

プレセット中の模範試技の映像視聴が皮質内抑制回路の興奮性および
ドロップジャンプパフォーマンスに及ぼす影響
-日本トップレベルの男子走高跳選手を対象とした一事例-

赤松諒一¹・吉田拓矢²・関子浩太佑³・関子あまね³・林 陵平⁴

**Effects of watching a model video during the pre-set state on excitability of the
intracortical inhibitory circuit and drop-jump performance: a case of a top male
high jumper in Japan**

Ryoichi Akamatsu¹, Takuya Yoshida², Kodayu Zushi³, Amane Zushi³, Ryohei Hayashi⁴

- 1 岐阜大学大学院教育学研究科 (*Graduate School of Education, Gifu University*)
- 2 筑波大学体育系 (*Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba*)
- 3 筑波大学大学院人間総合科学研究科 (*Graduate School of Comprehensive Human Science, University of Tsukuba*)
- 4 岐阜大学教育学部 (*Faculty of Education, Gifu University*)

Abstract This case study examined the effects of watching a model video before drop-jump (DJ) on the DJ-index on excitability of the intracortical inhibitory circuit in the pre-set state for a top Japanese male high jumper. One male college athlete (height: 1.83 m, mass: 60.5 kg, personal best high jump: 2 m 25) performed the DJ from drop heights of 0.30 m with his hand on his hip. For the movie condition, the subject jumped after watching the model video during the pre-set period. During the normal condition, the subject jumped without watching the model video. This process was repeated until the subject achieved three successful trials. We assessed the DJ-index, jump height, ankle joint torque, and SICI. The movie condition showed higher DJ-index values, jump height, ankle joint torque, and SICI than the normal condition. Therefore, it was suggested that when performing DJ, watching the model video before starting the trial may decrease the excitability of the intracortical inhibitory circuit during the pre-set state, thereby improving performance.

Keywords : jump training, stretch-shortening cycle movement, SICI, pre-set

緒 言

各種スポーツ種目における踏切動作に着目すると、下肢主働筋は一度伸張し、その後即座に短縮する伸張－短縮サイクル (Stretch-shortening Cycle : SSC) 運動によって動作が遂行される (Asmussen and Bonde-petersen, 1974). このために、スポーツパフォーマンスを改善するためには、下肢の SSC 運動遂行能力を高めることが重要な一つの要因になる (図子ほか, 1995). 下肢 SSC 運動のパフォーマンスを高めるための代表的なトレーニング手段として、ある高さの台上から跳び降り、着地後すぐに跳躍を行う運動であるドロップジャンプ (以下、「DJ」と略す) が挙げられる (Bobbert, 1990). 近年、DJ におけるプレセット局面、pre-activation 局面、踏切前半局面、踏切後半局面にかけて、パフォーマンスを獲得するまでに至る時系列的な運動連関が存在していることが報告されている (吉田ほか, 2016b ; 吉田・図子, 2017). 加えて、台上に位置して跳び降りるまでのプレセット局面における脳内状態が、DJ のパフォーマンス指標となる DJ-index (跳躍高 / 接地時間) に影響していることも示されており (吉田ほか, 2016a), 高い DJ-index を有する陸上競技の跳躍選手は、他種目の選手と比較してプレセット中の運動野皮質内抑制回路の興奮性が低下することが明らかとなっている.

これらのことを考慮すると、プレセット局面において脱抑制状態となることは、ドロップジャンプパフォーマンスを向上させるための重要な要因の一つになると考えられる. これに関して吉田 (2019) は、DJ のパフォーマンス変数が変化することに伴い、

プレセット局面における脱抑制状態も変化 (促通) する可能性があることを示唆している. 加えて、吉田 (2017) は脱抑制状態を意図的に作り出すための手段として、DJ のプレセット局面において DJ の運動をイメージすることが有効であると提言している. これらのことを踏まえると、DJ ではプレセット局面において DJ の映像を見て運動をイメージすることにより、意図的に脱抑制状態を作り出すことが可能になると考えられるが、これらの点に着目した研究は存在しない. 日常的なトレーニングにおいて、DJ を行う際に意図的に脱抑制状態を作り出すことができる手段を明らかにすることができれば、トレーニング時により高いパフォーマンスを発揮することが可能になると考えられる.

そこで本研究では、日本トップレベルの男子走高跳選手を対象として、DJ の試技前における模範映像の視聴が DJ パフォーマンスの各変数、DJ 中の下肢 3 関節の力発揮特性、プレセット局面における皮質内抑制回路の興奮性に及ぼす影響について事例的に提示することを目的とした.

