Archives of
Rehabilitation

Summer 2024. Vol 25. Num 2

Research Paper

The Effect of Planovalgus on Balance and Motor Function in Children With Cerebral Palsy

Mahsa A'rabi[1], *Saeid Fatorehchy[1], Seyed Ali Hosseini[1], Enayatollah Bakhshi[2], Seyedmostafa Alavian[3,4]

1. Department of Occupational Therapy, School of Rehabilitation Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
2. Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Social Health, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
3. Department of Biomechanics, Faculty of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
4. Mowafaghian Research Center in Neurorehabilitation Technologies, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation A'rabi M, Fatorehchy S, Hosseini SA, Bakhshi E, Alavian SM. The Effect of Planovalgus on Balance and Motor Function in Children With Cerebral Palsy. Archives of Rehabilitation. 2024; 25(2):292-311. https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3785.1

https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3785.1

ABSTRACT

Objective Lower limb deformity in children with cerebral palsy (CP) is a common musculoskeletal problem and planovalgus is the most prevalent, characterized by talus median subluxation, calcaneal valgus, and supinated forefoot. According to studies, one issue in orthopedics and pathology is the accurate diagnosis and proper treatment of planovalgus deformity in children with bilateral spastic cerebral palsy, which has attracted researchers' attention. Accordingly, the present study investigates the effect of planovalgus deformity on the motor performance and balance of these children.

Materials & Methods This cross-sectional study employed a descriptive-analytical design. The convenient sampling method was used among children with bilateral spastic cerebral palsy, diagnosed with unilateral planovalgus, who were referred to the clinics of the University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences (Nezam Mafi) and occupational therapy clinics from September 2022 to February 2023 in Tehran City, Iran. Meanwhile, all participants were willing to cooperate in this research. A total of 27 participants were evaluated by an occupational therapist based on the specified criteria and gross motor function classification system (GMFCS), which included the assessments of balance, muscle strength, range of motion, and pain. Data analysis was done using the SPSS software, version 16.

Results The results revealed a statistically significant difference between the mean range of motion of ankle dorsiflexion and knee extension between the two limbs (P<0.001). The mean muscle strength of the quadriceps and ankle plantar flexors indicated a statistically significant difference in the affected limb (P<0.001). Additionally, the mean displacement of the center of pressure of the foot also demonstrated a statistically significant difference regarding topographical involvement (P<0.001).

Conclusion Planovalgus deformity is one of the most common ankle deformities, which is of great concern for children with cerebral palsy. The results obtained from the assessments of the child's balance and motor function demonstrated the importance of assessment strategies and early interventions to achieve better rehabilitation outcomes for children with CP and planovalgus deformity.

Keywords Cerebral palsy (CP), Pes planovalgus, Functional balance, Pain, Range of motion, Muscle strength

Received: 22 Aug 2023
Accepted: 07 Feb 2023
Available Online: 01 Jul 2024

Corresponding Author:
Saeid Fatorehchy, Assistant Professor.
Address: Department of Occupational Therapy, School of Rehabilitation Sciences, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
Tel: +98 (912) 3768849
E-Mail: saeidfatorehchy@yahoo.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

English Version

Introduction

Cerebral palsy (CP) is a group of permanent movement and posture disorders that lead to limitations in the performance of activities and occur as a result of non-progressive disorders in the developing brain of a fetus or infant [1]. Brain damage in these children leads to abnormal muscle activity, impaired weight bearing, and limited movement due to muscle shortening, which in turn leads to secondary musculoskeletal and movement problems [2]. One of the most important functional mobility deformities whose treatment is still debated is the planovalgus deformity in children with bilateral spastic CP as one of the most common deformities [3, 4] associated with shortening of the Achilles tendon of the lower limbs and causes pain or other symptoms with increased activity and increased body mass index. These symptoms become more noticeable after the age of 10 years and can last into adulthood, leaving people unable to walk [5]. As a common deformity of the foot, the characteristics of planovalgus include hind foot valgus, midfoot pronation, decreased medial longitudinal arch, and forefoot abduction/supination [6, 7]. Although the primary cause of planovalgus deformity is still unknown, people with this deformity frequently experience pain, functional impairment, and lower limb contracture [7]. According to a 2016 study on CP aimed at improving walking in children with this disorder, the maturation of balance skills in these children was also delayed or reduced compared to typically developing children. Over time, these defects lead to problems in balance and foot center of pressure. Therefore, balance and walking disorders, including asymmetry in the lower limbs, are some of the complications of this phenomenon, which can lead to further dysfunction in ambulatory children with CP [8]. Optimum walking performance comes from using the ground reaction force. Meanwhile, the optimal use of this force requires the proper performance of the ankle's plantar flexors [9]. According to Miller's study in 2022, a planovalgus deformity impairs plantar flexor function and ground reaction force by causing structural changes in the foot and ankle. This study shows that the performance level of gross movements of these children alone is the most important factor influencing the progress of radiological indicators in the treatment of planovalgus deformities [10]. The results of research conducted in the field of planovalgus deformity show that early detection of planovalgus deformity is essential to prevent aggravation of leg injuries [11].

Ambulatory children with CP who are referred to medical centers and have planovalgus deformity in the ankles typically use the crutch walking pattern that is most common in these children. Due to spasticity, muscle contractions, and limitation of movement of the joints of the lower limbs, there is a loss of functional capabilities in these children [12]. Although this deformity is known to persist into adulthood, little information has been published regarding the natural history and treatment of planovalgus. Furthermore, there is no clarity regarding the need for non-surgical or surgical treatment [13]. Since the presence of planovalgus deformity can be unilateral in many cases and can affect the functional activities of the lower limbs in walking, mobility, and movement as well as the achievement of maximum functional independence, the extent of children's participation in activities of daily living leads to problems. Further study and investigation of the planovalgus and its effects on the child's physical condition and functional and movement abilities to correct the deformity, prevent the progression of the deformity, and ultimately make the lower limbs more stable when walking may lead to an increase in the child's independence and participation in activities of daily living. Therefore, due to the limited number of studies on planovalgus deformity, its impact on the field of rehabilitation and occupational therapy-related studies, and the lack of access to a study specifically addressing this topic, this study investigates the effects of unilateral planovalgus deformity. Evidence should be presented on the components related to the balance and motor function of children with CP to determine the impact of this deformity on the cases mentioned so that it can be used professionally in the rehabilitation process. Therapists and pediatric orthopedists can benefit from the prevention of secondary musculoskeletal problems in children with cerebral palsy.

Materials and Methods

The current descriptive-analytical research was conducted on an observational basis using the convenient sampling method from September 2022 to February 2023. The inclusion criteria of the study were children with spastic CP in the age group of 8 to 14 years with level one or two of the gross motor function classification scale (GMFCS) [10, 14], diagnosis of unilateral planovalgus deformity by a neurologist and pediatric orthopedist or based on medical records, the lack of obesity (body mass index in the 85th percentile or less) [15], a lack of history of surgery and contractures of the joints of the lower extremities, and sufficient cognitive ability to participate in the study [14]. Meanwhile, the exclu-

sion criteria were parental dissatisfaction with the conduct of the children's assessments in the study, failure to complete the consent form, the presence of epilepsy and other neurological, psychological, and orthopedic diseases in the child based on the medical examination record and the participation of the child.

Child's research occurred parallel to this research. After the research process and assessment method were explained in detail to the participants' parents, written informed consent was also obtained from them. According to the article by Sung, the minimum sample size was determined from 27 people with a power of 80% and a test error of 5%, using information from similar studies according to Equation 1 [6].

1.

$$n=\frac{[z_{1\alpha/2}+z_{1-\beta}]^2 2(\sigma^2_d)}{d^2}=\frac{(1\text{-}96+0.84)^2 2(15.8^2)}{(454.2\text{-}42.0)^2}=26.29=27$$

After obtaining ethical approval, the study was carried out in the occupational therapy department of the Mafi system (including the medical centers of the University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences) and occupational therapy clinics in Tehran City, Iran. In this study, 9 girls and 18 boys with CP and unilateral planovalgus deformity who could walk independently were examined in one session. Overall, the evaluations took 10 to 15 min. This study included children with CP who were at levels one and two of the gross motor function classification scale to quantify the balance and changes in the center of pressure of the soles of these children through the balance board and the single leg stance balance test. Postural stability and balance can be assessed by analyzing the time coordinate and variable center of pressure measured via the force plate [16]. During the single-leg stance balance test, the subjects were instructed to remain as still as possible on the force plate with the leg being tested [17]. The Nintendo Wii balance board was used in this evaluation, which has 4 pressure sensors with a data acquisition frequency of 100 Hz. The single leg stance balance test, which involves the patient assuming a position of standing on one leg was performed twice for both the leg unaffected by planovalgus deformity and the leg affected by planovalgus deformity, with the most favorable outcome being documented. Primary information was extracted and stored through the software written in the Unity environment and transferred to the Microsoft Excel software. Since all the patients in this study could maintain their balance for 10 s without falling and without the therapist's help, the raw data of all the patients in the first 10 s of the evaluation were separated and processed by the MATLAB software. The data was filtered with a second-order zero-phase-shift reciprocating Butterworth low-pass filter with a cutoff frequency of 12 Hz. Finally, the center of pressure mean movement index was calculated and reported for each patient [18-22].

Considering that the motor function of these children depends on the strength of the muscles of the lower limbs and the range of motion of the joints, the presence of pain can appear as a disturbing factor in the performance of the motor function of the lower limbs. Therefore, in this research, the movement function of the lower limb described the strength of the muscles, the range of motion of the lower limb, and the amount of pain of the child in the involved limb [10, 23]. After a brief period of rest, the evaluation of pain was conducted using the Wong-Baker facial scale. This evaluation involved presenting a series of facial expressions on paper to the children. After providing a comprehensive explanation of this scale to the children, they were asked about the intensity of their foot discomfort throughout the day and during their daily activities. Furthermore, they were instructed to assign a numerical value to their pain experience (based on facial depictions) and rate their foot pain on a scale of 0 to 10. The data points were subsequently recorded as described [24, 25]. The results of children's pain reports are provided in Table 1.

