

カテゴリー

脳科学, 姿勢制御, 歩行

タイトル

時間的予測情報は歩行中の支持面の急激な動揺における筋反射潜時を短くする Temporal, but not

Directional, Prior Knowledge Shortens Muscle Reflex Latency in Response to Sudden

Transition of Support Surface During Walking PubMed [へ](#) Shinya M et al : Front Hum

Neurosci. 2016 Feb 8;10:29

内容

概要

- 支持面が動揺した際に適切な姿勢戦略をとり、転倒を防ぐことは重要な機能である
- 筋の短・中・長潜時反射は、自動的な姿勢反応の一部であり、多様な外乱刺激に対応するための複雑かつ洗練された筋活動のパターンとして研究されている
- 筋の反射には予測情報の影響が大きく、例えばトレッドミル上で被験者に予測情報がある場合、急激な加速に対する前脛骨筋の反応は減少することが知られている
- しかし、予測情報を空間的情報・時間的情報に分類し、それぞれの影響を調べた研究は少ない

目的

●時間的及び空間的予測情報が、歩行中の動揺に対する筋反射にどのように影響するかを明らかにすること

方法

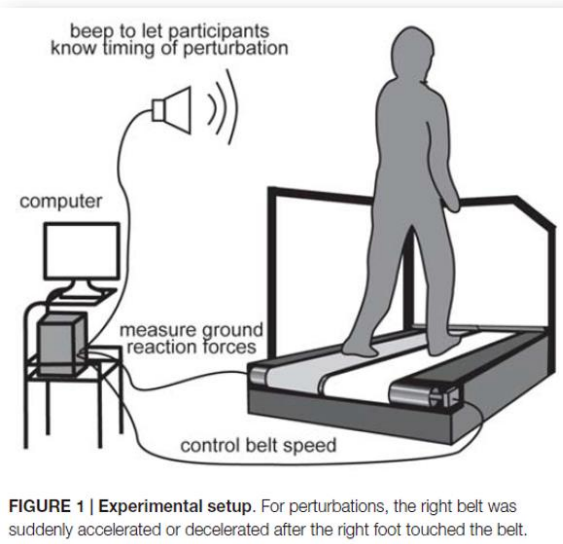


FIGURE 1 | Experimental setup. For perturbations, the right belt was suddenly accelerated or decelerated after the right foot touched the belt.

- 対象者：整形学のおよび神経学的既往のない健康男性11名 (平均年齢±SD: 28±5.0歳)
- 実験機器：スプリット-トレッドミル(Columbs社製;アメリカ) →左右下肢それぞれに対応するベルトがあり，実験中は1.2m/sの速度に設定
- 右下肢のベルトを，右下肢の接地直後に0.5m/sの早さで急激に加速 or 減速するように設定
- 実験における外乱の強度/タイミング/時間は，予備実験において筋反射が生じるために，十分かつ転倒・転落の危険がない程度として上記の数値を算出
- 事前予測情報：時間的の情報（加速もしくは減速のタイミング）と空間的の情報（加速か減速か）は分類して被験者に与えた

- 4種類の事前予測情報のパターンを設定 (Fig.2A)
 - ①D+T+群：両方の事前情報を与える
 - ②D+T-群：空間的の情報のみ
 - ③D-T+群：時間的の情報のみ
 - ④D-T-群：事前情報なし
- 時間的予測情報は動揺の3歩行周期前にピープ音により与えられ，空間的予測情報は各試行前に被験者に与えられた
- プロトコル：加速条件・減速条件において，上述の4種類の事前情報を設定したため，計8種類の実験パターンが組まれた
- それぞれのパターンにおいて10回の動揺試行を実施
- コントロール条件として各予測情報を与えたにも関わらず動揺が生じない，catch-trialを設定し，それぞれに10回組み込まれた (Fig.2B)
- 多くの被験者の1~3動揺目において，不規則な反応が見られたため，後半の5動揺を解析対象とした
- 筋反射を評価するための表面筋電図を，両側の腓腹筋・ヒラメ筋・前脛骨筋・大腿直筋・大腿二頭筋に装着

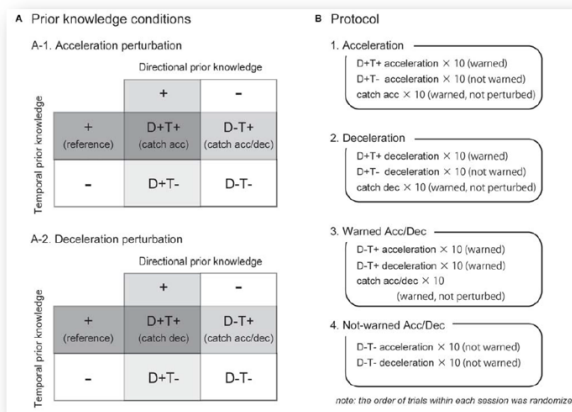


Fig.2：実験条件とプロトコル設定

●統計解析：実験条件に差がないことを確かめるため、右下肢接地後の床反力値と EMG 振幅の平均値について、一元配置分散分析を用いて通常歩行および catch-trial と比較

●また、予測情報の影響を調べるため、空間的情報・時間的情報・EMG 潜時値を用いて二元配置分散分析および Bonferroni 法を用いた多重比較を実施

結 果

●加速が予測されている場合、右下肢の腓腹筋とヒラメ筋の活動が減少し、前脛骨筋の活動が増加

●減速が予測されている場合、右下肢の腓腹筋とヒラメ筋の活動の増加が見られた (Fig.3)

