Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: Predictive Role of Musculoskeletal Factors in Motor Performance and Social Participation among Children with Spastic Cerebral Palsy

Authors: Hamed Roohani Zadeh[1], Masoud Shayesteh Azar[2], Khadijeh Kazemi[3], Mahla Motahari Nik[3], Masoud Gharib[4,*]

1. *Department of Pediatrics, School of Medicine, Pediatric Infectious Diseases Research Center, Research Institute for Infectious Diseases, Bu-Ali Sina Hospital, Sari, Mazandaran University of Medical Sciences, Mazandaran, Sari, Iran.*
2. *Department of Orthopedics, Orthopedic Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.*
3. *Department of Rehabilitation, School of Paramedical Sciences, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.*
4. *Department of Rehabilitation, School of Paramedical Sciences, Orthopedic Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.*

To appear in: **Archives of Rehabilitation**

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Received date: 2026/02/22

Accepted date: 2026/09/23

First Online Published: 2026/09/28

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Archives of Rehabilitation provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Roohani Zadeh H, Shayesteh Azar M, Kazemi K, Motahari Nik M, Gharib M. [Predictive Role of Musculoskeletal Factors in Motor Performance and Social Participation among Children with Spastic Cerebral Palsy (Persian)]. Archives of Rehabilitation. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

نسخه پذیرفته‌شده پیش از انتشار

عنوان: نقش پیش‌بینی‌کننده عوامل اسکلتی عضلانی در عملکرد حرکتی و مشارکت اجتماعی کودکان فلج مغزی اسپاستیک

نویسندگان: حامد روحانی زاده[۱]، مسعود شایسته آذر[۲]، خدیجه کاظمی[۳]، مهلا مطهری نیک[۳]، مسعود غریب[۴]*

۱. *گروه آموزشی اطفال، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات عفونی اطفال، پژوهشکده بیماری‌های واگیر بیمارستان بوعلی سینا ساری دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.*
۲. *گروه آموزشی ارتوپدی مرکز تحقیقات ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی مازندران، ساری، ایران*
۳. *دپارتمان توانبخشی دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی مازندران، ساری، ایران*
۴. *دپارتمان توانبخشی دانشکده پیراپزشکی، مرکز تحقیقات ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی مازندران، ساری، ایران*

نشریه: *آرشیو توانبخشی*

تاریخ دریافت: 1404/12/03

تاریخ پذیرش: 1405/07/01

تاریخ انتشار اولیه: 1405/07/06

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه آرشیو توانبخشی گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده سازی و انتشار نهایی را طی می کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وب‌سایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این‌گونه استناد شود:

Roohani Zadeh H, Shayesteh Azar M, Kazemi K, Motahari Nik M, Gharib M. [Predictive Role of Musculoskeletal Factors in Motor Performance and Social Participation among Children with Spastic Cerebral Palsy (Persian)]. Archives of Rehabilitation. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Abstract

Objective: Rehabilitation planning for children with cerebral palsy (CP) depends on identifying which factors most strongly shape daily function. Musculoskeletal impairments are common in CP, but their separate contributions to gross motor performance and social participation are not fully known. This study investigated the independent predictive value of joint range of motion, spasticity, muscle strength, and pain for motor performance and participation in children with spastic CP.

Methods: In this cross-sectional study, 117 children with spastic CP (mean age 10.4 ± 3.6 years; GMFCS levels I–IV) were recruited by convenience sampling from pediatric outpatient rehabilitation clinics. Lower-extremity joint range of motion, spasticity (Modified Ashworth Scale), isometric muscle strength (hand-held dynamometry), and pain intensity (numeric rating scale or Faces Pain Scale–Revised) were measured. The GMFM-66 assessed motor function, and the LIFE-H for children assessed participation. Hierarchical multiple regression and unique variance analyses determined each predictor's independent contribution.

Results: The final models accounted for 71.3% and 71.7% of variance in motor function and participation, respectively. Muscle strength was the strongest independent predictor of motor function ($\beta = 0.41$, $sr^2 = 12\%$, $p < 0.001$) and was independently associated with participation ($\beta = 0.19$, $sr^2 = 3\%$, $p = 0.018$). Pain independently predicted motor function ($\beta = -0.19$, $sr^2 = 4\%$, $p = 0.003$) and participation ($\beta = -0.18$, $sr^2 = 3\%$, $p = 0.004$). Range of motion uniquely predicted motor function ($\beta = 0.22$, $sr^2 = 5\%$, $p = 0.004$) but not participation. After adjustment for other musculoskeletal variables, spasticity was no longer a significant independent predictor. Motor function partially mediated the associations of muscle strength and pain with participation.

Conclusion: In children with spastic CP, lower-limb strength and pain are the most important modifiable predictors of motor performance and social participation. Rehabilitation should prioritize targeted strengthening and comprehensive pain management to improve function and real-world participation.

Keywords: Cerebral Palsy; Muscle Strength; Pain; Motor Performance; Participation; Range of Motion; Spasticity.

Introduction

In pediatric populations, cerebral palsy (CP) accounts for the largest proportion of physical disability cases. With prevalence consistently reported at about 2–3 per 1,000 live births [1]. CP includes a heterogeneous group of permanent movement and posture disorders caused by a non-progressive injury to the developing fetal or infant brain. It is often accompanied by disturbances in sensation, cognition, communication, and the musculoskeletal system [2]. The spastic subtype is the most common clinical form [3].

Although the primary neurological lesion in CP is static, secondary musculoskeletal problems such as weakness, contractures, limited joint mobility, chronic pain, and bony deformities usually emerge over time. These progressive impairments can substantially reduce gross motor function and health-related quality of life [4,5].

The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) framework broadens health outcomes beyond body-level deficits to include activity limitations and participation restrictions [6]. In this biopsychosocial model, body structure/function impairments spasticity, decreased strength, reduced range of motion (ROM), and pain may cascade into limitations in gait, balance, and postural transitions, thereby reducing participation in education, recreation, and social roles [7].

Many studies have explored links between specific physical impairments and motor outcomes in CP. Lower-extremity strength has repeatedly been one of the strongest predictors of gross motor function, walking speed, and endurance [8,9]. Similarly, restricted joint mobility especially at the ankle, knee, and hip—has been associated with atypical gait and poorer ambulation [10–12].

However, the relative importance of spasticity remains debated. Earlier work identified spasticity as a major cause of functional limitation, but more recent evidence indicates that its unique predictive value decreases substantially or becomes non-significant when strength and ROM are controlled [12,13]. Pain, though common in CP, has received less systematic attention; it is now viewed as a possible mediator of functional decline because it can reduce physical activity, encourage movement avoidance, and directly restrict social participation [14,15].

A key gap is that these musculoskeletal factors are often studied separately, and most research focuses only on gross motor performance rather than participation. Thus, it is unclear how ROM, spasticity, strength, and pain simultaneously and independently explain motor function and social engagement in children with spastic CP. Few studies have examined pathways from physical impairments to participation using the ICF model [16].

To address these gaps, this study examined the independent predictive roles of joint ROM, spasticity, isometric muscle strength, and pain for motor performance and social participation in children with spastic CP. This work differs from prior research by: (a) evaluating four key musculoskeletal determinants in one analytical model; (b) assessing

two distinct but related outcomes motor function and participation; and (c) using hierarchical regression based on the ICF model to estimate unique variance.

Methods

Study Design and Setting

This cross-sectional, correlational, predictive study examined how joint range of motion, spasticity, muscle strength, and pain contribute to motor function and participation in children with spastic CP. The manuscript follows STROBE guidelines for cross-sectional research [17]. Data were collected from April 2023 to January 2026 at Bu-Ali Sina Hospital and Zehn-e-Pouya Rehabilitation Center in Sari, Iran.

Participants

Participants were recruited by convenience sampling from two outpatient rehabilitation facilities in Sari, which limits generalizability. The criterion "ability to follow verbal instructions" was based on clinical judgment and parental report; to reduce selection bias, only children who understood and performed at least three simple motor commands were included.

Inclusion criteria: (a) diagnosis of spastic CP (unilateral or bilateral) confirmed by a pediatric neurologist; (b) age 6–18 years (chosen to ensure instruction comprehension and cooperation while covering childhood through adolescence); (c) GMFCS levels I–IV. Children of all ambulatory statuses were included to represent the full range of functional ability and participation, since participation restrictions occur even in higher-functioning individuals [16]; and (d) ability to follow simple verbal commands and cooperate with assessments.

Exclusion criteria: (a) orthopedic surgery or botulinum toxin type A injections to the lower extremities within the previous 12 months, because these can transiently affect tone, joint mobility, and strength; (b) regular use of oral antispasmodic medications (baclofen, diazepam, or tizanidine) in the two months before enrollment, due to possible confounding of tone and motor performance; (c) uncontrolled comorbid conditions, such as refractory seizures or severe visual/auditory impairment that could invalidate assessment; and (d) mixed-type CP (dyskinetic or ataxic) or other concomitant neurological disorder.

