振動刺激と視覚フィードバックを併用した 骨盤底筋群エクササイズの効果

Acute Effect of Pelvic Floor Muscle Exercise with Local Vibration and Visual Feedback

廣田 亜梨朱¹⁾ 浦邊 幸夫¹⁾ 小宮 諒¹⁾ 前田 慶明¹⁾

ARISU HIROTA, RPT¹⁾, YUKIO URABE, RPT, PhD¹⁾, MAKOTO KOMIYA, RPT, MS¹⁾, NORIAKI MAEDA, RPT, PhD¹⁾

¹⁾ Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University: 1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima 734-8553, Japan TEL +81 82-257-5405 E-mail: arisu-hirota@hiroshima-u.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 36(1): 131-136, 2021. Submitted Sep. 4, 2020. Accepted Oct. 14, 2020.

ABSTRACT: [Purpose] The aim of this study was to clarify the effect of a pelvic floor muscle (PFM) exercise using vibration stimulation and visual-feedback (FB). [Participants and Methods] Ten healthy men participated in this study. PFM exercise was conducted using a dedicated cushion under four conditions: without vibration, with only vibration, without vibration but with FB, and with vibration and FB. The participants performed 6 sets of 10-second contraction of the PFM. The maximum voluntary contraction (MVC) of the PFM was measured using surface electromyography pre- and post-exercise. [Results] The post-exercise MVC values of PFM exercise combined with vibration, FB, and vibration with FB were significantly higher than pre-exercise. The post-exercise MVC value of PFM exercise combined with vibration and FB had the greatest effect. [Conclusion] PFM exercise combined with vibration and FB may better improve muscle activity of PFM.

Key words: pelvic floor muscle exercise, vibration stimulation, visual-feedback

要旨:〔目的〕振動刺激と視覚フィードバックを用いた骨盤底筋群の運動効果を骨盤底筋群の筋活動変化から確認すること。〔対象と方法〕10名の健康男性を対象とした。振動刺激なし条件と振動刺激あり条件、視覚フィードバック条件、振動刺激と視覚フィードバックの併用条件で、10秒間の骨盤底筋群の収縮運動を各6回実施した。〔結果〕介入前後の筋活動は振動刺激あり、視覚フィードバック、振動刺激と視覚フィードバック併用条件で有意に増加していた。振動刺激と視覚フィードバックの併用条件では最も高い効果量を示した。〔結語〕振動刺激と視覚フィードバックを併用することで振動刺激や視覚フィードバックのみの条件より高い運動効果が期待できる。

キーワード: 骨盤底筋群の運動介入、振動刺激、視覚フィードバック

¹⁾ 広島大学大学院 医系科学研究科：広島県広島市南区霞1-2-3 (〒734-8553) TEL 082-257-5405

受付日 2020年9月4日 受理日 2020年10月14日

I. はじめに

尿失禁症状は、わが国実施された40歳以上の男女を対象とした疫学調査によると、全体で31.3%（男性17.6%，女性43.9%）が尿失禁症状を有していると推定された¹⁾。尿失禁症状は女性に多いが、男性においても前立腺全摘術後などに尿失禁症状を有することが知られている²⁾。尿失禁は直接生命を脅かすことはないものの、心理・社会的な影響により quality of life（以下、QOL）の低下をもたらすことから^{3,4)}、男女ともに尿失禁の治療の重要度は高いといえる。尿失禁の要因の一つに骨盤底筋群の筋力の弱化があることから、軽度から中等度の尿失禁の治療の第一選択には骨盤底筋群の運動療法が用いられている⁵⁾。骨盤底筋群の運動療法は、自宅においても実施することが推奨されるが、視覚的に骨盤底筋群の筋収縮を捉えられないため、収縮感覚を自覚しづらく⁶⁾、実施者が運動を習慣化することが困難であるといった問題がある⁷⁾。そのため、いかに医療機関・自宅も含めて骨盤底筋群の運動が必要な対象者に継続的に運動を実施してもらえるかが課題であり、運動介入方法や指導方法を工夫することが必要である。

