

事例・症例報告

片側上肢切断・欠損パラリンピッククロスカントリースキー選手に対する  
姿勢・動作アセスメントに関する一考察

A Study of the Postural Alignment and Movement Assessment  
for Paralympic cross-country skiers with unilateral arm impairments

高橋佐江子<sup>1)</sup>, 鈴木栄子<sup>1)</sup>, 中本真也<sup>1)</sup>, 大石益代<sup>1)</sup>, 千葉夏実<sup>1)</sup>, 加藤英人<sup>1)</sup>, 木戸陽介<sup>1)</sup>  
Saeko Takahashi<sup>1)</sup>, Eiko Suzuki<sup>1)</sup>, Shinya Nakamoto<sup>1)</sup>, Masuyo Oishi<sup>1)</sup>,  
Natsumi Chiba<sup>1)</sup>, Hideto Kato<sup>1)</sup>, Yosuke Kido<sup>1)</sup>

**Abstract:** Athletes are required to be able to make certain essential movements in their sports in order to perform well and to prevent injuries. Not only strength, power, speed, and agility but also posture and movement pattern are very important component to improve their performance. Applying movement screening test and analyzing the movements are essential for athletes to determine what they need to improve. High Performance Gym (HPG) at Japan Institute of Sports Sciences (JISS) has been providing Functional Assessment for Athletic Body (FAAB) to the Olympic athletes and Paralympic athletes since 2013. FAAB includes 9 movements, and each movement is filmed with three cameras from front (or back), side, and above. The picture from above is very useful to detect the dysfunction of the movements on horizontal plane such as pelvic rotation. We analyzed the posture and thoracic rotation movement in sitting of three Paralympic cross-country skiers with unilateral arm impairment. They have a tendency that their scapula on affected side are sitting higher and more forward and that the thoracic rotation is limited on affected side compare to the unaffected side. Those dysfunction coming from their impairment may affect their movement and performance. Specific exercises and training might be required to improve those asymmetry and inefficient movements. This report mentions that how we assess and analyze their posture and movement, and how we apply those results in order to provide the training programs for Paralympic athletes.

**Key words:** Paralympic, cross-country ski, unilateral arm, posture, alignment

キーワード: パラリンピック、クロスカントリースキー、上肢切断・欠損、姿勢、アライメント

---

<sup>1)</sup> 国立スポーツ科学センター

<sup>1)</sup> Japan Institute of Sports Sciences

〒115-0056 東京都西が丘 3-15-1

E-mail : saeko.takahashi@jpnssport.go.jp

受付日 : 2018年 10月 9日

受理日 : 2019年 1月 7日

## I. 緒言

傷害予防やパフォーマンスの向上のためには、筋力・パワー・スピード・アジリティーだけでなく、良い姿勢や効率のよい動き・動作パターンの習得が必要とされている<sup>1,2,8,11)</sup>。姿勢や動作に関するスクリーニングテストを行い分析することにより、アスリートにとって重要な動作を行える能力の有無を分析することは非常に重要である<sup>2,3)</sup>。国立スポーツ科学センター（以下 JISS）ハイパフォーマンス・ジム（以下 HPG）では、2013 年度より姿勢や動作のアセスメントの一つとして、**Functional Assessment for Athletic Body**（以下、**FAAB**）を実施し、トレーニングサポートやリハビリテーションにつなげている<sup>12,15)</sup>。FAAB は 3 台のカメラを使用し、3 方向（前または後方、側方、上方）から同時に撮影を行うことが可能である。パフォーマンスの向上や傷害予防において、前額面や矢状面での動きだけでなく、水平面上の動きを評価する研究が増加してきている<sup>7,9,13)</sup>。FAAB で上方から撮影している映像は、一般的には簡易に撮影できないアングルであるため、上半身や骨盤の水平面上の回旋の動きを評価するのに有効である<sup>12)</sup>。また水平面上の骨盤の回旋の動きを正確に評価するため、選手には HPG 独自で作成したマーカーを装着してもらい、より良いフィードバックに努めている。撮影を行う際は立ち位置などを細かく規定し、毎回同じ条件でデータを集めているため、経時的に姿勢や動作を分析しやすく、前回実施時との比較やトレーニング前後での比較を正確に行える事が大きなメリットの 1 つである。FAAB の基本的な動きは、1)片脚立位姿勢、2)前屈、3)後屈、4)座位上半身回旋、5)荷重位足関節背屈、6)オーバーヘッドスクワット、7)片脚スクワット、8)両脚立位姿勢、9)ボックスドロップジャンプの 9 種類であり、撮影後にはその結果を一枚の紙にまとめ、選手やコーチ・トレーナーにフィー