Sample Size Calculation

A priori sample size was calculated with G*Power for multiple linear regression. With medium effect size ($f^2 = 0.15$), power 0.80, $\alpha = 0.05$, and up to seven predictors in the final model, the minimum was 103 participants. To allow for attrition or incomplete records, recruitment target was 120 children.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Ethical Approval

Ethical approval was obtained from the Institutional Review Board of Mazandaran University of Medical Sciences (approval number: IR.MAZUMS.IMAMHOSPITAL.REC.1403.102). All procedures followed the Declaration of Helsinki. Written informed consent was obtained from parents or legal guardians. Children received age-appropriate verbal explanations; those able to understand provided written assent, while others gave oral assent alongside parental consent, with active cooperation during testing considered tacit acceptance. Children showing distress or unwillingness were withdrawn immediately.

Instruments and Variable Measurement

All assessments were performed by one trained examiner with more than five years of clinical experience in pediatric CP rehabilitation. This minimized systematic error from inter-rater variability and intra-rater inconsistency.

Variables

Range of Motion (ROM):

Passive joint ROM was measured with a standard 360-degree plastic goniometer using Norkin and White protocols [18]. Bilateral lower-extremity movements assessed were hip extension (Thomas test position), hip abduction (supine), knee extension (popliteal angle), and ankle dorsiflexion with knee extended and flexed. Values were recorded in degrees. A composite lower-extremity ROM score was created by converting individual joint scores to z-scores and summing them; higher scores indicated better joint mobility.

Spasticity:

Knee flexor/extensor and ankle plantar flexor spasticity was assessed with the Modified Ashworth Scale (MAS) [19]. Testing used a relaxed supine position and standardized passive movement velocity. A total spasticity score was obtained by summing MAS grades across tested muscle groups.

Muscle Strength:

Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) of hip flexors/extensors, knee flexors/extensors, and ankle dorsiflexors was measured with a hand-held dynamometer. The "make test" was used: the examiner stabilized the dynamometer while the child exerted maximal force against it. Positions followed Hislop and Montgomery guidelines [20]. For each muscle group, three 5-second contractions were performed with 30-second rests; the highest force in Newtons was analyzed.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Pain:

Pain presence and intensity were assessed with a numerical rating scale [21]. Children rated typical pain over the previous week on an 11-point scale from 0 (no pain) to 10 (worst imaginable pain) [22].

Motor Function:

Gross motor function was measured with the GMFM-66, a validated tool for detecting motor ability changes in CP [32]. It has 66 items in five dimensions: (A) lying and rolling; (B) sitting; (C) crawling and kneeling; (D) standing; and (E) walking, running, and jumping. The trained examiner scored each item on a 4-point ordinal scale (0 = does not initiate, 3 = performs independently). Total scores range from 0 to 100, with higher scores indicating better motor performance [23].

Participation:

Participation was assessed with the LIFE-H inventory for children [39], a validated ICF-based measure of daily activities and social roles. The short form has 63 items across 12 life habit categories (nutrition, fitness, personal care, communication, housing, mobility, responsibilities, interpersonal relationships, community life, education, employment, and recreation). Each item was rated on a 10-point scale (0–9); higher total scores indicated greater participation. The primary caregiver completed the questionnaire with the child's help when possible [24]. The total summary score was the main participation index.

Study Procedure

All evaluations occurred in one structured session to avoid between-session variability due to physical condition, fatigue, mood, motivation, or environment. This also reduced family burden and sample attrition from multiple visits, which is important in pediatric CP research.

Because the battery was multidimensional, a standardized fatigue-management protocol was used. Physical tests (ROM, spasticity, muscle strength) were randomized for each participant to control order effects. Planned 5- to 10-minute rest breaks were provided between components based on each child's needs. If fatigue, restlessness, or reduced cooperation appeared, extra rest was given.

Total assessment time averaged about 90–120 minutes, including rest. This was feasible with standardized clinical instruments and the examiner's extensive experience with children with CP.

Statistical Analysis

Data were analyzed with IBM SPSS Statistics for Windows, version 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Statistical significance was set at $p \leq 0.05$. Descriptive statistics (means, standard deviations, frequencies, percentages) were computed for demographic, predictor, and outcome variables. Normality was checked with the Shapiro-Wilk test. Regression assumptions were evaluated (residual normality, linearity, and absence of problematic multicollinearity). Pearson product-moment correlations examined bivariate associations among ROM, spasticity, strength, pain, GMFM-66, and LIFE-H. Tolerance and VIF were calculated to confirm no problematic collinearity in the final motor function regression model (Block 2).

Multivariate analysis used hierarchical multiple linear regression. Reported parameters included standardized and unstandardized coefficients (β and B), 95% confidence intervals, semipartial correlations (sr^2) for unique variance, R^2, adjusted R^2, and ΔR^2 at each step. Post-hoc power analyses were performed when indicated.

Results

Participant Characteristics

A total of 117 children with spastic CP met eligibility criteria and were enrolled. Complete data were available for all 117 participants, with no missing values for primary outcomes. Table 1 presents demographic and clinical characteristics. There were 68 males (58.1%) and 49 females (41.9%), mean age 10.4 years (SD = 3.6; range 6.0–18.0). GMFCS distribution was Level I (n = 28, 23.9%), Level II (n = 35, 29.9%), Level III (n = 31, 26.5%), and Level IV (n = 23, 19.7%). CP subtype was unilateral spastic in 48 children (41.1%) and bilateral in 69 (58.9%).

Table 1. Demographic and Clinical Characteristics of Participants (N = 117)

Characteristic	n (%)	Mean (SD)	Range
Age (years)		10.4 (3.6)	6.0 – 18.0
Sex			
Male	69 (58.9)		
Female	48 (41.1)		
GMFCS Level			
Level I	28 (23.9)		
Level II	35 (29.9)		
Level III	31 (26.5)		

Level IV	23 (19.7)		
CP Type			
Unilateral Spastic	49 (41.9)		
Bilateral Spastic	68 (58.1)		
Study Variables			
Range of Motion (composite z-score)		0.00 (2.84)	-5.21 – 6.34
Spasticity (total MAS score)		12.84 (5.21)	4.00 – 24.00
Muscle Strength (Newtons)		14.67 (4.89)	5.23 – 26.81
Pain (NRS score)		3.92 (2.45)	0.00 – 9.00
Motor Function (GMFM-66)		68.43 (18.76)	32.10 – 96.50
Participation (LIFE-H)		6.87 (1.94)	2.10 – 9.00

GMFCS = Gross Motor Function Classification System; MAS = Modified Ashworth Scale; NRS = Numerical Rating Scale; GMFM-66 = Gross Motor Function Measure-66; LIFE-H = Assessment of Life Habits.

Bivariate Correlations

Pearson correlations are shown in Table 2. Diagnostics supported linearity and normality. Most variables were significantly intercorrelated. GMFM-66 scores had strong positive correlations with ROM composite scores ($r = 0.61$, $p < 0.001$) and muscle strength ($r = 0.73$, $p < 0.001$), and moderate negative correlations with pain ($r = -0.49$, $p < 0.001$) and spasticity ($r = -0.42$, $p < 0.001$). LIFE-H participation scores correlated positively with ROM ($r = 0.53$, $p < 0.001$) and strength ($r = 0.68$, $p < 0.001$), and negatively with spasticity ($r = -0.38$, $p < 0.001$) and pain ($r = -0.57$, $p < 0.001$). Motor function and participation were highly correlated ($r = 0.71$, $p < 0.001$).

نسخه پذیرفته شده پس از داوری

Table 2. Bivariate Correlations Among Study Variables

Variable	ROM	Spasticity	Strength	Pain	Motor Function	Participation
ROM	—					
Spasticity	-0.48***	—				
Strength	0.58***	-0.44***	—			
Pain	-0.35***	0.29**	-0.41***	—		
Motor Function	0.61***	-0.42***	0.73***	-0.49***	—	
Participation	0.53***	-0.38***	0.68***	-0.57***	0.71***	—

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$

Multicollinearity Diagnostics

Tolerance and VIF were computed for predictors in the final motor function model. As Table 3 shows, all tolerance values were above 0.20 and all VIF values below 5. The lowest tolerance (0.48) and highest VIF (2.08) were for muscle strength, both within acceptable limits. Thus multicollinearity was not a major concern.

Table 3. Multicollinearity Indices for Predictor Variables in the Final Motor Function Regression Model

Predictor Variable	Tolerance	VIF
Range of Motion	0.58	1.72
Spasticity	0.69	1.45
Muscle Strength	0.48	2.08
Pain	0.66	1.52

Hierarchical Multiple Linear Regression Analyses

Prediction of Motor Function (GMFM-66)

Prediction of Motor Function (GMFM-66): In Block 1, age, sex, and GMFCS level were covariates. The model was significant [$F(3, 113) = 28.64$, $p < 0.001$] and explained 43.2% of variance in motor function ($R^2 = 0.432$, Adjusted $R^2 = 0.417$). GMFCS level was the only significant predictor in this block ($\beta = -0.62$, $p < 0.001$), meaning higher (more impaired) levels were associated with lower motor performance.

In Block 2, ROM, spasticity, muscle strength, and pain were entered simultaneously. This significantly increased explained variance ($\Delta R^2 = 0.281$, $p < 0.001$). The final model was

highly significant [$F(7, 109) = 38.71$, $p < 0.001$] and explained 71.3% of variance in GMFM-66 scores ($R^2 = 0.713$, Adjusted $R^2 = 0.695$).