After a short period of rest, the strength of the muscles around the ankle and knee was evaluated by the occupational therapist with a manual test of the strength of the plantar flexor muscles and the quadriceps muscle and was scored from 0 to 5. A modified method of assessing plantar flexor muscle strength was applied using repeated heel raises of one foot, based on the assumption that the subject could perform this movement 25 times or more with good posture (without loss of balance and fatigue). Plantar flexor strength was considered normal regardless of age, gender, or activity level. The strength of the quadriceps muscle was also scored according to the child's ability to sit with the knee at 90 degrees on the chair perform movement against gravity and apply manual resistance with a static isometric contraction [26, 27].

After the evaluations, the occupational therapist utilized a goniometer to measure the active range of motion of the ankle and knee joint. To measure the active range of motion, the participants were asked to move the mentioned joints in a full range of motion and at their desired speed. The range of motion of knee flexion and extension in the prone position and the range of motion

Table 1. Distribution of pain intensity of study participants

Intensity of Pain	No. (%)
No hurt	5(18.5)
Hurts a little bit	6(22.2)
Hurts a little more	5(18.5)
Hurts even more	10(37)
Hurts a lot	1(3.7)
Hurts the worst	0(0)

Archives of Rehabilitation

of dorsiflexion and plantarflexion of the ankle while sitting on a high chair with the knee bent at 90 degrees were obtained [28]. Data analysis was done in the SPSS software, version 16.

Screening tool

The gross motor function classification system (GMFCS)

The gross motor function classification scale serves as a valuable tool for promptly assessing the level of mobility and gross motor function in individuals with CP [29]. It is one of the most reliable and well-known criteria for functional classification in children with CP and describes the performance of their gross movements in five levels. It is quick and easy to use [30]. This classification scale is reliable for use by children with CP [31]. The Persian version of this classification scale was developed and revised in 2020 by Dehghan et al. and can be used by rehabilitation and medical professionals as a stable organizational system for classifying people with CP [32] based on the modified version; accordingly, children classified at level I can walk without restrictions, and children classified at level II can walk with limitations. Limitations may include balance or stamina, use of a manual mobility device before age 4, use of handrails on stairs, or inability to run or jump, resulting in the use of wheeled mobility for long distances [30].

Measuring instruments

Single leg stance (balance evaluation test) on the force plate

The single-leg stance on the force plate assessment test is used for static posture and balance control and calculates the time spent standing on each leg and the variation in the center of pressure. This tool is considered a valuable assessment tool for demonstrating fall risk in neurological and musculoskeletal patients and can be used in children and adults [20-22]. Postural stability and balance can be evaluated by analyzing the time coordinate and variable center of pressure measured through the force plate [16].

Wong-Baker faces scale

The Wong-Baker faces scale shows a set of faces. Based on the faces and written descriptions, patients choose the face that best describes their pain level [24, 25, 33]. The validity and reliability of this scale to assess children's pain was carried out by Alizadeh et al. in 2017 in Iran [34].

Manual muscle testing

The manual muscle testing is popular in clinical work to evaluate muscle strength and is used in many movement disorders, including cerebral palsy. Knowledge about muscle strength in children with CP is important in the treatment decision-making process, and increasing muscle strength in the lower limbs increases walking speed and improves gross motor function. This test has a total of 6 points which are graded from 0 to 5 [35, 36].

Goniometry to measure active range of motion

Goniometry is a common method for evaluating joint range of motion. By placing the fixed and movable arms of the instrument according to specific bony landmarks on both sides of the joint, the full range of joint mobility can be measured in terms of degrees. The most commonly used range of motion standards are published by the American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) [37].

Table 2. Comparison of range of motion of study participants according to limb involvement

Range of Motion		No.	Mean±SD	P*
Ankle dorsiflexion	Leg without planovalgus deformity	27	-4.00±3.62	0.001
	Leg with planovalgus deformity	27	-6.22±3.61	
Knee extension	Leg without planovalgus deformity	27	-2.40±3.21	0.001
	Leg with planovalgus deformity	27	-7.59±4.01	
Ankle plantar flexion	Leg without planovalgus deformity	27	29.62±5.35	0.206
	Leg with planovalgus deformity	27	28.88±5.77	

*Wilcoxon test. SD: Standard deviation.

Archives of
Rehabilitation

Results

At first, the Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data. The result of the test showed that the data do not have a normal distribution (P<0.05). Therefore, because the data were not normal, the Wilcoxon non-parametric test was used to compare the variables of active range of motion, muscle strength, and the mean displacement of the center of pressure of the lower limb with planovalgus deformity and without planovalgus deformity in these children.

The results of this study showed a statistically significant difference between the mean range of motion of ankle dorsiflexion and knee extension between the two limbs according to the degree of limb involvement (P<0.001). By comparing the limb with and without deformity of ambulatory children with spastic cerebral palsy, planovalgus deformity has significantly reduced the range of motion of active dorsiflexion of the ankle (approximately 2 units) and reduced active extension of the knee in the involved limb. However, there is no statistically significant difference between the mean range of motion of plantar flexion in terms of organ involvement (P>0.001) (Table 2).

There is a statistically significant difference between the mean strength of quadriceps muscles and ankle plantar flexors of the participants in terms of organ involvement (P<0.001) and planovalgus deformity caused a decrease in the strength of quadriceps muscles and ankle plantar flexors (Table 3).

Also, there is a statistically significant difference between the displacement of the center of pressure of the participants in the study in terms of organ involvement (P<0.001) and the planovalgus deformity significantly affected the displacement of the center of pressure of the foot and caused an increase in the amount of these displacements is in the standing position on one leg (Table 4). The results of the pain report of the children of the statistical population were obtained with a Mean±SD 3.70±2.46, which indicated the feeling of musculoskeletal pain due to the presence of planovalgus deformity (Table 5).

Discussion

This analytical-descriptive study investigated the effect of unilateral planovalgus deformity on the balance and motor function of the affected lower limbs in chil-

Table 3. Comparison of muscle strength of study participants according to organ involvement

Manual Muscle Testing		No.	Mean±SD	P*
Quadriceps	Leg without planovalgus deformity	27	4.22±0.64	<0.001
	Leg with planovalgus deformity	27	3.40±0.50	
Plantar flexors	Leg without planovalgus deformity	27	4.37±0.66	<0.001
	Leg with planovalgus deformity	27	2.85±0.68	

Archives of
Rehabilitation

Table 4. Comparison of displacement of center of pressure

Variable	Center of Pressure	No.	Mean±SD	P*
Balance	Leg without planovalgus deformity	27	0.099±0.064	<0.001
	Leg with planovalgus deformity	27	0.148±0.086	

*Wilcoxon test.

Archives of Rehabilitation

Table 5. Pain intensity of study participants (n=27)

Variable	Mean±SD
Pain	3.70±2.46

Archives of Rehabilitation

dren with spastic cerebral palsy, based on level I and II of the GMFCS. In this study, the active range of motion of the ankle and knee was measured by the therapist using a goniometer. The results are consistent with the results of studies conducted to date evaluating the range of motion of the ankle and knee joints and its relationship with planovalgus deformity. In the study by Sung et al., in the context of evaluating the difference between the actual dorsiflexion of the ankle and its relationship with the severity of the planovalgus deformity of the foot, the importance of the influence of the planovalgus deformity on the biomechanical structure of the ankle was highlighted [6]. In addition, the results of another study by Eid showed that the range of motion of knee extension in children with CP and diplegia decreases by 50% causing a decrease in stability while walking and an increase in the risk of falling and functional balance problems in children [38]. Accordingly, planovalgus deformity changes the strategy of the hip, knee, and ankle, thus hindering the proper extension of the knee, and affecting the person's ability to extend the knee properly, which plays a major role in weight bearing [9]. However, in the study of Saraswat (2014), kinematic differences in the planovalgus foot, including excessive ankle eversion (valgus) and plantar flexion, decrease in range of motion of ankle flexion, increase in dorsiflexion and pronation of the midfoot joint were reported. Contrary to clinical expectations, no significant difference was observed in the range of motion of midfoot joint flexion or ankle eversion. Kinetic differences in legs with planovalgus deformity compared to normal growing legs included a decrease in ankle plantarflexion torque, ankle strength, and midfoot joint strength. To compensate for the decreased range of motion of the ankle joint, increased movement in the midfoot joint along with weight bearing often occurs in feet with planovalgus deformity [39]. It is suggested that future studies examine the evidence and magnitude of the impact of planovalgus deformity on hip and spinal joint range of motion in the community of children with CP and planovalgus deformity.

According to the international classification of functioning, disability, and health (ICF), progress in therapeutic interventions that focus on defects, such as increasing muscle strength and range of motion, improve the individual's activity and participation [40]. In the present study, the muscle strength variable was measured. In the study results of Ganjwala et al. [41], Masaki et al. [42], and the study results of Saraswat et al. [39], a high rate of planovalgus is evident due to the decrease in muscle strength of the knee extensors and soleus muscle associated with plantar flexion performance. In both studies, lower extremity muscle strength decreased in the closed-chain [9]. Hence, changes in the planovalgus in the foot cause biomechanical disturbances, such as the strength and function of the plantar flexors and knee extensors. According to the results of the present study, the strength of the knee extensor and plantar flexor muscles decreased in the leg with planovalgus deformity compared to the leg without deformity. From the beginning of the diagnosis of planovalgus deformity in a child with CP and the ability to walk, it is recommended to pay special attention to the strength of the quadriceps and plantar flexor muscles and to take the necessary measures to strengthen these muscles.

