

# 先天性上肢欠損児の鉄棒運動とマット運動の指導方法の検討

—体育用義手を用いた指導マニュアルの製作と啓発—

大庭 潤平\*

柴田 八衣子\*\* 溝部 二十四\*\* 戸田 光紀\*\* 陳 隆明\*\*

増田 章人\*\*\* 川口 清隆\*\*\*\* 杉浦 由美子\*\*\*\*

## 抄 録

小学校体育では器械・器具を使った運動として鉄棒・マット・跳び箱運動が必須であり、健常児に対する運動指導方法について、バイオメカニクスを用いた報告や小学校教師に対する指導方法は存在するものの、先天性上肢欠損児が義手を装着しての鉄棒・マット・跳び箱運動を解析した事例や研究報告、及び指導方法はなく、体育の授業において先天性上肢欠損児に対する合理的配慮を検討した事例も見当たらない。そこで今回、先天性上肢欠損児を相性に鉄棒運動とマット運動について、体育用義手で行った運動解析とその有効性およびその指導マニュアル製作を行った。

方法は、先天性上肢欠損児がスポーツ用義手を装着した各運動と健常児の運動特性をビデオ撮影と筋電輔意を用いて比較すること、また作業療法士や保護者にインタビューすることで運動解析の結果に加えて、指導者用のマニュアル製作のための情報を収集した。なお、スポーツ用義手には、鉄棒用手先具「Swinger」と器械運動用手先具「Shroom Tumbler」を使用した。

結果、先天性上肢欠損児の運動は、スポーツ用義手の影響を受けながらも実用的に運動課題を行うことができることが分かった。また、健常児と違い義手側の上肢や体幹の使い方が異なることが分かった。そのため指導用マニュアルには、運動解析の結果を記載して、運動指導のポイントをまとめた。

本研究で行った保護者のインタビューによると、義手を使用し跳び箱運動・マット運動を両手をついて行うことができるようになったことで、子どもが喜びを感じ、自信にもつながることが分かった。このように運動への参加がもたらす影響が、子どもの運動意欲やQOLの向上につながると考えられる。

今後の展望としては、本研究で製作したマニュアルを小学校教員や作業療法士に配布し、アンケートなどによる調査を行うことで、実用性や改善点、今後の課題について検討していきたい。

キーワード：先天性上肢欠損児、鉄棒運動、マット運動、跳び箱運動、スポーツ用義手

---

\* 神戸学院大学 〒651-2180 住所 神戸市西区伊川谷町有瀬 518

\*\* 兵庫県立総合リハビリテーションセンター 〒651-2181 住所 神戸市西区曙町 1070

\*\*\* 近畿義肢製作所 〒651-2113 住所 神戸市西区伊川谷町有瀬 900-1 近畿義肢製作所

\*\*\*\* 兵庫県立障害者スポーツ交流館 〒651-2181 住所 神戸市西区曙町 1070

# Study on teaching methods of Horizontal bar and mat exercise of congenital upper limb-deficient children

—Creation and enlightenment of teaching manuals using sports prosthetic—

Jumpei Oba \*

Yaeko Shibata\*\* Futoshi Mizobe\*\* Mitsunori Toda\*\* Takaaki Chin\*\*

Akihito Masuda\*\*\* Kiyotaka Kawaguchi\*\*\*\* Yumiko Sugiura\*\*\*\*

## Abstract

At elementary school physical education, iron bars, mats and jumping box movement are indispensable as exercises using instruments and instruments, and there are methods of teaching exercise for healthy children, although reports using biomechanics or teaching methods for elementary school teachers exist, congenital upper limbs There were no cases, research reports, and teaching methods that analyzed the iron bar, mat, jumping box movement of a deficient child wearing a prosthetic hand, and there was no case studying rational consideration for congenital superior-limb-deficient children in physical education classes.

In this study, we conducted kinematic analysis of iron bars and mat motions with congenital upper limb-deficient children, with gymnotian prosthetic hands, its effectiveness and guidance manual production. For the sports hand prosthesis, we used the hand tool "Swinger" for the iron bar and the hand tool "Shroom Tumbler" for the exercise.