ドバックを行っている(図 1)。依頼があれば結果だけではなく、FAAB のデータを元にしたエクササイズを提供し、過剰な非対称性の動作、制限された動き、アライメント不良等に対するアプローチを実施している。

近年パラリンピック選手に関するデータに注目が集まり、多くの研究者・科学者が研究を行っている。パラリンピック選手のパフォーマンスを理解する上でもバイオメカニクスの観点からの研究は重要である<sup>4,16)</sup>。JISS では、FAAB をオリンピック競技の選手だけでなくパラリンピック競技の選手にも実施し始めており、パラリンピッククロスカントリースキー競技に関しては 2015 年以降、7 回以上に渡りフィットネスチェックの一環として実施してきた。また、クロスカントリースキーの競技特性を考慮し<sup>6,10)</sup>、各動作と選手やコーチが競技中に改善点としている動作を照らし合わせ、分析・評価を行っている。特に上方から撮影する映像は、前額面、矢状面では確認することが難しい骨盤や胸郭の水平面上の回旋動作をみることができ、選手へのフィードバックに役立っている。

今回、上肢切断・欠損を有する 3 名のパラリンピッククロスカントリースキー選手の FAAB 撮影結果から、水平面上や前額面上のアライメントの左右差に関して一定の知見を得たので報告する。

## II. 症例

### 1. 対象選手

本報告の対象選手は、JISS HPG において、フィットネスチェックで FAAB を実施した、片側上肢切断・欠損を有する男性のパラリンピッククロスカントリースキー選手 3 名とした。各選手の身体的特徴および分析対象とした FAAB の実施年月日は表 1 に示した。全選手 3 名の障害側は左、非障害側は右であった。



## 2. 撮影方法

撮影時、選手は身体に密着する薄い服装に着替え、身体の13ヵ所(踵骨、アキレス腱、膝蓋骨、上前腸骨棘下端、腸骨稜上端、肩甲骨下角、肩峰)にマーカーを貼り付けた(図2)。足部のマーカーは幅1.8cm、長さ10cmのテープを用いて、前額面上の踵骨のアキレス腱附着部から遠位方向に向かって踵骨底辺の中心を通るよう踵骨のマーカーを貼り、アキレス腱のマーカーは近位方向に向かって腱の走行に沿って貼布した(図2.e)。選手の動作に支障をきたさないよう、踵骨とアキレス腱のマーカーとの間は数ミリあけた。膝蓋骨の中心には、直径3cmの円形のマーカーをつけた(図2.c)。3方向のカメラで撮影する画像から骨盤の動きが把握

しやすいよう、台形のマーカーを左右の腸骨稜上端を結ぶ線上につけた(図2.a,b,d)。選手が腕を体側に下ろし自然な立位姿勢の状態、上前腸骨棘下端には直径2.5cm(図2.c)、肩甲骨下角の頂点と肩峰には直径1.8cmの円形のマーカーをつけた(図2.a,b,d)。肩峰のマーカーは、3方向のカメラで撮影する全ての画像に映るように貼布した。8種類の動作(片脚立位姿勢、前屈、後屈、座位上半身回旋、荷重位足関節背屈、オーバーヘッドスクワット、片脚スクワット、両脚立位姿勢)の静止画、およびボックスドロップジャンプの動画を撮影した。全ての静止画および動画は、前額面、矢状面、水平面を同時に撮影した。日常的にオリンピックおよびパラリンピック選手のFAABの撮影を行って



