

総説：秋田大学保健学専攻紀要24(2)：31 - 43, 2016

## 脳性麻痺児におけるフィジカルフィットネス

佐々木 誠

### 要 旨

脳性麻痺 (cerebral palsy ; CP) 児に対する最近の理学療法は、活動的なライフスタイルの促進やフィジカルフィットネスの増大に焦点が当てられてきている。CP 児の低下しているフィジカルフィットネスに対する運動トレーニングがよい帰結をもたらすことが示されている。フィジカルフィットネスの健康に関連する構成要素は、心血管系フィットネス、身体組成、筋力、筋持久力、柔軟性である。これに俊敏性を加えて測定することは、CP 児を評価するのに不可欠である。CP 児において、フィジカルフィットネスを的確に測定し、その結果を介入プログラムに反映させ、帰結評価をすることは、最適の理学療法を提供するために重要である。そこで、本総説では、CP 児におけるフィジカルフィットネスの測定、介入とその効果に言及する。

### はじめに

脳性麻痺 (cerebral palsy ; CP) は、小児領域において身体能力の低下を招く最も一般的な原因である<sup>1)</sup>。CP は、運動および姿勢の発達の異常の1つの集まりを説明するものであり、活動の制限を引き起こす<sup>2)</sup>。CP 児に対する最近の理学療法は、活動的なライフスタイルの促進やフィジカルフィットネスの増大に焦点が当てられてきている<sup>3)</sup>。CP 児は、正常発達した同年輩の児と比較して、フィジカルフィットネスのレベルが低いことが認められている<sup>4-12)</sup>。CP 児におけるフィジカルフィットネスのレベルの低下は、身体活動を減少させ、筋力の低下、フィットネスや移動能力の低下、長期的には慢性疼痛、疲労、過体重、骨粗鬆症などの二次的弊害<sup>6)</sup>を生じる悪循環をもたらすかもしれない<sup>8)</sup>。近年、運動トレーニングがCP 児のフィジカルフィットネスを向上させ<sup>6, 13-21)</sup>、身体活動の制限を緩和し<sup>14, 17, 18, 22)</sup>、参加のレベルを高め<sup>15)</sup>、健康関連QOLを改善する<sup>15, 23)</sup>ことが示されている。また、フィジカルフィットネスに対する運動トレーニングはCP 児の運動パターン、柔軟性、痙性に悪影響がないこと

が報告されている<sup>24)</sup>。

フィジカルフィットネスの健康に関連する構成要素は、心血管系フィットネス、身体組成、筋力、筋持久力、柔軟性である<sup>25-27)</sup>。心臓呼吸器系フィットネス、すなわち有酸素性の能力は、心臓呼吸器系が最大容量となる運動中に、筋肉に酸素を運んで使用しエネルギーを発生させる能力のことである<sup>25)</sup>。30ないし45秒以上長い永続的な活動の最中に、心臓呼吸器系は運動筋に酸素を運搬する<sup>25)</sup>。運動の短時間の爆発的発現は、無酸素性システムで支えられている<sup>25)</sup>。無酸素性の能力は、高強度運動の短時間の爆発的発現 (30~45秒) の間に無酸素性代謝によって再合成されるアデノシン三リン酸の最大総数であり、短時間の筋持久力や最大筋パワーで示される<sup>25)</sup>。また、俊敏性は、効果的、効率的な仕方で身体の方角を変化させる能力である<sup>28)</sup>。CP 児はバランスを失うことなく、身体の方角を不意に変化させたり、運動の方角を急速にシフトさせたりするのが困難である<sup>28)</sup>ため、俊敏性の測定はCP 児を評価するのに不可欠な要素の1つである。

CP 児では、これらの構成要素のいずれかあるいは複数が低下していると、これが拘束因子となり活動能

力が制限されると考えられる。中枢神経障害のパラダイムが神経生理学的視点からフィジカルフィットネスを重視する視点へとシフトした現在、CP児において、フィジカルフィットネス（有酸素性の能力、無酸素性の能力、筋力、俊敏性）の構成要素を的確に測定し、その結果を介入プログラムに反映させ、帰結評価をすることは、最適の理学療法を提供するために重要である。しかし、CP児のフィジカルフィットネスの測定方法、介入方法、効果の証明については普及の途上段階であり、現状を把握することが今後の発展につながると考える。そこで、本総説では、CP児（4、5～18歳）におけるフィジカルフィットネスについて、測定方法ならびにその信頼性、妥当性、実用性、介入方法とその効果に言及する。

## 脳性麻痺児におけるフィジカルフィットネスの測定

### 1. 有酸素性のフィットネス

#### 1) 呼気ガス分析

CP児における呼気ガス分析はトレッドミルテスト<sup>4,7,12,29</sup>、自転車エルゴメトリー<sup>10,30-33</sup>、上肢エルゴメトリー<sup>17</sup>、平地歩行・走行<sup>9,12,29,30</sup>で実施されている。最大運動時<sup>4,7,9,10,12,17,29-33</sup>、最大下運動時<sup>17</sup>あるいは快適歩行時<sup>9</sup>の、酸素摂取量 (l/min, ml/kg/min)<sup>4,7,9,10,12,17,29-33</sup>、分時換気量 (l/min)<sup>4,7,9,10,12,17,30,31</sup>、呼吸交換比<sup>4,7,9,10,12,17,29,33</sup>、心拍数 (beats/min)<sup>4,7,9,12,29,30,32,33</sup>、酸素脈 (ml O<sub>2</sub>/beat)<sup>7,10,31</sup>、嫌氣的代謝閾値 (l/min, ml/kg/min)<sup>12,31</sup>を測定指標としている。

トレッドミルテストでは、CP児の歩行障害や随伴する問題のため従来のプロトコールを適用できない<sup>29</sup>。Hoofwijkら<sup>4</sup>は、先立って特定した快適歩行速度が2～3.5 km/h、3.5～5 km/h、5 km/h以上のときトレッドミル歩行の開始速度をそれぞれ2.4 km/h、3.0 km/h、4.0 km/hとし、2分毎に歩行速度を上げ、最速歩行速度に達したとき最速歩行速度よりも0.2～0.5 km/h遅い速度で2分毎に傾斜を2.4～5%上げ、限界に達したときに終了とするプロトコールを用いている。また、Verschurenら<sup>7,29</sup>は、運動負荷試験中トレッドミルの傾斜を2%として、粗大運動能力分類システム (gross motor function classification system; GMFCS) レベルの場合には5 km/h、レベルの場合には2 km/hをそれぞれ開始速度とし、1分毎に0.25 km/hずつ速度を上げていき、疲労困憊（心拍数 > 180 bpm または呼吸交換比 > 0.99の他覚的所見、あるいは自覚的所見として

過剰な努力の兆候）まで行うプロトコールを使用している。Garcíaら<sup>12</sup>は、トレッドミル歩行の速度を2.0 km/h、傾斜を0.5%として試験を開始し、15秒毎に速度を0.1 km/h、傾斜を0.5%ずつ漸増させるプロトコールを用いている。いずれのトライアルでもバランスを保持するためトレッドミルの支持棒に触ることが許されている。

