

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700687

研究課題名（和文） 浸水が体性感覚野および運動関連領野の興奮性に及ぼす影響

研究課題名（英文） Effect of water immersion on neural excitability in somatosensory and motor cortical area.

研究代表者

佐藤 大輔（SATO DAISUKE）

新潟医療福祉大学・健康科学部・講師

研究者番号：60544393

研究成果の概要（和文）：本研究では、浸水が安静時の体性感覚野および運動関連領野における神経活動へ及ぼす影響を明らかにし、浸水による体性感覚情報が運動学習の促進に貢献する可能性を検証した。実験 1 では、浸水中に体性感覚誘発電位を測定し、浸水が体性感覚情報の処理に影響を及ぼすことを明らかにした。実験 2 では、浸水中の求心性抑制および一次運動野の興奮性を評価し、浸水による求心性入力短潜時・長潜時求心性抑制を減少させることを明らかにした。これらの結果から、浸水は体性感覚野および感覚－運動連関の興奮性を変化させることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：The present research have investigated the effects of water immersion on neural excitability in somatosensory and motor cortical area. In experiment 1, we have measured somatosensory evoked potentials during water immersion, and found that water immersion induced the attenuation of SEP amplitude. In experiment 2, we have evaluated short and long afferent inhibition and the neural excitability in motor area, and shown that water immersion decrease SAI and LAI. These results suggested that water immersion affects the neural excitability in somatosensory area and sensory-motor connection.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：浸水、感覚関連領野、運動関連領野、運動学習

1. 研究開始当初の背景

浸水環境においてヒトは、水との接触、水圧および水温といった触覚・圧覚・温覚情報を得ている。これらの体性感覚情報が皮膚より脊髄・視床を介して大脳皮質の体性感覚野に伝達され、末梢血管収縮や心拍出量増加といった生理学的変化を引き起こす（Amblious, 1986）。我々は、それらの結果をもとに高齢者に対する水中運動療法を提案してきた。しかし、浸水による中枢神経活動への影響については未解明であった。

随意運動遂行中、ヒトは身体各部で生じる体性感覚情報により自分がどのような運動をしているかを理解し、運動の調節・制御を行っている。すなわち、運動学習の際には、身体各部で生じる体性感覚情報と運動関連情報を巧みに処理することが求められる。従って、水からの体性感覚情報を常に処理しなければならない浸水環境では、陸上環境とは異なる中枢神経活動が行われていると考えられる。

そこで、我々は、浸水環境における中枢神経

活動に関する研究に着手し、安静時において水による触覚・圧覚情報が体性感覚野の活動を高めることを明らかにした。また、体性感覚野の活動より遅れて運動関連領野の活動が高まった。このことにより、浸水が運動学習に関連する中枢神経活動に及ぼす影響について以下の点が明らかとなった。

●水の触覚・圧覚情報が体性感覚野の興奮性を変化させる

●浸水による体性感覚野の興奮性変化が運動関連領野の興奮性を変化させる

しかしながら、この研究では脳内の代謝変化を測定することで中枢神経活動を評価する近赤外線分光法を用いたため、以下のさらなる検討課題が明らかとなった。

・神経活動に伴う代謝変化を測定しており、実際の神経活動を評価しているかは分からない。

・浸水による体性感覚野の活動が運動関連領野に対してどのように（抑制性または興奮性）はたらいっているかは解明できていない。

・浸水による運動関連領野の活動が実際の随意運動時にどのように影響するかは分からない。

そこで、本研究では浸水が安静時の体性感覚野および運動関連領野における神経活動へ及ぼす影響を明らかにし、浸水による体性感覚情報が運動学習の促進に貢献する可能性を検証した。

2. 研究の目的

本研究では、浸水が安静時の体性感覚野および運動関連領野における神経活動へ及ぼす影響を明らかにし、浸水による体性感覚情報が運動学習の促進に貢献する可能性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

実験 1. 浸水が体性感覚野に及ぼす影響の検証

浸水および陸上環境において体性感覚情報の流入量を評価できる体性感覚誘発電位 (SEP) を記録し、水の触覚・圧覚刺激によって体性感覚野の興奮性が変化するかどうかを調べた。

(被験者) 成人男性 10 名

(測定項目) 体性感覚誘発電位 (SEP)

(実験条件) 浸水条件 (水温 30°C, 気温 30°C, 腋下レベルまで浸水), 気中条件 (気温 30°C)

(実験設定) 体性感覚刺激を被験者の正中神経に 3Hz で提示し, SEP を記録する。刺激は, 感覚域値の 3 倍の強度とし, 0.2ms の単相性矩形波を 500 回行う。脳波は, 国際 10/20 法に基づき Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4 から導出する。得られた 500 回のデータを加算平均した波形より frontal では, P20, N30, P45 を, central では, N18, P22, N30,

