



静的ストレッチングの伸張時間の違いが 動的バランスに及ぼす即時的効果

川村修二郎（東海大学大学院健康学研究科） 遠藤慎也（東海大学健康学部、東海大学スポーツ医科学研究所）

岡本武志（東海大学健康学部）

Immediate effects of different static stretching durations on dynamic balance

Shujiro KAWAMURA, Shinya ENDO and Takeshi OKAMOTO



Abstract

Static stretching (SS) is widely used as part of warm-up routines to increase flexibility; however, its immediate effects on performance-related outcomes remain controversial. While prolonged SS has been reported to impair muscle strength and power, the immediate effects of SS on dynamic balance, particularly in relation to stretching duration, have not been fully understood. The purpose of this study was to examine the immediate effects of 30-second and 60-second SS per muscle group on dynamic balance. Twenty-six healthy adults without lower-limb or lumbar injuries completed three randomized SS conditions: 0 seconds (control), 30 seconds, and 60 seconds. Stretching targeted hip flexion and ankle dorsiflexion. Dynamic balance was assessed using the Y-Balance Test, and muscle strength and range of motion were measured using isometric maximal voluntary contraction and active range of motion, respectively, before and after SS under each condition. Following SS, anterior reach distance decreased in both the 30-second and 60-second conditions, whereas posteromedial and posterolateral reach distances increased in the 60-second condition. However, no significant differences were observed between the 30-second and 60-second conditions for any dynamic balance measures. In addition, changes in dynamic balance were not significantly associated with changes in muscle strength or joint range of motion. These findings suggest that the immediate effects of SS on dynamic balance may be direction specific. Future studies should examine the effects of stretching duration, intensity, and other factors on dynamic balance.

Keywords: Static stretching, Dynamic balance, Warm up, Stretching duration

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 38, 19-26, 2026)

I. 緒言

運動・スポーツ実施前において運動パフォーマンス向上および傷害予防を目的として、静的ストレッチング（Static stretching：SS）と動的ストレッチング（Dynamic stretching：DS）が実施さ

れている^{1,2)}。この中でもSSは、反動や弾みをつけずにゆっくりと関節を可動させ、最大可動域付近においてその肢位を保持し、筋や腱を伸張させる方法であり¹⁾、運動指導現場での高い実施率に加え、生活習慣病を対象とした運動療法の現場においても実施されている^{1,2)}。

一方で、学術的な観点からは、SS実施による

運動パフォーマンスの低下に関する報告が数多く示されており、Behm and Chaouachi は、SS 実施により筋力やパワー、跳躍能力を即時的に低下させる可能性があることを報告している³⁾。そして、これらの影響は伸張時間に依存しており、1 筋群あたりの SS 伸張時間として、Behm and Chaouachi は 30 秒間³⁾、Kay and Blazevich や Warneke et al. は 60 秒間^{4,5)} を筋力やパワー低下の閾値であり、これらを超える伸張時間では筋力やパワーが低下する可能性が示唆されている。以上を踏まえると、運動実施前に SS が広く用いられている一方で、その実施が運動パフォーマンスの低下を招く可能性がある。しかし、これらの報告の多くは、運動パフォーマンスを規定する要素の一部に着目したものであり、その他の要素については十分な検討がされていない。

運動パフォーマンスに規定する要素の一つであるバランス能力は、様々な条件下で姿勢を制御しながら動作を遂行する能力と定義され⁶⁾、静的バランスと動的バランスの 2 つに分類される。その中でも動的バランスは、ある一定の軌道を保ちながら移動する際、物体に外力が加わってもその速度や軌道を維持する能力であり⁶⁾、様々なスポーツ場面における運動パフォーマンスを規定する重要因子である^{7,8)}。また、スポーツ場面以外でも、身体活動レベルや移動能力との関連性が示されており^{9,10)}、動的バランスはアスリートに限らず幅広い集団において重要な身体機能であると考えられる。以上より、運動実施前に広く実施されている SS が動的バランスに及ぼす即時的影響を明らかにすることは、運動パフォーマンス向上や身体活動促進に資する基礎的知見として意義深いと考える。

