

視覚障害者スポーツ領域に有用となる視覚障害者を対象とした重心動揺計を用いた バランス能力評価に関する研究 (B: 健常運動部学生および競艇学校の訓練生編)

鈴木康裕¹, 岩渕慎也¹, 加藤秀典¹, 田邊裕基¹, 中田綾子¹
石川公久¹, 青木麻美¹, 久保匡史¹, 山崎正志^{1,2}, 羽田康司^{1,2}

要旨

アスリートの競技パフォーマンスの向上には身体バランスを保つことが不可欠であり、動的バランスが関与すると考えられている。我々は、動的バランスの指標である IPS, MIPS, 閉眼片脚立ちを用いて、健常者を対照とした様々な種目の運動部学生および競艇学校の訓練生との比較を行うことで、競技毎のバランス能力の特性を検討した。対象は 179 名 (男性 119 名, 女性 60 名), 平均年齢は 20.7±2.2 歳 (19~29 歳) であった。対照群との比較の結果, MIPS は競艇群が優れ ($p < 0.05$), 水泳群が劣っていた ($p < 0.01$)。閉眼片脚立ちは, サッカー群のみが優れていた ($p < 0.01$)。MIPS および閉眼片脚立ちの双方が優れていたのは体操群のみであった ($p < 0.01$, $p < 0.05$)。一方, 野球群は全ての指標においても優れてはいなかった。IPS は, どの競技においても殆ど差が認められない結果であった。本研究の結果として, 競艇・水泳・サッカー・体操・野球の各競技におけるバランス特性が明らかとなり, MIPS および閉眼片脚立ちは, 運動競技における有効なバランス評価の指標として有効である可能性が示唆された。

運動競技における有効なバランス評価の指標は, MIPS および閉眼片脚立ちであることが示唆された。

キーワード: 健常者, 運動部学生, 競艇訓練生, 重心動揺計, 姿勢安定度評価指標

研究内容

【目的】

アスリートにとって, 身体バランスを保つことは競技パフォーマンスを向上させるために重要である。

バランス能力の定義は, 静的と動的に大別できるが¹⁾, アスリートの競技パフォーマンスと関連するのは, 動的バランスと考えられている²⁾。動的バランスは, 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標 (index of postural stability: 以下 IPS), その修正版である修正 IPS (modified index of postural stability: 以下 MIPS), また片脚立ちが定義されている³⁾。

この中で, 閉眼および軟面上での環境下で行う MIPS が近年, 注目されている³⁾。MIPS は, 閉眼および軟面上立位の負荷により視覚情報が遮断され, また足底からの感覚情報が錯乱されるなど, デュアルタスクのかかった難度の高いバランス検査である⁴⁾。立位保持における重心動揺は, 視覚情報と体性感覚の入力を同時に制限された場合に 15 倍も増大し⁵⁾, また視覚情報と足底感覚が同時に錯乱された場合の重心動揺 (Sensory Organization Test) は, 再転倒を予測するのに最適な要因であることが報告されている⁵⁾。そのため MIPS は, より高度なバランス能力を要求される, よりバランス能力の高い健常アスリートに適合した重要な指標になることが期待できる。我々は,

MIPS を含めた動的バランスの指標を用いて, 健常者を対照群とした様々な種目の運動部学生群および競艇学校の訓練生 (以下学生訓練生) 群と比較を行うことで, 競技毎のバランス能力の特性が明らかになるものと考えた。

本研究の目的は, 動的バランス指標を用いた競技毎のバランス特性を検討することであり, また, MIPS と関連した身体機能の探索を行うため, バランスを構成する要素と考えられている体組成, 体性感覚, 下肢筋力と MIPS との関連についても併せて検討を行うことにした。

【対象】

研究参加者は, 健常な当院職員および大学生運動部学生, 競艇競技養成校の訓練生, 合計 179 名 (男性 119 名, 女性 60 名) であり, 平均年齢は 20.7±2.2 歳 (19~29 歳) であった。本研究内容については筑波大学附属病院倫理委員会の承認を得ている (承認番号: H26-29)。

【方法】

バランス検査
重心動揺検査

本研究の測定には, 重心動揺計 (アニマ社製グラビコーダ GS-10 type C: 測定周波数 20 Hz) および軟面マット AIREX® Balance-pad plus (AIREX AG