自転車エルゴメトリーによる呼気ガス分析について、Balemansら<sup>10</sup>は5分間の安静の後、心拍数100～115 bpmで2～3分間のウォームアップを行い、定常状態を特定し漸増負荷試験の初期の負荷を決定するために4～6分間の最大下テストを実施している。最大下テストの負荷は、予測最大心拍数の60～70%を目標とし、身長とGMFCSレベルに基づいて決定している。1分間の休憩の後、1分毎に負荷を上げ限界に達するまで行う最大負荷テストを行っている。1分毎に上昇させる負荷は、GMFCSレベルと身長を基に決めている。終了基準は心拍数 > 180 bpm、呼吸交換比 > 1、または疲労困憊の自覚的兆候である。クールダウンとして、心拍数が最大下テストの心拍数に戻るまで2分間、10Wの負荷で自転車漕ぎを行わせている。ペダル漕ぎの回転数は負荷試験を通じて60～70 rpmとしている。測定信頼性は級内相関係数 (intraclass correlation coefficient; ICC) > 0.90であったと報告されている。また、Nsenga Leunkeuら<sup>30</sup>は、30Wでの5分間のウォームアップの後、1分毎に15Wずつ負荷を上げ、クールダウンを5分間とするプロトコールを用いている。自転車エルゴメーターを漕ぐ回数は50 rpmに設定している。なお、必要があれば足部をストラップでペダルに固定している。さらに、Balemansら<sup>31,32</sup>、Brehmら<sup>33</sup>は、McMasterのプロトコールに基づくプロトコールで最大運動負荷試験を実施している。すなわち、2～3分間のウォームアップの後、4ないし5分間の最大下自転車漕ぎ運動を行わせ、その後1分毎に負荷 (GMFCSレベルと身長により決定) を上げ最大運動に至る。回転数は一貫して60～70 rpmに保たせている。CP児を対象とした、このプロトコールによる最大酸素摂取量のICCは0.94であると報告されている<sup>32</sup>。

Unnithanら<sup>17</sup>は上肢エルゴメトリーにより最大下運動と最大運動で呼気ガスを分析している。抵抗なしでの3分間のウォームアップの後、2.5Wの抵抗で4分間の最大下運動テストを行い、その後、1分毎に2.5Wずつ抵抗負荷を上げ疲労

困憊に至るまで最大運動テストを続けている。回転数はテストを通じて 50 rpm としている。

平地歩行・走行での呼気ガス分析に関して、Dallmeijer と Brehm<sup>9)</sup>は、5 分間歩行テストならびに 10 m シャトルランテストを実施している。5 分間歩行テストでは、50 m の歩行路を快適な速度で 5 分間歩行させている。後述する 10 m シャトルランテストは、漸増運動負荷試験であり、最大運動時の呼気ガス分析データが利用されている<sup>29)</sup>。また、García ら<sup>12)</sup>、Nsenga Leunkeu ら<sup>30)</sup>は後述する 6 分間歩行試験で呼気ガス分析を行っている。

呼気ガス分析は CP 児において、他の有酸素性フィットネスの測定の妥当性を検討する際の基準とされ、様々な場面での運動負荷によって実施でき、特に実験場面で適用されると考えられる。

## 2) 最大の有酸素パワー

最大の有酸素パワーは、エルゴメーターで段階的に抵抗負荷を増やしていき、各段階を一定時間回転し続けられる最大のパワー出力のことである。

CP 児の最大の有酸素パワーについて、Van den Berg-Emons ら<sup>5)</sup>は自転車エルゴメーターを用いて漸増運動負荷テストを行っている。本テストに先立って運動に慣れるための負荷テストを行い、プロトコルを検討し足部のペダルへの固定が必要かどうかを見極めている。続く本テストでは、5 分間程度のウォームアップの後ペダルの抵抗を 2 分毎に増加させ、テストの全運動時間が 8 ないし 12 分となるようにしている。最大のパワー出力におけるパワー (W) と心拍数 (bpm) を測定指標としている。CP 児で 3 回測定した場合に、両指標の平均値に有意差がなかったことから、信頼性があるとしている。

Parker ら<sup>34)</sup>は CP 児における最大の有酸素パワーを上肢エルゴメーターで測定している。テスト開始の負荷は、無酸素性上肢テストにおける心拍数を基に設定している。2 分毎に負荷を漸増していき、全運動時間が 6 ないし 8 分となるようにしている。運動を開始して 2 分後には心拍数が 120 bpm 程度、4 分後には 140 ~ 150 bpm、6 分後には 160 ~ 170 bpm となるようにし、上肢エルゴメーターの回転速度が求める速度を維持できなくなるまで運動を継続させている。出力を除脂肪体重で除した値 (W/kg) を測定指標として採用している。

## 3) 10 m シャトルランテスト

10 m シャトルランテストは Verschren らが CP 児のために開発した<sup>29)</sup>ものである。10 m のコースの両端にマーカーを置き、その間を歩くまたは走るテストである<sup>15,29,35-37)</sup>。GMFCS レベル の児の場合 5 km/h、レベル の場合 2 km/h の速度で歩行を開始し、1 分毎に 0.25 km/h ずつ速度が漸増するプロトコルを用いている。歩行・走行速度の漸増は CD プレーヤーから流れる音声による合図でなされる。ペースングのための音声による合図が鳴ったときにマーカーから 2 回連続して 1.5 m 以上離れていた場合にテストは終了となる。総運動時間 (min) や施行できたシャトル数 (回) が記録され分析のために使用される。信頼性について、ICC が 0.97 ~ 0.99 であったと報告されている<sup>29)</sup>。妥当性について、トレッドミル歩行による最大運動負荷テストでの最大酸素摂取量と高い相関があることが示されている<sup>29)</sup>。また、対象となった CP 児全員が実施可能であり、アンケート調査で多くの者がトレッドミルテストよりも好ましいと回答しており、実施可能性があるとされている<sup>29)</sup>。なお、10 m シャトルランテストから最大酸素摂取量を予測することも可能であり<sup>29)</sup>、CP 児の参考値も示されている<sup>36)</sup>。

## 4) 6 分間歩行試験

6 分間歩行試験について García ら<sup>12)</sup>は、CP 児を対象にして歩行中 1 分毎に心拍数 (beats)、酸素摂取量 (ml/kg/min)、歩行速度、歩数を記録し、これらからエネルギーコスト指数 (beats/m)、歩行エネルギー効率 (m/beats) を算出している。

Nsenga Leunkeu ら<sup>30)</sup>は、20m 離れた 2 本のライン間を歩行させている。CP 児は、装具や前腕までの杖を使用しないで 6 分間でなるべく長距離を歩くよう指示されている。歩行中標準化された激励の声掛けがなされ、30秒おきに歩行した距離と残り時間を告げられている。検討のため呼気ガス分析と心拍数測定がなされ、ICC が 0.82 ~ 0.85 であり、測定再現性があるとしている。6 分間歩行試験の最大酸素摂取量、最大分時換気量、最大心拍数は自転車エルゴメーターの測定値とそれぞれ一致し、6 分間歩行距離が 6 分間歩行試験および自転車エルゴメーターの最大酸素摂取量と正の相関があったことから、妥当性が認められている。