The method is to compare kinetic characteristics of congenital upper limb deficient children wearing sporting artificial hands and those of healthy children and interviewing occupational therapists and guardians to exercise analysis, We gathered information for manual creation.

According to parents' interview conducted in this study, it became possible for children to feel joy and lead to self-confidence by being able to perform jumping box movement and mat movement with both hands using artificial hands . It is thought that the influence of participation in exercise leads to child's motivation for exercise and quality of life.

As a result, it was found that exercise of congenital upper limb - deficient child performs practical exercise task while being influenced by sports arms. Moreover, it was found that the usage of upper limbs and trunk of the prosthesis side is different from healthy children.

Key Words : congenital upper limb-deficient children、Horizontal bar、mat exercise、Vaulting horse、sports prosthetic

\* Kobe Gakuin University 651-2180 518 Arise Ikawadani-cho Nishi-ku, Kobe city, Hyogo

\*\* Hyogo Rehabilitation Center 651-2181 1070Akebono-cho Nishi-ku, Kobe city, Hyogo

\*\*\* Kinki Gishi Corporation 651-2113 900-1 Arise Ikawadani-cho Nishi-ku, Kobe city, Hyogo

\*\*\*\* Hyogo para-sports center 651-2181 1070Akebono-cho Nishi-ku, Kobe city, Hyogo

## 1. はじめに

2016年4月に障害者差別解消法が施行され、学校教育で障害のある児童生徒等の性別、年齢及び障害の状況に応じて、社会的障壁の除去の実施について必要かつ合理的配慮を提供しなければならないことになった。合理的配慮とは障害のある児童が他の児童と平等に教育を受ける権利の確保のために、学校側が適切な環境へ変更、調節を行うことである。つまり障害のある児童に対して、その状況に応じた学校教育を受ける場合に個別に必要とされることをいう。

長年、小学校体育では器械・器具を使った運動として鉄棒・マット・跳び箱運動が必須であり、健常児に対する運動指導方法について、バイオメカニクスを用いた報告や小学校教師に対する指導方法は存在するものの、これまでの論文、教科書などの文献を散見したところ先天性上肢欠損児が義手を装着しての鉄棒・マット・跳び箱運動を解析した事例や研究報告、及び指導方法はなく、体育の授業において先天性上肢欠損児に対する合理的配慮を検討した事例も見当たらない。

このことから、先天性上肢欠損児と健常児の鉄棒・マット・跳び箱運動における運動を分析することで、先天性上肢欠損児と健常児の運動特性に関する差異や共通点が明らかになると考えた。その結果、体育の授業での合理的配慮の一助に繋がると考え、本研究の着想に至った。

そこで今回、鉄棒運動とマット運動など器械運動用の義手で行った運動解析とその有効性およびその指導マニュアルの製作を行ったので報告する。

## 2. 目的

先天性上肢欠損児を対象に器械運動用の義手を装着した鉄棒・マット。跳び箱運動の運動解析を行い、健常人の同様の運動を比較することで、先天性上肢欠損児の鉄棒・マット運動・跳び箱運動の特徴を調べ、その指導方法について検討する。また、本研究の結果を基に、作業療法士や学校教員や体育指導者のための「先天性上肢欠損児・器械運動指導のポイント」を製作する。

## 3. 方法

### 3. 1. 対象

先天性上肢欠損児2名<6歳、女兒、身長120cm、義手側：左><7歳、男児、身長123cm、義手側：左>、健常児5名<男児4名、女兒1名、平均年齢7歳、平均身長122.38cm>を対象とした。

### 3. 2. 環境設定と物品

鉄棒は、ジュニア用の鉄棒とマットを使用し、鉄棒の高さは、80cmとした。デジタルカメラを鉄棒の支柱部から237cm離れたところに、前後左右の4か所に設置し、ハロゲンライトを二台設置した。

跳び箱は、小学校低学年用(4段)の跳び箱とマットを使用した。デジタルカメラをマット運動では、マットの両端から左右に200cm、前後に180cm、跳び箱運動では跳び箱の基底面から左右に208cm、前180cm、後600cm離れたところに設置した。また、とび箱の助走距離は600cmとした。