図2. FAAB撮影時の服装およびマーカーの位置

a) 肩甲骨下角、肩峰, b) 骨盤, c) 膝蓋骨と上前腸骨棘下端, d) 肩峰、骨盤, e) 踵とアキレス腱

いる HPG のスタッフが、本報告で対象とした撮影と同じ手順、同じ指示で実施した。本報告で分析対象とした2つの姿勢の撮影方法を以下に示す。

1) 座位上半身回旋(図3)

選手は、高さ45cm、60cm四方の台の上に、前額面を撮影するカメラに背を向けて座った。膝の裏が台の角に接するように深く座り、身長



図3. 座位上半身回旋

によって足元にプレートを置いて足裏が浮かないように調節を行った。選手は、長さ180cmの棒を肩に担ぎ腕を棒に巻き付けるようにし、骨盤は動かさずに臍から上だけを左方向に捻り、最大回旋位で静止した。選手が身体を捻る際、撮影者は選手の骨盤を後方から手で固定し、両脚を閉じて左右の足部と膝を離さず、臀部が台から離れないよう選手に指示をした。その後、右方向への回旋も同様に実施した。上肢欠損により棒を担げない選手は、非障害側の手で障害側の腕を身体の前で支えた姿勢で行った。

2) 両脚立位(図4)

選手は、前額面を撮影するカメラに対して背を向け、矢状面を撮影するカメラレンズの延長線の床に貼られた線に外果を合わせ、身長に応じた足幅(身長-足幅: ~160cm-34cm、161~170cm-37cm、171cm~40cm)で床に貼られた線に示趾と踵の中央を合わせて立った。撮影者は、腕は体側に下ろし、視線を正面に合わせて静止するように選手へ指示をした。