Jeng ら<sup>38)</sup>は、CP 児を 6 分間トレッドミル上で、できるだけ速い自分のペースで歩行させている。

その際、心拍数をパルスオキシメーターでモニタリングし、歩行距離を記録している。歩行時と安静時の心拍数 (beats/min) の差を歩行速度 (m/min) で除すことで生理的コスト指数 (physiological cost index ; PCI, beats/m) を算出している。PCIの信頼性、妥当性について、CP児を対象に5回測定して分析した結果、変動性が高く、また酸素摂取量との相関が  $r=0.407$  と低いことが指摘されている<sup>39)</sup>。

## 2. 無酸素性のフィットネス

### 1) Wingate anaerobic test (WAnT)

WAnT<sup>5,34,40,41)</sup>は、30秒間、上肢エルゴメーターまたは自転車エルゴメーターを、プレーキングの一定の力に抗して疲労困憊に至る速さで回転させ、その際の最高出力 (W または W/kg)、平均出力 (W または W/kg) を測定するものである。ペダルの長さ、シートの高さまたはハンドルレバーの長さを調整し、必要があれば足あるいは手をペダルないしハンドルに固定する。実施に先立って心拍数が 110~130 bpm となるようなウォームアップを4分間行い、実施後は2~3分のクールダウンを抵抗なし、遅い回転数で行う。Tiroshら<sup>40)</sup>のCP児を含む神経筋疾患児での検討では、2回測定の再現性が  $r=0.935\sim0.976$  であり、多くの児が実施可能であったと報告されている。Van den Berg-Emonsら<sup>5)</sup>のCP児を対象とした検討では、 $r=0.90\sim0.95$  であったとされている。信頼性ならびに実用可能性は得られているものと考えられる。また、20秒間のWAnT<sup>10,30,31,42,43)</sup>も行われている。Dallmeijerら<sup>42)</sup>はCP児を対象に20秒間のWAnTを施行し、 $ICC=0.87\sim0.99$  で測定再現性が認められたとしている。

### 2) Muscle power sprint test

Muscle power sprint test<sup>15,28,35,41,42,44)</sup>では、対象児は6回の最大速度での15m走行を実施する。それぞれの走行の間に10秒間の休憩をとる。体重と記録された時間に基づいてパワー出力 (W) が計算される。計算式<sup>28,44)</sup>は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{速度 (m/sec)} &= 15 \text{ m/時間} \\ \text{加速度 (m/sec}^2\text{)} &= \text{速度/時間} \\ \text{力 (kgm/sec}^2\text{)} &= \text{体重} \times \text{加速度} \\ \text{パワー (W)} &= \text{力} \times \text{速度} \end{aligned}$$

最高のパワー出力と6回の施行を平均したパワー

出力が測定値として採用される。CP児における検討で、検者間信頼性については  $ICC=0.97$ 、検者内信頼性については  $ICC=0.98$  であったと報告されている<sup>28)</sup>。妥当性に関しては、GMFCSレベルのCP児とレベルの児で測定値の間に有意差があったことから構成概念妥当性があり<sup>28)</sup>、WAnTで測定した最大のパワー出力、平均のパワー出力と強い相関があり妥当性のあるテストである<sup>41)</sup>とされている。また、施行してみたCP児へのアンケート調査の結果から実施可能性がある<sup>28)</sup>と結論づけられている。なお、CP児における参考値も示されている<sup>44)</sup>。

## 3. 筋力

### 1) 等速性筋力

CP児における等速性筋力<sup>5,21,45,46,47)</sup>は、CybexやKinCom、Biodexを使用して膝関節屈曲伸展運動で測定され、ピークトルク (N・m) またはこの体重比 (N・m/kg) が測定値として採用されている。Van den Berg-Emonsら<sup>5)</sup>はCP児を対象に、膝関節屈曲伸展の等速性筋力を測定している。角速度は 30 deg/sec, 60 deg/sec, 120 deg/sec とし、激励の声掛けを行っている。1.5時間の休憩を挟んだ2回の測定で、膝関節伸展筋力の測定再現性は 30 deg/sec ;  $r=0.71$ , 60 deg/sec ;  $r=0.55$ , 120 deg/sec ;  $r=0.42$  であり、30 deg/secのみ有意であったと報告している。後にAyalonら<sup>45)</sup>はCP児において、5回反復 (初回を除く4データを採用) の膝関節屈曲伸展筋力を90 deg/secで1週間の間隔をあけて2回測定している。4データ×2回=8データにおいて  $ICC=0.95\sim0.98$  であり、高い信頼性があったとしている。

### 2) 等尺性筋力

CP児の等尺性筋力 (N, N・m または kg) は、1つには、ハンドヘルドダイナモメーターを使用し膝関節伸展<sup>10,11,14,16,30,32,38,41,48-51)</sup>・屈曲<sup>11,48-51)</sup>、股関節屈曲<sup>11,51)</sup>・伸展<sup>14,48,50)</sup>・外転<sup>10,11,31,32,41,48-51)</sup>、足関節底屈<sup>11,14,48,50,51)</sup>運動で測定されている。CP児における測定信頼性についての報告では、2回測定の  $ICC=0.8^{48)}$ 、 $ICC=0.71\sim0.97^{49)}$ 、 $ICC=0.42\sim0.82^{50)}$ 、 $ICC=0.70\sim0.90^{51)}$  と様々であり一致した見解は得られていない。Mulder-Brouwerら<sup>52)</sup>は、文献を検討した結果、7論文に基づいて、CP児におけるハンドヘルドダイナモメーターでの筋力測定の信頼性は、証拠のレベルが低いながらも見

込めると言及している。

CP 児の等尺性筋力 (N/kg または W/kg) の測定は、他に KinCom や Biodex が用いられ大腿四頭筋<sup>47,53</sup>と下腿三頭筋<sup>53</sup>で実施されている。

Dallmeijer ら<sup>11</sup>は、CP 児において下肢の等尺性筋力が、歩行速度の21~24%、他の移動能力の25~35%を説明するとしている。

### 3) Functional strength

Functional strength は筋力を機能的な動作の一定時間での反復回数 (回)<sup>11,19,32,43,50,54</sup>、または、定めた回数を反復し得る最大重量 (kg)<sup>16,43,55</sup>で測定したものである。Balemans ら<sup>31</sup>、Van Wely ら<sup>43</sup>は CP 児の functional strength として、30秒間での lateral step-up と sit-to-stand の回数を測定している。また、Liao ら<sup>16</sup>、Liu ら<sup>55</sup>は、CP 児を対象に sit-to-stand を行わせて 1 repetition maximum (1-RM) を測定している。信頼性について、sit-to-stand の反復回数において ICC = 0.88 ~ 0.96<sup>54</sup>、lateral step-up, sit-to-stand, 両膝立ち位から片膝立ち位を経由して立位へ、の3種類の機能的な動作の反復回数において ICC = 0.91 ~ 0.96<sup>50</sup>であったと報告されている。妥当性に関して、sit-to-stand の反復回数は歩行速度 ( $r = 0.37$ ) ならびに PCI ( $r = 0.39$ ) との間に低いながらも有意な相関があったとされている<sup>55</sup>。