画像データは運動解析ソフト DartFish7を使用した。DartFish7とは世界各国で特許を取得した高度な映像処理技術で、運動解析、情報を共有するアプリケーションである。筋電計測は、ワイヤレス筋電センサー乾式モジュールを使用した。前方回転運動で筋電波形をセンサーロジカルプロダクトワイヤレスセンサーモジュール Ver7. 5. 5DFEXTを用いて確認した。

### 3. 3. 方法

被験者は運動用のウェアに着替え、対象となる被験筋(鉄棒：大胸筋、広背筋、上腕三頭筋)、(マット・跳び箱：上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋/大胸筋)に乾式電極を設置した。また運動解析補助の為、反射球をとりつけた。

鉄棒運動課題は、3課題を各1回ずつ実施した。課題1は、自然に鉄棒を把持した場合、課題2は、課題1から拳一つ分広い位置で把持した場合、課題3は、課題1から拳一つ分狭くした場合とした。また各課題の前におよそ1回程度の練習を行った。先天性上肢欠損児は、TRS社製鉄棒用手先具「Swinger」(図1)という鉄棒用手先具を使用した。マット・跳び箱運動の課題は被験者が自然に行いやすいように実施してもらい、動作分析を行った。各運動におよそ1回程度の練習を行った。先天性上肢欠損児の義手はTRS社製器械運動用手先具「Shroom Tumbler」を使用した(図2)。



図1：鉄棒用手先具「Swinger」



図2：器械運動用手先具「Shroom Tumbler」

### 3. 4. 運動場面と区間の決定

鉄棒は、前方回転運動の場面を大きく6つ、運動区間を5つに分け、以下に定義した(図3)。

1. 踵が床から離れる前を準備  
(1と2の区間をI期とした)
2. 鉄棒で姿勢保持をしたときを「つばめ」  
(2と3の区間をII期とした)
3. 上肢と下肢が水平であるときを「回転前半」  
(3と4の区間をIII期とした)
4. 上肢が鉄棒の真下にあるときを「回転中間」  
(4と5の区間をIV期とした)
5. 再び、身体が水平になるときを「回転後半」  
(5と6の区間をV期とした)
6. 両足が、マットに着地した瞬間を「着地」とした  
マットと跳び箱は、前転及び開脚跳びの運動場面を6つ、運動区画を5つに分け、以下に定義した(図4、5).

a) マット運動(前転)

1. 着手：手掌全面がマットに接触した時  
(1と2の区間をI期とする)
2. 離足：マットから趾尖が離れた時  
(2と3の区間をII期とする)
3. 着肩：肩峰がマットに接触した時  
(3と4の区間をIII期とする)
4. 着腰：尾骨がマットに接触した時  
(4と5の区間をIV期とする)
5. 着足：足底全面がマットに接地した時  
(5と6の区間をV期とする)
6. 離腰：殿部がマットから離れた時