近年、全身振動機器による振動刺激を利用した骨盤底筋群の筋力増強効果が報告されている⁸⁻¹²⁾。振動刺激は振動部位に注意を向けさせるという特徴をもつ¹³⁾。これをもとに小宮ら¹⁴⁾は、健常男性を対象に骨盤底筋群に局所的に振動刺激を加えることで、収縮感覚の得られにくい骨盤底筋群の活動を高める可能性を示した。加えて、骨盤底筋群の運動と専用のプローブやバルーンプローブ挿入により腔圧をモニターに映し、骨盤底筋群の収縮を視覚化するバイオフィードバックの組み合わせによる尿失禁改善の有用性もこれまでに報告されている^{15,16)}。骨盤底筋群の運動以外にも、ビデオカメラやスポーツミラーシステム（ビデオカメラとモニターの間に時間遅れを作り、数秒後に動きを観察する方法）を用いた視覚フィードバックは、運動トレーニングや技能獲得の効率化、およびパフォーマンス向上に効果があり¹⁷⁻¹⁹⁾、筋活動の活性化に有効であるとされている²⁰⁾。運動効果を高めるために、臨床現場で用いられる視覚フィードバックを利用することで筋収縮の程度を認識でき、効果的に骨盤底筋群の筋力増強が行えると考えられる。したがって、健常男性を対象に振動端子と圧力センサーが埋め込まれたクッション（ドリーム社製）を使用し、振動刺激と圧力ゲージによる視覚フィードバックを併用した骨盤底筋群の運動を行い、運動前後の筋活動の変化を確認することで、より簡便かつ高い効果が得られる運動方法を確立する必要がある。

本研究の目的は、振動刺激と視覚フィードバックを併用した骨盤底筋群への運動が、振動刺激を併用しない運動と比較して高い効果が得られるかについて、骨盤底筋

群の筋活動の観点から確認することとした。仮説は、振動刺激と視覚フィードバックを併用した運動課題後には併用しない運動課題と比べて、高い骨盤底筋群の筋活動が得られるとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、同意取得後、運動前に実施する尿失禁の症状・QOL 質問票（International Consultation on Incontinence Questionnaire-Short Form）²¹⁾においてすべての項目が0点で、尿失禁症状を有していない健常成人男性10名（年齢 23.7 ± 0.9 歳、身長 171.8 ± 5.9 cm、体重 63.1 ± 7.1 kg、Body Mass Index (BMI) 21.4 ± 2.0 kg/m² [平均 $\pm$ 標準偏差]) とした。

本研究はヘルシンキ宣言に基づき、研究の目的および方法を十分に説明して同意を得られた者を対象とし、広島大学疫学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：E-2005）。

2. 方法

全対象が、振動刺激と視覚フィードバックの組み合わせにより、4つの運動課題を実施した。それらは、振動刺激および視覚フィードバックなし条件（コントロール条件）、振動刺激のみを用いた条件（振動刺激あり条件）、振動刺激なしかつ視覚フィードバックあり条件（視覚フィードバック条件）、振動刺激および視覚フィードバックあり条件（振動刺激かつ視覚フィードバック条件）である。4つの測定条件の順番はあらかじめランダムに割り付けて実施した。条件間には十分な休息期間を設け、条件ごとに測定開始前に10分以上の安静座位をとらせて、開始条件を統一した。運動課題の前後で3秒間の骨盤底筋群の最大随意性収縮（maximum voluntary contraction：以下、MVC）の測定をそれぞれ3回ずつ測定し、その際の骨盤底筋群筋活動を表面筋電図法により記録した。

運動課題は5分間の骨盤底筋群の運動とした。10秒間の骨盤底筋群の持続的な収縮運動を6回実施し、10秒間の収縮運動の間には30秒間の休息時間を設けた。運動は、20分の休息後、各条件を入れ替えて実施した。運動課題時の姿勢はクッション（ドリーム社製）上での、股関節および膝関節 約90°屈曲位の座位姿勢とした（図1）。対象はクッションの盛り上がり部分が会陰部に触れるように座位姿勢をとる。このクッションは、中央部分が盛り上がった構造で、盛り上がり部分の下に振動端子と圧力センサーが埋め込まれており、局所振動（振動周波数40 Hz）の発生と、圧力ゲージ付きリモコンによる視覚フィードバックが可能となっている。各運動課題前に、対象の会陰部がこの盛り上がり部分に触れてい

図1 運動で用いた視覚フィードバック付き振動クッション(下)と運動時の姿勢(上)

図2 リモコン

ることを、対象に口頭にて確認して実施した。視覚フィードバックについて、対象にはリモコン(図2)の圧力ゲージが最大となるよう目指し、かつ10秒間持続するよう指示した。