In the final model, muscle strength ($\beta = 0.41$, $p < 0.001$), ROM ($\beta = 0.22$, $p = 0.004$), and pain ($\beta = -0.19$, $p = 0.003$) were significant independent predictors. Spasticity ($\beta = -0.08$, $p = 0.241$) was not significant after controlling for other variables (Table 4).

Table 4. Hierarchical Regression Analysis for Prediction of Motor Function (GMFM-66)

Variable	**Model 1 (Covariates)**			**Model 2 (Final Model)**			
	B (SE)	β	p	B (SE)	β	p	sr^2
(Constant)	82.45 (6.21)		<0.001	54.32 (7.85)		<0.001	
Age	0.28 (0.35)	0.05	0.425	0.19 (0.27)	0.04	0.482	0.01
Sex	2.14 (2.53)	0.06	0.398	1.87 (1.94)	0.05	0.337	0.01
GMFCS Level	-8.76 (1.24)	-0.62	<0.001	-4.23 (1.08)	-0.30	<0.001	0.07
Range of Motion				1.45 (0.49)	0.22	0.004	0.05
Spasticity				-0.29 (0.25)	-0.08	0.241	0.01
Muscle Strength				1.57 (0.29)	0.41	<0.001	0.12
Pain				-1.45 (0.48)	-0.19	0.003	0.04
	$R^2 = 0.432$			$R^2 = 0.713$			
	$F(3, 113) = 28.64$, $p < 0.001$			$F(7, 109) = 38.71$, $p < 0.001$			
				$\Delta R^2 = 0.281$, $p < 0.001$			

Prediction of Participation (LIFE-H)

A second hierarchical regression predicted participation. Block 1 (age, sex, GMFCS level) was significant [$F(3, 113) = 21.37$, $p < 0.001$] and explained 36.2% of variance ($R^2 = 0.362$, Adjusted $R^2 = 0.345$). GMFCS level was the strongest covariate ($\beta = -0.55$, $p < 0.001$).

Block 2 added the four musculoskeletal predictors, significantly improving the model ($\Delta R^2 = 0.257$, $p < 0.001$) and accounting for 61.9% of variance ($R^2 = 0.619$, Adjusted $R^2 = 0.598$). In this block, muscle strength ($\beta = 0.36$, $p < 0.001$) and pain ($\beta = -0.31$, $p < 0.001$) were the only

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

significant independent predictors; ROM (β = 0.12, p = 0.142) and spasticity (β = -0.06, p = 0.398) were not significant.

To test mediation by motor function, GMFM-66 scores were entered in Block 3. This significantly increased explained variance ($\Delta R^2 = 0.098$, $p < 0.001$). The final model accounted for 71.7% of variance in participation ($R^2 = 0.717$, Adjusted $R^2 = 0.695$).

In the final model, motor function was the strongest predictor of participation (β = 0.42, p < 0.001). The beta coefficients for muscle strength and pain decreased relative to Block 2, suggesting partial mediation by motor function. Both remained significant but with smaller effects: muscle strength (β = 0.19, p = 0.018) and pain (β = -0.18, p = 0.004). Full results are in Table 5.

Table 5. Hierarchical Regression Analysis for Prediction of Participation (LIFE-H)

Variable	**Model 1 (Covariates)**			**Model 2 (Impairments)**				**Model 3 (Motor Function)**		
	B (SE)	β	p	B (SE)	β	p	sr^2	B (SE)	β	p
(Constant)	8.21 (0.68)	—	<0.001	5.87 (0.91)	—	<0.001		3.42 (1.02)	—	0.001
Age	0.02 (0.04)	0.04	0.612	0.01 (0.03)	0.02	0.738	0.00	-0.01 (0.03)	-0.01	0.854
Sex	0.31 (0.27)	0.08	0.252	0.24 (0.22)	0.06	0.275	0.01	0.19 (0.19)	0.05	0.319
GMFCS Level	-0.78 (0.13)	-0.55	<0.001	-0.41 (0.13)	-0.29	0.002	0.06	-0.28 (0.12)	-0.20	0.018
Range of Motion				0.08 (0.06)	0.12	0.142	0.02	0.03 (0.05)	0.04	0.542
Spasticity				-0.02 (0.03)	-0.06	0.398	0.01	-0.01 (0.02)	-0.03	0.635
Muscle Strength				0.14 (0.03)	0.36	<0.001	0.09	0.08 (0.03)	0.19	0.018
Pain				-0.24 (0.06)	-0.31	<0.001	0.08	-0.14 (0.05)	-0.18	0.004
Motor Function								0.04 (0.01)	0.42	<0.001
Model Summary	$R^2 = 0.362$			$R^2 = 0.619$				$R^2 = 0.717$		
	$F(3, 113) = 21.37$, $p < 0.001$			$F(7, 109) = 25.27$, $p < 0.001$				$F(8, 108) = 34.19$, $p < 0.001$		

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

				$\Delta R^2 = 0.257$, $p < 0.001$				$\Delta R^2 = 0.098$, $p < 0.001$		

Unstandardized coefficient; SE = standard error; β = standardized coefficient; sr^2 = semi-partial correlation coefficient (unique variance explained); GMFCS = Gross Motor Function Classification System; LIFE-H = Assessment of Life Habits.

Sensitivity Analyses

To test robustness, sensitivity analyses included weighting for GMFCS levels and age-stratified subgroup analyses. These did not materially change primary coefficients and consistently supported the independent predictive roles of muscle strength and pain.

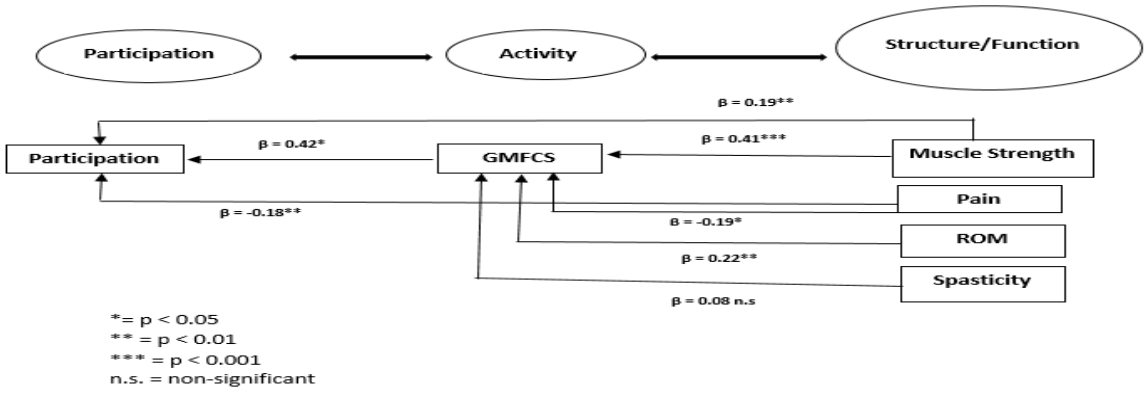


Figure 1 – ICF-Based Conceptual Model of Relationships Between Musculoskeletal Factors, Motor Function, and Participation in Children with Spastic Cerebral Palsy

This ICF-based model shows three levels: Body Structure/Function (ROM, spasticity, muscle strength, pain), Activity (GMFM-66), and Participation (LIFE-H). Standardized path coefficients (β) come from hierarchical regressions (Tables 4 and 5). Arrows show direct effects. Muscle strength was the strongest independent predictor of motor function (β = 0.41) and had a direct effect on participation (β = 0.19). Pain had negative direct effects on motor function (β = -0.19) and participation (β = -0.18). ROM had a significant direct effect only on motor function (β = 0.22). Motor function was the strongest predictor of participation (β = 0.42). Spasticity showed no significant direct effect on either outcome after adjustment.

Discussion

The present investigation was undertaken to delineate the independent contributions of joint range of motion, spasticity, muscle strength, and pain to the prediction of both motor performance and social participation in children with spastic cerebral palsy. Our principal findings indicate that muscle strength and pain constitute the foremost independent predictors of motor function and participation, whereas spasticity, after controlling for other variables, contributed negligibly to the regression models. Furthermore, motor function partially mediated the indirect relationships linking muscle strength and pain to participation outcomes. These observations are consistent with the ICF framework, substantiating the premise that impairments at the body structure/function level can influence participation through their cascading effects on activity performance [25].

The prominent role of muscle strength in determining motor outcomes among children with CP is corroborated by our data. These results align with the work of Eek and Beckung [26], as well as Ross and Engsberg [27], and are further supported by the systematic review conducted by Goh et al. [28], all of which demonstrated that lower extremity muscle strength exhibits stronger associations with mobility and GMFM scores than many neurological indices. Moreover, more recent ICF-grounded investigations have reported that strength-training interventions can enhance not only motor function but also participation and quality of life [29, 30]. The systematic review by Kara and colleagues, framed within the ICF model, similarly concluded that strengthening exercises exert the most pronounced effects on motor limitations [31].