The results of the assessment of balance functions using the Nintendo® Wii fit force plate indicate a significant shift in the center of pressure and an increase in these shifts when standing on one leg compared to

the other leg as a result of planovalgus deformity in the affected limb. These results are consistent with the findings of the studies conducted to date to examine the effect of using the Nintendo® Wii fit force plate as a safe, enjoyable, appropriate, and effective method of improving balance indicators in CP patients, which should be added to conventional treatments to improve the balance of these patients [43]. The results of Tang's study in 2022 also showed a change in foot loading after the progression of CP [44]. These findings are also consistent with the results of the present study. Therefore, preventive interventions for planovalgus deformities can potentially effectively prevent the exacerbation of foot deformities and ultimately lead to timely clinical decision support and play an effective role in facilitating the participation and performance of children with CP in school and society. However, further studies are needed in this field.

The results of pain assessment in children participating in this study are consistent with the results of many studies examining interventions in children with planovalgus deformity. Pain is considered one of the most important factors for children. Because the complications caused by this factor reduce the ability of these children to walk independently and lead to incorrect patterns in the child's walking process and performance [10, 23]. Therefore, an accurate and correct diagnostic examination of pain in children with planovalgus is critical [45]. Meanwhile, the use of therapeutic assessment tools to better describe pain in clients with planovalgus deformity may be an appropriate guide for experts in the field to select a treatment protocol.

Planovalgus has generated the most debate among pediatric orthopedists due to the high prevalence of this deformity and the increase in alternative treatment methods, the benefits and superiority of which are no longer clear [3]. The current treatment framework for planovalgus deformity should take into account the child's age and motor performance, as planovalgus deformity occurs in most cases by mid-childhood and worsens over time and entering adolescence [10]. Based on the researcher's observations during the assessments in the therapeutic environment and the subsequent analysis of the information, the motivation of the therapists and parents of the participants to receive information about the problems after a deformity and how to cope with them was much higher to prevent later problems, such as impairment of the child's balance skills, which can be caused by impairment of the ankle muscles and joints, including the dorsiflexion and knee extensors. Preventive measures of occupational therapy should be considered regarding the functional abilities and daily activities of these children, and take into account the child's movement ability, play, academic performance, and participation with peers in society, because if these children are neglected, they may suffer from problems, that prevent them from actively participating in school. Therefore, it is proposed to more comprehensively examine the impact of planovalgus deformity on the balance and motor performance of children with spastic CP with the ability to walk independently and the importance of effective strategies to prevent or minimize injuries associated with planovalgus deformity to examine intervention research more comprehensively.

Conclusion

The results of this study showed that balance and motor function in children with CP can be affected by planovalgus deformity. Changes lead to a decrease in the range of motion of the knee and ankle joints, a decrease in the strength of the muscles of the lower extremities, and an increasing displacement of the plantar pressure center in the affected lower extremity, resulting in pain in children with spastic CP in the ability to walk has been observed. Therefore, non-surgical treatment of these children is warranted, although individualized treatment is recommended in the rehabilitation of these children. At the same time, the results of this study are important for expanding the use of Wii fit in the rehabilitation of CP in terms of assessing the functional balance of these children in our country and providing an appropriate perspective for therapists working in this field.

Study limitations

The limitations of the present study include the lack of gender distribution of study participants and the inability to generalize the results to deformities in adolescents and concurrent deformities in higher joints (knee-thigh and spine).

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The current research was approved by the Ethics Committee of the University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences (Code: IR.USWR.REC.1401.109). The principle of scientific integrity and the recording of the results of the participant evaluations were recorded without any problems. When collecting data and checking the available sources, attention was paid to the greatest possible trustworthiness and honesty. The participants were informed about the purpose of the research and its

implementation stages. They were also assured about the confidentiality of their information. They were free to leave the study whenever they wished, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization, methodology, data validation, review, editing and final approval: Saeid Fatorehchy and Mahsa A'rabi; Data analysis: Enayatollah Bakhshil; Investigation: Saeid Fatorehchy, Mahsa A'rabi, and Seyedmostafa Alavian; Initial draft preparation: Mahsa A'rabi and Seyedmostafa Alavian; Visualization and monitoring: Seyed Ali Hosseini.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors thank Hamidreza Soleimani (occupational therapist) who sincerely gave his time to the research team.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

تأثیر پلنوولگوس یک‌طرفه بر تعادل و عملکرد حرکتی اندام تحتانی درگیر در کودکان فلج مغزی اسپاستیک با توانایی راه رفتن

مهسا اعرابی[۱]، *سعید فطوره‌چی[۱]، سیدعلی حسینی[۱]، عنایت‌اله بخشی[۲]، سیدمصطفی علویان[۳،۴]

۱. گروه کاردرمانی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران.
۲. گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده سلامت اجتماعی، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران.
۳. گروه بیومکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.
۴. مرکز تحقیقات فناوریهای توانبخشی عصبی موفقیان، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation A'rabi M, Fatorehchy S, Hosseini SA, Bakhshi E, Alavian SM. The Effect of Planovalgus on Balance and Motor Function in Children With Cerebral Palsy. Archives of Rehabilitation. 2024; 25(2):292-311. https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3785.1

doi https://doi.org/10.32598/RJ.25.2.3785.1

چکیده

هدف دفورمیتی پاها در کودکان فلج مغزی از مشکلات رایج اسکلتی‌عضلانی است که پلنوولگوس شایع‌ترین آن‌هاست. پلنوولگوس با جابه‌جایی میانی تالوس، ولگوس کالکانئوس و سوپینیشن جلوی پا مشخص می‌شود. نتایج مطالعات نشان داده است یکی از مسائل مهم در ارتوپدی و آسیب‌شناسی، تشخیص و درمان دقیق دفورمیتی پلنوولگوس در کودکان فلج مغزی اسپاستیک دوطرفه است که مورد توجه محققین قرار گرفته است؛ بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر دفورمیتی پلنوولگوس بر عملکرد حرکتی و تعادل این کودکان انجام شد.

روش بررسی مطالعه حاضر از نوع تحلیلی‌توصیفی و از نوع مشاهده‌ای بود. نمونه‌گیری به‌صورت دردسترس از بین کودکان فلج مغزی اسپاستیک دوطرفه با تشخیص پلنوولگوس یک‌طرفه مراجعه‌کننده به مراکز درمانی دانشگاه علوم توان‌بخشی و سلامت اجتماعی (نظام مافی) و کلینیک‌های کاردرمانی (مایل به همکاری در امور پژوهشی) واقع در شهر تهران در سال ۱۴۰۱ انجام شد. ۲۷ نفر از شرکت‌کنندگان در مطالعه براساس معیارهای ورود و براساس مقیاس طبقه‌بندی عملکرد حرکات درشت، به لحاظ تعادل، قدرت عضلانی، دامنه‌حرکتی و درد در طی یک جلسه توسط کاردرمانگر ارزیابی شدند. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

یافته‌ها نتایج این مطالعه نشان داد بین میانگین دامنه‌حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و اکستنشن زانوی بین ۲ پا برحسب میزان درگیری اندام، اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ($P<۰/۰۰۱$). تفاوت معنی‌داری بین قدرت عضلانی ۲ اندام هم در پلانتارفلکسورها و هم در کوادریسپس مشاهده شد ($P<۰/۰۰۱$) و همین‌طور میانگین جابه‌جایی مرکز فشار کف پای شرکت‌کنندگان در مطالعه برحسب درگیری اندام به طرز معنی‌داری بیشتر بود ($P<۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری دفورمیتی پلنوولگوس از دسته شایع‌ترین دفورمیتی‌های مچ پاست که برای کودکان فلج مغزی دارای اهمیت بسیار است. نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی‌های مربوط به تعادل و عملکرد حرکتی کودک، اهمیت استراتژی‌های ارزیابی و مداخلات پیشگیرانه بهنگام را در راستای کسب نتایج بهتر توان‌بخشی کودکان فلج مغزی با دفورمیتی پلنوولگوس نمایان کرد.

کلیدواژه‌ها فلج مغزی، پلنوولگوس، تعادل، درد، دامنه حرکتی، قدرت عضلانی

تاریخ دریافت: ۳۱ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۸ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۱۱ تیر ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**
دکتر سعید فطوره‌چی
نشانی: تهران، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه کاردرمانی.
تلفن: ۳۷۶۸۸۴۹ (۹۱۲) ۹۸+
رایانامه: saeidfatorehchy@yahoo.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

فلج مغزی[1] به گروهی از اختلالات دائمی در توسعه حرکت و وضعیت اطلاق می‌شود که باعث محدودیت در انجام فعالیت شده و به دنبال اختلالات غیرپیشرونده در مغز در حال رشد جنین یا نوزاد رخ می‌دهد [۱]. آسیب مغزی دراین کودکان باعث فعالیت غیرعادی عضلات، اختلال در تحمل وزن و محدودیت حرکتی ناشی از کوتاه شدن عضلات می‌شود که این موارد به نوبه خود منجر به مشکلات اسکلتی‌عضلانی و حرکتی ثانویه می‌شود [۲]. یکی از دفورمیتی‌های مهم در توانایی تحرک عملکردی که مدیریت آن همچنان مورد بحث قرار می‌گیرد، دفورمیتی پلنوولگوس[2] در کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک با درگیری دوطرفه اندام تحتانی است که یکی از شایع‌ترین دفورمیتی‌هاست [۳، ۴] و می‌تواند با کوتاهی تاندون آشیل اندام تحتانی افراد همراه باشد و با افزایش فعالیت‌ها و وزن بدن باعث درد یا علائم دیگر شود. این علائم بعد از ۱۰ سالگی آشکارتر می‌شوند و ممکن است تا بزرگسالی ادامه یابند و ناتوانی در راه رفتن را برای افراد ایجاد کنند [۵]. مشخصات پلنوولگوس به‌عنوان یک ناهنجاری شایع پا شامل سوپینیشن و ابداکشن ناحیه جلویی پا[3]، پرونیشن ناحیه میانی پا[4]، ولگوس ناحیه خلفی پا[5] و کاهش قوس طولی داخلی پاست [۶، ۷]. علت اصلی دفورمیتی پلنوولگوس هنوز به‌طور واضح مشخص نیست و اغلب همراه با کانترکچر در اندام تحتانی سبب درد و ناتوانی عملکردی افراد می‌شود [۷].

مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۶ به‌منظور بهبود راه رفتن کودکان فلج مغزی صورت گرفت، نشان داد بلوغ مهارت‌های تعادل در این کودکان نیز در مقایسه با کودکان معمولی در حال رشد نیز با تأخیر یا کاهش همراه است. این نقایص در طول زمان باعث پدیدار شدن مشکلاتی در ثبات و تغییراتی در حرکات مرکز فشار کف پا در حین راه رفتن می‌شود. بنابراین اختلال در تعادل و افزایش اختلالات راه رفتن ازجمله عدم تقارن در اندام‌های تحتانی از عوارض این پدیده است که می‌تواند منجر به اختلال عملکردی بیشتر در کودکان فلج مغزی با توانایی راه رفتن شود [۸]. عملکرد مطلوب راه رفتن به دنبال به‌کارگیری نیروی عکس‌العمل زمین[6] رخ می‌دهد. برای استفاده مطلوب از این نیرو، عملکرد مناسب عضلات پلانتارفلکسور مچ پا نیاز است [۹]. بنابر مطالعه میلر در سال ۲۰۲۲ دفورمیتی پلنوولگوس با اعمال تغییرات ساختاری در پا و مچ پا در عملکرد پلانتار فلکسورها و راستای نیروی عکس‌العمل زمین اختلال ایجاد می‌کند. این مطالعه نشان می‌دهد سطح عملکرد حرکات درشت این کودکان به تنهایی مهم‌ترین عامل مؤثر بر پیشرفت شاخص‌های رادیوگرافی درمدیریت دفورمیتی پلنوولگوس محسوب می‌شود [۱۰].

نتایج تحقیقاتی که درزمینه دفورمیتی پلنوولگوس انجام شده است، حاکی از آن است که شناسایی به‌موقع دفورمیتی پلنوولگوس با هدف ممانعت از تشدید آسیب پا، امری ضروری است [۱۱].

کودکان فلج مغزی مراجعه‌کننده به مراکز درمانی که قادر به راه رفتن هستند و دفورمیتی پلنوولگوس در مچ پای آن‌ها مشاهده می‌شود، معمولاً از الگوی راه رفتن کراچ که رایج‌ترین الگوی راه رفتن در این کودکان است، استفاده می‌کنند که همین امر به دلیل اسپاستیسیته، انقباضات عضلانی و محدودیت دامنه‌حرکتی مفاصل اندام تحتانی منجر به از دست دادن توانایی‌های عملکردی‌شان می‌شود [۱۲]. اگرچه مشخص است که این دفورمیتی تا بزرگسالی ادامه می‌یابد، اما اطلاعات بسیار کمی درمورد تاریخچه طبیعی و درمان پلنوولگوس منتشر شده است. علاوه‌براین، درمورد نیاز به درمان غیرجراحی یا جراحی نیز شفافیت وجود ندارد [۱۳]. باتوجه‌به اینکه دفورمیتی پلنوولگوس در بسیاری از موارد یک‌طرفه است، می‌تواند زمینه‌ساز مشکلاتی در فعالیت‌های عملکردی اندام تحتانی در راه رفتن، تحرک و جابه‌جایی و در دستیابی به حداکثر استقلال عملکردی و همچنین در میزان مشارکت کودکان در فعالیت‌های روزمره زندگی باشد. مطالعه و بررسی بیشتر موضوع پلنوولگوس و اثرات آن بر وضعیت جسمی و مهارت‌های عملکردی و حرکتی کودک در جهت اصلاح دفورمیتی، جلوگیری از پیشرفت دفورمیتی و درنهایت قرینه‌سازی اندام‌های تحتانی در هنگام راه رفتن ممکن است منجر به افزایش سطح استقلال و افزایش مشارکت کودک در فعالیت‌های روزمره زندگی شود. باتوجه‌به محدود بودن مطالعات مرتبط با دفورمیتی پلنوولگوس، اثرات آن در حیطه مطالعات مرتبط توان‌بخشی و کاردرمانی و عدم دسترسی به مطالعه‌ای که به‌طور اختصاصی به این موضوع بپردازد، در این مطالعه تلاش شد تا با هدف بررسی تأثیر دفورمیتی یک‌طرفه پلنوولگوس بر مؤلفه‌های مرتبط با تعادل و عملکرد حرکتی کودکان فلج مغزی، شواهدی برای تعیین تأثیر این دفورمیتی بر موارد مذکور فراهم شود تا بتواند در فرایند توان‌بخشی توسط کاردرمانگران و متخصصان ارتوپد اطفال در جهت پیشگیری از مشکلات اسکلتی‌عضلانی ثانویه کودکان فلج مغزی مورد استفاده قرار بگیرد.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تحلیلی‌توصیفی به‌صورت مشاهده‌ای با نمونه‌گیری به‌صورت در دسترس از مهرماه تا اسفند ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. معیارهای ورود به مطالعه: کودکان فلج مغزی اسپاستیک در رده سنی ۸ تا ۱۴سال با سطح ۱ یا ۲ مقیاس

1. Cerebral Palsy (CP)
2. Planovalgus (PV)
3. Fore foot
4. Mid foot
5. Hind foot
6. Ground Reaction Forces (GRF)

طبقه‌بندی عملکرد حرکتی درشت[۷] [۱۰، ۱۴]، تشخیص دفورمیتی پلنوولگوس یک‌طرفه توسط پزشک متخصص مغز و اعصاب و ارتوپد اطفال یا براساس پرونده پزشکی، کودکان بدون اضافه‌وزن (شاخص توده بدنی در صدک ۸۵ یا کمتر) [۱۵]، عدم سابقه جراحی و کانترکچر در مفاصل اندام تحتانی و داشتن توانایی شناختی کافی برای شرکت در مطالعه [۱۴]. معیارهای خروج: عدم رضایت والدین در روند تکمیل ارزیابی‌های کودکان در مطالعه (عدم تکمیل فرم رضایت‌نامه)، وجود صرع و سایر بیماری‌های نورولوژیک، سایکولوژیک و ارتوپدیک در کودک براساس پرونده پزشکی و مشارکت کودک در پژوهش (های) موازی با این تحقیق. همچنین بعد از توضیح کامل فرایند پژوهش و روش ارزیابی به والدین شرکت‌کنندگان، رضایت آگاهانه ایشان به‌صورت مکتوب دریافت شد. باتوجه‌به مقاله کی هیوک سونگ حداقل حجم نمونه با توان ۸۰ درصد و خطای آزمون ۵ درصد و با استفاده از اطلاعات مطالعات مشابه (با رفرنس) طبق فرمول شماره ۱، ۲۷ نفر به دست آمد [۶].

1.

$$n=\frac{[z_{1\alpha/2}+z_{1-\beta}]^2 2(\sigma^2_d)}{d^2}=\frac{(1\text{-}96+0.84)^2 2(15.8^2)}{(454.2\text{-}42.0)^2}=26.29=27$$

پس از اخذ شناسه اخلاق، برای اجرای مطالعه در بخش کاردرمانی نظام مافی (ازجمله مراکز درمانی دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی) و کلینیک‌های کاردرمانی شهر تهران اقدام شد. از ۹ دختر و ۱۸ پسر از کودکان فلج مغزی دارای دفورمیتی پلنوولگوس یک‌طرفه، با توانایی راه رفتن مستقل، یک ارزیابی یک‌جلسه‌ای شد. درمجموع انجام ارزیابی‌ها ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به طول می‌انجامید. کودکان فلج مغزی که در سطح ۱ و ۲ سیستم طبقه‌بندی عملکرد حرکات درشت قرار داشتند در این مطالعه وارد شدند تا توسط صفحه تعادل[۸] و تست تعادلی ایستادن روی یک پا[۹]، به تعیین کمیت تعادل و تغییرات مرکز فشار کف پا، در این کودکان پرداخته شود. ثبات وضعیتی یا تعادل را می‌توان با تجزیه‌وتحلیل مختصات زمان و متغیر مرکز فشار[۱۰] که ازطریق سکوی نیرو اندازه‌گیری می‌شود، ارزیابی کرد [۱۶]. در تست تعادلی ایستادن روی یک پا به آزمون‌شوندگان گفته شد تا حد امکان بر روی صفحه نیرو با پای در حال تست بی‌حرکت بمانند [۱۷]. در این ارزیابی از صفحه تعادل شرکت Nintendo Wii که شامل ۴ سنسور فشار با فرکانس داده‌برداری ۱۰۰ هرتز است، استفاده شد. همچنین تست تعادلی بیمار در حالت ایستاده روی یک پا، هم برای پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس و هم برای پای همراه با دفورمیتی پلنوولگوس، هرکدام ۲ بار تکرار شد و بهترین نتیجه ثبت شد. اطلاعات اولیه ازطریق نرم‌افزار نوشته‌شده در محیط Unity استخراج و ذخیره شد و به نرم‌افزار Microsoft Excel منتقل شد. ازآنجاکه دیده شد همه بیماران این مطالعه قادر بودند تعادل خود را به مدت ۱۰ ثانیه، بدون افتادن و بدون کمک درمانگر، روی صفحه تعادل حفظ کنند، داده‌های خام تمامی بیماران در بازه زمانی ۱۰ ثانیه اول ارزیابی، جدا شد و توسط نرم‌افزار MATLAB با فیلتر پایین گذر 2nd-order zero-phase-shift reciprocating Butterworth و با فرکانس قطع ۱۲ هرتز فیلتر شد. درنهایت شاخص میانگین حرکت[۱۱] برای هر بیمار محاسبه و گزارش شد [۱۸-۲۲].