振動刺激あり条件および、振動刺激かつ視覚フィードバック条件では収縮運動時に振動刺激を与え、コントロール条件および、視覚フィードバック条件では収縮運動時に振動刺激を与えないで運動課題を実施した。運動課題時の骨盤底筋群の収縮運動は、「肛門あるいは尿道をしめるようにしてください」と同一の口頭指示により運動条件を統一した。本研究での視覚フィードバックは、座った時点での圧力をリモコン操作によって正規化(0補正)した後、対象が肛門あるいは尿道をしめるように骨盤底筋群の収縮を行い、会陰部で盛り上がり部分を挟むような圧力をセンサーに加えることで、圧力の程度によりリモコンの「圧力ゲージ」部分のライトが5段階に点灯する仕組みとなっている。対象がライトの点灯の程度をリモコンで確認することで、視覚によるフィードバックが可能となる。

筋電図の測定は、会陰部の正中線左右2ヵ所にBlue sensor (Ambu A/S 社製) を貼付して骨盤底筋群の筋活動を記録した²²⁾。表面筋電図信号はP-EMG plus (追坂電子機器社製) を通して、サンプリング周波数 1000 Hz、バンドパスフィルター 10 ~ 200 Hz としてデータを取り込んだ。振幅の大きさを示す root mean square (以下、RMS) は、3 秒間の MVC から得られた筋電図波形のうち前後 1 秒を除いた中央 1 秒間を分析の対象として算

出した。各条件における運動課題前後の値の比較には、それぞれ 3 回の RMS の平均値を用いた。また、運動課題後の RMS を運動課題前の RMS で正規化することで得られた筋活動比(後/前)を、条件間での比較に用いた。

統計解析には SPSS ver. 20.0 for windows (IBM 社製) を用いた。各条件における運動課題前後の RMS の比較には、正規性に従う場合は対応のある t 検定、正規性に従わない場合は Wilcoxon 符号付順位和検定を用いた。条件間の筋活動比(後/前)の比較は正規性を確認後、Kruskal-Wallis 検定を行い、事後検定として Bonferroni 法を用いた。有意水準は 5% とした。各条件の運動課題前後の RMS に対して、効果量 (Cohen's d) を求めた(効果量小 $d=0.20$, 中 $d=0.50$, 大 $d=0.80$)。効果量は、条件ごとに $(\text{実験群の平均} - \text{統制群の平均}) / \sqrt{(\text{実験群の標準偏差}^2 + \text{統制群の標準偏差}^2) / 2}$ で算出された。本研究での実験群は運動課題後の筋活動であり、統制群は運動課題前の筋活動を示す。

III. 結 果

表 1 に各条件での運動課題前後の RMS の結果を示した。運動課題前後の骨盤底筋群の筋活動量を比較したところ、振動刺激あり条件で 23.2%, 視覚フィードバック条件での 23.0%, 振動刺激かつ視覚フィードバック条件で 47.3% 有意な筋活動の増大を認め ($p<0.05$), 中程度から高い効果量を示した ($d=0.63, 0.65, 0.81$)。

表 1 各条件での運動課題前後の骨盤底筋群の筋活動

RMS (mv)	運動課題前	運動課題後	効果量
コントロール条件	31.0 ± 24.5	31.0 ± 28.9*	0.17
振動刺激あり条件	28.0 ± 17.4	34.5 ± 19.3*	0.63
視覚フィードバック条件	23.2 ± 17.6	28.5 ± 16.0*	0.65
振動刺激かつ視覚フィードバック条件	32.2 ± 18.8	47.4 ± 23.3**	0.81

平均値 ± 標準偏差. RMS : root mean square. * : $p < 0.05$ (vs 運動課題前), ** : $p < 0.01$ (vs 運動課題前).

表 2 各条件での骨盤底筋群の筋活動比 (後/前)

	筋活動比 (後/前)
コントロール条件	0.98 ± 0.18*
振動刺激あり条件	1.32 ± 0.40*
視覚フィードバック条件	1.50 ± 0.57*
振動刺激かつ視覚フィードバック条件	1.63 ± 0.53**

平均値 ± 標準偏差. * : $p < 0.05$ (vs コントロール条件), ** : $p < 0.01$ (vs コントロール条件).

コントロール条件では、運動課題前後で有意な筋活動の変化を認めなかった ($p = 0.636$).