In recent years, the rehabilitation paradigm for CP has progressively shifted from a purely impairment-focused approach toward optimizing functional performance and participation. Rosenbaum and Gorter, through their "F-words" framework, have emphasized the importance of fitness, functioning, and participation, advocating that meaningful everyday outcomes should occupy a central position in rehabilitation planning [32]. This perspective resonates with our findings, suggesting that augmented muscle strength may facilitate participation in daily activities beyond merely improving movement biomechanics.

Another salient finding of the current study was the independent predictive capacity of pain with respect to participation. Pain in children with CP has historically received less systematic attention relative to other impairments; however, accumulating evidence indicates that chronic pain can precipitate activity restriction, diminished social interaction, movement avoidance behaviors, and reduced quality of life [33, 34]. Our results are concordant with those of Harvey et al. [35] and the systematic review by McKinnon and colleagues [33], both of which documented a high prevalence of pain and its deleterious impact on participation. These observations underscore the imperative for routine pain screening and the integration of pain management strategies into CP rehabilitation protocols.

Conversely, spasticity failed to demonstrate an independent contribution to either motor function or participation in our final regression models. Although spasticity has traditionally been regarded as a primary therapeutic target in CP management, emerging evidence suggests that its relationship with disability is considerably more complex than previously assumed [36–38]. Our findings are in accordance with the longitudinal work of Braendvik et al. [39] and the study by Ross and Engsberg [27], both of which reported that strength is a more robust predictor of ambulatory

capacity than spasticity. Furthermore, recent investigations employing quantitative spasticity assessment techniques have indicated that conventional clinical scales may not fully capture the multifaceted nature of neural hypertonia [40, 41]. Thus, our data lend support to the notion that reducing spasticity in isolation does not necessarily translate into meaningful functional or participation gains.

Range of motion emerged as a significant correlate of motor function in our study; however, its predictive role in participation was not independently significant. This pattern likely indicates that ROM limitations exert their influence primarily through mobility-related effects at the activity level, with any impact on participation being indirect. Studies by Nordmark et al. [42] and Elnaggar [43] have similarly demonstrated that ankle and knee ROM restrictions can disrupt gait patterns and movement symmetry, thereby compromising functional mobility.

Clinical Implications

Clinically, these findings suggest a need to re-evaluate treatment priorities in CP rehabilitation. Focusing only on reducing muscle tone, without addressing strength, pain, and participation, is unlikely to yield meaningful functional improvement. We recommend participation-oriented interventions that include targeted strengthening, comprehensive pain management, task-specific training, and attention to environmental and social factors. This aligns with evidence-based recommendations by Novak et al. [6] and recent participation-focused rehabilitation research [44].

Sensitivity Analyses

To assess possible effects of severe motor impairment (GMFCS Level IV) and age, sensitivity analyses used inverse probability weighting based on GMFCS distribution and age subgroups (6–12 and 13–18 years). These analyses did not appreciably change standardized coefficients for muscle strength (change < 0.03) or pain, confirming robustness.

Strengths of the Study

This study has several strengths: (a) use of the ICF framework; (b) simultaneous examination of four key musculoskeletal impairments in one model; (c) inclusion of both activity-level (motor function) and participation-level outcomes; and (d) hierarchical regression to isolate unique variance. Including children across a broad GMFCS range and wide age range also improves generalizability.

Limitations

Several limitations should be considered. First, the cross-sectional design prevents causal conclusions. Regression and mediation can show associations, but longitudinal or interventional studies are needed for directionality. Second, spasticity was assessed only with the Modified Ashworth Scale, which may not fully capture velocity-dependent and multidimensional neural hypertonia. Adding the Tardieu Scale or instrumented measures could clarify spasticity's role.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Third, participation data came mainly from parental report, which may introduce proxy bias, especially for older children and adolescents. Fourth, convenience sampling at two specialized rehabilitation centers in Sari without random selection limits generalizability and may bias toward children with higher cognitive functioning, because the "ability to follow verbal instructions" criterion relied on clinical judgment rather than standardized cognitive assessment. Future studies should use cluster-randomized sampling across multiple provinces and objective cognitive evaluations.

Fifth, several confounders were not controlled, including cognitive/behavioral status, psychological factors, antispasmodic medication use beyond routine consumption exclusion, number of physiotherapy sessions, and physical activity levels. Although regular medication use was an exclusion criterion, sporadic use or dose changes remain possible. Future research should document and statistically control these variables.

Sixth, the composite ROM index needs further psychometric validation. Seventh, we did not perform test-retest or inter-rater reliability assessments for physical measurements in a subsample. Although a single experienced examiner and standardized protocols reduced measurement error, formal reliability testing in future studies would strengthen clinical measurement credibility.

Also, the absence of objective activity-monitoring tools (accelerometers, wireless sensors, or GPS) is a limitation, because self-report and proxy-report can be affected by recall and social desirability bias.

Future Research Directions

Future work should use longitudinal designs or randomized controlled trials to examine causal pathways among muscle strength, pain, spasticity, motor function, and participation. Studies including cognitive, psychological, environmental, and family factors alongside physical impairments would help build more comprehensive ICF-based models. Developing and testing participation-oriented interventions that combine strengthening, pain management, and task-specific functional training is a high priority. Finally, head-to-head comparisons of muscle-strengthening versus anti-spasticity interventions could inform treatment priorities in pediatric CP rehabilitation.

Conclusion

In children with spastic CP, muscle strength and pain are substantially more important than spasticity in explaining motor performance and social participation. These findings support a shift from impairment-centered rehabilitation toward participation-oriented care and highlight the need for multidimensional, ICF-grounded interventions that address the varied determinants of functional outcomes.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Ethical Considerations

This study received ethical approval from the Institutional Review Board of Mazandaran University of Medical Sciences (approval code: IR.MAZUMS.IMAMHOSPITAL.REC.1403.102).

Funding

Financial support for this article was provided by the Research and Technology Deputy of Mazandaran University of Medical Sciences.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization and design of the study, data collection and analysis, interpretation of results, and preparation of the manuscript draft.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

Artificial Intelligence

The content of this article has been generated entirely by the authors, and no artificial intelligence tools were utilized in its production.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

چکیده:

هدف: به منظور ارائه‌ی توانبخشی مؤثر، درک عوامل تعیین‌کننده‌ی پیامدهای عملکردی در کودکان مبتلا به فلج مغزی (CP) ضروری است. اگرچه ناهنجاری‌های اسکلتی‌عضلانی شایع هستند، اما اهمیت نسبی آن‌ها در عملکرد حرکتی و مشارکت هنوز به‌طور کامل روشن نشده است.هدف این مطالعه شناسایی نقش مستقل دامنه‌ی حرکتی ، اسپاستیسیته، قدرت عضلانی و درد در عملکرد حرکتی و میزان مشارکت کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک بود.

روش بررسی: در این مطالعه‌ی مقطعی، ۱۱۷ کودک مبتلا به CP اسپاستیک (میانگین سن ۳.۶± ۱۰.۴ سال؛ سطوح حرکتی از I تا IV) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌گیری در دسترس از کلینیک‌های توانبخشی کودکان صورت پذیرفت. ارزیابی شامل دامنه‌ی حرکتی اندام تحتانی، اسپاستیسیته (مقیاس اصلاح‌شده‌ی آشورث)، قدرت عضلانی ایزومتریک (دینامومتری دستی)، و درد (مقیاس عددی رتبه‌بندی درد / مقیاس چهره‌های بازنگری‌شده) بود. عملکرد حرکتی با استفاده از مقیاس GMFM-66 (Gross Motor Function Measure-66) و مشارکت با استفاده از ابزار LIFE-H (Assessment of Life Habits for Children) سنجیده شد. برای بررسی نقش مستقل هر متغیر پیش‌بین، از تحلیل رگرسیون چندگانه‌ی سلسله‌مراتبی و محاسبه واریانس منحصربه‌فرد استفاده شد.

نتایج: مدل‌های نهایی به ترتیب ۷۱.۳٪ از واریانس عملکرد حرکتی و ۷۱.۷٪ از واریانس مشارکت را تبیین کردند. قدرت عضلانی قوی‌ترین پیش‌بین مستقل عملکرد حرکتی بود ($\beta = 0.41, sr^2 = 12\%, p<0.001$) و همچنین پیش‌بین معنادار مشارکت ($\beta = 0.19, sr^2 = 3\%, p = 0.018$). درد، پیش‌بین مستقل هر دو متغیر عملکرد حرکتی ($\beta = -0.19, sr^2 = 4\%, p = 0.003$) و مشارکت ($\beta = -0.18, sr^2 = 3\%, p = 0.004$) بود. دامنه‌ی حرکتی پیش‌بین منحصربه‌فرد عملکرد حرکتی بود ($\beta = 0.22, sr^2 = 5\%, p = 0.004$) اما برای مشارکت نبود. اسپاستیسیتی پس از کنترل سایر عوامل اسکلتی‌عضلانی پیش‌بین مستقل معناداری نبود. عملکرد حرکتی اثرات قدرت عضلانی و درد بر مشارکت را به‌صورت جزئی پیش بینی کرد.