باتوجه‌به اینکه عملکرد حرکتی این کودکان وابسته به قدرت عضلات اندام تحتانی و دامنه حرکتی مفاصل است و از طرفی وجود درد به‌عنوان یک عامل مزاحم در اجرای عملکرد حرکتی اندام تحتانی می‌تواند بروز یابد، در این پژوهش منظور از عملکرد حرکتی اندام تحتانی، قدرت عضلات و دامنه حرکتی اندام تحتانی و میزان درد کودک در اندام درگیر است [۱۰، ۲۳]. بعد از مدت کوتاهی استراحت، ارزیابی درد ازطریق مقیاس Wong-Baker faces صورت گرفت. این ارزیابی با نشان دادن مجموعه‌ای از چهره‌ها بر روی کاغذ به کودکان انجام شد. بعد از ارائه توضیحات کامل این مقیاس به کودکان، درمورد میزان درد پایشان در طول روز و در طی فعالیت‌های روزمره از آن‌ها سؤال شد و از آن‌ها درخواست شد که متناسب با تجربه دردشان (باتوجه‌به چهره آدمک‌ها) به میزان دردپای خود از صفر تا ۱۰ امتیاز دهند. ثبت امتیازها بدین‌گونه صورت گرفت [۲۴، ۲۵]. نتایج گزارش درد کودکان در جدول شماره ۱ قابل‌ملاحظه است.

بعد از مدت کوتاهی استراحت، ارزیابی از قدرت عضلات اطراف مچ و زانو توسط کاردرمانگر با تست دستی قدرت عضلات پلانتار فلکسور و عضله کوادریسپس صورت گرفت و از صفر تا ۵ امتیازدهی شد. یک روش اصلاح‌شده برای ارزیابی قدرت عضلات پلانتار فلکسور با استفاده از بالا آمدن مکرر پاشنه یک پا به کار گرفته شد و مبنا بر این حالت قرار داده شد که شخص بتواند این حرکت را ۲۵ بار یا بیشتر در حالت خوب (بدون از دست دادن تعادل و خستگی) انجام دهد. قدرت پلانتار فلکسورها بدون در نظر گرفتن سن، جنس یا سطح فعالیت، نرمال در نظر گرفته شد. قدرت عضله کوادریسپس نیز باتوجه‌به توانایی کودک در وضعیت نشسته با زانوی ۹۰ درجه بر روی صندلی و انجام حرکت برخلاف جاذبه و اعمال مقاومت دستی با یک انقباض ایزومتریک استاتیک نمره‌دهی شد [۲۶، ۲۷].

در پایان ارزیابی‌ها، سنجش دامنه حرکتی فعال مفصل مچ پا و زانو با کمک گونیامتر توسط کاردرمانگر صورت گرفت. برای اندازه‌گیری دامنه حرکتی فعال، از شرکت‌کنندگان خواسته شد

7. Gross Motor Function Classification System (GMFCS)
8. Balance Board
9. Single Leg Stance
10. Center of pressure
11. COP Average Movement

که مفاصل ذکرشده را در دامنه حرکتی کامل و با سرعت دلخواه خودشان حرکت دهند. دامنه حرکتی فلکشن و اکستنشن زانو در حالت دمر و دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتارفلکشن مچ پا در حالت نشسته روی صندلی بلند با زانوی ۹۰ درجه خم به دست آمد [۲۸]. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

ابزار غربالگری

مقیاس طبقه‌بندی عملکرد حرکات درشت: از نشانگرهای سریع تشخیصی فلج مغزی در تحرک و عملکرد حرکتی درشت محسوب می‌شود [۲۹]. از معتبرترین و شناخته‌شده‌ترین معیارهای طبقه‌بندی عملکردی درکودکان فلج مغزی است و عملکرد حرکات درشت آن‌ها را در ۵ سطح توصیف می‌کند و استفاده از آن سریع و آسان است [۳۰]. این مقیاس طبقه‌بندی، برای استفاده کودکان فلج مغزی از قابلیت اطمینان برخوردار است [۳۱]. نسخه فارسی این مقیاس طبقه‌بندی در سال ۲۰۲۰ توسط لیلا دهقان و همکاران توسعه یافته و بازبینی شده است که می‌تواند توسط متخصصان توان‌بخشی و پزشکی به‌عنوان یک نظام سازماندهی پایا برای طبقه‌بندی افراد فلج مغزی مورد استفاده قرار گیرد [۳۲]. براساس نسخه اصلاح شده کودک طبقه‌بندی‌شده در سطح ۱ می‌تواند، بدون محدودیت راه برود؛ کودک طبقه‌بندی‌شده درسطح ۲ می‌تواند با محدودیت راه برود. محدودیت‌ها ممکن است شامل تعادل یا استقامت، استفاده از وسیله حرکتی دستی قبل از ۴ سالگی، استفاده از نرده روی پله‌ها یا ناتوانی برای دویدن یا پریدن باشد و منجر به استفاده از حرکت چرخ‌دار برای مسافت‌های طولانی شود؛ کودک طبقه‌بندی‌شده در سطح ۳ اغلب می‌تواند با یک دستگاه حرکتی دستی در داخل خانه حرکت کند و همین‌طور تحرک چرخ‌دار در جامعه، برای مسافت‌های طولانی‌تر را داشته باشد. کودکی که در این طبقه‌بندی قرار می‌گیرد، توانایی نشستن بدون پشتیبانی خارجی و ایستادن برای تکمیل نقل و انتقالات را دارد.؛ کودک طبقه‌بندی‌شده در سطح ۴ می‌تواند با حمایت بنشیند، اما در تحرک به‌صورت خودبه‌خودی محدودیت دارد و اغلب با ویلچر دستی یا با استفاده از موتورهای حرکتی حمل می‌شود؛ کودک طبقه‌بندی‌شده در سطح ۵ محدودیت‌های شدیدتری با کنترل سر و تنه دارند و حرکت خودبه‌خودی تنها با استفاده از ویلچر برقی امکان‌پذیر است [۳۰].

ابزارهای اندازه‌گیری

تست ارزیابی تعادل بر روی سکوی نیرو[12]

این تست ارزیابی برای وضعیت استاتیک و کنترل تعادل استفاده می‌شود و مدت‌زمان ایستادن روی پای راست و چپ و همچنین نوسانات مرکز فشار را محاسبه می‌کند. این ابزار به‌عنوان ابزار ارزیابی باارزش برای نشان دادن ریسک خطر افتادن بیماران نورولوژیک و اسکلتی‌عضلانی محسوب می‌شود و برای کودکان و بزرگسالان قابلیت استفاده دارد [۲۰-۲۲]. ثبات وضعیتی یا تعادل را می‌توان با تجزیه‌وتحلیل مختصات زمان و متغیر مرکز فشار[13] که ازطریق سکوی نیرو اندازه‌گیری می‌شود، ارزیابی کرد [۱۶].

مقیاس Wong-Baker faces

این مقیاس مجموعه‌ای از چهره‌ها را نشان می‌دهد، براساس چهره و توضیحات نوشته‌شده، بیماران چهره‌ای را انتخاب می‌کنند که سطح درد آن‌ها را به بهترین وجه توصیف کند [۲۴، ۲۵، ۳۳]. روایی و پایایی این مقیاس برای ارزیابی درد کودکان توسط زینب علیزاده و همکاران در سال ۲۰۱۷ در ایران انجام شده است [۳۴].

ارزیابی دستی قدرت عضلات[14]

این تست در کار بالینی جهت ارزیابی قدرت عضلات بسیار محبوبیت دارد و در بسیاری از اختلالات حرکتی، ازجمله فلج مغزی به کار می‌رود. دانش درمورد قدرت عضلات در کودکان فلج مغزی، در فرایند تصمیم‌گیری درمانی حائز اهمیت است و نشان داده شده است که افزایش قدرت عضله در اندام تحتانی باعث افزایش سرعت راه رفتن و بهبود عملکرد حرکتی درشت می‌شود. این تست در کل ۶ امتیاز دارد که از صفر تا ۵ نمره‌دهی می‌شود، که به‌صورت زیر است:

صفر: یعنی بدون انقباض.

۱: یعنی انقباض بسیار خفیف در حدی که اثرات ریز انقباض عضله محسوس باشد.

۲: یعنی حرکت فعال با حذف جاذبه.

۳: یعنی حرکت فعال خلاف جاذبه.

۴: یعنی حرکت فعال در برابر جاذبه و مقاومت متوسط.

۵: یعنی قدرت نرمال [۳۵، ۳۶].

گونیامتری جهت اندازه‌گیری دامنه‌حرکتی فعال[15]

گونیامتری (زاویه‌سنجی) یک روش متداول برای ارزیابی دامنه حرکتی مفاصل است. با قرارگیری بازوهای ثابت و متحرک ابزار متناسب با لندمارک‌های استخوانی خاص در ۲ طرف مفصل، وسعت کامل تحرک مفصل را می‌توان برحسب درجه اندازه‌گیری کرد.

12. Force plate

13. Center of pressure
14. Manual Muscle Testing (MMT)
15. Active Rang of Motion (AROM)

جدول ۱. توزیع شدت درد شرکت‌کنندگان در مطالعه

شدت درد	تعداد (درصد)
بدون درد	۵(۱۸/۵)
درد اندک	۶(۲۲/۲)
درد کمی بیشتر	۵(۱۸/۵)
درد بسیار	۱۰(۳۷/۰)
درد بسیار زیاد	۱(۳/۷)
شدیدترین درد	۰(۰)

توانبخشی

متداول‌ترین مقادیر مرجع استفاده‌شده برای دامنه حرکتی مفاصل، توسط جراحان ارتوپدی آکادمی آمریکا منتشر شده است [۳۷].