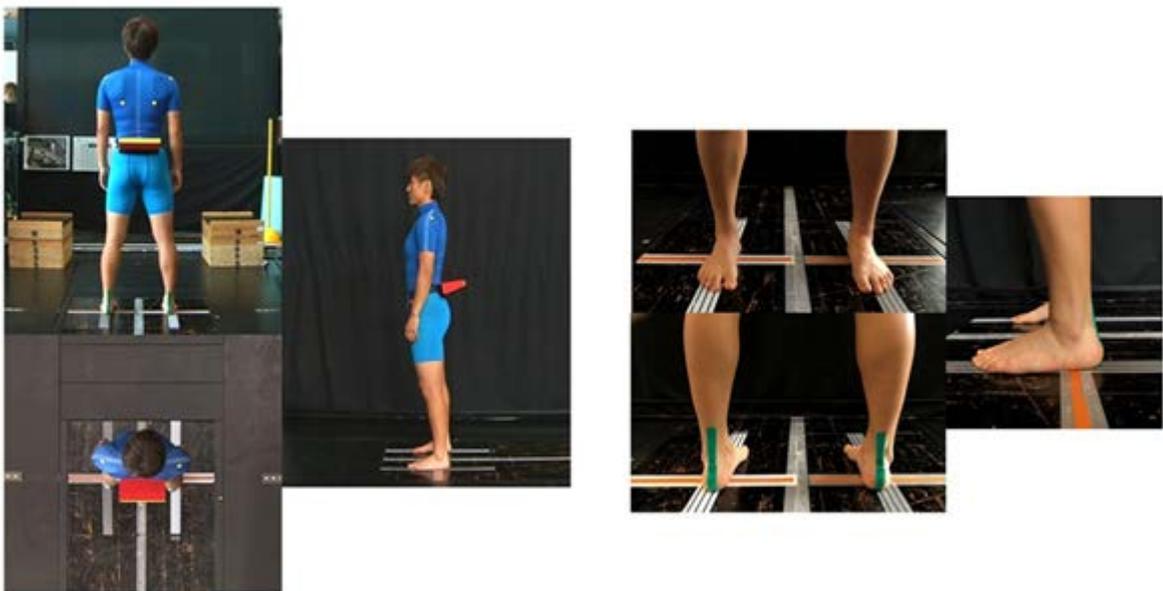


図4. 両脚立位姿勢と撮影時の足部の位置

### 3. 分析方法

本報告では、選手のアライメントの特徴として、特に水平面上の上半身回旋可動域と肩峰の位置、および前額面上の肩甲骨の位置、それぞれの左右差を検証するために、以下の距離と角度を算出した。分析には画像解析ソフト ImageJ を用いた。

