

イップス発症アスリートに共通する『動作の乱雑性』要素の解明

吉岡潔志¹, 石原心¹, 戸田拓弥², 松下光次郎³, 渡邊龍憲^{1,4}

1) NPO 法人イップスラボジャパン, 2) 株式会社 PRIVENT, 3) 岐阜大学工学部, 4) 青森県立保健大学 健康科学部

1. 緒言

イップスは「無意識に生じるスポーツ動作の遂行障害」と定義されており¹, 競技者本人にとっては低難度であった競技動作が突然できなくなることが主症状である。繰り返しの練習によって獲得した, 当たり前前にできていた競技動作が崩壊することは, 長年行ってきた競技が継続困難となるだけでなく, プロスポーツ選手においては失職の直接的原因となる。イップスによる競技動作の崩壊は幅広い競技・種目でみられ, 種々のスポーツでの共通した問題となっているが, その発症メカニズムは未だ不明である。

イップスによる動作崩壊は人により異なる環境や競技動作において出現するため, 実験環境下で動作の乱れを検出し, 複数人のデータを比較することが難しい。そのため, これまでのイップスの学術的報告は, アンケートなどの質的研究や, 動作に着目したものではケースレポートに留まることが多く, イップス発症メカニズムを解明するためには, 量的研究へと推移していく必要がある。我々の研究グループではこれまでに, イップスを発症しているアスリートでは, 指先で力を調節する際, 動作の開始時・終了時にそれぞれ事象関連脱同期 (event-related desynchronization: ERD)・事象関連同期 (event-related synchronization: ERS) と呼ばれる特徴的な脳波が増強していることを報告した²。運動開始時 ERD の増強から, イップス発症アスリートでは, 動作を強くイメージする傾向があることや, 不必要な筋活動の抑制がうまくできていないこと, 動作終了時 ERS の増強からは, 力の調節に大きな労力を費やしていること, が示唆される。すなわち, イップス発症者では, 運動開始や終了といった動作の on/off 切り替えの時の運動制御に特徴がみられることを示唆する結果を実験環境下で得た。様々な競技動作で, 環境特異的に症状が出現するケースが多いことが, 発症メカニズム解明の妨げとなっているイップスにとって, 共通した運動制御の特徴を抽出したことは重要な一歩となった。

しかし, 脳波にイップス群の特徴がみられた一方で, 動作自体, すなわち, 実際の出力や動作巧緻性の差はみられなかった。動作の崩壊がイップスの主症状であることから, 動作の要素を精細に調べやすい実験環境下において, 共通する乱雑性を抽出することができれば, イップス発症メカニズムの解明の大きな助けとなる。そこで本研究では, イップス発症者における動作の乱れを実験環境下で検出することを目的とした。これまでにイップス発症者の特徴として, 失敗に対する恐怖感を持つ傾向があることが複数の質的研究において明らかとなっている^{3,4}。そこで, 動作のエラー出現を誘発する課題を行い, エラーを認知し, 一度誤って始めてしまった動作を切り替えて行う修正動作に着目すれば, 統一された実験環境下においてもイップス発症者に共通する動作の乱れが検出できるのではないかと考えた。

2. 研究方法

2.1 対象者

本研究では, イップスを発症しているアスリート 11 名 (全て男性) をイップス群 (Yips) とし

た。年齢、性別を対応させた、同種目で同等の競技歴をもつ被験者を対照群 (Ctrl) とした。イップスは「練習によって習熟・自動化された競技動作が遂行できない状態」と定義し、明確な診断テストがないため、イップスを発症しているアスリートへの対応および介入経験が 10 年以上ある著者 2 名 (スポーツトレーナー 1 名, 理学療法士 1 名) による症状の問診によりイップス発症を確認した。簡潔にいうと、対象者の競技レベルを考えると問題なくできるはずの動作であり、かつ、実際に意識を置かなくても労力をかけずに行っていた、本人にとっては簡単であったはず動作の崩壊を確認した。実験時にイップスの症状に対する治療を受けていた者はいない。除外基準は、イップス以外の精神・神経疾患の既往歴であった。参加者は全員、視力は正常か矯正して正常であり、自己申告で右利きであった。最終的にデータ分析を行った各群 7 名の平均年齢は、Ctrl 群 25.9 ± 5.1 歳, Yips 群 24.3 ± 4.8 歳であった。Yips 群の競技は、野球 6 名, バドミントン 1 名であった。