نتیجه‌گیری: قدرت اندام تحتانی و درد، مهم‌ترین پیش‌بین‌های قابل‌تغییر برای عملکرد حرکتی و مشارکت در کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک هستند. توانبخشی باید بر تمرین تقویت عضلات و مدیریت درد تمرکز کند تا بیشترین میزان بهبود در عملکرد و مشارکت در زندگی حاصل شود.

کلیدواژه‌ها: فلج مغزی؛ قدرت عضلانی؛ درد؛ عملکرد حرکتی؛ مشارکت؛ دامنه‌ی حرکتی؛ اسپاستیسیتی

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

مقدمه:

فلج مغزی (Cerebral Palsy; CP) شایع‌ترین علت ناتوانی جسمی در دوران کودکی است و شیوع جهانی آن حدود ۲ تا ۳ مورد در هر ۱۰۰۰ تولد زنده گزارش شده است [۱]. این اختلال شامل گروهی از اختلالات دائمی حرکت و وضعیت بدن است که در نتیجه آسیب غیرپیشرونده به مغز در حال رشد ایجاد می‌شود و اغلب با اختلالات حسی، شناختی، ارتباطی و اسکلتی-عضلانی همراه است [۲]. نوع اسپاستیک شایع‌ترین فرم CP محسوب می‌شود و بخش عمده‌ای از موارد را شامل می‌شود[3].

اگرچه آسیب عصبی اولیه در CP غیرپیشرونده است، اما پیامدهای ثانویه اسکلتی-عضلانی شامل ضعف عضلانی، کوتاهی عضلات، محدودیت دامنه حرکتی، درد و دفورمیتی‌های استخوانی به‌صورت تدریجی بروز می‌کنند و می‌توانند عملکرد حرکتی و کیفیت زندگی کودک را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهند[4,5]

بر اساس چارچوب طبقه‌بندی بین‌المللی عملکرد، ناتوانی و سلامت (International Classification of Functioning, Disability and Health; ICF)، پیامدهای سلامت تنها محدود به نقص‌های ساختاری و عملکردی نیستند، بلکه شامل محدودیت در فعالیت‌ها و کاهش مشارکت اجتماعی نیز می‌شوند [۶]. در این مدل، اختلالات سطح body structure/function مانند اسپاستیسیتی، ضعف عضلانی، محدودیت دامنه حرکتی و درد می‌توانند از طریق اثرگذاری بر فعالیت‌هایی نظیر راه‌رفتن، تعادل و انتقال وضعیت، نهایتاً مشارکت کودک در نقش‌های اجتماعی، آموزشی و تفریحی را محدود کنند[7]

مطالعات متعددی ارتباط برخی آسیبها را با عملکرد حرکتی در کودکان مبتلا به CP بررسی کرده‌اند. برای مثال، قدرت عضلانی اندام تحتانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های عملکرد حرکتی درشت، سرعت راه‌رفتن و استقامت گزارش شده است [۸,۹]. همچنین محدودیت دامنه حرکتی، به‌ویژه در مچ پا، زانو و ران، با اختلال در الگوهای راه‌رفتن و کاهش تحرک مرتبط دانسته شده است[10,11,12]

با این حال، درباره نقش نسبی اسپاستیسیتی هنوز نتایج متناقضی وجود دارد. در حالی‌که برخی مطالعات اسپاستیسیتی را عامل کلیدی محدودیت عملکردی معرفی کرده‌اند، مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند پس از کنترل متغیرهایی مانند قدرت عضلانی و دامنه حرکتی، سهم مستقل اسپاستیسیتی در پیش‌بینی عملکرد حرکتی کاهش می‌یابد یا غیرمعنادار می‌شود [۱۲,۱۳]. علاوه بر این، درد که یکی از مشکلات شایع اما کمتر مورد توجه در کودکان مبتلا به CP است، می‌تواند از طریق کاهش فعالیت بدنی، اجتناب حرکتی و محدودیت مشارکت بر نتایج عملکردی اثرگذار باشد[14,15]

یکی از محدودیت‌های مهم مطالعات پیشین آن است که اغلب این متغیرها را به‌صورت منفرد بررسی کرده‌اند یا تمرکز آن‌ها صرفاً بر پیامدهای عملکرد حرکتی بوده است. در نتیجه هنوز مشخص نیست سهم مستقل و همزمان دامنه حرکتی، اسپاستیسیتی، قدرت عضلانی و درد در تبیین عملکرد حرکتی و مشارکت اجتماعی کودکان مبتلا به CP اسپاستیک چگونه است. همچنین مطالعات محدودی رابطه بین آسیبهای جسمی و مشارکت را در قالب مدل ICF بررسی کرده‌اند[16]

بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی سهم مستقل دامنه حرکتی، اسپاستیسیتی، قدرت عضلانی و درد در پیش‌بینی عملکرد حرکتی و مشارکت کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک انجام شد. وجه تمایز این مطالعه نسبت به پژوهش‌های پیشین، بررسی همزمان

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

چهار عامل اسکلتی-عضلانی کلیدی، استفاده از دو پیامد عملکرد حرکتی و مشارکت، و تحلیل روابط آن‌ها با استفاده از رگرسیون سلسله‌مراتبی در چارچوب مدل ICF است.

روشها:

طراحی و محل انجام مطالعه

این مطالعه از طرح مقطعی (cross-sectional) با رویکرد پیش‌بینی و همبستگی برای بررسی نقش دامنه حرکتی، اسپاستیسیته، قدرت و درد در عملکرد حرکتی و مشارکت کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک استفاده کرد. نگارش مقاله بر اساس دستورالعمل‌های مطالعات مقطعی در بیانیه‌ی STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) انجام شد [17]. داده‌ها در بازه‌ی زمانی از آوریل ۲۰۲۳ تا ژانویه ۲۰۲۶ در بیمارستان بوعلی‌سینا و مرکز ذهن پویا ساری، ایران جمع‌آوری شدند.

شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان به‌روش نمونه‌گیری در دسترس از دو مرکز توانبخشی شهر ساری انتخاب شدند که تعمیم‌پذیری نتایج را محدود می‌کند. معیار «توانایی پیروی از دستورات کلامی» بر اساس قضاوت بالینی و گزارش والدین تعیین شد؛ برای کاهش سوگیری، تنها کودکانی که حداقل سه فرمان حرکتی ساده را درک می‌کردند، وارد مطالعه شدند.

معیارهای ورود شامل تشخیص قطعی فلج مغزی اسپاستیک (یک‌طرفه یا دوطرفه) توسط متخصص مغز و اعصاب کودکان ، محدوده‌ی سنی ۶ تا ۱۸ سال. این گروه سنی انتخاب شد تا از توانایی شرکت‌کنندگان در پیروی از دستورها و همکاری در آزمون‌ها اطمینان حاصل شود و بازه‌ی کودکی تا نوجوانی را منعکس کند؛ سطوح GMFCS از I تا IV. تمامی کودکان قادر به راه‌رفتن برای انعکاس طیف گسترده‌ای از عملکرد و تجربه‌ی مشارکت وارد مطالعه شدند، زیرا محدودیت‌های مشارکت حتی در کودکانی با توانایی عملکردی بالاتر نیز وجود دارد [16]. همچنین توانایی پیروی از دستورهای ساده‌ی کلامی و همکاری در آزمون لازم بود.

معیارهای خروج، انجام عمل جراحی ارتوپدی یا تزریق سم بوتولینوم در اندام تحتانی طی ۱۲ ماه گذشته (زیرا این مداخلات تون عضلانی، دامنه حرکتی و قدرت را موقتاً تحت تأثیر قرار می‌دهند)؛ مصرف منظم داروهای خوراکی ضداسپاسم (مانند باکلوفن، دیازپام یا تیزانیدین) در دو ماه گذشته (به‌دلیل اثر بالقوه بر تون عضلانی و عملکرد حرکتی)؛ وجود بیماری‌های کنترل‌نشده دیگر (تشنج‌های غیرقابل‌کنترل، اختلالات شدید بینایی یا شنوایی) که می‌توانند بر ارزیابی تأثیر بگذارند؛ و تشخیص انواع مختلط CP (دیس‌کینزیا یا آتاکسی) یا سایر بیماری‌های نورولوژیک بود.

حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*Power برای تحلیل رگرسیون خطی چندگانه تعیین شد. با اندازه اثر متوسط ($f^2 = 0.15$)، توان آزمون ۰.۸۰، سطح معنی‌داری $\alpha = 0.05$، و حداکثر ۷ متغیر پیش‌بین در مدل نهایی، حداقل حجم نمونه ۱۰۳ شرکت‌کننده برآورد شد. برای جبران احتمال حذف یا داده‌های ناقص، هدف جذب ۱۲۰ شرکت‌کننده تعیین گردید.