## 4. 俊敏性

### 1) 10 × 5 m sprint test

Verschuren ら<sup>15,28,35,44</sup>は CP 児の俊敏性の評価として 10 × 5 m sprint test を活用している。5 m 間隔に床に貼られたテープならびに設置されたコーンの間を、連続して 9 回ターンし 10 回走行して、合計 50 m をできるだけ速く行き来するのに要した時間 (sec) を測定するものである。検者間信頼性は ICC = 1.00、検者内信頼性は ICC = 0.97 であり、信頼性のある測定法であるとされている<sup>28</sup>。GMFCS レベル の児とレベル の児で測定値に有意差があったことから構成概念妥当性があるとされている<sup>28</sup>。また、実施後のアンケート調査の結果から実施可能性があるとされている<sup>28</sup>。なお、CP 児における参考値も示されている<sup>44</sup>。

### 2) その他

García ら<sup>12</sup>は、俊敏性の測定に time up and go (TUG) や time up and down stairs

(TUDS) を用いている。TUG は椅子から立ち上がり、3 m 先の目印を折り返し、再び椅子に坐る課題、TUDS は12段の階段をできるだけ速く昇り降りする課題であり、いずれも所要時間を計測する。

## 脳性麻痺児のフィジカルフィットネスに対する介入とその効果

### 1. ランダム化比較試験 (randomized controlled trial ; RCT) での検討

Van den Berg-Emons ら<sup>13</sup>は、20名の CP 児 (7 ~ 13歳) をランダムに実験群とコントロール群に振り分け、実験群を週 4 回、1 回につき 45 分間、9 ヶ月間のトレーニングプログラムに参加させている。トレーニングは、サイクリング、車椅子駆動、ランニング、スイミング、マット運動など、主に有酸素性の運動で構成されている。プログラムは、日々の活動レベルへの効果が限定的であり無酸素性パワーには有効でなかったが、最大の有酸素性パワーを増し膝関節屈曲伸展の等速性筋力を増強したと報告している。

Verschuren ら<sup>15</sup>は、68名の CP 児 (7 ~ 18歳) をランダムにトレーニング群とコントロール群に振り分け、トレーニング群に 45 分間のサーキットトレーニングを週 2 回、8 ヶ月間実施させ、帰結評価を行っている。その結果、10 m シャトルランテスト、muscle power sprint test, 10 × 5 m sprint test, 下肢筋力測定の成績が有意に向上し、自己概念、参加のレベル、健康関連 QOL が改善したとしている。

Unnithan ら<sup>17</sup>は、13名の CP 児 (14 ~ 18歳) をランダムに 2 群に振り分けている。トレーニング群には 20 分間の筋力増強トレーニング、20 ~ 22 分間の有酸素性トレーニングを含む計 70 分間のプログラムを週 3 回、12 週間行わせている。その結果、トレーニング群は運動負荷試験における酸素コストが減少し、有酸素性の能力が増し、粗大運動能力が改善したとしている。

Fowler ら<sup>46</sup>は、62名の CP 児 (7 ~ 18歳) をランダムに介入群とコントロール群に振り分けている。介入群には週 3 回、12 週間 (計 30 回) のサイクリング運動を施行させている。介入期間の 12 週間後、介入群は歩行速度は増さなかったが下肢筋力が増強し、移動の持久性や粗大運動能力の改善を認めている。しかし、介入期間前後の変化値に群間差がなかったことから、サイクリング運動が有効であるとは言えないと報告している。

Demuth ら<sup>23</sup>は、62名の CP 児 (7 ~ 18歳) をランダムに 2 群に振り分け、介入群には 3 ヶ月間 (計 30 回)

自転車エルゴメーターを60分間漕がせている。サイクリング運動は健康関連 QOL に対して好ましい効果があったとしている。

Chen ら<sup>21)</sup>は、CP 児 (6 ~ 12歳) 28名を対象に RCT を実施している。トレーニング群には週3回、1回につき40分間、12週間の運動プログラムを行わせている。プログラムはウォームアップ、sit-to-stand を20回反復、20分間のサイクリング運動、クールダウンから構成されている。介入期間後、トレーニング群は粗大運動能力は改善しなかったが、膝関節伸展運動の等速性筋力が増強したとしている。

Dodd ら<sup>14)</sup>は、21名の CP 児 (8 ~ 18歳) を2群に振り分け、筋力強化群には足関節底屈筋群、膝関節伸展筋群、股関節伸展筋群を強化するため踵挙げ、立位からのハーフスクワット、ステップ昇りを週3回実施させている。6週間のトレーニング期間後とトレーニング終了後12週間のフォローアップ時、強化を目的とした筋群を組み合わせた等尺性筋力が増大しており、トレーニング期間後の立位や移動などの活動能力が向上する傾向があったとしている。

さらに Dodd ら<sup>56)</sup>は、17名の CP 児 (8 ~ 16歳) を2群に振り分け、実験群に週3回、6週間の漸増負荷での筋力増強トレーニング (踵挙げ、ハーフスクワット、ステップ昇り) を行わせている。実験群はコントロール群と比較して6週後、フォローアップの18週間後に自己認識が良好であったとしている。

Unger ら<sup>22)</sup>は、31名の CP 児 (13 ~ 18歳) をトレーニング群とコントロール群に振り分け、トレーニング群を週1 ~ 3回、1回40 ~ 60分間、8週間の筋力トレーニングプログラムに参加させている。プログラムの内容は上肢、下肢、体幹をターゲットとした漸増する運動トレーニングである。8週間後、歩行速度、ケーンズ、重複歩距離、機能的能力についての認識は変化がなかったが、歩行における立脚中期の下肢関節角度、身体イメージについての認識が改善したとしている。

Liao ら<sup>16)</sup>は、20名の CP 児 (5 ~ 12歳) を対象に、実験群とコントロール群に振り分ける RCT を実施している。実験群は週3日、1日3セットで6週間の1-RM の20%の重量負荷をかけた sit-to-stand を行っている。その結果、歩行速度、膝関節伸展筋の等尺性筋力に有意な変化はなかったが、基本的な運動能力、重量負荷をかけた sit-to-stand の1-RM、PCI が有意に改善したと報告している。

Lee ら<sup>18)</sup>は、CP 児17名 (4 ~ 12歳) を実験群とコントロール群に振り分け、実験群に1回60分間、週3回、5週間の筋力増強プログラムを実施させている。