各被験者は、研究に先立ち、書面によるインフォームドコンセントを提供した。本研究は、名古屋大学倫理委員会の承認を受けて実施した。

2.2 実験方法

被験者は、PC モニターが設置されたテーブルに正対して椅子に座り、左右それぞれの示指をテーブル上のモニター手前に設置された圧センサに置いた。目とモニターの距離は 60 cm, 左右の圧センサの距離は 30 cm とした。全ての手指は開いた状態で静置した。実験中はノイズキャンセリング機能のついたイヤホンをセットし、ホワイトノイズにより課題中の外音を遮断した。実験にはサイモン課題を用いた。サイモン課題には、一致条件と非一致条件があり、一致条件では、モニター中央に常に表示されている十字の左側に左向きの矢印 (<), 右側に右向きの矢印 (>) を呈示し、非一致条件では、十字の左側に右向きの矢印 (>), 右側に左向きの矢印 (<) を呈示した。被験者には、呈示された矢印の向きに一致した指で圧センサを可能な限り早く押すよう口頭で指示した。なお、間違えて反応した場合でも、すぐさま正答側を押すこと、正答側を押すまでの時間は、間違えて反応した場合でも全て記録されることを伝えた。

課題表示時間は 200 ms, 次の課題表示までのインターバルは 1000 ms とし、計 1200 ms の課題を 60 回連続でおこない、これを 1 セットとした。データ採取を行う前に、1 セットの練習を行い、被験者が課題を理解していることを確認した。データ採取は 60 回連続で課題が提示されるセットを、計 16 セット行った。

2.3 脳波測定

脳波は、アクティブ電極 (Polymate Mini AP108, ミユキ技研, 東京, 日本) を用いて、サンプリングレート 500Hz で記録した。電極は国際 10-20 システムに従って Cz, C3, C4 に配置した。アース電極と基準電極は、それぞれ額と左耳朶に配置した。実験課題中、被験者には、モニター中央の十字から目を離さないように、またアーチファクトを減らすために不必要な眼球運動を控えるように指示した。電極の接着抵抗は $10k\Omega$ 以下とした。

2.4 データ分析

本研究において、データ不備があったため一部のデータを分析から除外した。具体的には、ノイズにより圧力センサーの陽性シグナルの検出ができなかった Yips 群 4 名のデータを除外し、

対応する Ctrl 群 4 名のデータを除いた各群 7 名で解析を実施した。

モニターで指示された正答側よりも先に反対側が応答した動作を「エラーあり動作 (with error)」と定義した。正答側のセンサをそのまま押した「エラーなし動作 (No error)」と、非正答側反応後に動作を修正して正答側のセンサを押した「エラーあり動作」に分け (Figure 1), 被験者の利き手側が正答側となるデータについて、イップス群と対照群とで比較した。

圧センサはサンプリングレート 1000Hz (1 フレーム = 1 ms) で記録した。前後 10 フレームのデータを用い、中心化移動平均によるスムージングを行った。各セットの圧の最頻値を基底とし、0.3N 以上の圧を検出した場合を動作ありと定義した。課題提示から、正答側で最初に 0.3N を超えたフレームを応答時間とし、0.3N を下回ったフレームを動作終了時間とした。横軸を時間、縦軸を N として動作時に表出されるスパイクの総面積 (area under curve) を求め、スパイクの総面積のばらつきを示す変動係数 (標準偏差 ÷ 平均値) を計算した。極大点での圧は動作中の最大値となるので、課題提示から極大点までの時間を max force time とし、動作開始から極大点、極大点から動作終了までの時間の比を算出した。正答側を押さなかった試技、次の課題提示から 100 ms までに正答動作を終了できなかった試技、前の課題の動作が課題提示時に検出された試技、2 回正答動作を行った試技は測定から除外した。

脳波データについては、課題実施中のパワースペクトル密度をセット毎に求め、アルファ波帯域 (8-12 Hz) の値について 16 セットの平均値を求めた。

2.5 統計解析

エラー動作出現率の群間比較には対応のない t 検定 (two-tailed) を用いた。イップス群、及び対照群の「エラーあり/なし動作」の測定パラメータの比較は、反復測定二元配置分散分析を用いて行った。脳波データについては、アルファ波帯域のパワースペクトル密度を Holm-Sidak 法を用いた多重比較検定で群間比較した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