P45 を, parietal では, N20, P25, N33, P45 同定し, 振幅を両条件間で比較した。

実験 2. 浸水による安静時の運動関連領野の興奮性変化の検証

浸水および陸上環境において, 一次運動野への単発経頭蓋磁気刺激 (TMS) と正中神経への電気刺激の二重刺激ならびに二連発 TMS を用いることで, 水の触覚・圧覚刺激が一次運動野の興奮性を高めるか, ならびに求心性入力による一次運動野への短間隔および長間隔求心性抑制 (Tokimura, 1999, Chen et al., 2000) を減少させるかを調べた。

(被験者) 成人男性 15 名

(測定項目) 運動誘発電位 (MEP), 皮膚温

(実験条件) 浸水条件 (水温 30°C, 気温 30°C, 腋下レベルまで浸水), 陸上条件 (気温 30°C)

(実験設定) 両条件において, ①正中神経刺激 20ms 後, ②正中神経刺激 200ms 後, ③正中神経刺激なし, ④conditioning 刺激 (CS) 3ms 後, ⑤CS10ms 後において TMS を実施し, 第一背側骨間筋 (FDI) および母指外転筋

(APB) より MEP を記録する。応募者らの先行研究同様, TMS の刺激強度は test 刺激は, MEP1mV を誘発する強度, CS は 80%aMT とした。刺激には, 八の字コイルを用いた。

4. 研究成果

本研究の遂行によって得られた main findings は, 3 つである。

(1) 浸水による求心性入力が体性感覚情報の処理に影響を及ぼす。

実験 1 の結果, 浸水環境において, SEP 振幅の減衰が認められた。P3 および Pz では, P25 が, C3, Cz, P3, Pz では, P45 の振幅が減衰した (図 1)。

いずれの現象とも浸水による求心性入力によって生じた centripetal gating であると考えられる。P25 については, 一次体性感覚野 (SI) を起源とする成分であることが報告されており, 浸水によって生じた求心性入力が SI に入力されることで, 電気刺激に対する SI の反応が減弱したものと考えられる。次に, P45 については, 2 野, 後頭頂葉 (PPC), 補足運動野 (SMA) などの関与が報告されているが, その発生源については, 明らかにされていない。本研究で見られた, P45 の減衰についても, いずれの領野による活動であるかを断定することは難しいが, 我々の先行研究において浸水中に PPC, SMA の活動が高まることが明らかにされており, PPC および SMA の関与が予想される。

本実験から浸水による求心性入力がどの領野において処理されているかを断定することは困難だが, 浸水が体性感覚情報の処理過程に影響することは明らかである。そのことが, 運動関連領野および運動遂行に対して

どのような影響を及ぼすかを今後検討しなければならない。

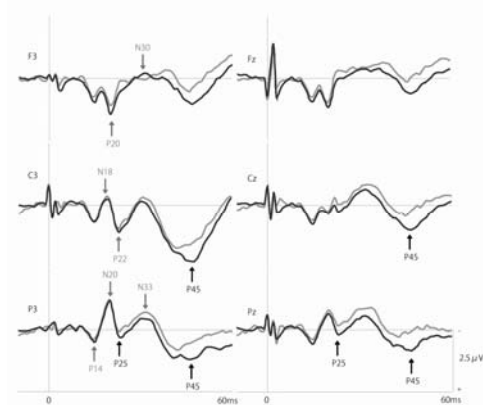


図 1. 浸水および陸上環境における SEP の変化

(2) 浸水による求心性入力に感覚-運動連関の興奮性を高める。

実験 2 の結果、浸水環境において、短潜時求心性抑制 (SAI) および長潜時求心性抑制 (LAI) が減少することが明らかになった (図 2)。

SAI は、求心性入力の処理において、SI から直接 MI に入力される介在ニューロンを介して生じる現象であり、コリン作動性ニューロンの関与が指摘されている。本研究における SAI の減少は、実験 1 にて生じた SI の興奮性低下による影響が大きいと考えられる。次に、LAI は、求心性入力の階層処理において生じる SI, SII, PPC の活動が MI へ影響する現象として考えられている。実験 1 において、浸水が PPC の活動に影響を与える可能性が示唆されており、LAI の減少に浸水による PPC の活動が関与していると考えられる。また、Parkinson 患者において LAI が減少することが報告されていることから、大脳基底核から MI への投射の関与も否定できない。