プログラムはウォームアップとしてのストレッチング、スクワット、lateral step-up、階段昇降、下肢の等張性運動、自転車エルゴメーターを利用した等速性運動、クールダウンから構成されている。実験群は、股関節の最大伸展筋力、スクワットの回数がプログラム終了時点と終了から6週間後のフォローアップ時点で有意に増しており、立位や移動などの能力がトレーニング終了時点で改善していたと報告している。加えて、プログラム終了時点と終了から6週間後のフォローアップ時点で歩行速度が速まり、重複歩距離が増し二重支持相が減少したとしている。また、トライアルの期間を通じて筋緊張の程度は変化しなかったとしている。

Schltes ら<sup>19)</sup>は、51名の CP 児 (6 ~ 13歳) を介入群とコントロール群に振り分け、介入群には12週間の負荷が漸増する functional strength トレーニングプログラムを実施させている。トレーニング群はトレーニングを45 ~ 60分間、週3回施行しており、プログラムはレッグプレス、sit-to-stand、lateral step-up、half knee-rise から構成されている。トレーニング後、下肢筋力が増大したが移動能力に変化はなかったとしている。また、トレーニングによって痙性に影響はなかったとの結果を得ている。なお、筋力増強効果はトレーニング終了後6週間経過すると失われたと報告している。

さらに Schltes ら<sup>20)</sup>は、同対象、同介入方法で別の帰結評価をしている。その結果、介入群は筋力が増強したが、歩行能力、参加のレベル、自転車エルゴメーターで測定した WAnT での無酸素性パワーは変化しなかったとしている。

Van Wely ら<sup>43)</sup>は、49名の CP 児 (7 ~ 13歳) を介入群とコントロール群に振り分け、介入群に動機づけの面談、理学療法士が児の家庭で行う日常活動を増大するための理学療法、下肢筋力と無酸素性の能力を増大するための前半4ヶ月間のフィットネストレーニングから構成される6ヶ月間のプログラムを実行させている。歩行活動、自己申告の身体活動、移動能力、歩行能力、functional strength、フィットネス (有酸素性の能力、無酸素性の能力、筋力)、自己報告の疲労、スポーツ活動への態度について帰結評価をし、いずれも効果がなかったと報告している。

さらに Van Wely ら<sup>57)</sup>は、同対象、同手順で別の帰結評価を行っている。結果、プログラムの施行はレクリエーションやレジャーへの社会参加、自己認識、QOL を向上しないが、フォローアップの12ヶ月後までの長期にわたり、家庭生活における社会参加を改善する可能性があるとしている。

Moreu ら<sup>47)</sup>は、16名の CP 児・者 (8 ~ 20歳) を異

なる角速度での等速性筋力トレーニング群に割り当てられている。週3回、8～10週間（計24セッション）のトレーニングにより、30 deg/sec から 120 deg/sec まで角速度を速くしていった群は 30 deg/sec の角速度の群と比較して、各角速度の筋力は同等であったが、等張性モードで測定した筋出力と最大角速度が有意に増したと報告している。さらに、高速トレーニング群のみで歩行速度、TUG、1 分間歩行距離が改善したとの結果を得ている。

Stackhouse ら<sup>53)</sup>は、11名の CP 児（8～12歳）を神経筋電気刺激群と等尺性筋力トレーニング群に振り分けている。週3回、12週間の施行の結果、大腿四頭筋と下腿三頭筋の筋力は神経筋電気刺激群の方が増大が顕著であったとしている。

以上、17の RCT のうち 6 論文が有酸素性の能力向上を含むトレーニングを実施させ、11論文が下肢筋力増強を主目的としたトレーニングを行わせている。後者の中の 1 論文が、トレーニングによる効果を神経筋電気刺激の効果と比較している。フィットネストレーニングの対象者は 11～68名であり、サンプルサイズの小さな検討も含まれている。介入期間は 5 週間～9 ヶ月である。フィジカルフィットネスを帰結評価の項目とした 13 論文で 10 論文でフィットネス向上の効果が認められている。しかし、活動レベルへの効果は賛否が分かれている。さらに参加レベル、健康関連 QOL を帰結評価した論文は少数である。フィジカルフィットネスに対する良好な効果の持続性について、介入終了 6 週間後、12週間後で検討されているが、RCT が少なく結論づけられない。なお、フィットネストレーニングにより痙性の亢進や関節可動域制限の増悪を認めたとする報告は皆無である。

## 2. システマティックレビューでの検討

Novak ら<sup>58)</sup>は、CP 児に対するリハビリテーションにかかる広範囲の介入についてのシステマティックレビューを行っている。その中でフィットネストレーニングに触れ、有酸素性のフィットネストレーニングは、活動や参加のレベルへの効果のエビデンスは低いが、身体機能に対して有効であり、活用が推奨されるとしている。

Verschuren ら<sup>24)</sup>は、CP 児の運動プログラムに関するシステマティックレビューで 20 の論文が基準に合致し、うち 5 文献（RCT は 1 論文）が有酸素性トレーニングによる介入に関するものであったとしている。多くが身体機能を帰結評価の項目としており、活動レベルを帰結とした 1 論文はその効果を認めず、参加の

レベルについて検討した研究はない。有酸素性トレーニング以外のトレーニングでの介入をした論文を含めて、日常活動や参加のレベル、自己認識や QOL を帰結としたさらなる検討が必要であるとしている。

Anttila ら<sup>59)</sup>は、CP 児に対する理学療法の種々の介入手法に関するシステマティックレビューを実施している。22 の論文が基準を満たし、うち 2 文献のみが有酸素性トレーニングでの介入を行っていたとされる。1 論文は骨密度に対し有効であったとし、他の論文は最大の有酸素パワーに効果があったとしているが、いずれも研究の質が低いとしている。

Rogers ら<sup>60)</sup>は、有酸素性トレーニングによる介入の効果についてシステマティックレビューを行っており、13 の文献が採択されている。CP 児に対する介入により、脂肪厚や最大の有酸素の能力などの生理学的な帰結は改善するが、活動ならびに参加のレベルに対する効果は不明であり、さらなる研究が必要であるとしている。

Butler ら<sup>26)</sup>は、CP 児を対象とした心臓呼吸器系トレーニングの効果に言及している。システマティックレビューによる文献の取捨選択の結果、3 つの RCT を見出している。2～4 ヶ月の短期間の介入では有酸素性のフィットネスが 18～22% 増加し、8～9 ヶ月の長期間の介入では 26～41% 改善するとしている。しかし活動レベルに対する有益性は、短期間の介入で 0～13%、長期間の介入で 2～9% であったとしている。以上より、CP 児における心臓呼吸器系トレーニングは有酸素性のフィットネスを改善することが示唆されるが、活動のレベルへの波及効果はわずかであると結論づけている。

Franki ら<sup>61)</sup>は、システマティックレビューで CP 児における基本的な理学療法について検討している。採用された 83 文献のうち 8 つの介入研究と 2 つのシステマティックレビューが持久性トレーニングに関するものであった。持久性トレーニングは有酸素性の持久力を改善し、その効果はトレーニング期間と同程度の期間続くと考えられたとしている。また、CP 児は最大心拍数の 75% の心拍数のトレーニングに耐え得るようであると報告している。