#### 1) 座位上半身回旋における水平面上の回旋可動域

選手を上方から撮影した座位での上半身回旋の画像において、両側の腸骨稜上端を直線で結ぶマーカ―と両側の肩峰のマーカ―を結ぶ直線の成す角度とした(図 5.a)。

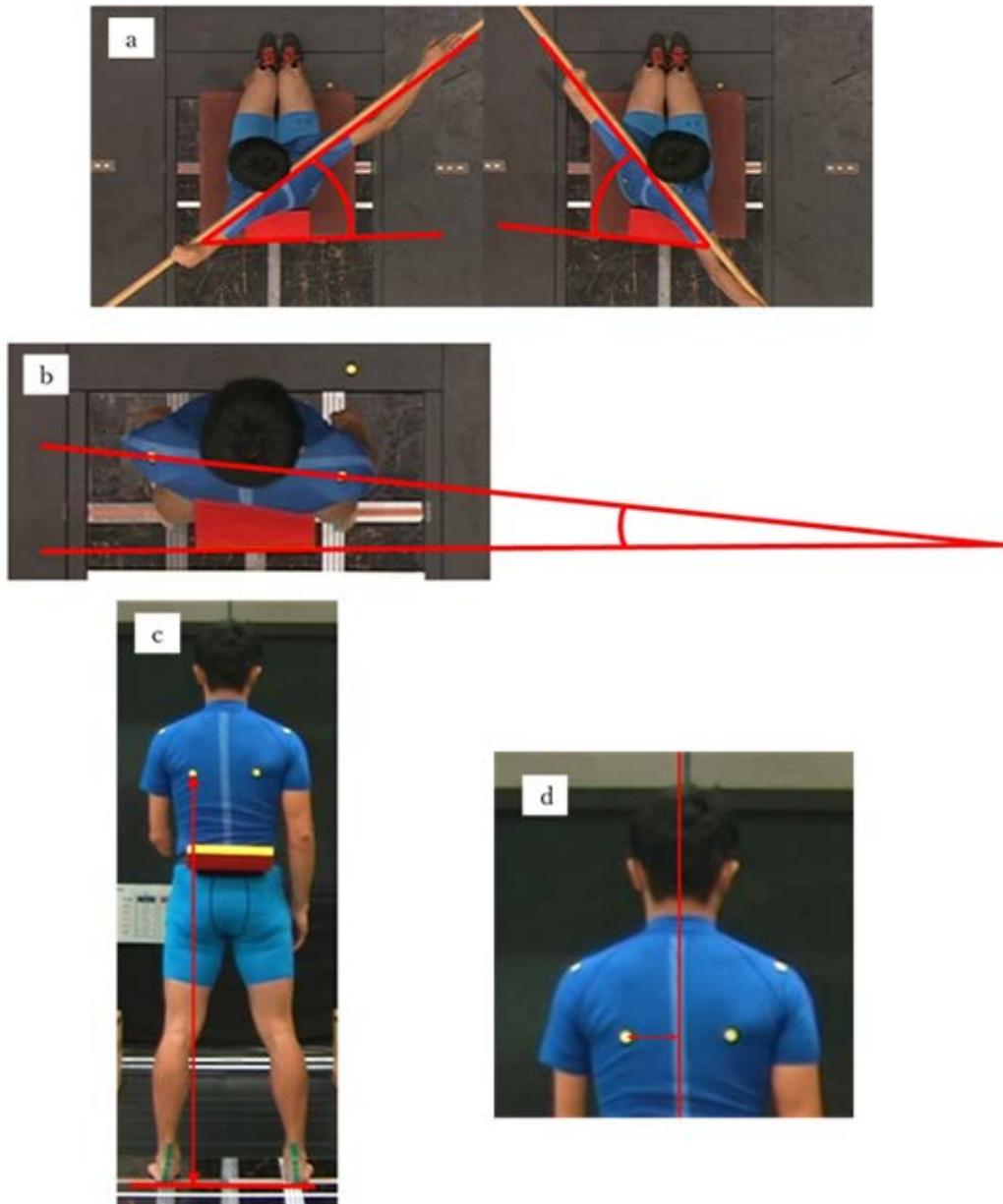


図 5. 上半身回旋角度と肩甲骨位置の測定方法

水平面上の a) 座位上半身回旋の可動域 b) 両脚立位時の骨盤-肩峰角度.  
両脚立位時の前額面上の c) 肩甲骨下角の高さ d) 肩甲骨下角-正中線距離

2) 両脚立位時の水平面上の骨盤-肩峰角度  
選手を上方から撮影した両脚立位の画像において、左右の腸骨稜上端を直線で結ぶマーカーと左右の肩峰のマーカーを結ぶ直線の成す角度とした(図 5.b)。左肩峰が前方となる場合をプラス、後方となる場合をマイナスとする。

3) 両脚立位時の前額面上の肩甲骨の位置  
選手を後方から撮影した両脚立位の画像において、肩甲骨下角のマーカーから踵と地面の接線まで引いた垂直線の距離(以下、肩甲骨下角の高さ)(図 5.c)と肩甲骨下角のマーカーから正中線まで引いた垂直線の距離(以下、肩甲骨下角-正中線距離)とした(図 5.d)。

それぞれの距離と角度は3回測定し、その平均値を算出した。2)を除いた全ての項目は左右の差も算出した。分析対象とした全ての画像(1920×1080 ピクセル)において、撮影時に選手が立っているフォースプレートの横幅(240 ピクセル = 80cm)を基準として距離を算出した。

#### 4. 分析結果と各選手の特徴

各選手の分析結果を表 2 に示した。今回の分析により得られた選手 3 名のアライメントの特徴は以下の通りである。

1) 座位上半身回旋における水平面上の回旋可動域  
上半身回旋可動域は 7.1° ~15.2° の左右差がみられた。そのうち選手 A と選手 B は、非障害

側よりも障害側の回旋可動域が小さく、選手 C は障害側よりも非障害側の可動域が小さかった。

2) 両脚立位時の水平面上の骨盤-肩峰角度  
3 選手の水平面上の骨盤-肩峰角度は 3.8~5.7° であり、両脚立位姿勢において障害側の左肩峰が非障害側の右肩峰よりも前方に位置していた。

3) 両脚立位時の前額面上の肩甲骨の位置  
両脚立位時の肩甲骨下角の高さは、選手 A は左右とも同じ高さで、選手 B と選手 C は非障害側の右よりも障害側の左のほうが 0.9cm~2.4cm 高く、障害側の肩甲骨が挙上していた。3 選手の肩甲骨下角-正中線間距離の左右差は 0.7~1.3cm であり、立位姿勢で障害側の肩甲骨が外転位にあった。

### III. 考察

座位上半身回旋では、7.1° ~15° の左右差が見られた。両脚立位姿勢では 3 名ともに障害側の肩甲骨帯が非障害側と比較し、高さが同じか挙上している傾向がみられた。