社製, 25%圧縮抵抗 20 kPa, 密度 5 kg/m³, 張力 260 kPa, 410×500×60mm) を用いた。

IPS の検査手順は, 望月らの報告⁶⁾に則り実施し, その検査結果から IPS を「log [(安定性限界面積 + 重心動揺面積) / 重心動揺面積]」として計算した。ここで, 安定性限界面積は, 「前後の重心移動距離 × 左右の重心移動距離」の矩形面積として計算され, 重心動揺面積は, 「前方・後方・右方・左方・中央の 5 条件下の平均値」として計算された (図. 1)。IPS は開眼・硬面上での姿勢安定度評価指標とし, 閉眼・軟面上での姿勢安定度評価指標は MIPS とした。

閉眼片脚立ち検査

片脚立位保持時間の測定を上限を 1 分間とし閉眼片脚立ち保持時間 (sec, 以下閉眼片脚立ち) の左右両側の平均値を計測した。

体組成

In Body 770 (インボディー社製) にて体脂肪量 (Kg) および除脂肪量 (Kg) を算出し計測値とした。また身長 (m) および体重 (Kg) から BMI (body mass index) を求め計測値とした。

体性感覚

振動覚は, 音叉 (ニチオン社製 C-128 Hz アルミ音叉) にて左右の平均値 (秒) を計測された (深部感覚)。

足底感覚は, 二点識別覚 (秒) をノギスにて左右の平均値にて計測され, さらに足底触圧覚 (size) は Semmens-Weinstein (以下 SMW) モノフィラメント (酒井医療社製) を用いて, 20 段階評価にて計測された。

下肢筋力

膝伸展筋力 (60° /秒 : Nm/Kg) および膝伸展筋持久力 (300° /秒 : J) は, トルクマシーン (biodesx system3, 酒井医療社製) にて効き側の等速性筋力にて計測された。

足関節背屈筋力 (Kgf) は, ハンドヘルドダイナモメーター (以下 HHD, 徒手筋力測定器 μ Tas-MF01, アニマ社製) を用いて等尺性背屈筋力を, 左右両側平均値にて計測された。

足趾筋力 (Kgf) は, 足趾間圧力計測器 (日伸産業株式会社製) を用いて, 左右両側の平均値を計測した。

統計解析

バランス特性を検討するため, IPS, MIPS, 閉眼片脚立ちについて, 10 名以上の被検者が確保できた競技の対象者群と対照 (健常) 群との比較を, 対応のない t 検定を用いて行った。また, MIPS との関連要因を検討するため, 欠損データのない対象競技者において, MIPS と各身体機能を Pearson の積率相関関係を用いて相関関係の検討を行った。使用統計ソフトは SPSS (ver21) を用い, 全ての統計有意水準は 5%未満とした。

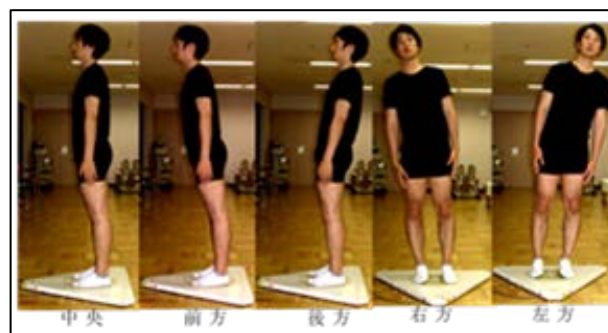
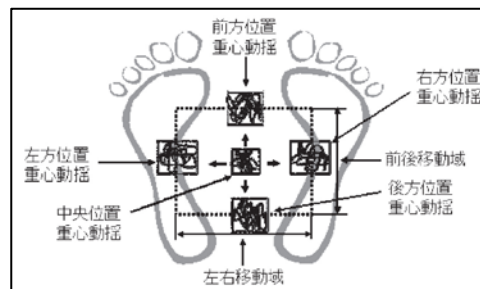