●時間的情報が事前に予測されることが腓腹筋の潜時活動に最も影響し、その潜時が短くなり、さらに動揺後の反応が早くなった (Fig.4,5,7)

●減速時には前脛骨筋の活動が増加するが、事前情報の有無による潜時の変化はなかった (Fig.6)

●しかし、時間的情報があれば長潜時活動が減弱された (Fig.8)

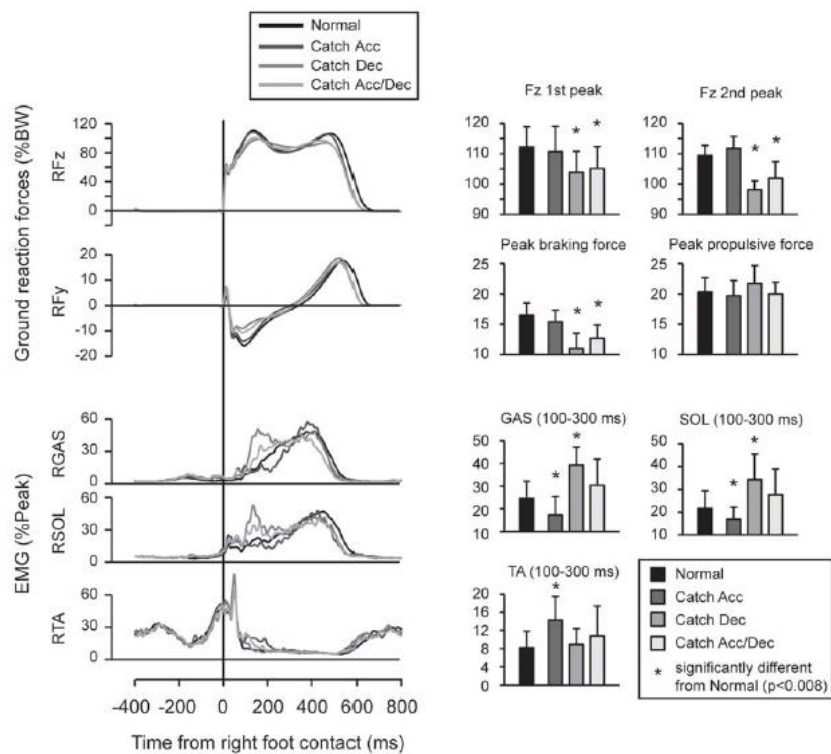


Fig.3：各筋における筋活動記録

考 察

●動揺前の事前情報に基づいた姿勢戦略：時間的予測情報がある場合、床反力の垂直分力の減少、すなわち荷重戦略の変更が Catch Dec および Catch Acc/Dec trial において見られた

●一方、Catch Acc において床反力の変化は見られなかった。これは、加速動揺は右下肢の前方への動きを阻害しないため、荷重を回避する必要性がなかったためと考えられる

●また、加速と減速では減速動揺の方が進行を阻害する点でバランスを崩しやすく、身体への危険度が高い

●これを無意識のレベルで被験者が予測したため、減速情報がある場合、荷重を回避したと考えられる

●時間的予測情報は加速動揺における腓腹筋の筋反射を減弱させる：被験者は11名であり、数としては不十分であるが、時間的情報が腓腹筋の潜時の短縮だけでなく、筋活動パターン全体の前倒しにつながった

●このメカニズムは、被験者の注意の影響が大きいと考えられ、先行研究においても、運動準備は注意現象の一環と表現されているものもある

●一方、今回の実験から注意機能のみでは説明できない点もある

●空間的予測情報がない場合で注意が十分に払えない場合でも潜時短縮が見られたり、ヒラメ筋は腓腹筋と同様の働きをするが潜時短縮は見られなかった点においては解明されていないが、筋長の長さが違うことや、腓腹筋反射が介在ニューロンを介しているのに対し、ヒラメ筋は単シナプス性の反射であることの相違などが原因と考えられる

●空間的予測情報が反射に与える影響は限られている：今回の研究では潜時への影響は見られなかったが、実験上の限界として、トレッドミル上であったためD-条件の場合でも起きうる外乱は被験者側が予測できた可能性や、下肢以外の筋活動は測定しなかったため、現段階では影響が全くないとは言いきれない

明日への臨床アイデア

- 動揺に対する反応において腓腹筋は末梢からの感覚情報のみではなく、中枢機構からの予測情報や運動に対する注意の影響を受けて細かく筋活動が変化することが明らかとなった
- 临床上、例えば腓腹筋外側および腓骨筋に過負荷がかかり、腓腹筋内側の活動が乏しい症例を経験する
- 上行性・下行性どちらのわずかな指令にも対応できる腓腹筋全体の活性化された状態を作ることが、新たな姿勢戦略の学習に重要なのではないだろうか
- 予測情報の複雑な種類（例えば加速・減速・時間・それらの組み合わせ）によって、無意識のレベルで細かい姿勢戦略や筋反射が調整されていることが明らかとなった
- これらを無意識の状態適切に作動させるには、自身のボディスキーマや空間・環境に十分注意を働かせ、適切な知覚-運動循環を形成する必要があると考えられる
- そのためには、例えば単一肢の運動を行う場合でも、他の四肢の位置や姿勢および環境を適切に設定する配慮が必要であると考えられる

氏名 中西智也

職種 理学療法士