表 2 に筋活動比 (後/前) の結果を示す. 条件間の比較では、コントロール条件と比較して振動刺激あり条件 ($p < 0.05$), および振動刺激かつ視覚フィードバック条件 ($p < 0.01$) で有意に高い筋活動比を示した. 視覚フィードバック条件でもコントロール条件と比べ、有意ではないものの高い筋活動比を示した ($p = 0.173$).

IV. 考 察

本研究の結果から、振動刺激を用いた条件だけでなく、視覚フィードバックを用いた条件、振動刺激と視覚フィードバックを併用した条件でも、運動後に発揮する骨盤底筋群の筋活動や筋活動比 (後/前) が増加することが明らかとなった. 振動刺激を用いた条件では 23.2%、視覚フィードバックを用いた条件では 23.0% 筋活動が増加したことに対し、振動刺激と視覚フィードバックを併用した条件では 47.3% もの筋活動の増加がみられた.

本研究で、振動刺激を用いることで運動課題後の筋活動が増加した理由について、以下に示す. 圧情報や振動刺激の情報を感知する皮膚受容器の一つであるマイスナリー小体は、特に振動周波数 40~50 Hz の振動周波数に反応を示す¹³⁾. これを受けて本研究の振動周波数は 40 Hz に設定された. 振動刺激によって素早く微細な伸張・短縮を繰り返された筋は、感覚受容器からの信号によって緊張性振動反射と呼ばれる緊張性の筋収縮を引き起こす²³⁾. 骨格筋に振動刺激を加えると α 運動神経が興奮し、発生した遠心性インパルスによって筋収縮が生

じる. これと同時に、 γ 運動神経も遠心性インパルスを発生することで錘内線維を収縮させ、筋紡錘中の Ia 線維が求心性インパルスを発生する. この求心性インパルスが脊髄単シナプス反射経路をめぐり、 α 運動神経を介して筋活動が誘発されると考えられており、これらの現象が神経筋機能の向上につながる^{23,24)}. トレーニングに振動刺激を併用すると、振動刺激により生じる緊張性振動反射がトレーニング時の筋活動の増加や²⁵⁾、トレーニング後の筋出力 (ピークトルク) の増加に関与するとされており²⁶⁾、本研究でも、先行研究と同様の現象がみられたことで振動刺激を用いた運動課題後の筋活動増大につながったと考える.

次に、視覚フィードバックを用いることで運動課題後の筋活動が増加した理由について、以下に示す. 筋の随意制御はさまざまな下行神経路に関与する²⁷⁾. なかでも、皮質脊髄路は骨盤底筋群のような骨格筋の随意制御に関与しており、皮質脊髄路の場合、運動のコントロールは視覚フィードバックがない場合より、視覚フィードバックがある場合の方が優れることが示されている²⁸⁾. 小脳は遠心性の情報 (意図された動き) と求心性フィードバックを統合する機能をもち²⁹⁾、視覚情報による運動制御は、情報が小脳を介して運動前野へ入力されることによって生じる³⁰⁻³²⁾. 尿失禁を有する患者を対象に、膣へのプローブ挿入により骨盤底筋群の運動時の圧力を視覚的にフィードバックする運動介入を行った研究では、介入後、骨盤底筋群の筋活動が増加し、尿失禁症状の改善が認められている¹⁵⁾. よって本研究でも、圧力ゲージを確認することによる視覚フィードバックを用いることで、骨盤底筋群の運動をスムーズに行えるようになったため、コントロール条件と比較して、視覚フィードバックを併用した運動課題後に筋活動が増加したと推察される. さらに、振動刺激と視覚フィードバックを併用した運動課題後には、振動刺激だけでなく視覚情報による運動のコントロールが加わることでより神経筋機能が向上し、振動刺激のみや視覚フィードバックのみの場合よりもより効率的な運動学習が可能となったと考えられる. このように、振動刺激と視覚フィードバックを併用したクッションを用いた骨盤底筋群への運動介入は、収縮感覚を得ることが難しいとされている骨盤底筋群への