図 1. IPS の評価概要

表 1. 全対象の属性

属性	N	男/女	年齢(age)	身長(m)	体重(Kg)	BMI (Kg/m ²)
健常	25	12/13	22.1 ± 2.0	1.65 ± 0.09	57.8 ± 11.4	21.1 ± 2.8
水泳	33	19/14	19.9 ± 1.4	1.71 ± 0.08	65.4 ± 8.0	22.4 ± 1.4
野球	27	27/0	19.6 ± 1.0	1.74 ± 0.05	71.2 ± 12.7	23.5 ± 4.2
競艇	26	18/8	21.8 ± 3.4	1.63 ± 0.07	51.3 ± 3.2	19.4 ± 1.0
サッカー	30	20/10	19.8 ± 1.2	1.67 ± 0.07	62.4 ± 8.6	22.2 ± 2.0
バレー	6	2/4	20.3 ± 2.0	1.63 ± 0.08	55.2 ± 5.1	20.9 ± 1.4
フット	3	3/0	20.7 ± 2.1	1.71 ± 0.02	73.2 ± 5.3	25.1 ± 1.2
自転車	3	3/0	20.3 ± 0.6	1.72 ± 0.05	69.3 ± 11.9	23.3 ± 2.7
テニス	5	0/5	19.6 ± 0.5	1.60 ± 0.02	55.7 ± 1.6	21.8 ± 1.1
馬術	3	3/0	20.7 ± 0.6	1.72 ± 0.07	60.7 ± 1.5	20.7 ± 1.7
ラグロス	3	3/0	20.0 ± 0.0	1.73 ± 0.03	70.2 ± 1.8	23.4 ± 0.3
体操	15	9/6	22.3 ± 2.5	1.63 ± 0.08	57.5 ± 7.2	21.5 ± 1.2
合計	179	119/60	20.7 ± 2.2	1.67 ± 0.08	61.6 ± 10.7	21.8 ± 2.6

表 2. バランス能力における各競技の比較

	IPS	MIPS	閉眼片脚立ち(sec)
対照群(n=25)	2.05±0.20	0.71±0.24	38.3±19.6
水泳群(n=33)	2.08±0.16	0.50±0.21**	43.4±18.8
野球群(n=27)	1.82±0.22**	0.66±0.23	45.7±18.0
競艇群(n=26)	2.06±0.17	0.90±0.21*	46.1±17.0
サッカー群(n=30)	2.13±0.19	0.81±0.20	58.1±4.6**
体操群(n=15)	2.15±0.14	0.96±0.24**	52.6±13.4*

*: p < 0.05, **: p < 0.01 (対健常)

表 3. 各競技のバランスタイプ

競技	
MIPS(両足立ち)型	競艇 水泳
片脚(閉眼片脚立ち)型	サッカー
両方(両足&片脚)型	体操
無関係型	野球

表 4. MIPS と各身体機能との関連および対象の属性

	r	p
身長(m)	-0.25	< 0.01**
体重(Kg)	-0.21	0.04*
BMI(Kg/m ²)	-0.06	0.57
振動覚(sec)	-0.05	0.60
二点識別覚(mm)	-0.10	0.31
SMW(size)	0.36	< 0.01**
握力(Kg)	-0.18	0.08
膝伸展筋力(Nm/Kg)	0.15	0.13
膝伸展筋持久力(J)	-0.03	0.79
足背屈筋力(Kgf)	0.26	< 0.01**
足趾筋力(Kgf)	-0.10	0.33
脂肪量(Kg)	-0.04	0.68
除脂肪量(Kg)	-0.16	0.12

*: p < 0.05, **: p < 0.01 N=98

N	98	
男/女	65 / 33	
年齢(age)	20.2 ±	1.9
身長(m)	1.69 ±	0.08
体重(Kg)	63.8 ±	8.4
BMI(Kg/m ²)	22.3 ±	1.7

水泳	33	自転車	3
野球	3	テニス	5
サッカー	30	馬術	3
バレー	7	ラクロス	3
アメフト	3	体操	8

【結果】

全対象の身体的特徴の属性について表 1 に示した。競技種目は、全 11 種目であった。表 2 に対照群と比較した各競技群（水泳・野球・競艇・サッカー・体操）のバランス検査（IPS, MIPS, 閉眼片脚立ち検査）の結果を示した。これらの結果を踏まえ、各競技のバランス特性をタイプ別に分類し表 3 に示した。