しかし、SS 実施による動的バランスの即時的影響についての研究は限られている。特に、SS にウォームアップ（有酸素運動や軽運動）を組み合わせた複合的介入を扱う研究は、主に安定性プラットフォームなど同系統の測定機器が用いられており、結果の比較検討が比較的容易である一方で¹¹⁻¹³⁾、SS のみを実施した研究では評価指標が

多様であり、知見の一貫した整理には課題が残されている¹⁴⁻¹⁷⁾。さらに、上述で示した筋力やパワーの低下の境目である 30～60 秒間の伸張時間を取り入れた研究は、現時点では Wang et al. による 30 秒間条件の報告に限られており¹⁶⁾、1 筋群あたり 60 秒間の SS 実施による動的バランスの変化はこれまでの研究では報告されていない。加えて、伸張時間別に見た際の 30 秒間および 60 秒間の変化の違いを検討した研究は、我々が知る限り十分に報告されていない。

そこで本研究は、1 つの筋群に対して 30 秒間または 60 秒間の SS を実施した際の、動的バランスの即時的変化を明らかにすることを目的とした。本研究は、運動パフォーマンスの維持・向上を前提として、動的バランスの向上に寄与する適切な SS の伸張時間を探索する点において、有用な基礎的知見を提供する意義がある。

Ⅱ. 方法

1. 対象者

対象者は、下肢および腰部に外傷や障害がない一般成人 26 人（男性：16 人 / 女性：10 人）とした。研究参加に先立ち、対象者には研究の目的、実験手順および測定方法について説明動画を用いて説明を行い、個人情報保護および研究参加が任意であることを十分に理解したうえで、文書による同意を得た。なお、本研究は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：25032）。

2. 実験デザイン

対象者には、実験前日から当日にかけて以下の事項に留意するよう依頼した。留意事項として、1) 激しい運動など身体に疲労を残す行為を控えること、2) 飲酒などバランス能力に影響を与える行動を避けること、3) カフェインの過剰摂取を控えること、4) 下肢または腰部に痛みがない状態で参加すること、5) 食後 2 時間以上が経過

した状態で実験に参加すること、の5点を求めた。

本研究では、各対象者に対し、異なる3つの伸張時間〔0秒間条件（コントロール条件）、30秒間条件、60秒間条件〕のSSを設定し、各条件は少なくとも72時間以上の間隔を空け、1条件につき1日、計3日間にわたりランダムな順序で実施した。

各条件における測定手順として、SS実施前に動的バランス測定、筋力測定、関節可動域測定の3種目について練習および本試行を行い、その後、各条件に応じたSSを実施した。SS実施直後には、同一の順序で再度3種目の測定を行った。なお、測定順序による影響を最小限に抑えるため、3種目の測定順序は、あらかじめ設定した2通りの順序のいずれかを無作為に割り当てた。(1) 動的バランス測定→筋力測定→関節可動域測定、(2) 動的バランス測定→関節可動域測定→筋力測定。

3. 静的ストレッチング (Static stretching : SS) 実施方法

SSの伸張動作は、動的バランスの測定項目であるYバランステストにおいて主に使用される筋群との関連性を踏まえ¹⁸⁻²⁰⁾、ハムストリングス

を対象とした股関節屈曲動作（図1）および下腿三頭筋を対象とした足関節背屈動作（図2）を設定した。SSの伸張時間については、1) 0秒間条件（コントロール条件）、2) 30秒間条件（30秒間×1セット）、3) 60秒間条件（60秒間×1セット）の3条件を設定し、SS実施時の伸張強度は、不快感や軽度の痛みを自覚する程度〔point of discomfort (POD) : 80~90%〕とした⁵⁾。そして、各条件において、SS終了から測定開始までの時間を統一する目的で、姿勢保持時間を以下のように設定した。(1) 0秒間条件では、約4分間の座位姿勢を保持させた。(2) 30秒間条件では、はじめに約2分間の座位姿勢を保持した後、約2分間でSSを実施した。(3) 60秒間条件では、座位保持は設けず約4分間でSSを実施させた。以上の設定により、SS実施後の時間経過による影響を最小限に抑えるよう配慮した。