本研究の結果から、求心性抑制に対する浸水の影響は明らかにできたものの、そのメカニズムについては、不明な点が多い。

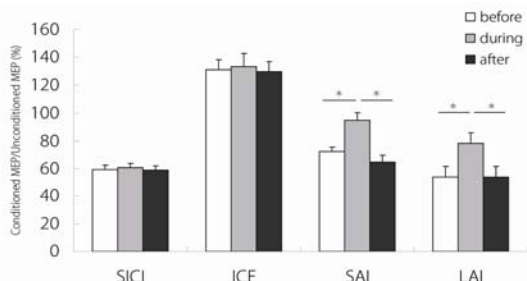


Figure 4. Short interval intracortical inhibition (SICI), intracortical facilitation (ICF), short latency afferent inhibition (SAI) and long latency afferent inhibition (LAI) before, during and after water immersion.

図 2. 浸水が SAI, LAI, SICI, ICF に及ぼす影響

(3) 浸水による求心性入力は一次運動野の皮質内興奮性へ影響しない。

実験 2 の結果、浸水環境において、短間隔皮質内抑制 (SICI) および皮質内促通 (ICF) は変化しないことが明らかになった (図 2)。

SICI および ICF は、MI 内の介在ニューロンを介して生じる抑制および促通作用であり、MI の興奮性を評価する指標として用いられる。本研究では、いずれも変化がみられなかったことから、浸水による求心性入力は MI 内の興奮性へ影響しないことが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

1. Sato D, Onishi H, Yamashiro K, Iwabe T, Maruyama A. Water immersion to the femur level affects cerebral cortical activity in human: functional near-infrared spectroscopy study. *Brain Topography* 2012;25 (2):220-227.
2. Sato D, Yamashiro K, Onishi H, Shimoyama Y, Yoshida T, Maruyama A. Water immersion attenuates short-latency somatosensory evoked potentials in a human EEG study. *Br J Sports Med* 2011;45(15):A3.
3. Sato D, Yamashiro K, Onishi H, Shimoyama Y, Yoshida T, Maruyama A. The effect of water immersion on short-latency somatosensory evoked potentials in human. *BMC neuroscience* 2012;13(1):13.
4. Sato D, Yamashiro K, Yoshida T, Onishi H, Shimoyama Y, Maruyama A. Effects of water immersion on short- and long-latency afferent inhibition, short-interval intracortical inhibition, and intracortical facilitation. *Clinical Neurophysiology*, 2013. (in press)

[学会発表] (計 7 件)

1. Sato D, Yamashiro K, Onishi H, Shimoyama Y, Yoshida T, Maruyama A. Water immersion attenuates short-latency somatosensory evoked potentials in a human EEG study. *International Sports Science and Sports Medicine Conference*. 2011. 8. 18-20. Newcastle upon tyne, England.
2. 佐藤大輔, 山代幸哉, 大西秀明, 吉田拓矢, 下山好充, 丸山敦夫. 浸水が長潜時体性感覚誘発電位に与える影響. 第 66 回日本体力医学会大会. 2011. 9. 16-18. 下関.
3. 佐藤大輔, 山代幸哉, 大西秀明, 下山好充, 吉田拓矢, 丸山敦夫. 浸水環境における感覚関連領域の活動に関する基礎的研究. 第 11 回新潟医療福祉学会学術集会. 2011. 10. 22.

新潟市.

4. 佐藤大輔, 山代幸哉, 大西秀明, 吉田拓矢, 下山好充, 丸山敦夫. 浸水がヒトの体性感覚誘発電位に及ぼす影響. 第 41 回日本臨床神経生理学会学術大会. 2011. 11. 11-13. 静岡市.

5. Sato D, Yamashiro K, Yoshida T, Onishi H, Shimoyama Y, Maruyama A. The effect of water immersion on short and long afferent inhibition, short intra cortical inhibition and intra cortical facilitation in human. European College of Sports Science conference. 2012. 7. 4-7. Bruges, Belgium.

6. 佐藤大輔, 山代幸哉, 吉田拓矢, 大西秀明, 下山好充, 丸山敦夫. 長時間の浸水による皮膚温低下と皮質脊髄路興奮性との関係. 第 67 回日本体力医学会大会. 2012. 9. 14-16. 岐阜.

7. 佐藤大輔, 山代幸哉, 吉田拓矢, 大西秀明, 下山好充, 丸山敦夫. 浸水が短潜時および長潜時求心性抑制に及ぼす影響. 第 42 回日本臨床神経生理学会学術大会. 2012. 11. 8-10. 東京都.

[その他]

ホームページ等

<http://www.sato-lab.aqua-health.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 大輔 (SATO DAISUKE)

新潟医療福祉大学・健康科学部・講師

研究者番号：60544393