MIPS との関連要因について検討を行った結果を表 4 に示した。身長, 体重, 足底触圧覚, 足関節背屈筋力に有意な関連性が認められた。

【考察】

本研究にて各種競技の学生訓練生を対象としたバランス特性について検討を行った結果, 競技バランス特性は, MIPS (両足立ち) 型, 片脚 (閉眼片脚立ち) 型, 両方 (両足&片脚) 型, 無関係型に分類される可能性が示唆された。

これらによるバランス特性は, 競技特性によって反映された可能性がある。ボールを足で扱うサッカー競技は, 片脚立ちになる機会が多いため片脚立ちバランスに優れ, 水面に浮かぶボート上で両足のバランス保持を行いながら操艇する競艇競技は, 両足立ちバランスに優れると解釈できる。また, 競技そのものにバランスや姿勢保持の美しさを求められる体操競技においては, 片脚, および両足双方のバランス特性が求められると考えられる。一方, 非重力下での水中でバランスを保つ水泳競技においては, 主に身体のしなやかさが求められ, 立位すなわち重力下での不安定な環境下で行われる MIPS に対応できなかった可能性がある。また野球競技は, 特段に繊細なバランス能力を求められない競技であると考えられた。

今回の調査により, MIPS では健常者より優れた競技は認められず, 競技能力を高めることで視覚的情報に対する非依存性が生じた結果と考えられる。先行研究において, アスリートは一般人に比べて, また競技レベルが高いほど視覚依存性が低くいと報告されており⁷⁾, 今回の研究結果を支持するものであった。

MIPS と関連因子の検討を行った結果, MIPS は体組成, 足底触圧覚, 足関節背屈筋力が関連する可能性が示された。低身長および低体重ほど MIPS が高値であることが示され, 身体重心のある仙骨部の位置が低いことや, 体格が小柄であることが有利に働いた可能性がある。また先行研究において, アスリートは体性感覚によるバランス能力が優れていると報告されており⁷⁾, 今回 MIPS と足底触圧覚の関連が明らかとなったことは先行研究を支持する結果となった。そして人が不安定な環境下で姿勢制御を行うには, 足関節戦略が効果的であると考えられており^{8,9)}, 今回の研究結果により MIPS が足関節戦略の一環である足関節筋力との関連が示されたことは, 先行研究を支持するものであった。

【結論】

本研究では, 健常者を対照群とした各種運動競技の学生訓練生とのバランス評価の比較を行った結果, 競艇・水泳・サッカー・体操・野球のバランス特性が明らかとなった。

参考文献

1. Nardone A, Schieppati M. (2010). The role of instrumental assessment of balance in clinical decision making. *Eur J Phys Rehabil Med*; 46(2), 221-237.
2. Davlin CD. (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills*; 98(3 Pt 2), 1171-6.
3. 鈴木康裕・中田由夫, 加藤秀典・他 (2015) 重心動揺計を用いた動的バランス能力と年齢の関連. *体力科学*, 64(4), 419-425.
4. 鈴木康裕・加藤秀典・田邊裕基・他 (2016) 軽度神経障害合併糖尿病患者における姿勢安定度評価指標を用いたバランス能力について. *理学療法科学*, 31(1), 1-5.
5. Bonnet CT, Ray C. (2011). Peripheral neuropathy may not be the only fundamental reason explaining increased sway in diabetic individuals. *Clin Biomech*; 26(7), 699-706.
6. 望月久, 峯島孝雄 (2000) 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性. *理学療法学*. 27(6), 199-203.
7. Tokita T. (1995), Stabilometry- with Reference to Focal Diagnosis in Patients with Equilibrium Disturbances-. *Equilibrium Res*, 60(1), 44-55.
8. Simmons RW, et al. (1997). Postural stability of diabetic patients with and without cutaneous sensory deficit in the foot. *Diabetes Res Clin Pract*; 36(3), 153-60.
9. Giacomini PG, et al. (1996). Postural rearrangement in IDDM patients with peripheral neuropathy. *Diabetes Care*; 19(4), 372-4.

¹ 筑波大学附属病院リハビリテーション部

² 筑波大学医学医療系臨床医学域