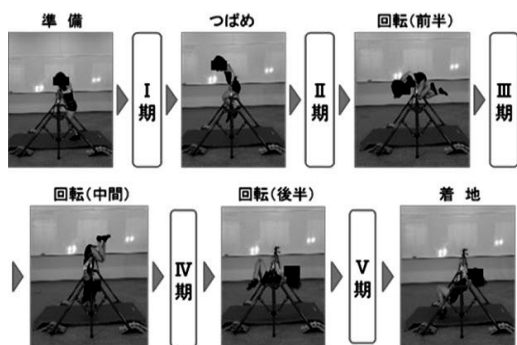


図3：鉄棒の各運動場面とその区間

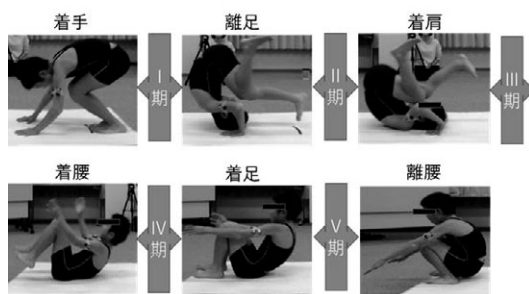


図4：マットの各運動場面とその区間

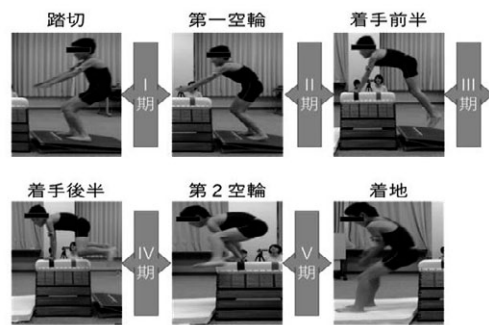


図5：跳び箱の各運動場面とその区間

## 4. 結果及び考察

### 4.1. 鉄棒

先天性上肢欠損児の筋電図の結果を図6、健常児の筋電図の結果を図7に示す。それぞれの特徴について運動区間に分けて結果を示しながら考察する。

I期では、健常児は肘関節を軽度屈曲位にして、つばめ期に移行した。左右の上腕三頭筋と大胸筋の筋活動が大きくみられた。位置エネルギーを大きくするために両手で鉄棒を下に押し、体幹を伸展した姿勢保持が大切となる。そのため、姿勢保持を行うために、上腕三頭筋と大胸筋が働いていたと考えられる。先天性上肢欠損児の場合、体幹が右回旋運動により、右広背筋による肩関節の内旋運動がおり、体幹と下肢の重心位置の差が健常児より小さかったため、筋活動も小さくなったと考えられる。

II期は、健常児の場合、II期後半で、手の位置が外側になり、回転前半に至った。一時的に左右の広背筋の筋活動が大きくなった。外側に手を置き換えることで肩関節を外転し、機能的肢位に近づけて回旋角度を増大することで、一時的に広背筋の筋活動が大きくなったのではないかと考えられる。健常児と先天性上肢欠損児を比較する。この時期では、身体を丸めて、慣性率を小さくし、回転速度を増やすことが必要となる。回転速度をあげるための準備で頸部を屈曲することで身体を丸めやすくしたため、両者の広背筋が働いたのではないかと考えられる。しかし、先天性上肢欠損児の義手が抜けないように身体を保持していたために左大胸筋が働いていたと考えられる。

III期は健常児の場合、肘を軽度屈曲させ回っていた。全体的に筋活動は小さいが、左右の広背筋は大きかった。健常児は身体が落ちないように、抗重力活動で鉄棒を体幹に引き寄せて、力強く握り支持していたのではないかと考えられる。前述した通り、他の筋肉が働き、上肢帯の筋肉はリラクゼーションしている。しかし、健常児の広背筋が働いたのは落ちないように引き運動

として、強く呼応したのではないかと考えられる。健常児と先天性上肢欠損児を比較する。全体的に筋活動が小さくなることから類似した運動であったと考えられる。違いは、右上腕三頭筋と左大胸筋の筋活動が大きくなったことである。右は引き運動で上腕二頭筋が働き、肘関節保持のために上腕三頭筋が働いたと考えられる。左は義手が落ちないように鉄棒を押していたため、大胸筋が働いたと考えられる。

IV期は、健常児の場合、左足が外転かつ外旋した状態で前方回転運動を行っていた。左右の広背筋、大胸筋の筋活動が大きかった。この時期は、運動エネルギーから再び位置エネルギーに変換する時期である。位置エネルギーを保持するために引き寄せる運動かつ内方向に力を入れた為、上記の筋活動が大きかったと考えられる。先天性上肢欠損児の場合、左広背筋、右大胸筋の筋活動が健常児と類似していた。義手の位置が内側になっていた。内側にしたことで機能的肢位に近づき、回旋運動が増大し、引き寄せる運動を容易にしたため、広背筋が少し大きくなったのではないかと考えられる。右は内側に力を入れて、姿勢保持をしたため、終盤に大胸筋が働いたと考えられる。

V期は、健常児の場合にはIV期の状態を維持しながら行っていた。IV期と同じく、左右の大胸筋と広背筋の筋活動が大きかった。しかし、先天性上肢欠損児の場合、上腕三頭筋の筋活動が大きかった。健常児は、体幹を引き寄せ、内側に力を入れて、着地をしていたと考えられる。先天性上肢欠損児は健常児より肘関節伸展位で着地をしていた。着地期における肘関節の屈曲角度により、筋活動に違いがみられたのではないかと考えられる。