تأیید اخلاقی:

تأییدیه اخلاقی این پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی مازندران صادر شد (شماره تأیید: IR.MAZUMS.IMAMHOSPITAL.REC.1403.102). تمام مراحل مطابق با اصول اخلاقی بیانیه‌ی هلسینکی انجام شد. رضایت کتبی از والدین اخذ گردید. برای کودکان، توضیح متناسب با سن ارائه شد؛ کودکان توانمند در درک، موافقت کتبی و سایرین موافقت شفاهی (در کنار رضایت والدین) دریافت کردند و همکاری فعال آن‌ها نشانه‌ی پذیرش تلقی شد. کودکان دارای علائم نارضایتی از مطالعه خارج شدند

ابزارها و سنجش متغیرها

تمامی ارزیابی‌ها توسط یک ارزیاب آموزش‌دیده و با تجربه (با بیش از ۵ سال سابقه کار در حوزه توانبخشی کودکان فلج مغزی) انجام شدند تا خطای سیستماتیک ناشی از تفاوت ارزیاب‌های متعدد و نیز خطای درون‌ارزیاب (Intra-rater error) به حداقل برسد.

متغیرها

دامنه حرکتی:

دامنه حرکتی غیرفعال با استفاده از گونیامتر پلاستیکی با مقیاس ۳۶۰ درجه طبق روش Norkin و White اندازه‌گیری شد [18]. حرکات زیر به‌صورت دوطرفه اندازه‌گیری شدند

اکستنشن مفصل ران (در وضعیت تست توماس)، آبداکشن ران (به حالت طاق‌باز)، اکستنشن زانو (زاویه پوپلیتیال)، دورسی‌فلکشن مچ پا در حالت زانو صاف و خم.

اندازه‌گیری‌ها بر حسب درجه انجام شد. امتیاز ترکیبی دامنه حرکتی اندام تحتانی با استانداردسازی نمرات هر مفصل (z-score) و سپس محاسبه مجموع آنها به دست آمد؛ نمرات بالاتر نشان‌دهنده دامنه حرکتی بهتر بودند.

اسپاستیسیتی

اسپاستیسیتی فلکسور و اکستنسور زانو و همچنین پلانتار فلکسور مچ پا با مقیاس اصلاح‌شده‌ی آشورث (MAS) اندازه‌گیری شد [19]. آزمون در حالت طاق‌باز و آرام با سرعت استاندارد حرکت انجام شد. مجموع نمرات عضلات آزمایش‌شده، امتیاز کلی اسپاستیسیتی را تشکیل داد.

قدرت عضلانی

بیشینه‌ی انقباض ایزومتریک ارادی عضلات فلکسور و اکستنسور ران، فلکسور و اکستنسور زانو، و دورسی‌فلکسور مچ پا با دینامومتر دستی اندازه‌گیری شد. از روش "make test" استفاده شد که در آن آزمونگر دینامومتر را ثابت نگه می‌دارد و شرکت‌کننده بیشترین نیروی ممکن را علیه آن وارد می‌کند. وضعیت‌های آزمون طبق استانداردهای Hislop و Montgomery تنظیم شد [20]. برای

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

هر گروه عضلانی سه انقباض ۵ ثانیه‌ای با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه‌ای انجام شد؛ بیشترین نیروی ثبت‌شده بر حسب نیوتن (Newtons) ثبت گردید.

درد

وجود و شدت درد با استفاده از مقیاس عددی درد سنجیده شد [21]. کودکان فلج مغزی درد معمول خود را در هفته‌ی گذشته روی مقیاس ۱۱نقطه‌ای از ۰ (بدون درد) تا ۱۰ (شدیدترین درد قابل تصور) گزارش کردند. [22].

عملکرد حرکتی:

عملکرد حرکتی با GMFM-66 (Gross Motor Function Measure-66) ارزیابی شد؛ ابزاری معتبر برای سنجش تغییرات عملکرد حرکتی در کودکان مبتلا به فلج مغزی است [۳۲]. این آزمون شامل ۶۶ آیتم در ۵ بعد(A) دراز کشیدن و چرخیدن، (B) نشستن، © خزیدن و زانو زدن، (D) ایستادن، (E) راه‌رفتن، دویدن و پریدن است.

هر آیتم توسط ارزیاب آموزش‌دیده روی مقیاس ۴درجه‌ای (۰ = شروع نمی‌کند، ۳ = به‌طور مستقل انجام می‌دهد) امتیازدهی شد. امتیاز کلی بین ۰ تا ۱۰۰ محاسبه گردید که نمرات بالاتر بیانگر عملکرد حرکتی بهتر هستند [23].

مشارکت:

با پرسشنامه‌ی LIFE-H (**Assessment of Life Habits for Children**) ارزیابی شد [۳۹]. این ابزار معتبر مبتنی بر مدل ICF است و مشارکت در فعالیت‌های روزمره و نقش‌های اجتماعی را می‌سنجد. نسخه‌ی کوتاه LIFE-H شامل ۶۳ آیتم در ۱۲ دسته‌ی عادت‌های زندگی (تغذیه، تناسب‌اندام، مراقبت شخصی، ارتباط، مسکن، تحرک، مسئولیت‌ها، روابط بین‌فردی، زندگی اجتماعی، آموزش، اشتغال، تفریح) استفاده شد.

هر آیتم روی مقیاس ۱۰نقطه‌ای (۰ تا ۹) امتیازدهی شد؛ نمرات بالاتر نشان‌دهنده‌ی سطح بالاتر مشارکت هستند. پرسشنامه توسط سرپرست کودک و با کمک کودک در صورت امکان تکمیل شد [24]. مجموع امتیاز، شاخص اصلی مشارکت بود.

روند اجرای مطالعه

تمام ارزیابی‌ها در یک جلسه ساختاریافته انجام شد تا از تغییرپذیری بین جلسات (between-session variability) ناشی از تفاوت وضعیت جسمانی، خستگی روزانه، خلق، انگیزه و شرایط محیطی کودک جلوگیری شود. انجام ارزیابی‌ها در یک جلسه همچنین موجب کاهش burden خانواده‌ها و کاهش احتمال ریزش نمونه در مراجعات متعدد شد؛ موضوعی که در مطالعات کودکان مبتلا به فلج مغزی اهمیت ویژه‌ای دارد.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

با توجه به ماهیت چندبُعدی ارزیابی‌ها، یک پروتکل استاندارد برای مدیریت خستگی طراحی شد. ترتیب آزمون‌های فیزیکی (دامنه حرکتی، اسپاستیسیتی و قدرت عضلانی) به‌صورت تصادفی اجرا شد تا اثر ترتیب کنترل شود. همچنین بین هر بخش ارزیابی، استراحت‌های برنامه‌ریزی‌شده ۵ تا ۱۰ دقیقه‌ای بر اساس نیاز کودک در نظر گرفته شد. در صورت مشاهده علائم خستگی، بی‌قراری یا کاهش همکاری، زمان استراحت اضافی اعمال می‌شد.

میانگین زمان کل ارزیابی برای هر شرکت‌کننده حدود ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه بود که شامل زمان استراحت نیز می‌شد. این مدت با توجه به استفاده از ابزارهای استاندارد بالینی و تجربه ارزیاب در کار با کودکان مبتلا به فلج مغزی، از نظر اجرایی قابل انجام در نظر گرفته شد.

تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با نرم‌افزار IBM SPSS Statistics for Windows نسخه ۲۶.۰ (IBM Corp., Armonk, NY, USA) انجام شد. سطح معنی‌داری برای تمام آزمون‌ها $p \leq ۰.۰۵$ در نظر گرفته شد.

میانگین، انحراف معیار، فراوانی و درصد برای تمامی متغیرهای جمعیت‌شناختی، پیش‌بین و پیامدی محاسبه شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro–Wilk بررسی گردید. پیش‌فرض‌های رگرسیون شامل نرمال بودن باقی‌مانده‌ها، خطی بودن روابط و نبود چندهمخطی پیش از اجرای مدل‌ها بررسی شدند.ضرایب همبستگی پیرسون (Pearson product-moment correlation) برای ارزیابی ارتباط خام بین متغیرها (دامنه حرکتی، اسپاستیسیته، قدرت، درد، GMFM-66 و LIFE-H) محاسبه شدند.

به منظور اطمینان از عدم وجود هم‌خطی مزاحم بین متغیرهای پیش‌بین در مدل نهایی رگرسیون (بلوک ۲ برای پیش‌بینی عملکرد حرکتی)، شاخص‌های **T**olerance و VIF محاسبه شد.

تحلیل چندمتغیره با رگرسیون خطی چندگانه‌ی سلسله‌مراتبی (hierarchical multiple linear regression) اجرا شد.

در هر تحلیل، ضرایب استانداردشده و غیراستاندارد (β و B)، فاصله‌ی اطمینان ۹۵٪، ضرایب همبستگی نیمه‌جزئی (sr^2) جهت نشان دادن واریانس منحصربه‌فرد هر متغیر، مقادیر R^2، R^2 تعدیل‌شده، و تغییر در R^2 (ΔR^2) گزارش شد. در موارد لازم، تحلیل توان پس از آزمون (post-hoc power analysis) برای تأیید کفایت توان در تشخیص اثرات مشاهده‌شده انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های شرکت‌کنندگان

در مجموع ۱۱۷ کودک مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک معیارهای ورود را برآورده کردند و در مطالعه وارد شدند. داده‌ها برای هر ۱۱۷ کودک کامل بود و هیچ مقدار گمشده‌ای برای متغیرهای پیامد اصلی وجود نداشت. جزئیات جمعیت‌شناختی و بالینی نمونه‌ی مطالعه

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

در جدول ۱ ارائه شده‌اند. نمونه شامل ۶۸ پسر (۵۸.۱٪) و ۴۹ دختر (۴۱.۹٪) با میانگین سن ۱۰.۴ سال (SD = 3.6؛ دامنه ۶.۰–۱۸.۰ سال) بود. توزیع بر اساس سطوح GMFCS شامل، سطح I (n = 28، 23.9%)، سطح II (n = 35، 29.9%)، سطح III (n = 31، 26.5%)، سطح IV (n = 23، 19.7%) بود.همچنین نوع فلج مغزی اسپاستیک یک‌طرفه در ۴۹ کودک (۴۱.۹٪) و نوع دوطرفه در ۶۸ کودک (۵۸.۱٪) مشاهده شد.