3. 結果

本課題におけるエラー動作の出現率は、Ctrl 群で 7.4% ± 4.5, Yips 群で 13.2% ± 11.0 であり群間の統計学的な差は見られなかった ($p = 0.22$)。横軸を時間 (ms) 縦軸を N とし、動作時に表出されるスパイクの面積 (Area under curve) には、エラーの要因には主効果が認められ、イップスの要因には主効果が認められず、交互作用はみられなかった (Figure 2-A)。正答側の圧センサを押す強さのばらつきを反映する面積の変動係数 (CV, Coefficient of Variation) には、エラーの要因には主効果が認められ、イップスの要因には主効果が認められず、交互作用はみられなかった (Figure 2-B)。課題の提示から、圧センサが最大になるまでの時間においても、エラーの要因には主効果が認められ、イップスの要因には主効果が認められず、交互作用はみられなかった (Figure 2-C)。

次に、動作開始から極大点、極大点から動作終了までのフレーム比を比較した。この値は、群間の差、エラーの有無による差、それらの交互作用においていずれも統計学的な差はみられなかった (Figure 3)。また、動作課題中を通して記録した脳波のアルファ波帯域のパワースペクトル密度については、Cz, C3, C4 において群間に有意差が認められた (Figure 4)。

4. 考察

イップスを研究する際の課題として、人により異なる環境や動作で出現することから、統一された実験環境下においてイップス発症者における動作の乱雑性を検出するのが難しく、動作崩壊が主症状でありながら動作を対象とした研究の実施が困難であることが挙げられる。本研究では、イップス発症メカニズムの解明及び、効果的介入方法の確立を目指して、統一された環境下におけるイップス発症者特有の動作の乱雑性抽出を試みたが、動作の出力に関する各種パラメータにおいてイップス群と対照群の間に有意差は見られなかった。

これまでに、脳波レベルでは動作の切り替え時にイップス群の特徴が抽出されていた²。この際、単純な同じ動作の繰り返しを行うつまみ動作の出力を詳細に調べたが、出力のばらつきや、保持中の不安定性、脱力が遅いといった、動作の出力や巧緻性にイップス発症者の特徴は抽出されなかった²。一方で、動作のオン・オフの切り替えに関与する脳波に特徴が抽出されたことから、本研究では、とっさの動作の切り替えが必要となり、健常者においても動作の乱雑性が增大することが知られている⁵、非一致条件を課題提示に加えたサイモン課題を用いた。指示側（正答側）よりも先に逆側が反応してしまうエラーからとっさに切り替えて行った動作は、両群ともに出力が大きくなり、ばらつきが大きくなった。これは、本研究で採用した動作課題が狙い通り、実験環境下で動作乱雑性を引き起こすことができたことを表している。一方で、Yips 群において、これらの乱雑性が増悪するという傾向は見られなかった。また、最大出力値までの到達時間、すなわちエラー認知後に切り替えて行った動作実行までの時間においても、Ctrl 群と Yips 群の間に差はみられなかった。

これまでに我々は、イップス発症者の巧緻動作を詳細に調べた際、動作遂行後の脱力に遅延が見られる傾向を見出していたので（未発表）、乱雑性が增大する動作課題であれば脱力の遅延が顕著になる可能性を検証した。出力の大きい動作は動作の終了時間も延長するため、出力の極大点から圧力が基底にもどるまでの時間を、動作開始から出力の極大点までの時間で補正した値を比較に用いた。Max to fin/start to max time ratio としたこの値においても、群間の差はみられなかった。

一方、脳波については、アルファ波帯域のパワースペクトル密度が Ctrl 群と比較して Yips 群で有意に高くなった。脳波のアルファ波帯域のパワーは、安静時に高く、運動時に低くなることが知られている⁶。したがって、本研究の結果は、Yips 群では、課題全体を通して脳波電極を設置した感覚運動野領域の活動が低かったことを示唆する。アルファ波帯域のパワーは、運動を準備する過程で低下することから⁷、イップス発症者は、課題中のエラー反応（失敗）を恐れて、強く運動準備を行わない戦略をとっていたのかもしれない。今後さらなる検証が必要になると考える。