片側上肢切断による非対称性姿勢の 1 つとして切断側の肩の挙上がみられ、その要因には義手を装着しないことによる上肢質量の減少や、残存上肢の肩甲骨帯周辺筋の筋緊張が不均等であることが挙げられる<sup>16)</sup>。左右差の傾向が見られなかった 1 名については、2008 年から取り組んでいるトレー

表 2. 各選手の分析項目の結果

選手	上半身回旋可動域 [°]			骨盤-肩峰角度 [°]	肩甲骨下角の高さ [cm]			肩甲骨下角-正中線間距離 [cm]		
	左	右	左-右		左	右	左-右	左	右	左-右
A	34.4	49.6	-15.2	5.7	125.3	125.3	0.0	10.0	9.3	0.7
B	43.0	51.2	-8.2	3.8	117.3	116.4	0.9	10.4	9.3	1.1
C	47.7	40.7	+7.0	3.8	110.7	108.2	2.5	8.9	7.6	1.3

ニングの目的の1つとして、左右差の改善を挙げ  
ていたことが今回の結果の要因になった可能性が  
ある<sup>14)</sup>。上肢切断・欠損による義手使用者におい  
ては、可動域の制限や課題達成のために代償動作

が行われていることが報告されており<sup>5)</sup>、本報告  
の対象選手3名においてもその傾向が見られた。  
例えば、トレーニングでサイドジャンプを行った  
際、障害側への着地動作で、同側への骨盤の水平  
面上の回旋を利用してバランスを取っている傾向  
が見られた。この原因の一つとして、肩甲骨の位  
置の変化に伴う上半身の回旋可動域制限を、骨盤  
の回旋で代償している事が考えられる。また非障  
害側への着地動作で、水平面上の骨盤の障害側へ  
の回旋や、前額面上の骨盤挙上動作が見られ、課  
題とされる運動を遂行するために様々な代償動作  
を行っていることがうかがえる。ローラースキー  
のトレーニングにおいても、クラシカル走法・ス  
ケーティング走法共に非障害側への荷重の際には、  
上体がスキー上に移動しているのに対し、障害側  
に荷重する際は上体が中心に残り、また荷重時間  
が短い傾向にあるなど、障害側と非障害側で左右  
差が出る傾向にあり、実際の競技に近い動作でも