4. 測定方法

本研究では、動的バランスの測定に加えて、筋力および関節可動域の測定を実施した。これは、動的バランスを含むバランス能力が筋力や関節可動域と関連することが報告されているためであ



図1 股関節屈曲動作
Fig. 1 Hip flexion movement



図2 足関節背屈動作
Fig. 2 Ankle dorsiflexion movement

る¹⁸⁻²⁰⁾。

動的バランス測定では、Y バランステスト (Y-Balance Test) を用いた。Y バランステストの成績には、足関節背屈動作および股関節屈曲動作が主要な影響因子であると報告されており¹⁹⁾、これらの関節運動は、本研究で実施した SS の伸張対象となる動作および筋群と関連している。また、検者間・検者内の測定においても高い信頼性が報告されており²¹⁾、動的バランスの評価指標として妥当性の高い検査法である。以上の点から本研究では、Y バランステストを測定項目として採用した。Y バランステストの測定は、Shaffer et al. の方法に基づいて実施した²¹⁾。本試行は、右脚を支持脚として実施した後、同一の手順で左脚を支持脚として実施した。評価は、利き脚および非利き脚に分類し、各方向 3 回の測定から算出した平均到達距離および 3 方向 (前方・後方内側・後方外側) の合計である複合リーチを、脚の長さ (仰臥位で上前腸骨棘から内果までの距離) で正規化した値を用いて行った。評価項目は、SS 実施前後における正規化した各方向の平均到達距離および複合リーチについて、利き脚および非利き脚に分類した計 16 項目とした。

関節可動域測定では、能動的関節可動域 (active range of motion : AROM) にて実施した。測定は股関節屈曲動作および足関節背屈動作を対象とし、股関節屈曲動作では Overmoyer et al.¹⁸⁾、足関節背屈動作では木村ら²³⁾ を参考に行った。本試行では、右脚から実施し、各測定動作について左右それぞれ 3 回の測定を行った。評価には、SS 実施前後に各 3 回測定した記録の平均値 (単位 : °) を用い、各動作について利き脚および非利き脚に分類した計 8 項目を評価項目とした。

筋力測定には、徒手筋力計 (Power Gauge、南波製作所) を用い、等尺性最大随意収縮 (isometric maximal voluntary contraction : MVC) を測定した。本研究では、SS によって伸張される筋群が、筋力測定において主働筋として関与するよう動作を設定した。具体的には、足関節背屈動作により主に伸張される下腿三頭筋については、同筋群が

主働筋となる足関節底屈筋力を、股関節屈曲動作により伸張されるハムストリングスについては股関節伸展筋力を評価指標として用いた。測定は股関節伸展筋力および足関節底屈筋力を対象とし、股関節伸展筋力は Lee et al.²⁰⁾、足関節底屈筋力は土井ら²²⁾ の方法を参考に実施した。本試行では、右脚から実施し、各測定動作について左右それぞれ 3 回の測定を行った。評価には、SS 実施前後に各 3 回測定した値の平均 (単位 : N) を用い、各動作について利き脚および非利き脚に分類した計 8 項目を評価項目とした。

5. 分析方法

統計解析には EZR (64-bit) を用いた。各条件および各評価項目について、SS 実施前後の測定値から変化量 (=SS 実施後 - SS 実施前) を算出した。SS 実施前後比較および伸張時間条件 (30 秒間条件と 60 秒間条件) の比較には、Shapiro-Wilk 検定で正規性を確認した上で、正規性が認められた場合には対応のある t 検定、認められなかった場合には Wilcoxon の符号付順位検定を実施した (有意水準 : $\alpha < 0.05$)。