先に引用した Novak ら<sup>58)</sup>の論文は、CP 児における筋力増強トレーニングの推奨レベルをエビデンスが低いレベルに分類している。

前述した Verschuren ら<sup>24)</sup>のシステマティックレビューは、選択された 20 の論文のうち 11 論文（RCT は 4 論文）が筋力増強トレーニングに関するものであったとしている。全ての論文が身体機能を帰結評価しており、

8論文が活動レベル、1論文が参加レベルを検討している。有酸素性トレーニングの介入、有酸素性トレーニングと筋力強化を組み合わせた介入を含めRCTは5論文に限られており、身体機能以外の帰結についてさらなる研究が必要としている。

先に述べた Anttila ら<sup>59)</sup>のシステマティックレビューでは、選択された22論文中6論文が筋力増強トレーニングに関するものであった。4論文が歩行速度や重複歩距離を、3論文が粗大運動能力を帰結評価の項目としている。エビデンスの質が低く、歩行に対しては無効であるとの中等度のエビデンスがあり、粗大運動能力に対しては議論の余地があるエビデンスしかないとしている。

先の Franki ら<sup>61)</sup>のシステマティックレビューは、採択された83文献中12の介入研究と6つのシステマティックレビューが筋力増強トレーニングに関わるものであったとしている。筋力増強トレーニングは筋力の向上と、歩行や運動能力のわずかな改善に有効であると報告している。CP児は1-RMの60~80%の抵抗に耐え得るようであるとしている。また、効果はプログラム終了後比較的早い時期に失われるようであるとしている。

Darrah ら<sup>62)</sup>は、CP児を対象とした漸増抵抗での筋力増強トレーニングの効果についてシステマティックレビューを行っている。7論文が基準を満たし吟味されている。1論文はエビデンスのレベルが最も高く、残り6論文はレベルが最も低かったとされる。3論文で痙性を評価しているが、筋力増強トレーニングによって有害な効果は認めなかったとしている。CP児において、漸増抵抗での筋力増強トレーニングは筋力を増強するが、機能的な能力への影響は不明なままであるとしている。

Taylor ら<sup>63)</sup>は、種々の対象疾患を含めて漸増抵抗運動に関してシステマティックレビューを行っている。CP児・者を対象とした論文では、身体機能を帰結としたものが多く、漸増抵抗運動が筋力を増強するとした2つのシステマティックレビューがあるとしている。活動や社会参加を帰結とした論文は少なく、活動制限に対してわずかな、ないし中等度の効果があるかもしれないとしている。フォローアップについては、1つのRCTが筋力の改善が6ヶ月後も続いていたとしていることに触れている。

Mockford ら<sup>64)</sup>は、システマティックレビューで13論文(うちRCTは5論文)を取り上げている。CP児・者の年齢は3~20歳である。漸増抵抗運動は、痙性の亢進や他の悪影響なしに、身体機能と歩行能力を改善するとしている。また、この効果は等速性運動よりも等張性運動で、年長者よりも若年者で顕著である

としている。

Martin ら<sup>65)</sup>は、CP児において従来から行われてきた一般的な理学療法に関してシステマティックレビューを行っている。34論文(うちRCTは14文献)の中で筋力増強トレーニングについて検討していたのは16文献であった。筋力増強トレーニングは筋力を強化するが、機能が向上することに言及した論文はわずかであったとしている。

Gillett らのCP児における筋力増強トレーニングの筋の形態・構造や機能に関するシステマティックレビュー<sup>66)</sup>では、6文献が採択されている。うち、4論文が筋機能に対する効果を検討しており、等尺性筋力、等速性筋力、筋出力、踵挙げの回数に大きな効果があるとされている。

以上、有酸素性トレーニングによる介入について検討したシステマティックレビューは6文献、筋力増強トレーニングによる介入を検討したものは9文献である。有酸素性トレーニングにかかるシステマティックレビューに採用されたRCTは数少ない。また、望ましいトレーニングプログラムの強度、1回あたりの時間、頻度、期間について言及されておらず、さらなる検討が必要である。有酸素性トレーニングの効果に関して、身体機能には有効と考えられるが、活動や参加のレベルへの効果は未だ十分吟味されていない。筋力増強トレーニングに関するシステマティックレビューでは、多くが介入プログラムの強度、時間、頻度、期間に触れていない。筋力増強の効果があると考えられるが、歩行を含む身体能力に対する効果は不明である。さらに参加のレベルまで検討した研究が少なく、システマティックレビューで十分検討できないようである。有酸素性ならびに筋力増強のトレーニングにおいて、介入効果の持続期間についての研究も必要である。

### 3. メタアナリシスでの検討

Dodd ら<sup>67)</sup>は、CP児・者における筋力増強トレーニングについてのシステマティックレビューで、11の文献(10文献が研究論文、1文献が総説)が基準に合致したとしている。対象者の年齢が12~47歳である1論文が含まれており、残りの研究論文では年齢の範囲が4~20歳である。10の研究論文(RCTは1論文)をメタアナリシスし、8論文で筋力増強プログラムによって筋力が増強したとしている。2論文が活動レベルの向上を認め、1論文が自己認識の改善があったと報告している。なお、痙性の亢進などの有害な効果はなかったとしている。以上より、筋力増強トレーニングは悪影響なしに筋力を増強するが、活動や参加のレ



ベルの変化, 関連する因子に対する効果についてはさらに焦点を当てる必要があるとしている。

Scianni ら<sup>68)</sup>は, 電気刺激, バイオフィードバックを含めた筋力増強のための CP 児を対象とした介入について, メタアナリシスを実施している。6つの RCT (うち1論文は上肢に関するもの) が選択され, 分析には5つの論文が用いられている。筋力増強のための介入は筋力を増強せず歩行速度も改善しないが, 粗大運動能力を極わずかに向上させるとしている。加えて, 介入が痙性に対して悪影響を及ぼさないことについて, 1論文のみが検討しているが群間比較を行っておらず, 採択されなかった非 RCT によって支持されると報告している。活動レベルが低い対象において, 高強度の筋力増強プログラムで, さらなる研究を実施することが必要であるとしている。

Park ら<sup>69)</sup>は, CP 児・者における筋力増強トレーニングについて13の RCT に基づいてメタアナリシスを実施している。対象者の年齢は1論文で平均41.2歳であり, 残り12論文で平均6.3~15.9歳である。筋力増強トレーニングは, 40~50分間, 週3日施行した場合, 筋力をかなりの程度増強させるとしている。この効果は年長者よりも若年者で著しいとされている。個別筋でみると, 膝関節伸筋で有効であり, 足関節底屈筋, 股関節内外転筋・伸筋の有効性は認めないことに言及している。また, 歩行に関連する持久力を除いた変数, 粗大運動能力などの活動に対する効果のエビデンスは中等度ないし強いと報告されている。筋力増強効果に関して, RCT の介入期間が5~12週間と短く, 要因が神経メカニズムによるところが大きく, 筋肥大やホルモン因子に至るには長い介入期間での研究が必要としている。加えて, 歩行を含む活動に対する効果は認められるが, 粗大運動能力への寄与を特定するために, 的確なさらなる研究が必要であるとしている。