方 法

1) 対象者

対象者は、G 大学陸上競技部に所属する跳躍種目を専門とする男子大学生 1 名 (身長 : 1.83 m, 体重 : 60.5 kg, 自己記録 (走高跳 : 2m25) である. 日頃のトレーニングからプライオメトリックトレーニングとして DJ を行っていた.

2) 実験運動

実験運動は台高 0.3 m からの DJ とし、腕の振り込みによる影響を無くすために、

手を腰に当てた姿勢で行わせた。プレセット時に模範映像を視聴してから DJ を行う movie 条件と、模範映像を視聴せずに DJ を行う normal 条件を設定した。movie 条件において対象者が見る映像については、本人が事前に DJ を行った際に撮影した映像であり、後述するプレセット中の運動誘発電位 (Motor evoked potential: MEP) を測定している最中に繰り返し再生した。movie 条件と normal 条件をランダムに行い、それぞれの台高および条件での成功試技が 3 回に達するまで行わせた。試技間において疲労の影響を可能な限り少なくするために、十分な休憩時間を確保した。また、対象者は試技を行う際、いつでも台から跳び下りることができる状態にあり、できるだけ短い接地時間で、かつ、できるだけ高く跳び上がるように指示を与えた。なお、本研究は、筑波大学体育系研究倫理委員会の承認を得て実施された。

3) 測定方法および算出項目

① DJ-index (m/s)

2 台のフォースプレート (9281A ; 9287C, Kistler 社製) を用いて、1,000 Hz で地面反力データを収集した。得られた地面反力データから滞空時間と接地時間を算出し、以下の公式を用いて DJ-index を算出した。

$$\text{DJ-index (m/s)} = (1/8 \cdot g \cdot \text{滞空時間}^2) / \text{接地時間}$$
 (図子ほか, 1993)

② SICI (%)

プレセット中の皮質内抑制回路の興奮性は、二連発磁気刺激法 (Paired-pulse Transcranial magnetic stimulation: Paired-pulse TMS) による皮質内抑制の指標 (Short-interval intracortical inhibition : SICI) を用いて評価した

(Kujirai et al., 1993)。Paired-pulse TMS とは、MEP が生じない弱い刺激強度を用いた条件刺激 (Conditioning stimulation : CS) および MEP が生じる強度のテスト刺激 (Test Stimulation : TS) の 2 連発刺激を行った時の波形と、TS のみの単発刺激を行った時の波形を比較することにより、CS が TS の MEP に与える影響を評価する方法である。SICI の算出方法および用語の定義については、下記の通りとした。

$$\text{SICI (\%)} = \text{MEP}_{3\text{ms}} / \text{MEP}_{\text{TEST}} * 100$$

MEP TEST : TS によって記録した MEP の振幅

MEP 3ms : Paired-pulse TMS によって連発された MEP の振幅

本研究では、TS のみの刺激および CS と TS とを組み合わせた刺激の 2 種類の条件をランダムに 3 発ずつ行った。プレセット中の MEP 測定については、台から跳び降りる直前に実施した。対象者が台上で立位姿勢を取った後、頭蓋上の刺激部位上部にコイルを設置し、二連発磁気刺激を約 4 秒の間隔で 3 発ずつ発射した。その後、即座に台上から跳び降り、DJ を実施させた。また、MEP を記録している間、いつでも跳び降りることが出来る状態にするために、対象者に対して、「いつでも台から跳び降りることができる状態でいて下さい」と指示を与えた。下肢の筋群からの筋電図信号については、左脚の内側腓腹筋から算出した。

なお、これらの 3 つの変数については、実施した 3 試技の平均値を算出した。

③ 足関節の関節トルク

赤外線カメラ (Vicon MX+250 Hz, Vicon Motion System 社製) を用いて、DJ 中の身体各部位 12 点 (左右の母子 MP 関節

内側面、踵、外踵、腓骨頭、大転子、肩峰突起) およびダミーマーカー1点の計13点の3次元座標データを収集した。Quick Motion Analysis System (DKH 社製) により、地面反力データおよび3次元座標データを用いて、YZ平面状の足関節トルクを算出した。静止座標系は、対象者の前方と直交する方向をX軸、対象者前方をY軸、鉛直方向をZ軸とした。足関節トルクは対象者の踏切脚である左脚のものを採用し、試技中における最大値を算出した。なお、身体部分慣性係数については、阿江 (1996) の方法を用いた。

4) 統計処理

全ての変数を平均値±標準偏差で示し、記述統計を行った。

結 果

図1は各条件の試技におけるDJ-indexの値を3試技の平均で示したものである。DJ-indexにおいてはnormal条件と比較してmovie条件の方が高い値を示した。