SS 実施前後で有意な変化または変化傾向 ($\alpha < 0.1$) が認められた動的バランスの項目と筋力および関節可動域との関連性を検討した。相関分析では、正規性が認められた場合には Pearson の積率相関係数を算出し、正規性が認められなかった場合には Spearman の順位相関係数を算出した (有意水準 : $\alpha < 0.05$)。

Ⅲ. 結果

1. 対象者の一般的特性

対象者の一般的特性の平均値 ± 標準偏差を表 1 に示した。なお、本研究の実施期間を通じて対象者の離脱は認められず、全対象者がすべての測定条件を完遂した。

表1 対象者の一般的特性
Table 1 General characteristics of participants

	平均値 ± 標準偏差
年齢【歳】	20.1 ± 1.3
身長【cm】	166.3 ± 9.2
脚の長さ（利き脚）【cm】	86.0 ± 5.1
脚の長さ（非利き脚）【cm】	86.0 ± 5.1
体重【kg】	61.8 ± 11.8
全身筋肉量【kg】	46.0 ± 9.9
下肢筋肉量（利き脚）【kg】	7.8 ± 1.9
下肢筋肉量（非利き脚）【kg】	7.7 ± 1.8
運動実施頻度【日】	3.5 ± 2.3

表2 各伸張時間条件のSS実施前後比較

Table 2 Pre and post comparison of static stretching across each stretching duration

平均値 ± 標準偏差		0秒間条件		30秒間条件		60秒間条件	
		SS実施前	SS実施後	SS実施前	SS実施後	SS実施前	SS実施後
Yバランステスト	利き脚	前方	64.51 ± 5.95	64.25 ± 6.64	64.70 ± 5.98	64.34 ± 5.99	64.80 ± 7.17
		後方内側	101.27 ± 8.87	100.96 ± 8.75	103.36 ± 10.72	102.49 ± 10.11	101.79 ± 10.99
		後方外側	107.21 ± 8.36	107.98 ± 9.19	109.39 ± 12.10	108.48 ± 9.38	107.38 ± 9.53
		複合リーチ	91.00 ± 6.24	91.06 ± 6.69	92.48 ± 7.92	91.76 ± 6.96	91.32 ± 7.59
	非利き脚	前方	64.78 ± 7.25	64.72 ± 6.87	65.36 ± 6.81	64.42 ± 6.29*	64.86 ± 6.61
		後方内側	102.50 ± 9.16	102.66 ± 8.55	103.54 ± 11.39	103.90 ± 9.64	101.80 ± 9.86
		後方外側	107.75 ± 8.44	108.29 ± 8.47	108.08 ± 11.89	108.50 ± 10.15	106.69 ± 9.69
		複合リーチ	91.68 ± 6.54	91.89 ± 6.36	92.33 ± 8.58	92.27 ± 7.14	91.12 ± 7.11
能動的関節可動域	利き脚	足関節背屈動作	99.16 ± 9.40	99.64 ± 8.60	99.33 ± 8.66	101.18 ± 8.33***	100.55 ± 8.23
		股関節屈曲動作	76.16 ± 11.18	75.62 ± 11.04	75.21 ± 12.17	76.89 ± 10.28*	75.42 ± 11.24
	非利き脚	足関節背屈動作	101.31 ± 9.05	99.87 ± 9.22*	101.37 ± 8.00	101.32 ± 7.52	101.53 ± 8.72
		股関節屈曲動作	76.14 ± 11.06	76.68 ± 11.75	76.12 ± 11.03	78.49 ± 10.89***	76.68 ± 10.51
等尺性最大随意収縮	利き脚	足関節底屈筋力	518.29 ± 198.37	507.65 ± 211.42	523.59 ± 212.99	499.94 ± 214.64*	503.94 ± 191.62
		股関節伸筋筋力	287.45 ± 112.55	280.73 ± 109.11	291.67 ± 102.77	268.42 ± 103.74**	294.05 ± 106.70
	非利き脚	足関節底屈筋力	509.33 ± 203.01	512.62 ± 214.53	527.21 ± 232.54	494.06 ± 224.77*	490.78 ± 192.03
		股関節伸筋筋力	278.68 ± 106.32	272.55 ± 101.95	278.74 ± 103.77	258.50 ± 106.11*	274.10 ± 101.06