以上, CP 児における有酸素性トレーニングに関するメタアナリシスは見出せなかった。CP 児の筋力増強トレーニングについては3つのメタアナリシスがあり, 有益な効果について見解が分かっている。メタアナリシスが行われた年とこれに用いられた RCT は, 2002年<sup>67)</sup> 1論文, 2009年<sup>68)</sup> 5論文, 2014年<sup>69)</sup> 13論文であり, 徐々にエビデンスが構築されてきていると考えられる。最新のメタアナリシス<sup>69)</sup>では, 効果のある介入プログラムの時間と頻度が示されているが, 実施期間については長期の介入の必要性が指摘されている。筋力増強効果に加えて, 歩行の一部の機能的な能力, 活動に有効であることが示唆されている。しかし, 活動のレベルへの確実な有効性の証明, 参加のレベルへの

影響, 心理面や QOL に対する効果, 効果の持続性など, 検討課題が残されており, さらなる研究が必要と考える。

## おわりに

20世紀末以来, CP 児におけるフィジカルフィットネスについての論文が盛んに発表されている<sup>25)</sup>。本総説で示されたように, フィジカルフィットネスの構成要素の測定方法が信頼性, 妥当性, 実用性を持って確立されつつあり, フィットネストレーニングを含めた介入プログラムの開発と介入の帰結評価がなされ, 一定の有効性が認められてきている。しかし, システマティックレビューならびにメタアナリシスにおいて質の高いさらなる研究が求められており, エビデンスの構築は未だ十分ではない。CP 児におけるフィジカルフィットネスの測定や介入とその効果に関するより一層の質の高い臨床実践と研究の積み重ねが必要である。

## 文 献

- 1) Surveillance of cerebral palsy in Europe: Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol* 44: 633-640, 2002
- 2) Bax M, Goldstein M, et al.: Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol* 47: 571-576, 2005
- 3) Damiano DL: Activity, activity, activity: rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Phys Ther* 86: 1534-1540, 2006
- 4) Hoofwijk M, Unnithan V, et al.: Maximal treadmill performance of children with cerebral palsy. *Pediatr Exerc Sci* 7: 305-313, 1995
- 5) Van den Berg-Emons RJ, Van Baak MA, et al.: Reliability of tests to determine peak aerobic power, anaerobic power and isokinetic muscle strength in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 38: 1117-1125, 1996
- 6) Fowler EG, Kolobe TH, et al.: Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Phys Ther* 87: 1495-1510, 2007
- 7) Verschuren O, Takken T: Aerobic capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 31: 1352-1357, 2010

- 8) Van Wely L, Becher JG, et al.: LEARN 2 MOVE 7-12 years: a randomized controlled trial on the effects of a physical activity stimulation program in children with cerebral palsy. *BMC Pediatrics* 10: 77, 2010
- 9) Dallmeijer AJ, Brehm MA: Physical strain of comfortable walking in children with mild cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 33: 1351-1357, 2011
- 10) Balemans AC, Van Wely L, et al.: Maximal aerobic and anaerobic exercise responses in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 45: 561-568, 2013
- 11) Dallmeijer AJ, Rameckers EA, et al.: Isometric muscle strength and mobility capacity in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 25: 1-8, 2015
- 12) García CC, Alcocer-Gamboa A, et al.: Metabolic, cardiorespiratory, and neuromuscular fitness performance in children with cerebral palsy: a comparison with healthy youth. *J Exerc Rehabil* 12: 124-131, 2016
- 13) Van den Berg-Emons RJ, Vanbaak MA, et al.: Physical training of school children with spastic cerebral palsy: effects on daily activity, fat mass and fitness. *Int J Rehabil Res* 21: 179-194, 1998
- 14) Dodd KJ, Taylor NF, et al.: A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 45: 652-657, 2003
- 15) Verschuren O, Ketelaar M, et al.: Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med* 161: 1075-1081, 2007
- 16) Liao HF, Liu YC, et al.: Effectiveness of loaded sit-to-stand resistance exercise for children with mild spastic diplegia: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 88, 25-31, 2007
- 17) Unnithan VB, Katsimanis G, et al.: Effect of strength and aerobic training in children with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1902-1909, 2007
- 18) Lee JH, Sung IY, et al.: Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 30: 1439-1444, 2008
- 19) Scholtes VA, Becher JG, et al.: Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 52: e107-e113, 2010
- 20) Scholtes VA, Becher JG, et al.: Effectiveness of functional progressive resistance exercise training on walking ability in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 33: 181-188, 2012
- 21) Chen CL, Hong WH, et al.: Muscle strength enhancement following home-based virtual cycling training in ambulatory children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 33: 1087-1094, 2012
- 22) Unger M, Faure M, et al.: Strength training in adolescent learners with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 20: 469-477, 2006
- 23) Demuth SK, Knutson LM, et al.: The PEDALS stationary cycling intervention and health-related quality of life in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 54: 654-661, 2012
- 24) Verschuren O, Ketelaar M, et al.: Exercise programs for children with cerebral palsy: a systematic review of the literature. *Am J Phys Med Rehabil* 87: 404-417, 2008
- 25) Balemans AC, Fragala-Pinkham MA, et al.: Systematic review of the clinimetric properties of laboratory- and field-based aerobic and anaerobic fitness measures in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 94: 287-301, 2013
- 26) Butler JM, Scianni A, et al.: Effect of cardiorespiratory training on aerobic fitness and carryover to activity in children with cerebral palsy: a systematic review. *Int J Rehabil Res* 33: 97-103, 2010
- 27) Maltais DB, Wiart L, et al.: Health-related physical fitness for cerebral palsy. *J Child Neurol* 29: 1091-1100, 2014
- 28) Verschuren O, Takken T, et al.: Reliability for running tests for measuring agility and anaerobic muscle power in children and adolescents with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 19: 108-115, 2007
- 29) Verschuren O, Takken T, et al.: Reliability and validity of data for 2 newly developed shuttle run tests in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 86: 1107-1117, 2006
- 30) Nsenga Leunkeu A, Shephard RJ, et al.: Six-