自宅での運動介入効果をさらに高める可能性がある。

尿失禁症状を有している対象へ運動指導・介入を行う際、骨盤底筋群の運動効果を高めるために重要なことは、腹直筋や大腿四頭筋を収縮させず、骨盤底筋群の収縮と弛緩を繰り返すことである⁷⁾。しかし、骨盤底筋群以外の筋肉で代用すると骨盤底筋群の運動効果を得られないだけでなく、骨盤底筋群に負荷がかかり、症状が悪化する可能性がある⁶⁾。本研究では骨盤底筋群の筋活動のみを測定しており、骨盤底筋群以外の筋収縮が増加することで骨盤底筋群の運動効果が減少するような現象が健康成人においても生じるのか、骨盤底筋群の運動課題により、腹直筋や大腿四頭筋などの筋活動を増加させず、骨盤底筋群のみの筋活動を増加することができたかは明らかにできていない。今後、尿失禁症状を有する対象への介入や腹直筋や大腿四頭筋など他の筋の筋活動の測定を進め、このような現象の改善が期待できるか検討する必要がある。

本研究の限界は主に4つある。一つ目は、振動クッションの振動周波数が40 Hzのみということである。局所振動トレーニングでは8~300 Hzの振動周波数が用いられ、骨盤底筋群の運動においてより適切な振動周波数が存在する可能性がある。

二つ目は、座面の盛り上がり部分に設置された圧力センサーが感知した圧力と骨盤底筋群の筋活動との関連を現時点では検証できないことである。これらの相関を明らかにすることは、従来の膣へのプローブ挿入によるフィードバックよりも簡便な視覚フィードバック方法を確立させる一助となると考える。

三つ目は、本研究では、視覚フィードバックと振動刺激を併用して骨盤底筋群の運動を行った際に、骨盤底筋群の随意的な最大筋活動が即時的に向上するという知見にとどまっていることである。尿失禁防止のためには骨盤底筋群が不随意に張力を保つことが求められるため、尿失禁症状を有する者を対象に長期的な介入を行うことで効果を検証する必要がある。

四つ目は、今回の対象が尿失禁症状を有さない健康成人男性である点が挙げられる。一般的に尿失禁症状を有する割合が高い女性や、実際に尿失禁症状を有する人々への効果は不明である。しかし、わが国では男性を対象とした骨盤底筋群の運動効果に関する研究は、小宮ら¹⁴⁾の報告を除くとほとんどみられない。そのため、前立腺全摘除術後に生じる尿失禁などへの運動介入効果を検討する際には、本研究の結果は貴重である。したがって、今後は尿失禁症状を有する対象や女性を対象に、医療機関や自宅でも簡易に、効率的な運動を継続しやすい環境づくりに貢献していきたい。

利益相反 本研究において開示すべき利益相反関係にある企業等はない。

謝辞 本研究を行うにあたり、快く測定にご協力いただきました皆様に心より御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 本間之夫, 柿崎秀宏, 後藤百万・他: 排尿に関する疫学的研究. 日本排尿機能学会誌, 2003, 14: 266-277.
- 2) 鈴木 康友, 近藤 幸尋: 前立腺全摘術後尿失禁のマネジメント. 日本医科大学医学会雑誌, 2016, 12: 127-132.
- 3) 中西範幸, 多田羅浩三, 中島和江・他: 地域高齢者における尿, および便失禁: 出現頻度, 関連要因と生命予後. 日本公衆衛生雑誌, 1997, 44: 192-200.
- 4) 金 憲経, 吉田英世, 胡 秀英・他: 農村地域高齢者の尿失禁発症に関連する要因の検討—4年後の追跡調査から—, 日本公衆衛生雑誌, 2004, 51: 612-622.
- 5) EBMに基づく尿失禁診療ガイドライン. Mindsガイドラインライブラリ. <http://minds.jcqhc.or.jp/n/med/4/med0015/G0000039/0001> (閲覧日2020年7月28日).
- 6) 長島玲子, 蔵本美代子, 酒井康生・他: 中年女性の骨盤底筋訓練における収縮時の収縮感覚と筋運動について. 鳥根県立看護短期大学紀要, 2005, 11: 9-18.
- 7) 岡部みどり, 武井実根雄, 佐藤健次・他: 骨盤底筋訓練の効果的な指導方法. 日本排尿機能学会誌, 2002, 13: 258-268.
- 8) Lauper M, Kuhn A, Gerber R, et al.: Pelvic floor stimulation: what are the good vibrations? Neurourol Urodyn, 2009, 28: 405-410.
- 9) Stania M, Chmielewska D, Kwaśna K, et al.: Bioelectrical activity of the pelvic floor muscles during synchronous whole-body vibration—a randomized controlled study. BMC Urol, 2015, 15: 107.
- 10) Farzinmehr A, Moezy A, Koohpayehzadeh J, et al.: A comparative study of whole body vibration training and pelvic floor muscle training on women's stress urinary incontinence: three-month follow-up. J Family Reprod Health, 2015, 9: 147-154.
- 11) Lee J, Lee K, Song C: Determining the posture and vibration frequency that maximize pelvic floor muscle activity during whole-body vibration. Med Sci Monit, 2016, 22: 4030-4036.
- 12) Crevenna R, Cenik F, Margreiter M, et al.: Whole body vibration therapy on a treatment bed as additional means to treat postprostatectomy urinary incontinence. Wien Med Wochenschr, 2017, 167: 139-141.
- 13) 安木 興, 田中基八郎, 渡邊鉄也・他: サイン振動の検討. 感性工学研究論文集, 2002, 2: 73-80.
- 14) 小宮 諒, 浦邊幸夫, 笹代純平・他: 振動刺激を併用した骨盤底筋群エクササイズの即時効果. 理学療法科学, 2019, 34: 581-585.
- 15) Burns PA, Pranikoff K, Nochajski TH, et al.: A comparison of effectiveness of biofeedback and pelvic muscle exercise treatment of stress incontinence in older community-dwelling women. J Gerontol, 1993, 48: M167-M174.
- 16) Wyman JF, Fantl JA, McClish DK, et al. Continence Program for Women Research Group: Comparative efficacy of behavioral interventions in the management of female urinary incontinence. Am J Obstet Gynecol, 1998, 179: 999-1007.
- 17) 村山光義, 村松 憲: 動作映像の即時フィードバック用い