یافته‌ها

ابتدا از آزمون شاپیرو ویلک جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. نتیجه آزمون نشان داد داده‌ها توزیع نرمال ندارند (مقدار احتمال ۰/۰۵>). بنابراین چون داده‌ها نرمال نبودند، از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون برای مقایسه متغیرهای دامنه حرکتی فعال، قدرت عضلانی و میانگین جابه‌جایی مرکز فشار اندام تحتانی با دفورمیتی پلنوولگوس و بدون دفورمیتی پلنوولگوس این کودکان استفاده شد.

نتایج این مطالعه نشان داد بین میانگین دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و اکستنشن زانو بین ۲ پا برحسب میزان درگیری اندام، اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد (P< ۰/۰۰۱). با مقایسه اندام با و بدون دفورمیتی کودکان فلج مغزی اسپاستیک با قابلیت تحرک مشخص شد دفورمیتی پلنوولگوس به‌طور چشمگیری باعث کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن فعال مچ پا (تقریباً ۲ واحد) و کاهش اکستنشن اکتیو زانو در اندام درگیر شده است. اما بین میانگین دامنه حرکتی پلانتار فلکشن برحسب درگیری اندام اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد (P>۰/۰۰۱) (جدول شماره ۲).

بین میانگین قدرت عضلات کوادریسپس و پلانتار فلکسورهای مچ پای شرکت‌کنندگان برحسب درگیری اندام، اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد (P<۰/۰۰۱) و دفورمیتی پلنوولگوس سبب کاهش قدرت عضلات چهار سر ران و پلانتار فلکسورهای مچ پا شده است (جدول شماره ۳). همچنین بین میانگین جابه‌جایی مرکز فشار کف پای شرکت‌کنندگان در مطالعه برحسب درگیری اندام اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد (P<۰/۰۰۱) و دفورمیتی پلنوولگوس به‌طور چشمگیری بر روی جابه‌جایی مرکز فشار کف پا تأثیر گذاشته و سبب افزایش میزان این جابه‌جایی‌ها در حالت ایستاده روی یک پا شده است (جدول شماره ۴). نتایج حاصل از گزارش درد کودکان جامعه آماری با میانگین ۳/۷۰ و انحراف معیار ۲/۴۶ به دست آمد که بیانگر احساس درد اسکلتی‌عضلانی به دلیل وجود دفورمیتی پلنوولگوس بوده است (جدول شماره ۵).

بحث

هدف از انجام مطالعه تحلیلی‌توصیفی حاضر، بررسی تأثیر دفورمیتی پلنوولگوس یک‌طرفه بر تعادل و عملکرد حرکتی اندام تحتانی درگیر در کودکان فلج مغزی اسپاستیک سطح I و II از مقیاس عملکرد حرکتی درشت بود. در این مطالعه، متغیر دامنه‌حرکتی فعال مچ پا و زانو به‌وسیله گونیامتر توسط درمانگر مورد سنجش قرار گرفت. نتایج همسو با نتایج مطالعاتی است که تاکنون درزمینه ارزیابی دامنه‌حرکتی مفاصل مچ پا و زانو و ارتباط آن با دفورمیتی پلنوولگوس صورت گرفته است. در نتایج مطالعاتی کی هیوک سونگ و همکاران، درزمینه ارزیابی اختلاف بین دورسی فلکشن واقعی مچ پا و ارتباط آن با شدت ناهنجاری پلنوولگوس پا، اهمیت تأثیر دفورمیتی پلنوولگوس بر ساختار بیومکانیکال مچ پا مورد توجه قرار گرفته است [۶] و نتایج مطالعه دیگر توسط محمد عاید نشان داد دامنه حرکتی اکستنشن زانو در کودکان فلج مغزی دایپلژی تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و سبب کاهش ثبات حین راه رفتن و افزایش خطر افتادن و مشکلات تعادل عملکردی کودکان می‌شود [۳۸]. باتوجه‌به توضیحات ارائه‌شده می‌توان نتیجه گرفت که دفورمیتی پلنوولگوس استراتژی لگن، زانو و مچ را دستخوش تغییرات زیادی قرارمی‌دهد و بدین‌ترتیب مانع اکستنشن مناسب زانو شده و توانایی فرد را در اکستنشن مناسب زانو که نقش اصلی را در تحمل وزن بازی می‌کند، به هم می‌زند [۹]. اما در مطالعه پراب هاو ساراوات (۲۰۱۴) تفاوت‌های کینماتیکی در پای پلنوولگوس شامل اورژن[16] بیش از حد مچ پا (ولگوس) و پلانتار فلکشن، کاهش دامنه‌حرکتی فلکشن مچ پا و افزایش دورسی فلکشن و پرونیشن مفصل میانی پا[17] گزارش شد. برخلاف انتظارات بالینی،

16. Eversion
17. Mid foot

جدول ۲. مقایسه دامنه حرکتی شرکت‌کنندگان در مطالعه برحسب درگیری اندام (n=۲۷)

دامنه حرکتی		میانگین±انحراف معیار	مقدار احتمال*
دورسی فلکشن مچ پا	پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس	-۴/۰۰±۳/۶۲	۰/۰۰۱
	پای با دفورمیتی پلنوولگوس	-۶/۲۲±۳/۶۱	
اکستنشن زانو	پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس	-۲/۴۰±۳/۲۱	۰/۰۰۱
	پای با دفورمیتی پلنوولگوس	-۷/۵۹±۴/۰۱	
پلانتار فلکشن مچ	پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس	۲۹/۶۲±۵/۳۵	۰/۲۰۶
	پای با دفورمیتی پلنوولگوس	۲۸/۸۸±۵/۷۷	

*براساس آزمون ویلکاکسون

توانبخشی

جدول ۳. مقایسه قدرت عضلانی شرکت‌کنندگان در مطالعه برحسب درگیری اندام (n=۲۷)

قدرت عضلانی		میانگین±انحراف معیار	مقدار احتمال*
عضله کوادریسپس	پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس	۴/۲۲±۰/۶۴	<۰/۰۰۱
	پای با دفورمیتی پلنوولگوس	۳/۴۰±۰/۵۰	
عضلات پلانتارفلکسور مچ پا	پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس	۴/۳۷±۰/۶۸	<۰/۰۰۱
	پای با دفورمیتی پلنوولگوس	۲/۸۵±۰/۶۶	

*براساس آزمون ویلکاکسون

توانبخشی

جدول ۴. مقایسه میانگین جابه‌جایی مرکز فشارکف پای شرکت‌کنندگان در مطالعه برحسب درگیری اندام (n=۲۷)

مرکز فشار		میانگین±انحراف معیار	مقدار احتمال
میانگین جابه‌جایی	پای بدون دفورمیتی پلنوولگوس	۰/۰۹۹±۰/۰۶۴	<۰/۰۰۱*
	پای با دفورمیتی پلنوولگوس	۰/۱۴۸±۰/۰۸۶	

*براساس آزمون ویلکاکسون

توانبخشی

تفاوت معنی‌داری در دامنه حرکتی فلکشن مفصل میانی پا یا اورژن مچ پا مشاهده نشد. تفاوت‌های کینتیکی در پاهای با دفورمیتی پلنوولگوس در مقایسه با پاهای معمولی در حال رشد شامل کاهش گشتاور پلانتارفلکسیون مچ پا، قدرت مچ پا و قدرت مفصل میانی پا بود. برای جبران کاهش دامنه حرکتی مفصل مچ پا، افزایش حرکت در مفصل میانی پا همراه با تحمل وزن اغلب در پاهای با دفورمیتی پلنوولگوس رخ می‌دهد [۳۹]. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به بررسی شواهد و میزان تأثیرگذاری دفورمیتی پلنوولگوس بر دامنه‌حرکتی مفاصل لگن و ستون فقرات در جامعه کودکان با فلج مغزی و دفورمیتی پلنوولگوس پرداخته شود.

باتوجه به طبقه‌بندی بین‌المللی عملکرد، ناتوانی و سلامت، که بیان می‌کند پیشرفت در مداخلات درمانی متمرکز بر نقص، مانند افزایش قدرت عضلانی و دامنه حرکتی، باعث بهبود فعالیت و مشارکت فرد می‌شود [۴۰]، در مطالعه حاضر، متغیر قدرت عضلانی مورد سنجش قرار گرفت. در نتایج مطالعاتی گنج والا دی و همکاران [۴۱]، ماساکی و همکاران [۴۲] و نتایج مطالعاتی سارا وات و همکاران [۳۹] نرخ بالایی از پلنوولگوس به دلیل کاهش قدرت عضلانی اکستانسورهای زانو و عضله سولئوس در ارتباط با عملکرد پلانتار فلکشن مشهود است. در هر ۲ مطالعه قدرت عضلات اندام تحتانی در زنجیره بسته کاهش یافته است [۹]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات پلنوولگوس در پا موجب اختلالات بیومکانیکال همچون قدرت و عملکرد عضلات

جدول ۵. شدت درد شرکت‌کنندگان در مطالعه

متغیر	میانگین±انحراف معیار
درد	۳/۷۰±۲/۴۶

توانبخشی

پلانتار فلکسور و اکستانسورهای زانو می‌شود. در نتایج مطالعه حاضر نیز قدرت عضلات اکستانسور زانو و عضلات پلانتار فلکسور در پای با دفورمیتی پلنوولگوس نسبت به پای بدون دفورمیتی کاهش یافته است. توصیه می‌شود که از همان ابتدای تشخیص دفورمیتی پلنوولگوس در کودک فلج مغزی با توانایی راه رفتن، توجه ویژه‌ای به قدرت عضلات کوادریسپس و پلانتارفلکسورها معطوف شود و اقدامات لازم را در جهت تقویت این عضلات به کار گرفته شود.