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

2. SS実施前後の動的バランス・関節可動域・筋力の比較（表2）

Yバランステストでは、非利き脚において、30秒間条件では前方が有意に低下し（ $p<0.05$ ）、60秒間条件でも同様の低下傾向が認められた。一方、後方内側はSS実施後に有意に向上し（ $p<0.05$ ）、後方外側についても向上傾向が認められた。

能動的関節可動域では、30秒間条件では、足関節背屈動作（利き脚）（ $p<0.001$ ）および股関節屈曲動作（利き脚・非利き脚）（利き脚： $p<0.05$ 、非利き脚： $p<0.001$ ）においてSS実施後に有意な向上が認められた。一方、60秒間条件では、股関節屈曲動作において関節可動域の向上が認めら

れ、特に非利き脚では有意な向上が認められた（ $p<0.01$ ）。

等尺性最大随意収縮について、30秒間条件では、足関節底屈筋力（利き脚・非利き脚）（ $p<0.05$ ）および股関節伸筋筋力（利き脚・非利き脚）（利き脚： $p<0.01$ 、非利き脚： $p<0.05$ ）においてSS実施後に有意な低下が認められた。一方、60秒間条件では、股関節伸筋筋力（利き脚）のみに有意な低下が認められた（ $p<0.05$ ）。

3. 伸張時間条件による動的バランス・関節可動域・筋力の比較（表3）

Yバランステストについて、30秒間条件では動

表3 30秒間条件 vs 60秒間条件の伸張時間条件の比較
Table 3 Comparison of stretching durations between the 30-Second and 60-Second conditions

平均値±標準偏差		30秒間条件	60秒間条件
Yバランステスト	利き脚	前方	-0.36±2.40
		後方内側	-0.87±6.01
		後方外側	-0.94±6.13
		複合リーチ	-0.72±4.01
	非利き脚	前方	-0.94±2.31
		後方内側	0.36±5.70
		後方外側	0.42±5.80
		複合リーチ	-0.05±3.90
能動的関節可動域	利き脚	足関節背屈動作	1.85±3.02
		股関節屈曲動作	1.68±3.61
	非利き脚	足関節背屈動作	-0.05±3.25
		股関節屈曲動作	2.38±2.89
等尺性最大随意収縮	利き脚	足関節底屈筋力	-23.65±58.54
		股関節伸筋力	-23.24±32.19
	非利き脚	足関節底屈筋力	-33.14±70.11
		股関節伸筋力	-20.24±37.81

n.s : p ≥ 0.05

的バランスに低下傾向、60秒間条件では前方方向に低下傾向、後方内側・後方外側および複合リーチでは向上傾向がみられたが、すべての項目で有意な差は認められなかった。また、能動的関節可動域および等尺性最大随意収縮においても30秒間条件と60秒間条件の間に有意な差は認められなかった。

4. 動的バランスと筋力・関節可動域との関連性

「2. SS実施前後の動的バランス・関節可動域・筋力の比較」の結果から、30秒間条件では前方（非利き脚）、60秒間条件では前方（非利き脚）、後方内側（非利き脚）、後方外側（非利き脚）を対象として、これらの変化量と筋力および関節可動域のSS実施前後の変化量との関連性を検討するための相関分析を実施した。しかし、いずれの項目においても有意な相関関係は認められなかった。

IV. 考察

本研究では、健常な一般成人を対象に、30秒間および60秒間のSS実施が、動的バランスに及ぼす即時的影響を検討した。その結果、両条件とも前方の到達距離は低下した一方、60秒間条件では