- た技術指導の効果—フライングディスク・サイドアームスロー導入時の事例—。慶応義塾大学体育研究所紀要, 2007, 46: 1-15.
- 18) 小澤治夫, 石田 譲, 岡崎勝博・他: 鉄棒単元におけるスポーツミラーによる運動画像の即時フィードバックの効果。北海道教育大学釧路校研究紀要, 2003, 35: 1-6.
- 19) 佐々木直基: 視覚的フィードバックが運動スキル獲得に与える影響。びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要, 2011, 8: 121-127.
- 20) 遠藤厚志: 視覚情報を活用した筋活動状態の評価に関する基礎的研究。熊本高等専門学校研究紀要, 2015, 7: 28-35.
- 21) 後藤百万, Donovan J, Corcos J・他: 尿失禁の症状・QOL 質問票: スコア化 ICIQ-SF (解説)。日本神経因性膀胱学会誌, 2001, 12: 227-231.
- 22) 小林たつ子, 仙波美幸, 五味千帆・他: 表面筋電図からみた姿勢の違いによる骨盤底筋と腹直筋の活動に関する研究。山梨県立大学看護学部紀要, 2008, 10: 59-69.
- 23) Rittweger J, Beller G, Felsenberg D: Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. Clin Physiol, 2000, 20: 134-142.
- 24) Cardinale M, Bosco C: The use of vibration as an exercise intervention. Exerc Sport Sci Rev, 2003, 31: 3-7.
- 25) Cochrane DJ, Loram ID, Stannard SR, et al.: Changes in joint angle, muscle-tendon complex length, muscle contractile tissue displacement, and modulation of EMG activity during acute whole-body vibration. Muscle Nerve, 2009, 40: 420-429.
- 26) Stewart JA, Cochrane DJ, Morton RH: Differential effects of whole body vibration durations on knee extensor strength. J Sci Med Sport, 2009, 12: 50-53.
- 27) Lemon RN: Descending pathways in motor control. Annu Rev Neurosci, 2008, 31: 195-218.
- 28) Park SH, Casamento-Moran A, Singer ML, et al.: Integration of visual feedback and motor learning: corticospinal vs. corticobulbar pathway. Hum Mov Sci, 2018, 58: 88-96.
- 29) Wolpert DM, Diedrichsen J, Flanagan JR: Principles of sensorimotor learning. Nat Rev Neurosci, 2011, 12: 739-751.
- 30) Glickstein M: How are visual areas of the brain connected to motor areas for the sensory guidance of movement? Trends Neurosci, 2000, 23: 613-617.
- 31) Jeannerod M, Arbib MA, Rizzolatti G, et al.: Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation. Trends Neurosci, 1995, 18: 314-320.
- 32) Stein JF: Role of the cerebellum in the visual guidance of movement. Nature, 1986, 323: 217-221.