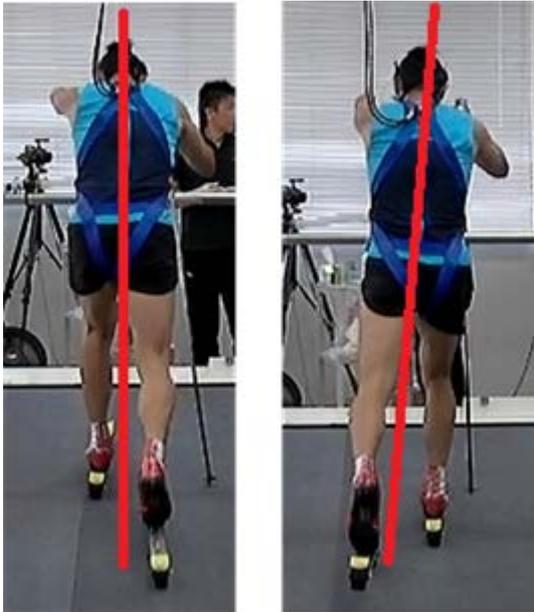


図6. ローラースキーの左右比較

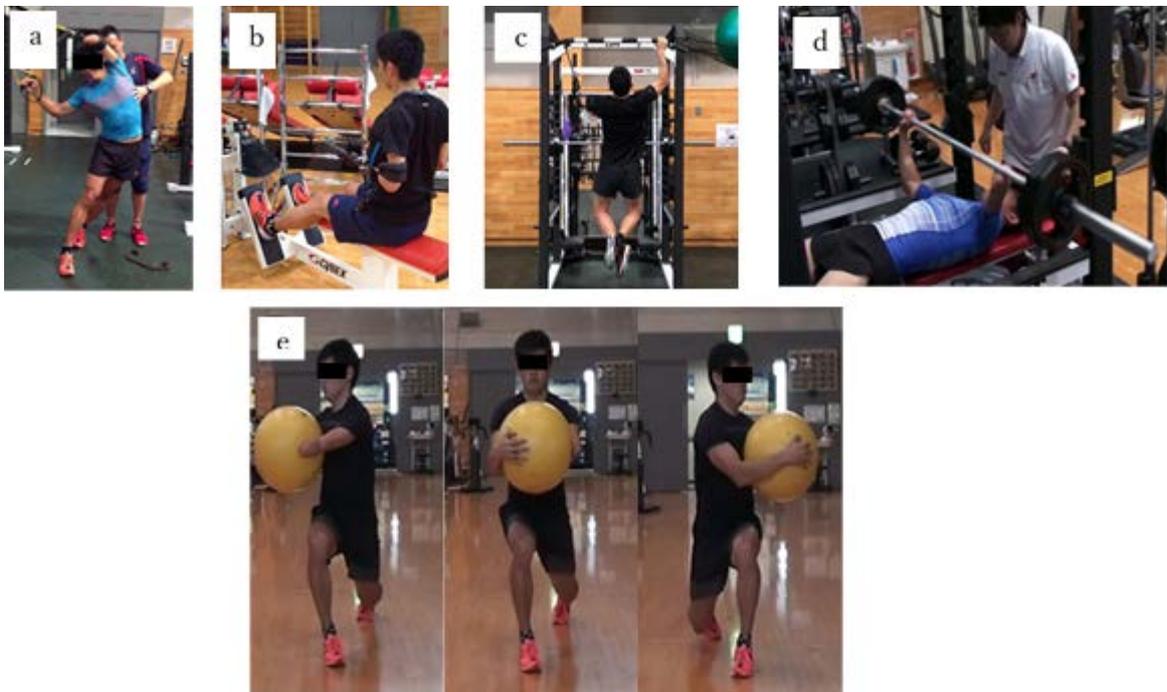


図7. 実施したトレーニング例

a) TRX を使用した胸郭のストレッチ b) アタッチメントを使用したローイング c) アタッチメントを  
使用したチニング d) ベンチプレス e) ツイストランジウォーク

姿勢や左右差が影響している可能性がある(図 6)。

静止状態での姿勢や単純な動作での可動域制限、または左右差が存在する場合、パフォーマンスを発揮する際にもその左右差が影響する可能性があり、競技特性上両側での対称動作が求められる競技においては、その左右差がパフォーマンスの低下やケガなどのマイナスな要因に影響を与える可能性がある。我々と競技団体のスタッフが選手のアライメントに関して議論する際、左右差の有無についてはよくテーマとなる内容であり、左右差がパフォーマンスに何らかの影響を及ぼしている可能性がある。本報告では、肩甲骨の位置および上半身の回旋動作に焦点を当てたが、片側上肢切断・欠損者では体幹の側屈や重心の偏り等、総合的な見方とアプローチも必要である<sup>16)</sup>。岡野らは、あるパラリンピッククロスカントリースキー選手の下肢のバランスおよび筋力の左右差が競技力に影響していたと述べ、その左右差を改善することによって姿勢の崩れや左右差が少なくなり、動作の改善がみられたと報告している<sup>14)</sup>。このように片側障害を有するアスリートにとって障害側のトレーニングを行い、姿勢、可動域、筋力等の左右差を改善することがパフォーマンス向上に繋がる可能性が高い(図 7)。特に切断・欠損のある障害側は、元々質量が軽いだけでなく、活動量が少ないことから、長期的にも可動域制限や質量の減少といった変化が起きやすい。日常生活で可能な限り障害側を使用するだけでなく、より積極的に障害側のトレーニングをすることが必要であると考えられる。本報告で見られたようなアライメントの左右差が、パフォーマンスにマイナスまたはプラスに影響しているかを判断する為には、各選手に対するさらなる詳細な検証が必要である。しかしながら、今回のような客観的な指標は、選手やコーチの主観的な意見と共に競技力向上に繋がる有益な情報の一つとなるのではないかと考えられる。