یافته‌های حاصل از ارزیابی عملکردهای تعادلی ازطریق سکوی نیروی Nintendo® Wii Fit[18] نشانگر جابه‌جایی چشمگیر مرکز فشار کف پا و افزایش میزان این جابه‌جایی‌ها در حالت ایستاده روی یک پا نسبت به پای مقابل به دنبال دفورمیتی پلنوولگوس در اندام درگیر شده است. این نتایج همسو با نتایج مطالعاتی است که تاکنون درزمینه بررسی تأثیر استفاده از سکوی نیروی Nintendo® Wii Fit به‌عنوان یک روش ایمن، لذت‌بخش، مناسب و مؤثر بر بهبود شاخص‌های تعادلی در بیماران فلج مغزی انجام شده است که می‌تواند به درمان‌های مرسوم برای بهبود تعادل ساکن این بیماران اضافه شود [۴۳]. نتایج مطالعاتی تانگ در سال ۲۰۲۲ نیز تغییر در بارگذاری کف پا را به دنبال پیشرفت فلج مغزی نشان داد [۴۴] که این یافته‌ها نیز همسو با نتایج حاصل از مطالعه حاضر هستند. بنابراین شاید مداخلات پیشگیرانه دفورمیتی پلنوولگوس بتواند به‌طور مؤثری مانع از تشدید دفورمیتی پا و درنهایت منجر به حمایت از تصمیم‌گیری بالینی بهنگام شود و نقش مؤثری را در جهت تسهیل مشارکت و عملکرد کودک فلج مغزی در مدرسه و جامعه ایفا کند. با وجود این، مطالعات بیشتری در این زمینه نیاز است.

یافته‌های حاصل از ارزیابی درد در کودکان شرکت‌کننده در این مطالعه همسو با یافته‌های بسیاری از مطالعات است که به مداخلات بر روی کودکان با دفورمیتی پلنوولگوس پرداخته‌اند. درد یکی از فاکتورهای بسیار مهم برای کودکان تلقی می‌شود چراکه عوارض ناشی از این فاکتور سبب کاهش توانایی راه رفتن مستقل این کودکان و بروز الگوهای غلط در فرایند راه رفتن و عملکرد کودک می‌شود [۱۰، ۲۳]. بنابراین معاینه تشخیصی دقیق و صحیح درد در مواجهه با پلنوولگوس در کودکان اهمیت زیادی دارد [۴۵] و استفاده از ابزار ارزیابی درمانی جهت توصیف بهتر درد در مراجعان با دفورمیتی پلنوولگوس می‌تواند راهنمای مناسبی جهت انتخاب پروتکل درمانی توسط متخصصین این حیطه باشد.

پلنوولگوس بیشترین بحث را به دلیل شیوع بالای این دفورمیتی و ازدیاد درمان‌های جایگزین، که مزایا و برتری آن‌ها بر یکدیگر مشخص نیست، بین متخصصان ارتوپد کودکان به وجود آورده است [۳]. چارچوب درمانی فعلی برای تغییر شکل پلنوولگوس باید سن و عملکرد حرکتی کودک را در نظر بگیرد، زیرا دفورمیتی پلنوولگوس در بیشتر موارد تا اواسط کودکی به وجود می‌آید و با گذر زمان و ورود به دوران نوجوانی تشدید می‌شود [۱۰]. براساس مشاهدات محقق در طی انجام ارزیابی‌ها در محیط‌های درمانی و سپس تحلیل اطلاعات، میزان انگیزه درمانگران و والدین شرکت‌کنندگان برای دریافت آگاهی از مشکلات متعاقب دفورمیتی و نحوه مدیریت آن به مراتب بیشتر بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود در روند درمان کودکان فلج مغزی با دفورمیتی پلنوولگوس، دامنه حرکتی مفاصل زانو و مچ پا را در نظر گرفته شود و با کاردرمانی رایج مانع از محدودیت دامنه‌حرکتی مفاصل این کودکان شد تا بتوان از مشکلات متعاقب آن همانند درگیری مهارت‌های تعادلی کودک که ممکن است به دلیل درگیری عضلات و مفاصل مچ ازجمله دورسی فلکسورها و اکستانسورهای زانو ایجاد شود، پیشگیری کرد. اقدامات پیشگیرانه کاردرمانی باید به مهارت‌های عملکردی و فعالیت‌های روزمره این کودکان نیز توجه کند و توانایی تحرک، بازی، عملکرد مدرسه و مشارکت کودک با همسالان در جامعه را در نظر بگیرد، زیرا در صورت غفلت ممکن است این کودکان به واسطه مشکلاتی که دارند از مشارکت فعال در مدرسه محروم شوند. بنابراین پیشنهاد می‌شود تأثیر دفورمیتی پلنوولگوس بر تعادل و عملکرد حرکتی کودکان فلج مغزی اسپاستیک با توانایی راه رفتن مستقل و اهمیت استراتژی‌های مؤثر جهت جلوگیری یا به حداقل رساندن آسیب‌های مرتبط با دفورمیتی پلنوولگوس به‌صورت جامع‌تر و در قالب پژوهش‌های مداخله‌ای مورد بررسی قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد تعادل و عملکرد حرکتی کودک می‌تواند تحت تأثیر دفورمیتی پلنوولگوس قرار گیرد. تغییرات در جهت کاهش دامنه حرکتی مفاصل زانو و مچ پا، کاهش قدرت عضلات اندام تحتانی و افزایش جابه‌جایی مرکز فشار کف پا در اندام تحتانی درگیر و گزارش درد در کودکان فلج مغزی اسپاستیک با توانایی راه رفتن مشاهده شد. بنابراین مدیریت غیرجراحی این کودکان موجه است، اگرچه درمان فردی در توان‌بخشی این کودکان توصیه می‌شود. در ضمن نتایج این مطالعه برای گسترش استفاده از Wii Fit در توان‌بخشی فلج مغزی در خصوص ارزیابی تعادل عملکردی این کودکان در کشور ما حائز اهمیت است و دیدگاه مناسبی را به درمانگرانی که در این زمینه کار می‌کنند، ارائه می‌دهد.

محدودیت‌ها

از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم توزیع جنسی شرکت‌کنندگان در مطالعه و نبود امکان تعمیم‌دهی نتایج به دفورمیتی‌های سنین نوجوانی و دفورمیتی‌های هم‌زمان در مفاصل بالاتر (زانو، ران و ستون فقرات) اشاره کرد.

18. Force plate

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق **دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی** با شناسه اخلاق IR.USWR.REC.1401.109 مورد تصویب قرار گرفت. اصل صداقت علمی و ثبت نتایج ارزیابی‌های شرکت‌کنندگان بدون هیچ دخالتی ثبت شد. نهایت امانت‌داری و صداقت حین گردآوری داده‌ها و بازنگری منابع موجود صورت گرفت. اصول اخلاقی تماماً در این مقاله رعایت شده است. شرکت‌کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همه شرکت‌کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این تحقیق هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، اعتبارسنجی، منابع و ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: مهسا اعرابی و سعید فطوره‌چی؛ تحلیل: عنایت‌الله بخشی؛ تحقیق و بررسی: مهسا اعرابی، سعید فطوره‌چی و مصطفی علویان؛ نگارش پیش‌نویس: مهسا اعرابی و مصطفی علویان؛ بصری‌سازی و نظارت: سید علی حسینی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی مشارکت‌کنندگان مطالعه و از جناب آقای سلیمانی (کاردرمانگر) که وقت خود را صمیمانه در اختیار تیم تحقیق قرار دادند، تقدیر و تشکر می‌شود.

References

[1] te Velde A, Morgan C, Novak I, Tantsis E, Badawi N. Early diagnosis and classification of cerebral palsy: An historical perspective and barriers to an early diagnosis. Journal of Clinical Medicine. 2019; 8(10):1599. [DOI:10.3390/jcm8101599] [PMID] [PMCID]

[2] Song S, Lee K, Jung S, Park S, Cho H, Lee G. Effect of horizontal whole-body vibration training on trunk and lower-extremity muscle tone and activation, balance, and gait in a child with cerebral palsy. The American Journal of Case Reports. 2018; 19:1292-300. [DOI:10.12659/AJCR.910468] [PMID] [PMCID]

[3] Sees JP, Miller F. Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy. Journal of Children's Orthopaedics. 2013; 7(5):373-7. [DOI:10.1007/s11832-013-0509-4] [PMID] [PMCID]

[4] Raposo MR, Ricardo D, Teles J, Veloso AP, João F. Gait analysis in children with cerebral palsy: Are plantar pressure insoles a reliable tool? Sensors. 2022; 22(14):5234. [DOI:10.3390/s22145234] [PMID] [PMCID]

[5] Kim HY, Shin HS, Ko JH, Cha YH, Ahn JH, Hwang JY. Gait analysis of symptomatic flatfoot in children: An observational study. Clinics in Orthopedic Surgery. 2017; 9(3):363-73. [DOI:10.4055/cios.2017.9.3.363] [PMID] [PMCID]

[6] Sung KH, Chung CY, Lee KM, Kwon KB, Lee JH, Park MS. Discrepancy between true ankle dorsiflexion and gait kinematics and its association with severity of planovalgus foot deformity. BMc Musculoskeletal Disorders. 2020; 21(1):250. [DOI:10.1186/s12891-020-03285-3] [PMID] [PMCID]

[7] Kim NT, Lee YT, Park MS, Lee KM, Kwon OS, Sung KH. Changes in the bony alignment of the foot after tendo-Achilles lengthening in patients with planovalgus deformity. Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2021; 16(1):118. [DOI:10.1186/s13018-021-02272-1] [PMID] [PMCID]

[8] Rumberg F, Bakir MS, Taylor WR, Haberl H, Sarpong A, Sharankou I, et al. The effects of selective dorsal rhizotomy on balance and symmetry of gait in children with cerebral palsy. Plos One. 2016; 11(4):e0152930. [DOI:10.1371/journal.pone.0152930] [PMID] [PMCID]

[9] Levangie PK, Norkin CC. Joint structure and function: A comprehensive analysis. Philadelphia: F.A. Davis; 2011. [Link]

[10] Miller F. Planovalgus foot deformity in cerebral palsy. Berlin: Springer; 2020. [DOI:10.1007/978-3-319-74558-9_144]