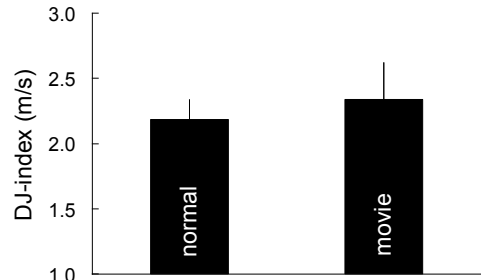


図1 各条件におけるDJ-index (m/s) の3試技の平均

図2は各条件の試技における跳躍高の値を3試技の平均で示したものである。跳躍高においてもnormal条件と比較してmovie条件の方が高い値を示した。

図3は各条件の試技における接地時間を示したものである。接地時間においては各条件で顕著な変化はみられなかった。

表1および図4は各条件の試技における安静時 (control), normal 条件時, movie 条件時におけるSICIの値を示したものである。movie条件, normal条件, 安静時の順に高い値を示した。

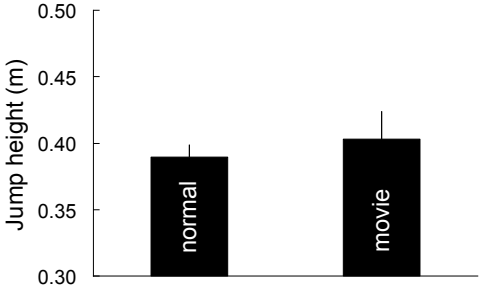


図2 各条件における跳躍高 (m) の3試技の平均

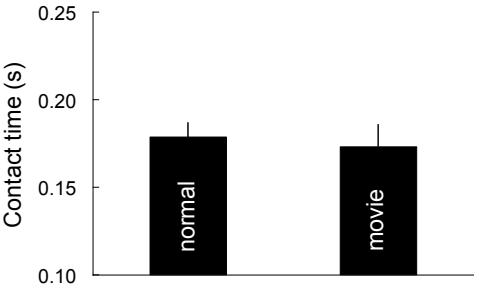


図3 各条件における接地時間 (s) の3試技の平均

表1 各条件におけるMEP TEST(mV), MEP 3ms(mV), SICI(%)

	normal	movie	control
MEP TEST (mV)	0.69	0.99	0.82
MEP 3m (mV)	0.75	0.78	0.53
SICI (%)	51.97	76.90	65.09

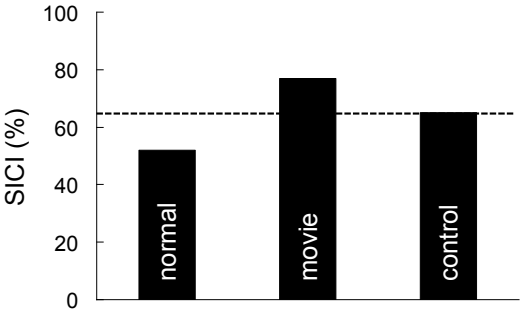


図4 各条件におけるSICI(%)

図5は足関節トルクの値を示したものである。movie条件はnormal条件と比較し

て高い値を示した。

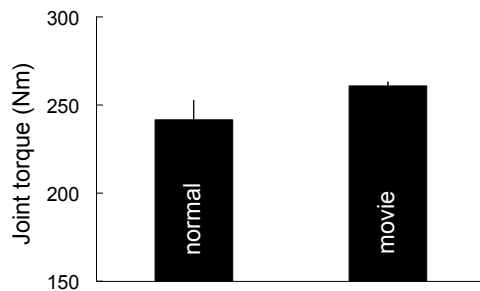


図5 各条件における足関節トルクの3試技の平均

考 察

本研究の目的は、日本トップレベルの男子走高跳選手を対象として、DJの試技前における模範映像の視聴がDJパフォーマンスの各変数およびプレセット局面における皮質内抑制回路の興奮性に及ぼす影響を事例的に提示することをであった。

はじめに、DJのパフォーマンスを示すDJ-indexおよびDJの跳躍高について3試技の平均をみると、movie条件はnormal条件と比較して、高い値を示した(図1および図2)。これに対して、DJの接地時間について3試技の平均をみると、movie条件はnormal条件と比較して、低い値を示したものの、その差は0.005 sとわずかな差であった(図3)。このため、DJのプレセット局面において模範映像を視聴することにより、高い跳躍高を獲得することができたために、DJパフォーマンスは向上した可能性があると考えられる。

SICIの結果をみると、movie条件、normal条件、安静時の順に高い傾向があることが示された(図4)。つまり、両条件のどちらにおいても、安静時と比較して脱抑制状態になっていたことが推察でき、movie条件はnormal条件と比較してSICIの値が高かったために、DJでは台上で映像