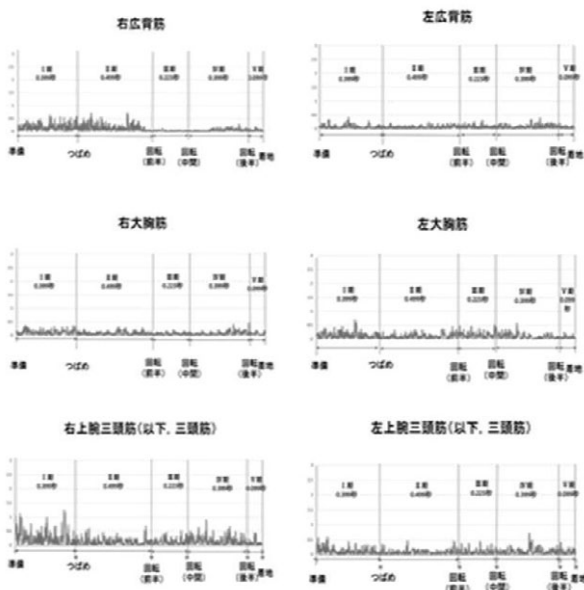


図6：先天性欠損児の鉄棒運動

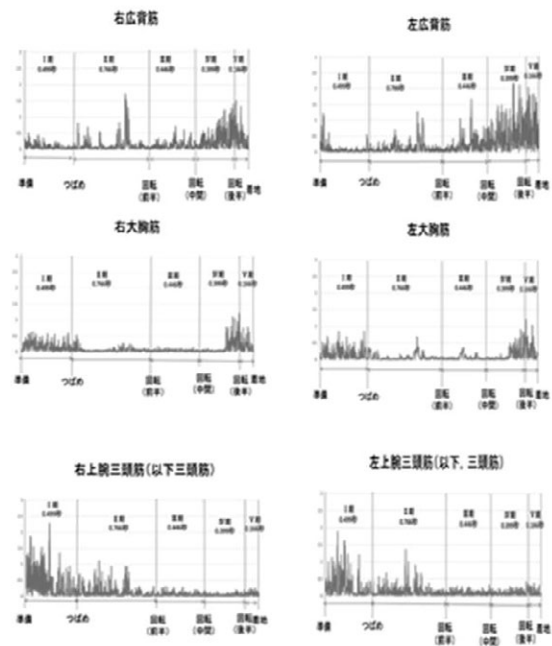


図7：健常児の鉄棒運動

#### 4. 2. マット運動

特徴的であったI期とIII期について結果を示しながら考察する。I期は、健常児と先天性上肢欠損児では開始肢位から差があり、健常児は立位あるいはしゃがんだ状態で前転の開始を命ずると着手し、そのままスムーズに遂行するのに対し、先天性上肢欠損児では開始命令の前からしゃがんだ状態で着手しており、着手位置と義手の装着具合を入念に確認する様子がみられた。着手位置は手根骨と母趾尖をランドマークとし、その距離の差を計測すると、健常児は20 cmであったのに対し、先天性上肢欠損児では5 cmであった。着手位置について、先天性上肢欠損児では義手の構造上、手関節の動きに制限があり、マットの着手動作に必要な手関節掌屈を行うことができなかった。さらに肘関節にも同様に制限があるため、健常児のように着手位置を奥に設定することができず、着手距離が狭くなると考える。また、開始肢位が立位るとき、着手をスムーズに遂行することが困難であると考えられる。小学校体育において学年が上がるごとに側転や倒立など、よりダイナミックな技へと段階が上がる中で着手位置や開始肢位の問題がのちの技の習得へ影響すると考えられる。また、着手位置には左右差があるため指導案として左右同じ肩幅で手をつく、などは不適切だと考える。殿部の高さの違いについても着手位置が影響し、先天性上肢欠損児は高さが低く、それによって重心を前へ移動させることが困難であると考えられる。重心点を高くすると着手と着足位置がより遠いと円滑な前転へとつながるが、先天性上肢欠損児の場合、重心点を高くし