本研究では、イップス発症者の動作の乱雑性の抽出を試みた。予期しない動作の切り替えが必要となるエラー修正後動作であれば、統一された実験環境下でもイップス発症者の特徴がみられるという仮説を検証したが、この仮説は棄却された。イップスは極めて特定の動作において出現することが知られており、動作を対照とした研究が難しいことが、本研究遂行のきっかけであり、メカニズム解明の障壁となっている。例えば競技を野球に限定し、ボールを投げる動作に限定した場合でも、そこからさらに投手の投球・野手の送球・捕手の返球と細分化され、実際に症状がでる動作を対照とした量的研究の遂行が難しい。また、競技動作中に脳波をとることが難しいことが予想される。現在我々は、これらの課題をクリアしたセットアップでのイップス発症者の測定を計画しており、今後、実際の競技動作を対照として、生体信号レベルでの動作の解析、及び

脳波を用いた研究をすすめていく。

5. 結言

動作のエラー出現後に行った修正動作において、イップス群と対照群の両群で動作の出力、出力のばらつきの増大、修正応答時間の遅延、動作終了の遅延がみられ、動作の乱雑性を引き出す課題であったものの、修正動作の各種要素においてイップス発症者の特徴は抽出されなかった。一方で、課題遂行中の脳波には、Cz, C3, C4 領域での有意差がみられ、脳波レベルであれば、統一された実験環境下においても動作遂行中の運動制御にイップス発症者の特徴が検出可能であるという、過去の我々の報告を支持する結果が得られた。

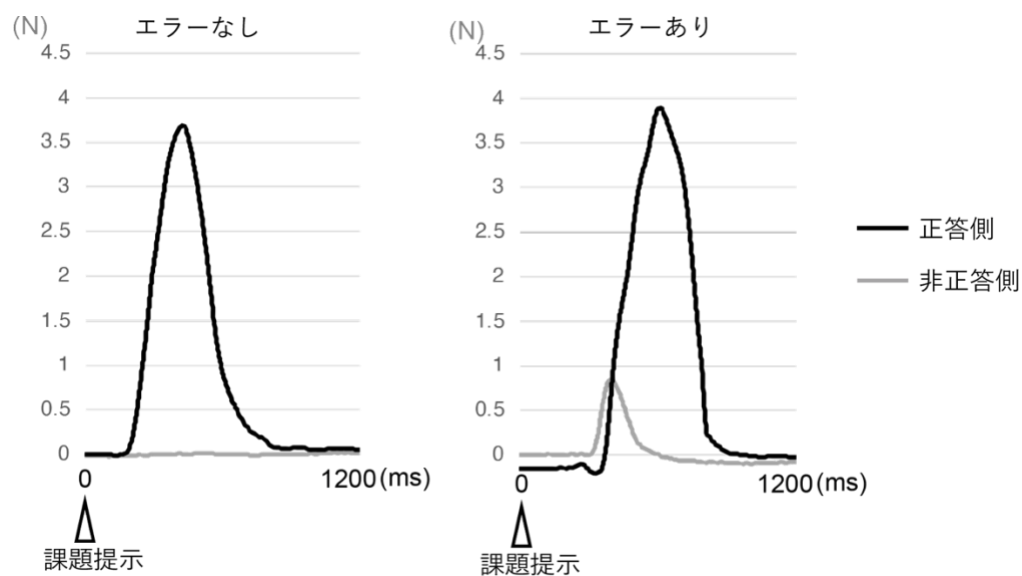
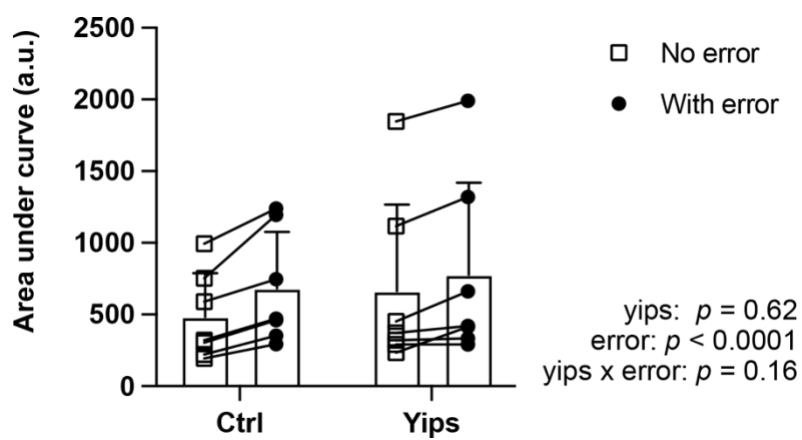