を視聴した方が、脳内は脱抑制状態になっていると考えることができる。先行研究では、DJにおける一連の運動機序には、プレセット局面、pre-activation局面、踏切前半局面、踏切後半局面という時系列的な運動連関が存在することが明らかとなっており、プレセット局面における皮質内抑制回路の興奮性の低下とDJパフォーマンスとの間に相関関係が認められることが報告されている(吉田ほか, 2016b; 吉田・図子, 2017)。

本研究におけるmovie条件およびnormal条件におけるDJパフォーマンスを比較した結果(図1)をみると、movie条件はnormal条件よりも高い値を示していた。これらのことから、movie条件では、映像を見ることによって皮質内抑制回路の興奮性が低下し、これによりDJパフォーマンスが向上したと推察できる。

足関節トルクの結果をみると、movie条件における足関節トルクはnormal条件と比較して大きいことが示された(図5)。DJにおける下肢の力発揮特性について検討した先行研究では、足関節底屈筋群が最も大きな仕事を行っていることが報告されている(Bobbett et al., 1987; 図子ほか, 1995)。吉田ほか(2016b)は、DJではプレセット局面中の脳内状態が伸張反射に影響し、伸張反射が足関節における大きな力発揮に影響を及ぼすことでDJのパフォーマンスの獲得に結びつく可能性のあることを報告している。本研究では伸張反射に関する変数を扱っておらず、各変数の時系列的な関連についても検討していないが、吉田ほか(2016b)の報告を考慮すると、movie条件ではnormal条件と比較してプレセット局面中に脳内における脱抑制状態が高いため

に下肢筋の反射機構が活性化し、大きな足関節トルクを発揮することが可能になったことが推察できる。

以上の結果から、DJ を実施する際には、試技開始前に DJ の模範映像を視聴することによって、プレセット局面における運動野皮質内抑制回路の興奮性が低下し、大きな足関節トルクを発揮することが可能になるために、DJ パフォーマンスが向上する可能性のあることが示唆された。

実践現場への示唆

本研究の結果から、模範映像を視聴することにより、脳内における脱抑制状態を作り出すことが可能となり、より高い DJ のパフォーマンスを発揮することができる可能性のあることが示された。これらのことから、DJ をプライオメトリックトレーニング手段として用いる際には、台上のプレセット局面においてスマートフォンやタブレット等で DJ の映像を視聴することにより、DJ のパフォーマンスを高めることができると考えられる。

最後に、本研究の結果から得られた事例は、日本トップレベルの男子走高跳選手 1 名のみを対象として行った実験から得られた一事例にしかすぎない。このために、これらの結果をトレーニング現場で選手やコーチが用いるには留意が必要である。今後は、対象者の数を増やした上で、同様な検討を行っていく必要があると考えられる。

文 献

阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Japanese Journal of Sports Science*, 15(3) :

155-162.

Asmussen, E. and Bonde-petersen, F. (1974) Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta. Physical. Scand.*, 91 : 385-392.

Bobbert M.F., Huijing P.A., and van Ingen Schenau G.J. (1987) Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19: 332-338.

Bobbert M.F. (1990) Drop Jumping as a Training Method for Jumping Ability. *Sports Medicine.*, 9(1) : 7-22.

Kujirai, T., Caramia, M.D., Rothwell, J.C., Day, B.L., Thompson, P.D., Ferbert, A., Wroe, S., Asselman, and P., Marsden, C.D. (1993) Corticocortical inhibition in human motor cortex. *J. Physiol.*, 471: 501-519.

吉田拓矢・図子浩二 (2019) プレセット局面中の脳内状態とドロップジャンプパフォーマンスの縦断的な調査. ミズノスポーツ振興財団研究助成報告書. URL : https://media.mizuno.com/~media/Files/zaidan/pdf/ikagakujosei_2010/2018_yoshida.pdf#s_fid=12697A6B2B7A850B-38030D6052577E3E (2019 年 12 月 23 日参照)

吉田拓矢・丸山敦夫・荻山 靖・林 陵平・図子浩二 (2016a) プレセット中の運動野短間隔皮質内抑制がドロップジャンプのパフォーマンスに及ぼす影響. *体力科学*, 65(4) : 401-413.

吉田拓矢・中宗一郎・荻山 靖・林 陵平・高橋和孝・図子あまね・図子浩二 (2016b) ドロップジャンプにおけるパフォーマンス

ス獲得に至るまでの時系列的な運動連関.
体力科学, 65(5) : 479-489.

吉田拓矢・図子浩二 (2017) プライオメトリックトレーニングを効果的に実施するためには？ードロップジャンプにおける時系列的な運動連関に着目してー. 陸上競技研究, 118: 2-13.

図子浩二, 高松 薫, 古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性, 体育学研究, 38 : 265-278.

図子浩二・高松 薫 (1995) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因：下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究, 40(1) : 29-39.