た際に肘関節屈曲、手関節背屈が健常児のように行うことができず、義手の手先部はマットから離れてしまい、健側上肢と頸部で身体を支持していると考えられる。これらの動きは頸部に必要以上の負荷がかかることから怪我のリスクにも繋がる懸念される。また、肘関節と手関節の可動性を上げた義手の開発が必要である。肘関節の可動性については屈曲がしやすいようシリコン素材の改良や、伸展方向への動きの制限を軽減させるために、ベルトの改良をしながらも固定力と可動性のバランスが重要である。手先部に関しては、現在可動域が確保されていないことから、手関節の掌背屈が可能であるものが求められるが、こちらも肘関節と同様に支持性と可動性のバランスが重要な点である。Ⅱ期は、健常児と先天性上肢欠損児の離足時を比較すると、健常児では肘関節・手関節ともに屈曲 90°で手掌全面が接触していたが、先天性上肢欠損児では義手側の肘関節は伸展しており、手掌にあたる部分はマットに接触していなかった。また、頭部の動きを比較したところ、健常児は頭頂部で身体を支持しているのに対し、先天性上肢欠損児は後頭部で支持していた。着肩では、先天性上肢欠損児の動作において、左右差が著名な場面があった。特に上肢の関節可動域に差がみられ、義手側は義手全面がマットに接触しており、筋電位も左三角筋に著名な放電がみられた。また、手部の動きとして健常児は着手が保持されているが、先天性上肢欠損児の義手側は上肢全体がマットに接触し、健側は離手していた。義手側の肩関節のみに動きが観察された理由として、義手装着時に手関節の可動性が確保されていないことから肩関節で義手側の動きを代償していたと考える。この時、三角筋に筋電位が大きくでていたことから、肩関節を屈曲することによりマットを押し返すようにして、起き上がり動作を代償的に促していたのではないかと考える。(図 8、9)

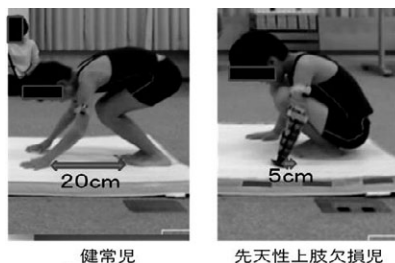


図8：Ⅰ期の着手位置

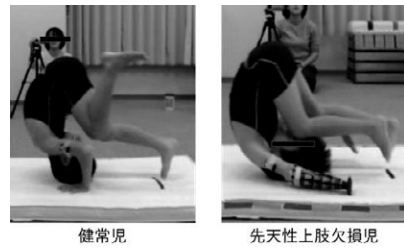


図9：Ⅱ期の離足

#### 4. 3. 跳び箱運動

特徴的であったV期について結果を示しながら考察する。V期は、跳び箱課題において、離手が一番困難な点だと考える。離手について、十分に前方へ重心移動させたのち、健側で荷重支持ができ、着地への準備が整ったところで、義手側から離手した。その理由として、義手装着時の離手に必要な要素は健側で体重を支えながら義手側は肩関節屈曲、肘関節屈曲を行うことであり、それにより義手側を離手させることができる。義手側のほうが早く離手しなければならない要因として、上記に述べたように手関節の動きが行えないことから、健側と同じように手関節の掌屈を利用した離手はできない。反対に義手側のみの支持では、自身の荷重に耐えることができない。義手の構造上、手関節の動きがないため、離手自体が困難であることがあげられる。その理由として、義手側へ荷重がかかりすぎたとき、肩関節屈曲制限があるとき、下肢が体幹へ十分引き寄せることができていないとき、健側が先に離手したとき、水平時に肘関節が屈曲しているときなどが考えられる。跳び箱課題において、離手が一番困難な点だと考える。離手について、十分に前方へ重心移動させたのち、健側で荷重支持ができ、着地への準備が整ったところで、義手側から離手した。その理由として、義手装着時の離手に必要な要素は健側で体重を支えながら義手側は肩関節屈曲、肘関節屈曲を行うことであり、それにより義手側を離手させることができる。義手側のほうが早く離手しなければならない要因として、上記に述べたように手関節の動きが行えないことから、健側と同じように手関節の掌屈を利用した離手はできない。反対に義手側のみの支持では、自身の荷重に耐えることができない。義手の構造上、手関節の動きがないため、離手自体が困難であることがあげられる。その理由として、義手側へ荷重がかかりすぎたとき、肩関節屈曲制限があるとき、下肢が体幹へ十分引き寄せることができていないとき、健側が先に離手したとき、水平時に肘関節が屈曲しているときなどが考えられる。(図 10)