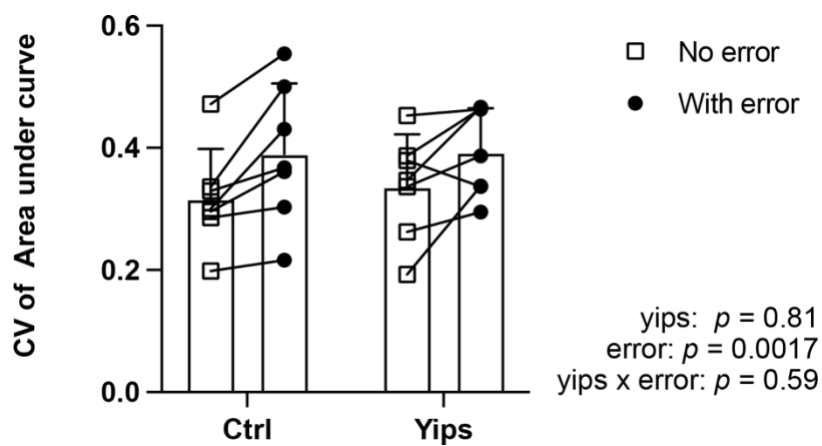
Figure 1

縦軸を圧力 (N), 横軸を時間 (ms) とした, 1 課題中に描出されるエラーなし動作と, エラーあり動作のスパイクの例。エラーなし動作では, 非正答側の出力は見られず, エラーあり動作では正答側のスパイクに先立つ非正答側の出力が見られる。

A



B



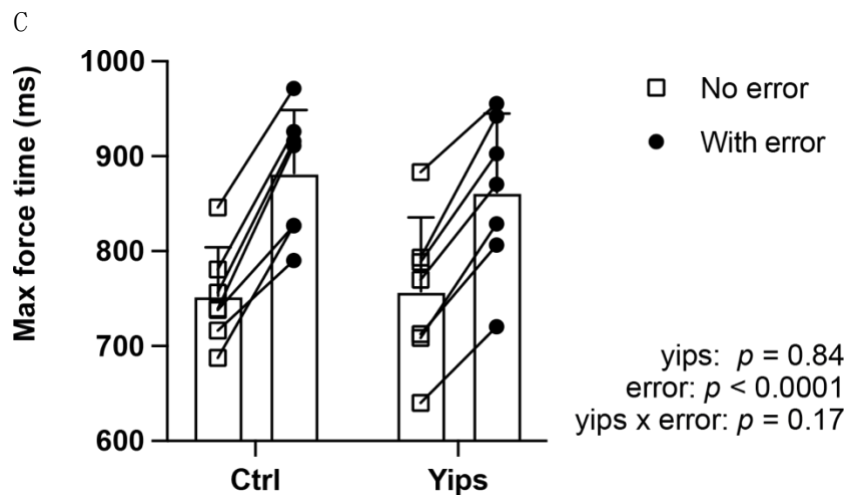


Figure 2

対照群 (Ctrl) とイップス群 (Yips) それぞれのエラーなし動作, 及びエラーあり動作の, 時間と圧センサで囲まれる面積 (A), 面積の変動係数 (B), 動作中の最大圧 (C)。各被験者のデータをプロットで示し, 同一被験者のデータをラインで結んだ。棒グラフは平均値を, エラーバーは標準偏差を示す。二元配置分散分析の結果をグラフ右に示す。n = 7 each.