[11] Lashkouski U, Ihnatouski M, Pauk J, Daunoraviciene K. Correction of planovalgus deformity through rotational reinsertion of the lateral layers of the achilles tendons in ambulatory children with cerebral palsy. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2019; 58(3):528-33. [DOI:10.1053/j.jfas.2018.11.001] [PMID]

[12] Kadhim M, Miller F. Crouch gait changes after planovalgus foot deformity correction in ambulatory children with cerebral palsy. Gait & Posture. 2014; 39(2):793-8. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2013.10.020] [PMID]

[13] Galán-Olleros M, Ramírez-Barragán A, Rodríguez-Zamorano P, Egea-Gámez RM, Serrano JI, Martínez-Caballero I. Long-term impact of planovalgus foot on activities of daily living in patients with down syndrome. Journal of Pediatric Orthopedics. 2023; 43(4):259-267. [DOI:10.1097/BPO.0000000000002354] [PMID]

[14] Gatica-Rojas V, Cartes-Velásquez R, Guzmán-Muñoz E, Méndez-Rebolledo G, Soto-Poblete A, Pacheco-Espinoza AC, et al. Effectiveness of a nintendo wii balance board exercise programme on standing balance of children with cerebral palsy: A randomised clinical trial protocol. Contemporary Clinical Trials Communications. 2017; 6:17-21. [DOI:10.1016/j.conctc.2017.02.008] [PMID] [PMCID]

[15] Kumar S, Kelly AS. Review of childhood obesity: From epidemiology, etiology, and comorbidities to clinical assessment and treatment. Mayo Clinic Proceedings. 2017; 92(2):251-65. [DOI:10.1016/j.mayocp.2016.09.017] [PMID]

[16] Karlsson A, Frykberg G. Correlations between force plate measures for assessment of balance. Clinical Biomechanics. 2000; 15(5):365-9. [DOI:10.1016/S0268-0033(99)00096-0] [PMID]

[17] Ross SE, Guskiewicz KM, Gross MT, Yu B. Balance measures for discriminating between functionally unstable and stable ankles. Medicine and Science in Sports and Exercices. 2009; 41(2):399-407. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181872d89] [PMID]

[18] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the nintendo wii balance board for assessment of standing balance. Gait & Posture. 2010; 31(3):307-10. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2009.11.012] [PMID]

[19] Bonnechère B, Jansen B, Omelina L, Sholukha V, Van Sint Jan S. Validation of the balance board for clinical evaluation of balance during serious gaming rehabilitation exercises. Telemedicine Journal and E-Health. 2016; 22(9):709-17. [DOI:10.1089/tmj.2015.0230] [PMID]

[20] Zhang C, Talaber A, Truong M, Vargas BB. K-D balance: An objective measure of balance in tandem and double leg stances. Digital Health. 2019; 5:2055207619885573. [DOI:10.1177/2055207619885573] [PMID] [PMCID]

[21] Hunt MA, McManus FJ, Hinman RS, Bennell KL. Predictors of single-leg standing balance in individuals with medial knee osteoarthritis. Arthritis Care & Research. 2010; 62(4):496-500. [DOI:10.1002/acr.20046] [PMID]

[22] Bonora G, Mancini M, Carpinella I, Chiari L, Ferrarin M, Nutt JG, et al. Investigation of anticipatory postural adjustments during one-leg stance using inertial sensors: Evidence from subjects with parkinsonism. Frontiers in Neurology. 2017; 8:361. [DOI:10.3389/fneur.2017.00361] [PMID] [PMCID]

[23] Miller F. Foot deformities impact on cerebral palsy gait. In: Bachrach S, Lennon N, O'Neil ME, editors. Cerebral palsy. Berlin: Springer; 2020. [DOI:10.1007/978-3-319-74558-9_201]

[24] Tomlinson D, von Baeyer CL, Stinson JN, Sung L. A systematic review of faces scales for the self-report of pain intensity in children. Pediatrics. 2010; 126(5):e1168-98. [DOI:10.1542/peds.2010-1609] [PMID]

[25] Casey J, Rosenblad A, Rodby-Bousquet E. Postural asymmetries, pain, and ability to change position of children with cerebral palsy in sitting and supine: A cross-sectional study. Disability and Rehabilitation. 2022; 44(11):2363-71. [DOI:10.1080/09638288.2020.1834628] [PMID]

[26] Jan MH, Chai HM, Lin YF, Lin JC, Tsai LY, Ou YC, et al. Effects of age and sex on the results of an ankle plantar-flexor manual muscle test. Physical Therapy. 2005; 85(10):1078-84. [DOI:10.1093/ptj/85.10.1078] [PMID]

[27] Lin HT, Hsu AT, Chang JH, Chien CS, Chang GL. Comparison of EMG activity between maximal manual muscle testing and cybex maximal isometric testing of the quadriceps femoris. Journal of the Formosan Medical Association. 2008; 107(2):175-80. [DOI:10.1016/S0929-6646(08)60131-X] [PMID]

[28] Jung H, Yamasaki M. Association of lower extremity range of motion and muscle strength with physical performance of community-dwelling older women. Journal of Physiological Anthropology. 2016; 35(1):30. [DOI:10.1186/s40101-016-0120-8] [PMID] [PMCID]

[29] Einspieler C, Bos AF, Krieber-Tomantschger M, Alvarado E, Barbosa VM, Bertoncelli N, et al. Cerebral palsy: Early markers of clinical phenotype and functional outcome. Journal of Clinical Medicine. 2019; 8(10):1616. [DOI:10.3390/jcm8101616] [PMID] [PMCID]

[30] Paulson A, Vargus-Adams J. Overview of four functional classification systems commonly used in cerebral palsy. Children. 2017; 4(4):30. [DOI:10.3390/children4040030] [PMID] [PMCID]

[31] Piscitelli D, Vercelli S, Meroni R, Zagnoni G, Pellicciari L. Reliability of the gross motor function classification system and the manual ability classification system in children with cerebral palsy in Tanzania. Developmental Neurorehabilitation. 2019; 22(2):80-86. [DOI:10.1080/17518423.2017.1342710] [PMID]

[32] Dehghan L, Abdolvahab M, Bagheri H, Dalvand H, Faghih Zade S. [Inter rater reliability of Persian version of gross motor function classification system expanded and revised in patients with cerebral palsy (Persian)]. Daneshvar Medicine. 2020; 18(6):37-44. [Link]

[33] Garra G, Singer AJ, Taira BR, Chohan J, Cardoz H, Chisena E, et al. Validation of the wong-baker FACES pain rating scale in pediatric emergency department patients. Academic Emergency Medicine. 2010; 17(1):50-4. [DOI:10.1111/j.1553-2712.2009.00620.x] [PMID]

[34] Alizadeh Z, Paymard A, Khalili A, Hejr HJAoTM, Health P. A systematic review of pain assessment method in children. Annals of Tropical Medicine and Public Health. 2017; 10(4):847-9. [DOI:10.4103/ATMPH.ATMPH_155_17]

[35] Manikowska F, Chen BP, Jóźwiak M, Lebiedowska MK. Validation of manual muscle testing (MMT) in children and adolescents with cerebral palsy. NeuroRehabilitation. 2018; 42(1):1-7. [DOI:10.3233/NRE-172179] [PMID]

[36] Naqvi U, Sherman AL. Muscle strength grading. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2021. [Link]

[37] Soucie JM, Wang C, Forsyth A, Funk S, Denny M, Roach KE, et al. Range of motion measurements: reference values and a database for comparison studies. Haemophilia. 2011; 17(3):500-7. [DOI:10.1111/j.1365-2516.2010.02399.x] [PMID]

[38] Eid MA, Aly SM, Mohamed RA. Effect of twister wrap orthosis on foot pressure distribution and balance in diplegic cerebral palsy. Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions. 2018; 18(4):543-50. [PMID] [PMCID]

[39] Saraswat P, MacWilliams BA, Davis RB, D'Astous JL. Kinematics and kinetics of normal and planovalgus feet during walking. Gait & Posture. 2014; 39(1):339-45. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2013.08.003] [PMID]

[40] Moreau NG, Bodkin AW, Bjornson K, Hobbs A, Soileau M, Lahasky K. Effectiveness of rehabilitation interventions to improve gait speed in children with cerebral palsy: Systematic review and meta-analysis. Physical Therapy. 2016; 96(12):1938-54. [DOI:10.2522/ptj.20150401] [PMID] [PMCID]

[41] Ganjwala D, Shah H. Management of the knee problems in spastic cerebral palsy. Indian Journal of Orthopaedics. 2019; 53(1):53-62. [DOI:10.4103/ortho.IJOrtho_339_17] [PMID] [PMCID]

[42] Masaki M, Sugawara K, Iizuka Y, Uchikawa Y, Isobe H, Hattori F, et al. Comparison of the degree of pes planovalgus and muscle mass of the ankle joint and foot muscles between children with Down syndrome and children with typical development. Journal of Biomechanics. 2021; 122:110482. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2021.110482] [PMID]

[43] Tarakci D, Ozdincler AR, Tarakci E, Tutuncuoglu F, Ozmen M. Wii-based balance therapy to improve balance function of children with cerebral palsy: A pilot study. Journal of Physical Therapy Science. 2013; 25(9):1123-7. [DOI:10.1589/jpts.25.1123] [PMID] [PMCID]

[44] Chow TH. Traceable features of static plantar pressure characteristics and foot postures in college students with hemiplegic cerebral palsy. Journal of Personalized Medicine. 2022; 12(3):394. [DOI:10.3390/jpm12030394] [PMID] [PMCID]

[45] Pardus K, Stencel-Gabriel K, Kurdyś P, Konwant D, Nowak U. Analysis of selected methods of diagnostics and physiotherapy of pes plano-valgus in children. Journal of Education, Health and Sport. 2022; 12(11):18-22. [DOI:10.12775/JEHS.2022.12.11.002]

This Page Intentionally Left Blank