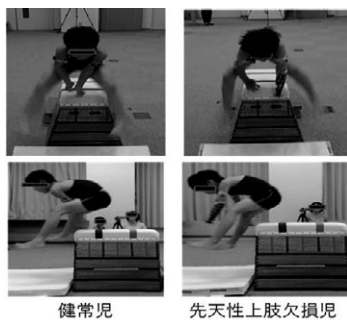


図10：V期の離手

#### 4. 4. 「先天性上肢欠損児・器械運動指導のポイント」のマニュアル冊子製作（図11）

本研究では先天性上肢欠損の子どもが小学校の体育に参加する機会が増えるよう、小学校教員や作業療法士に向けて跳び箱運動の開脚跳びとマット運動の前転の指導マニュアルを製作した。指導マニュアルを製作することによって、健常児よりも体のバランスを制御するのが難しい先天性上肢欠損児が、健常児と同様に両手に体重をかけるという経験が可能となり、マット運動や跳び箱運動の習得ができることで、自身の成功体験につながり、発達にも良い影響をもたらすと考えられる。マニュアルの製作にあたり、まず健常児の運動の方法を知る必要があったため、跳び箱の開脚跳びやマット運動の前転に関する資料と義手を用いた運動に関する資料の収集を行った。また、先天性上肢欠損児、健常児を対象に、鉄棒、跳び箱運動、マット運動の比較を行った。また、先天性上肢欠損児と健常児の跳び箱運動・マット運動の実施の様子、先天性上肢欠損児の義手の取り付け、取り外しの様子をビデオカメラで撮影した。さらに、先天性上肢欠損児の母親と担当作業療法士にインタビューを行った。結果、「先天性上肢欠損児のための器械運動の指導ポイント」というタイトルで製作した。本マニュアルの目次を以下に示す。



図11：指導マニュアル冊子の表紙

- 1章 本書の目的
- 2章 先天性上肢欠損とは
- 3章 上肢欠損のある子どもが器械運動に取り組む意義
- 4章 義手とは
- 5章 鉄棒運動とは
- 6章 跳び箱運動とは
- 7章 マット運動とは
- 8章 指導・習得のポイント
- 9章 達成カード(自己評価カード)
- その他 表彰状

#### 5. まとめ

今回、先天性上肢欠損児の鉄棒運動、マット運動、跳び箱運動について動作分析を行う中で、義手及び器械運動用手先具について改善が必要であると考えた。マット運動では肘関節と手関節、跳び箱運動では手関節の可動性を広げた義手の開発が必要であり、その際も可動性と支持性のバランスを兼ね備えたものを求めたい。今回、本研究の結果を指導方法マニュアルへ反映させていくことで、作業療法士及び小学校教師の先天性上肢欠損児における器械運動指導へ結び付け、先天性上肢欠損児の小学校体育へ参加の一助になると考える。本研究で行った保護者のインタビューによると、義手を使用し跳び箱運動・マット運動を両手をついて行うことができるようになったことで、子どもが喜びを感じ、自信にもつながることが分かった。このように運動への参加がもたらす影響が、子どもの運動意欲やQOLの向上につながると考えられる。

今後の展望としては、本研究で製作したマニュアルを小学校教員や作業療法士に配布し、アンケートなどによる調査を行うことで、実用性や改善点、今後の課題について検討していきたい。

#### 【参考文献】

- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説 体育編. 12.  
 文部科学省 (2017) 障害者差別解消法・合理的配慮リーフレット. 1-8.  
 久本佳己・後藤幸弘・辻野昭 (1986) 器械運動の学習指導に関する基礎的研究—腕立て開脚飛び越し(跳び箱運動)の習得過程の分析—. 日本教科教育学会誌, 第11巻第1号, 4.  
 岡秀郎, 岡本勉, 熊本水頼 (1987) 鉄棒運動の運動構造に関する筋電図的研究—腕立て前転.  
 Proceedings of the Congress of the Japanese Society of Physical Education (38B), 694.

この研究は笹川スポーツ研究助成を受けて実施したものです。