- minute walk test in children with cerebral palsy gross motor function classification system levels I and II: reproducibility, validity, and training effects. *Arch Phys Med Rehabil* 93:2333-2339, 2012
- 31) Balemans AC, Van Wely L, et al.: Associations between fitness and mobility capacity in school-aged children with cerebral palsy: a longitudinal analysis. *Dev Med Child Neurol*: 2015
- 32) Balemans AC, Van Wely L, et al.: Longitudinal relationship among physical fitness, walking-related physical activity, and fatigue in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 95:996-1005, 2015
- 33) Brehm MA, Balemans AC, et al.: Reliability of a progressive maximal cycle ergometer test to assess peak oxygen uptake in children with mild to moderate cerebral palsy. *Phys Ther* 94:121-128, 2014
- 34) Parker DF, Carriere L, et al.: Muscle performance and gross motor function of children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 35:17-23, 1993
- 35) Verschuren O, Ketelaar M, et al.: Relation between physical fitness and gross motor capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 51:866-871, 2009
- 36) Verschuren O, Bloemen M, et al.: Reference values for aerobic fitness in children, adolescents, and young adults who have cerebral palsy and are ambulatory. *Phys Ther* 90:1148-1156, 2010
- 37) Ryan JM, Hensey O, et al.: Associations of sedentary behavior, physical activity, blood pressure and anthropometric measures with cardiorespiratory fitness in children with cerebral palsy. *PLoS One* 10:e123267, 2015
- 38) Jeng SC, Yeh KK, et al.: A physical fitness follow-up in children with cerebral palsy receiving 12-week individualized exercise training. *Res Dev Disabil* 34:4017-4024, 2013
- 39) Bowen TR, Lennon N, et al.: Variability of energy-consumption measures in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 18:738-742, 1998
- 40) Tirosh E, Bar-Or O: New muscle power test in neuromuscular disease. Feasibility and reliability. *Am J Dis Child* 144:1083-1087, 1990
- 41) Verschuren O, Bongers BC, et al.: Validity of the muscle power sprint test in ambulatory youth with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 25:25-28, 2013
- 42) Dellmeijer AJ, Scholtes VA, et al.: Test-retest reliability of the 20-sec Wingate test to assess anaerobic power in children with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil* 92:762-767, 2013
- 43) Van Wely L, Balemans AC, et al.: Physical activity stimulation program for children with cerebral palsy did not improve physical activity: a randomized trial. *J Physiother* 60:40-49, 2014
- 44) Verschuren O, Bloemen M, et al.: Reference values for anaerobic performance and agility in ambulatory children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 52:e222-e228, 2010
- 45) Ayalon M, Ben-Sira D, et al.: Reliability of isokinetic strength measurements of the knee in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 42:398-402, 2000
- 46) Fowler EG, Desloovere K, et al.: Pediatric Endurance and Limb Strengthening (PEDALS) for children with cerebral palsy using stationary cycling: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 90:367-381, 2010
- 47) Moreau NG, Holthaus K, et al.: Differential adaptations of muscle architecture to high-velocity versus traditional strength training in cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 27:325-334, 2013
- 48) Taylor NF, Dodd KJ, et al.: Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 85:77-80, 2004
- 49) Berry ET, Giuliani CA, et al.: Intrasession and intersession reliability of handheld dynamometry in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 16:191-198, 2004
- 50) Verschuren O, Ketelaar M, et al.: Reliability of hand-held dynamometry and functional strength tests for the lower extremity in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 30:1358-1366, 2008
- 51) Willemsse L, Brehm MA, et al.: Reliability of isometric lower-extremity muscle strength measurements in children with cerebral palsy: implications for measurement design. *Phys Ther* 93:935-941, 2013
- 52) Mulder-Brouwer AN, Rameckers EA, et al.: Lower extremity handheld dynamometry

- strength measurement in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 28 : 136-153, 2016
- 53) Stackhouse SK, Binder-Macleod SA, et al.: Neuromuscular electrical stimulation versus volitional isometric strength training in children with spastic diplegic cerebral palsy: a preliminary study. *Neurorehabil Neural Repair* 21 : 475-485, 2007
- 54) Gan SM, Liao HF: The reliability study and comparison of sit-to-stand repetitive maximum capacity in children with cerebral palsy and children without disability. *Formos J Phys Ther* 27 : 292-302, 2002
- 55) Liu CC, Liao HF, et al.: The relations between the sit-to-stand functional muscle strength and walking capacity in children with mild spastic diplegia. *Formos J Phys Ther* 29 : 176-183, 2004
- 56) Dodd KJ, Taylor NF, et al.: Strength training can have unexpected effects on the self-concept of children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 16 : 99-105, 2004
- 57) Van Wely L, Balemans AC, et al.: The effectiveness of a physical activity stimulation programme for children with cerebral palsy on social participation, self-perception and quality of life: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 28 : 972-982, 2014
- 58) Novak I, McIntyre S, et al.: A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol* 55 : 885-910, 2013
- 59) Anttila H, Autti-Rämö I, et al.: Effectiveness of physical therapy interventions for children with cerebral palsy: a systematic review. *BMC Pediatr* 8 : 2008
- 60) Rogers A, Furler BL, et al.: A systematic review of the effectiveness of aerobic exercise interventions for children with cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Dev Med Child Neurol* 50 : 1-7, 2008
- 61) Franki L, Desloovere K, et al.: The evidence-base for basic physical therapy techniques training lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the international classification of functioning, disability and health as a conceptual framework. *J Rehabil Med* 44 : 385-395, 2012
- 62) Darrah J, Fan JS, et al.: Review of the effects of progressive resisted muscle strengthening in children with cerebral palsy: a clinical consensus exercise. *Pediatr Phys Ther* 9 : 12-17, 1997
- 63) Taylor NF, Dodd KJ, et al.: Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. *Phys Ther* 85 : 1208-1223, 2005
- 64) Mockford M, Caulton JM, et al.: Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. *Pediatr Phys Ther* 20 : 318-333, 2008
- 65) Martin L, Baker R, et al.: A systematic review of common physiotherapy interventions in school-aged children with cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 30 : 294-312, 2010
- 66) Gillett JG, Boyd RN, et al.: The impact of strength training on skeletal muscle morphology and architecture in children and adolescents with spastic cerebral palsy: a systematic review. *Res Dev Disabil* 56 : 183-196, 2016
- 67) Dodd KJ, Taylor NF, et al.: A systematic review of the effectiveness of strength training programs for people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 83 : 1157-1164, 2002
- 68) Scianni A, Butler JM, et al.: Muscle strengthening is not effective in children and adolescents with cerebral palsy. A systematic review. *Aust J Physiother* 55 : 81-87, 2009
- 69) Park EY, Kim WH: Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 35 : 239-249, 2014

## Physical fitness in children with cerebral palsy

Makoto SASAKI

Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Akita University

### Abstract

Recently, physical therapy for children with cerebral palsy (CP) has focused on promoting an active lifestyle and increasing physical fitness. It has been shown that the exercise training has a good outcome in pediatric CP patients with decreased physical fitness. The health-related components of physical fitness include cardiovascular fitness, body composition, muscle strength, muscle endurance, and flexibility. Adding a measurement of agility to these points of evaluation is indispensable when evaluating children with CP. In order for intervention programs to be able to offer the best physical therapy for children with CP, it is important to reflect an adequate measurement of physical fitness, and to measure the outcome. Thus, the present study reviewed the measurement of physical fitness in children with CP and investigated the effects of physical therapy interventions on their physical fitness.