後方内側および後方外側方向の到達距離が向上した。しかし、伸張時間条件による変化の違いと動的バランスと筋力および関節可動域の有意な関連性はみられなかった。

SS実施前後の動的バランスの変化について、先行研究では長時間のSSを行うことで動的バランスは向上することが報告されている¹⁴⁻¹⁷⁾。本研究では、30秒間および60秒間のSS実施では前方に低下が認められた一方、60秒間のSSでは後方内側および後方外側で向上が認められた。この方向依存的な変化の要因として、バランス能力を構成する筋力、関節可動域、神経的要因の寄与度が方向ごとに異なることに起因すると考えられる。SS実施による即時的変化として、筋腱の弾性変化や収縮機能の抑制といった力学的要因に加え、受容器からのフィードバック低下などの神経的要因があり、これらが筋力低下や関節可動域の向上につながることを報告されている²⁴⁾。そのため、前方では、高い筋出力が要求されたことで、SS実施による神経抑制や力発揮低下の影響が相対的に強く表れ、到達距離の低下につながった可能性が考えられる。一方で、後方内側および後方外側では、SS実施によって生じた関節可動域の向上が、可動域制限の軽減や動作自由度の拡大を通じて、到達距離の向上に寄与した可能性があると考えられる。

伸張時間条件の比較について、先行研究では筋力は30秒間以上のSS実施で筋力が低下³⁾、関節可動域では少なくとも10秒間のSS実施で向上することが報告されている⁵⁾。これらを踏まえると、本研究において30秒間条件の時点で、筋力低下、神経抑制、関節可動域向上といったSSの主要な即時効果が既に生じており、30秒間条件と60秒間条件の間に、動的バランスの変化として明確な差が認められなかった可能性があると考えられる。

最後に、動的バランスと筋力および関節可動域に有意な相関関係は認められなかった。先行研究では、Yバランステストにおいて、前方では足関節背屈動作の柔軟性（主に下腿三頭筋）、後方内側および後方外側では股関節屈曲動作の柔軟性や

股関節伸展筋力（主にハムストリングス）が関連することが報告されている^{18, 20)}。しかし、本研究ではこれらの指標との間に相関関係は認められなかった。実際、バランス能力は筋力や関節可動域だけでなく、多因子的な制御機構の統合的成果であると報告している⁶⁾。そのため、本研究では、SS実施後による動的バランスの変化が、単一の身体機能指標では説明できない複雑な構造を有している可能性があると考ええる。今後は、バランス能力の規定因子を多角的に測定・探索するとともに、筋力や関節可動域を含む各規定因子の寄与度を明確にしていく必要がある。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、神経的要因を直接評価できなかったため、結果の解釈は主に身体的要因に限定される可能性がある。第二に、伸張強度を主観的感覚に依存したため、負荷の均質性や再現性に制約があった。第三に、測定順序による疲労や筋活動変化の影響を排除できなかった点である。第四に、性差や運動経験・習慣などの個人差を統制できず、SS実施による変化にこれらの影響が含まれる可能性がある。今後は、神経的要因の評価、客観的伸張強度の統制、測定順序や対象者特性の考慮を行い、SS実施による動的バランスへの即時的影響をより精緻に検討する必要がある。

V. 結論

本研究では、単一の筋群に対して30秒間または60秒間のSSを実施した際の動的バランスの即時の変化を検討した。その結果、30秒間条件および60秒間条件のいずれにおいても前方の到達距離は低下傾向もしくは有意な低下が認められた。一方、60秒間条件では後方内側および後方外側方向の到達距離が有意な向上もしくは向上傾向が認められた。しかし、伸張時間条件間におけるYバランステストの変化量に有意な差は認められず、動的バランスの変化と筋力および関節可動域の間にも有意な関連は認められなかった。今後は、伸張