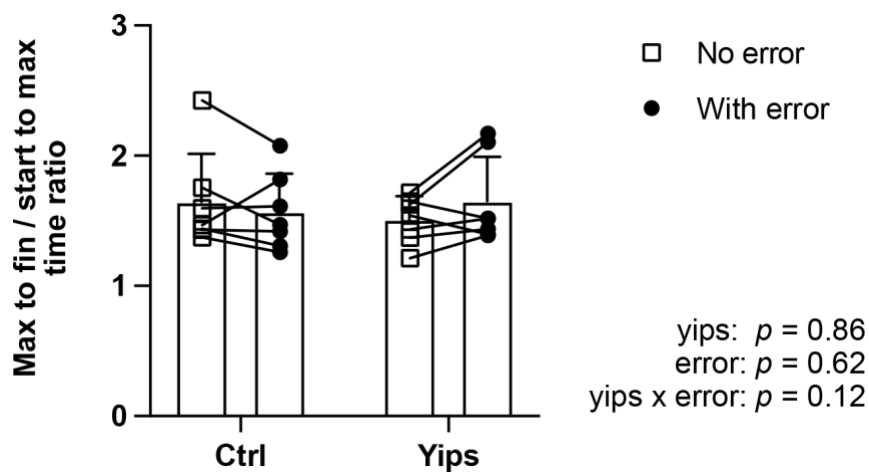


Figure 3

対照群 (Ctrl) とイップス群 (Yips) それぞれのエラーなし動作, 及びエラーあり動作の, 動作開始~最大出力, 最大出力~動作終了までの時間の比を示す。各被験者のデータをプロットで示し, 同一被験者のデータをラインで結んだ。棒グラフは平均値を, エラーバーは標準偏差を示す。二元配置分散分析の結果をグラフ右に示す。n = 7 each.

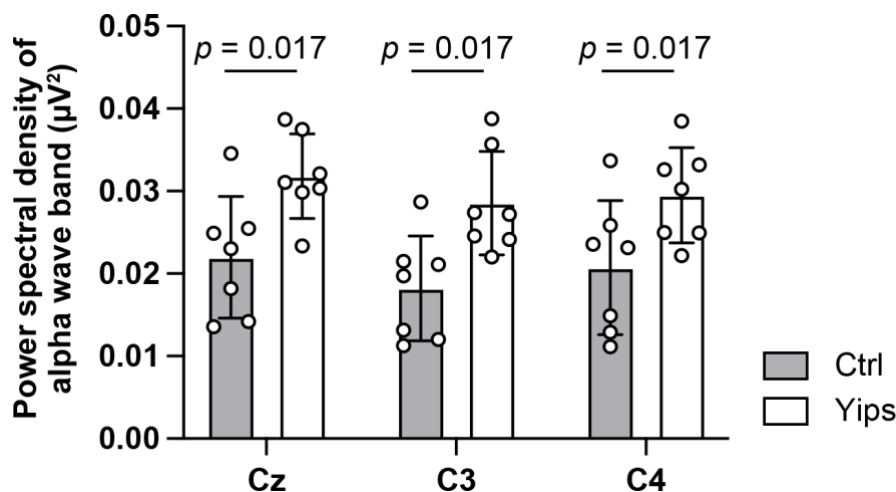


Figure 4

動作課題中を通して記録した脳波のアルファ波帯域のパワースペクトル密度を示す。各被検者のデータをプロットで示し、棒グラフは平均値を、エラーバーは標準偏差を示す。n = 7 each.

参考文献

- 1 McDaniel, K. D., Cummings, J. L. & Shain, S. The "yips": a focal dystonia of golfers. *Neurology* **39**, 192-195, doi:10.1212/wnl.39.2.192 (1989).
- 2 Watanabe, T., Yoshioka, K., Matsushita, K. & Ishihara, S. Modulation of sensorimotor cortical oscillations in athletes with yips. *Sci Rep* **11**, 10376, doi:10.1038/s41598-021-89947-1 (2021).
- 3 Clarke, P., Sheffield, D. & Akehurst, S. Personality Predictors of Yips and Choking Susceptibility. *Front Psychol* **10**, 2784, doi:10.3389/fpsyg.2019.02784 (2019).
- 4 Roberts, R., Rotheram, M., Maynard, I., Thomas, O. & Woodman, T. Perfectionism and the 'Yips': An Initial Investigation. *The Sport Psychologist* **27**, 53-61, doi:10.1123/tsp.27.1.53 (2013).
- 5 Watanabe, T., Koyama, S., Tanabe, S. & Nojima, I. Accessory stimulus modulates executive function during stepping task. *J Neurophysiol* **114**, 419-426, doi:10.1152/jn.00222.2015 (2015).
- 6 Pfurtscheller, G. & Lopes da Silva, F. H. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clin Neurophysiol* **110**, 1842-1857, doi:10.1016/s1388-2457(99)00141-8 (1999).
- 7 Deiber, M. P. *et al.* EEG alpha activity reflects motor preparation rather than the mode of action selection. *Front Integr Neurosci* **6**, 59, doi:10.3389/fnint.2012.00059 (2012).