جدول ۱. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و بالینی شرکت‌کنندگان (N = 117)

ویژگی	n (%)	میانگین (SD)	دامنه
سن (سال)		۱۰.4 (3.6)	6.0 – 18.0
جنس			
پسر	68 (58.1)		
دختر	49 (41.9)		
سطح حرکتی			
سطح I	28 (23.9)		
سطح II	35 (29.9)		
سطح III	31 (26.5)		
سطح IV	23 (19.7)		
نوع CP			
اسپاستیک یک‌طرفه	49 (41.9)		
اسپاستیک دوطرفه	68 (58.1)		
متغیرها			
دامنه حرکتی		0.00 (2.84)	-5.21 – 6.34
اسپاستیسیتی		12.84 (5.21)	4.00 – 24.00
قدرت عضلانی		14.67 (4.89)	5.23 – 26.81
درد		3.92 (2.45)	0.00 – 9.00
عملکرد حرکتی		68.43 (18.76)	32.10 – 96.50
مشارکت		6.87 (1.94)	2.10 – 9.00

ضرایب همبستگی پیرسون بین تمامی متغیرها در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. ارزیابی‌های اولیه نشان داد فرض‌های خطی بودن و نرمال بودن برقرار هستند. بین اکثر متغیرها همبستگی معنی‌دار مشاهده شد.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

نمرات GMFM-66 همبستگی مثبت بالا با نمره دامنه حرکتی۰.۰۰۱ > p ,0.61 = r و قدرت۰.۰۰۱ > p ,0.73 = r داشتند و همبستگی منفی متوسطی با درد۰.۰۰۱ > p ,0.49- = r و اسپاستیسیتی نیز با نمرات GMFM-66 همبستگی منفی داشت۰.۰۰۱< p ,0.42- = r نشان دادند.

مشارکت همبستگی مثبت با دامنه حرکتی۰.۰۰۱ > p ,0.53 = r و قدرت۰.۰۰۱ > p ,0.68 = r و همبستگی منفی با اسپاستیسیته۰.۰۰۱ > p ,0.38- = r و درد۰.۰۰۱ > p ,0.57- = r داشتند.

شایان ذکر است که نمرات عملکرد حرکتی و مشارکت با یکدیگر همبستگی بالا داشتند۰.۰۰۱ > p ,0.71 = r .

جدول ۲. همبستگی‌های دومتغیره بین متغیرها

متغیر	دامنه حرکتی	اسپاستیسیتی	قدرت	درد	عملکرد حرکتی	مشارکت
دامنه حرکتی	—					
اسپاستیسیتی	-0.48***	—				
قدرت	0.58***	-0.44***	—			
درد	-0.35***	0.29**	-0.41***	—		
عملکرد حرکتی	0.61***	-0.42***	0.73***	-0.49***	—	
مشارکت	0.53***	-0.38***	0.68***	-0.57***	0.71***	—

*** p < 0.001

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

جدول۳. شاخص‌های چندخطی برای متغیرهای پیش‌بین در مدل نهایی رگرسیون عملکرد حرکتی

متغیر پیش‌بین	Tolerance	VIF
دامنه حرکتی	0.58	1.72
اسپاستیسیتی	0.69	1.45
قدرت عضلانی	0.48	2.08
درد	0.66	1.52

با توجه به جدول ۳ تمام مقادیر Tolerance بزرگتر از ۰/۲ و مقادیر VIF کوچکتر از ۵ هستند که نشان‌دهنده عدم وجود چندخطی قابل توجه است. پایین‌ترین Tolerance مربوط به قدرت عضلانی (۰/۴۸) و بالاترین VIF مربوط به همان متغیر (۲/۰۸) می‌باشد که همچنان در محدوده مجاز قرار دارد.

تحلیل رگرسیون خطی چندگانه‌ی سلسله‌مراتبی

پیش‌بینی عملکرد حرکتی (GMFM-66)

در بلوک ۱، سن، جنس و سطح حرکتی به عنوان متغیرهای هم‌پوش (covariates) وارد مدل شدند. این مدل معنی‌دار بود [$F(3, 113) = 28.64, p < 0.001$] و ۴۳.۲٪ از واریانس عملکرد حرکتی را تبیین کرد ($R^2 = 0.432$، $Adjusted\ R^2 = 0.417$).

سطح حرکتی تنها پیش‌بین معنی‌دار در این بلوک بود$\beta = -0.62, p<$ ۰.۰۰۱ ؛ این نشان می‌دهد سطوح بالاتر (کم‌تحرک‌تر) سطح حرکتی با نمرات پایین‌تر عملکرد حرکتی همراه بودند.

در بلوک ۲، چهار متغیر (دامنه حرکتی، اسپاستیسیته، قدرت، و درد) به‌طور هم‌زمان وارد مدل شدند. افزودن این متغیرها منجر به افزایش معنی‌دار واریانس تبیین‌شده $\Delta R^2 = 0.281, p<$ ۰.۰۰۱ شد.

مدل نهایی (بلوک ۲) به‌طور چشمگیری معنی‌دار بود [$F(7, 109) = 38.71, p < 0.001$] و ۷۱.۳٪ از واریانس نمرات عملکرد حرکتی را توضیح داد ($R^2 = 0.713$، $Adjusted\ R^2 = 0.695$).

در مدل نهایی،قدرت عضلانی $\beta = 0.41,\ p < 0.001$، دامنه حرکتی $\beta = 0.22, p = 0.004$ ودرد $\beta = -0.19, p = 0.003$ به عنوان پیش‌بین‌های مستقل معنی‌دار شناخته شدند؛ در حالی‌که اسپاستیسیته ($\beta = -0.08, p = 0.241$) پس از کنترل سایر متغیرها پیش‌بین معنی‌دار نبود جدول ۴.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

جدول ۴. تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی برای پیش‌بینی عملکرد حرکتی(GMFM-66)

متغیر	مدل ۱			مدل ۲ (مدل نهایی)			
	B (SE)	**β**	**p-value**	**B (SE)**	**β**	**p-value**	**sr^2**
(ثابت)	**82.45 (6.21)**		**<0.001**	**54.32 (7.85)**		**<0.001**	
سن	**0.28 (0.35)**	**0.05**	**0.425**	**0.19 (0.27)**	**0.04**	**0.482**	**0.01**
جنس	**2.14 (2.53)**	**0.06**	**0.398**	**1.87 (1.94)**	**0.05**	**0.337**	**0.01**
سطح حرکتی	**-8.76 (1.24)**	**-0.62**	**<0.001**	**-4.23 (1.08)**	**-0.30**	**<0.001**	**0.07**
دامنه حرکتی				**1.45 (0.49)**	**0.22**	**0.004**	**0.05**
اسپاستیسیتی				**-0.29 (0.25)**	**-0.08**	**0.241**	**0.01**
قدرت				**1.57 (0.29)**	**0.41**	**<0.001**	**0.12**
درد				**-1.45 (0.48)**	**-0.19**	**0.003**	**0.04**
	R^2 = 0.432			**R^2 = 0.713**			
	F(3, 113) = 28.64, p < 0.001			**F(7, 109) = 38.71, p < 0.001**			
	ΔR^2 = 0.281, p < 0.001						

یک تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی دوم برای پیش‌بینی نمرات مشارکت انجام شد.

بلوک ۱ (هم‌متغیرها: سن، جنس، سطح حرکتی) معنادار بود($F(3, 113) = 21.37, p <$ ۰.۰۰۱ و ۳۶/۲٪ از واریانس را توضیح داد ($R^2 = 0.362$، adjusted R^2 =۰.۳۴۵). سطح حرکتی قوی‌ترین هم‌متغیر بود (**۰.۰۰۱ > β = -0.55, p**).

در بلوک ۲، چهار متغیر پیش‌بین وارد مدل شدند. این بلوک به‌طور معناداری مدل را بهبود بخشید ($\Delta R^2 = 0.257, p < 0.001$) و در مجموع ۶۱/۹٪ از واریانس را توضیح داد ($R^2 = 0.619$، adjusted R^2=0.598).

در این مدل، قدرت عضلانی ($\beta = 0.36, p <0.001$) و درد ($\beta = -0.31, p <0.001$) تنها پیش‌بین‌های مستقل معنادار بودند.