時間や伸張強度などの条件を多角的に検討するとともに、筋力や関節可動域以外の要因を含めた動的バランスの規定因子について検討する必要がある。

謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただいた皆様に心から感謝いたします。とりわけ、遠方よりご参加くださった学外協力者の皆様には、研究遂行に多大なご尽力を賜り、ここに深く感謝申し上げます。また、測定やデータ収集、研究手続きにご支援くださった関係者の皆様にも、心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 山口 太一. 競技パフォーマンスとストレッチング. 体育の科学. 2015; 65(6): 378-391.
- 2) Takeuchi K, Nakamura M, et al. A Survey of static and dynamic stretching protocol. Int J Sport Health Sci. 2019; 17: 72-79.
- 3) Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. Eur J Appl Physiol. 2011; 111(11): 2633-2651.
- 4) Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. Med Sci Sports Exerc. 2012; 44: 154-164.
- 5) Warneke K, Thomasd E, Blazevich AJ, et al. Practical recommendations on stretching exercise: A Delphi consensus statement of international research experts. J Sport Health Sci. 2025; 14.
- 6) 伊藤 俊一. PT・OTのための測定評価DVD Series5 バランス評価—観察と計測. 第2版. 三輪書店; 2016: 2-7.
- 7) Zemková E, Kováčiková Z. Sport-specific training induced adaptations in postural control and their relationship with athletic performance. Front Hum Neurosci. 2023; 16: 1-14.
- 8) Butler RJ, Bullock G, Arnold T, et al. Competition-Level Differences on the Lower Quarter Y-Balance Test in Baseball Players. J Athl Train. 2016; 51(12): 997-1002.

- 9) Huang X, Yan Z, et al. The influence of different levels of physical activity and sports performance on the accuracy of dynamic lower limbs balance assessment among Chinese physical education college students. *Front Physiol.* 2023; 14.
- 10) 猪飼哲夫, 辰濃尚, 宮野佐年. 歩行能力とバランス機能の関係. *リハビリテーション医学.* 2006; 43; 828-833.
- 11) Costa PB, Graves BS, et al. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(1): 141-147.
- 12) Chatzopoulos D, Galazoulas C, et al. Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. *J Sports Sci Med.* 2014; 13(2): 403-409.
- 13) Denerel N, Ergün M, et al. The acute effects of static or dynamic stretching exercises on dynamic balance performance. *Turk J Sports Med.* 2019; 54(3): 148-157.
- 14) Handrakis JP, Southard VN, Abreu JM, et al. Static stretching does not impair performance in active middle-aged adults. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(3): 825-830.
- 15) Jung EY, Jung JH, Cho HY, et al. Effects of plantar flexor stretching on static and dynamic balance in healthy adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(2): 1462.
- 16) Wang B, et al. Neuromuscular and balance adaptations following acute stretching exercise: a randomized control trial. *Front Physiol.* 2024; 15: 1-8.
- 17) Lohmann LH, Zech A, Plöschberger G, et al. Acute and chronic effects of stretching on balance: a systematic review with multilevel meta-analysis. *Front Med.* 2024; 11.
- 18) Overmoyer GV, Reiser RF 2nd. Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y Balance Test. *J Strength Cond Res.* 2015; 29(5): 1240-1247.
- 19) Kang MH, Kim GM, Kwon OY, et al. Relationship Between the Kinematics of the Trunk and Lower Extremity and Performance on the Y-Balance Test. *PM&R.* 2015; 7(11): 1152-1158.
- 20) Lee DK, Kang MH, Lee TS, et al. Relationships among the Y balance test, Berg Balance Scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Braz J Phys Ther.* 2015; 19(3): 227-234.
- 21) Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Mil Med.* 2013; 178(11): 1264-1270.
- 22) 土井真里亜, 浦辺幸夫, 山中悠紀, 他. 静的および動的ストレッチ後に生じる 足関節可動域と筋力の経時的変化. *理学療法科学.* 2010; 25(5): 785-789.
- 23) 木村和樹, 西倉尊, 五十嵐貴大. 健常若年成人における膝関節角度が足関節背屈の自動的関節可動域に及ぼす影響. *日本糖尿病病理学療法学雑誌.* 2022; 1(1): 54-62.
- 24) Ruchi Shah, Marina W. Samuel, Jongsang Son. Acute and Chronic Effects of Static Stretching on Neuromuscular Properties: A Meta-Analytical Review. *Applied Sciences.* 2023; 13(21).