今後は FAAB を定期的実施し、トレーニングの効果や姿勢や動作の変化について検討していきたい。

文献

- 1) Bushman TT, Grier TL, Canham-Chervak M, Anderson MK, North WJ, Jones BH. The Functional Movement Screen and Injury Risk: Association and Predictive Value in Active Men. *Am J Sports Med*;44(2): 297-304, 2016.
- 2) Cook G. *Movement: Functional Movement Systems: Screening, Assessment, Corrective Strategies*. Lotus Pub, USA, 15-33, 2011.
- 3) Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *International journal of sports physical therapy*;9(3): 396-409, 2014.
- 4) Curran SA, Frossard L. Biomechanical analyses of the performance of Paralympians: from foundation to elite level. Interview by Sarah A. Curran. *Prosthetics and orthotics international*;36(3): 380-395, 2012.
- 5) Major MJ, Stine RL, Heckathorne CW, Fatone S, Gard SA. Comparison of range-of-motion and variability in upper body movements between transradial prosthesis users and able-bodied controls when executing goal-oriented tasks. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*;11: 132, 2014.
- 6) Marsland F, Lyons K, Anson J, Waddington G, Macintosh C, Chapman D. Identification of cross-country skiing movement patterns using micro-sensors. *Sensors (Basel, Switzerland)*;12(4): 5047-5066, 2012.
- 7) Oi T, Takagi Y, Tsuchiyama K, Hashimoto K, Tanaka H, Inui H, Nobuhara K, Yoshiya S.

- Three-dimensional kinematic analysis of throwing motion focusing on pelvic rotation at stride foot contact. *JSES Open Access*;2(1): 115-119, 2018.
- 8) Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *Journal of strength and conditioning research*;25(1): 252-261, 2011.
- 9) Smith AC, Roberts JR, Wallace ES, Kong P, Forrester SE. Comparison of Two- and Three-Dimensional Methods for Analysis of Trunk Kinematic Variables in the Golf Swing. *Journal of applied biomechanics*;32(1): 23-31, 2016.
- 10) Smith GA. Biomechanical analysis of cross-country skiing techniques. *Medicine and science in sports and exercise*;24(9): 1015-1022, 1992.
- 11) Warren M, Smith CA, Chimera NJ. Association of the Functional Movement Screen with injuries in division I athletes. *Journal of sport rehabilitation*;24(2): 163-170, 2015.
- 12) 石毛勇介, 松林武生, 高橋佐江子, 荒川裕志. JISS ハイパフォーマンス・ジムにおける取り組み. *バイオメカニクス研究*;18(3): 148-156, 2014.
- 13) 井上泰博, 小川卓也, 椎木孝幸. 反復性肩関節前方脱臼のラグビー選手のタックル姿勢: 動作解析による検証. *臨床スポーツ医学*;32(11): 1099-1105, 2015.
- 14) 岡野憲一, 新田佳浩, 荒井秀樹. 症例・事例報告 パラリンピッククロスカンTRIESキー金メダリストにおける筋力トレーニングの実践例とその効果. *Journal of training science for exercise and sport*;23(4): 339-348, 2012.
- 15) 加藤英人. ハイパフォーマンスジムで実施している姿勢チェック. *JATI EXPRESS*;54: 45, 2016.
- 16) 森田千晶, 山本澄子. 片側上肢切断が姿勢に及ぼす影響について. *日本義肢装具学会誌*;23(1): 75-82, 2007.