅跳びで振り上げる足		
2	走り高跳びで振り上げる足		
3	ケンケンしやすい足		
4	ハードルで先にまたぐ足		
5	足で線を引くとき、使いやすい足		
6	椅子に座って足を組むとき、上になる足		
7	机から落ちた消しゴムを足で取るときの足		
8	ズボンをはくとき、はじめに通す足		
9	靴をはじめに履く足		
10	ボールや小石を蹴る足		

$$L.Q = \frac{\text{RIGHT の+の合計} - \text{LEFT の+の合計}}{\text{RIGHT の+の合計} + \text{LEFT の+の合計}} \times 100$$

あなたのスコア L.Q = _____

$$-100 \leq L.Q \leq 100$$

スコアが $L.Q < 0$ の場合は左足に機能足の傾向があります。

スコアが $L.Q > 0$ の場合は右足に機能足の傾向があります。