دامنه حرکتی ($\beta = 0.12, p = 0.142$) و اسپاستیسیتی ($\beta = -0.06, p = 0.398$) به سطح معناداری نرسیدند.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

برای بررسی اثر ارتباط غیر مستقیم عملکرد حرکتی، نمرات **GMFM-66** در بلوک ۳ وارد شدند. افزودن نمرات عملکرد حرکتی منجر به افزایش معنادار در میزان واریانس تبیین‌شده شد ($\Delta R^2 = 0.098, p < 0.001$).

مدل نهایی (بلوک ۳) توانست ۷۱/۷٪ از واریانس نمرات مشارکت را توضیح دهد ($R^2 = 0.717$، adjusted $R^2 = 0.695$).

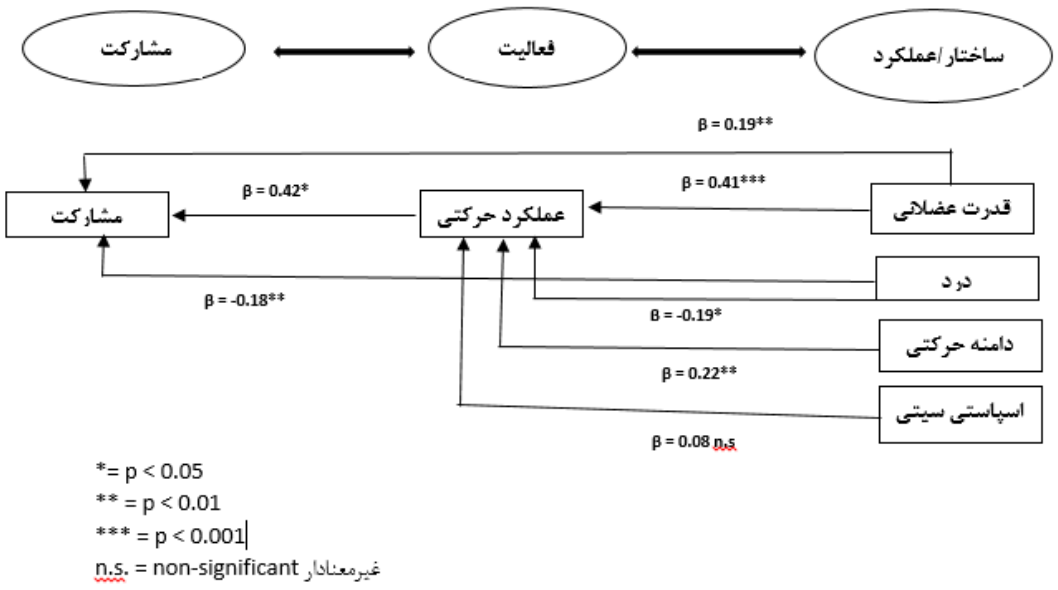
در مدل نهایی، عملکرد حرکتی به‌عنوان قوی‌ترین پیش‌بین شناخته شد ($\beta = 0.42, p < 0.001$، ۰.۰۰۱ >).

نکته مهم این است که مقادیر بتا برای قدرت عضلانی و درد در مدل نهایی کاهش یافتند؛ این کاهش نشان می‌دهد که رابطه آن‌ها با مشارکت تا حدی توسط عملکرد حرکتی واسطه گری می‌شود.با این حال، هر دو متغیر هنوز معنادار بودند.قدرت عضلانی ($\beta = 0.19, p = 0.018$) و درد ($\beta = -0.18, p = 0.004$)، اما سهم کمتری در نتیجه داشتند. نتایج مدل سلسله‌مراتبی کامل برای مشارکت در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی برای پیش‌بینی مشارکت(LIFE-H)

متغیر	مدل۱ (همپوشان)			مدل۲ (اختلالات)			مدل۳ (عملکرد حرکتی)			
	B (SE)	β	p	B (SE)	β	p	B (SE)	sr^2	β	p
(ثابت)	8.21 (0.68)		<0.001	5.87 (0.91)		<0.001	3.42 (1.02)			0.001
سن	0.02 (0.04)	0.04	0.612	0.01 (0.03)	0.02	0.738	-0.01 (0.03)	0.00	-0.01	0.854
جنس	0.31 (0.27)	0.08	0.252	0.24 (0.22)	0.06	0.275	0.19 (0.19)	0.01	0.05	0.319
سطح حرکتی	-0.78 (0.13)	-0.55	<0.001	-0.41 (0.13)	-0.29	0.002	-0.28 (0.12)	0.06	-0.20	0.018
دامنه حرکتی				0.08 (0.06)	0.12	0.142	0.03 (0.05)	0.02	0.04	0.542
اسپاستیسیتی				-0.02 (0.03)	-0.06	0.398	-0.01 (0.02)	0.01	-0.03	0.635
قدرت				0.14 (0.03)	0.36	<0.001	0.08 (0.03)	0.09	0.19	0.018
درد				-0.24 (0.06)	-0.31	<0.001	-0.14 (0.05)	0.08	-0.18	0.004
عملکرد حرکتی							0.04 (0.01)		0.42	<0.001
	$R^2 = 0.362$			$R^2 = 0.619$			$R^2 = 0.717$			
	$F(3, 113) = 21.37, p < 0.001$			$F(7, 109) = 25.27, p < 0.001$			$F(8, 108) = 34.19, p < 0.001$			
				$\Delta R^2 = 0.257, p < 0.001$			$\Delta R^2 = 0.098, p < 0.001$			

برای ارزیابی پایداری نتایج، تحلیل‌های حساسیت شامل وزن‌دهی برای سطوح GMFCS و تحلیل زیرگروهی بر اساس سن انجام شد این تحلیل‌ها تغییر معناداری در ضرایب اصلی ایجاد نکردند و نتایج اصلی (نقش مستقل قدرت و درد) را تأیید نمودند.



شکل ۱ – مدل مفهومی مبتنی بر ICF از روابط بین عوامل عضلانی-اسکلتی، عملکرد حرکتی و مشارکت در کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک

این مدل سه سطح ICF را نشان می‌دهد: ساختار/عملکرد بدنی (دامنه حرکتی، اسپاستیسیتی، قدرت عضلانی، درد)، فعالیت (عملکرد حرکتی درشت(GMFM-66) و مشارکت(LIFE-H).

ضرایب مسیر استاندارد شده(β) برگرفته از تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی هستند (جدول‌های ۳ و ۴). اعداد روی فلش‌ها بیانگر اثر مستقیم هر متغیر بر پیامد مربوطه می‌باشند. قدرت عضلانی قوی‌ترین پیش‌بین مستقل عملکرد حرکتی (β = 0.41) و همچنین به طور مستقیم بر مشارکت اثر دارد .(β = 0.19) درد نیز اثر مستقیم منفی بر عملکرد حرکتی (β = -0.19) و مشارکت- (β = 0.18)دارد. دامنه حرکتی فقط بر عملکرد حرکتی اثر مستقیم معنادار دارد .(β = 0.22) عملکرد حرکتی خود قوی‌ترین پیش‌بین مشارکت است .(β = 0.42) اسپاستیسیتی در این مدل پس از کنترل سایر متغیرها اثر مستقیم معناداری بر هیچ یک از پیامدها نداشت(شکل ۱).

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی سهم مستقل دامنه حرکتی، اسپاستیسیتی، قدرت عضلانی و درد در پیش‌بینی عملکرد حرکتی و مشارکت کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک انجام شد. یافته‌های اصلی نشان دادند که قدرت عضلانی و درد، مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های مستقل عملکرد حرکتی و مشارکت هستند، در حالی‌که اسپاستیسیتی پس از کنترل سایر متغیرها سهم چندانی در مدل‌های رگرسیونی نداشت. همچنین عملکرد حرکتی ارتباط غیرمستقیم میان قدرت عضلانی و درد با مشارکت را تبیین می‌کرد. این یافته‌ها با چارچوب ICF همسو بوده و نشان می‌دهند که اختلالات سطح عملکرد بدنی[1] از طریق اثر بر فعالیت[2] می‌توانند مشارکت را تحت تأثیر قرار دهند[25]

یافته‌های این مطالعه نقش برجسته قدرت عضلانی را در عملکرد حرکتی کودکان مبتلا به CP تأیید می‌کند. نتایج ما با مطالعات Eekو Beckung [26]، Rossو Engsberg [27] و همچنین مرور سیستماتیک Goh و همکاران [28] همسو است که نشان دادند قدرت عضلانی اندام تحتانی ارتباط قوی‌تری با تحرک و GMFM نسبت به بسیاری از شاخص‌های نورولوژیک دارد. همچنین مطالعات جدیدتر مبتنی بر رویکرد ICF گزارش کرده‌اند که مداخلات مبتنی بر تمرین قدرتی می‌توانند نه‌تنها عملکرد حرکتی، بلکه مشارکت و کیفیت زندگی را نیز بهبود دهند [29,30]. یافته‌های Kara و همکاران نیز در مرور سیستماتیک مبتنی بر ICF نشان داد تمرینات قدرتی بیشترین اثر را بر محدودیتهای حرکتی دارند.[31]

در سال‌های اخیر، تمرکز توانبخشی CP از رویکرد آسیب محور صرف به سمت بهینه‌سازی عملکرد و مشارکت تغییر یافته است . Rosenbaumو Gorter در مدل «F-words» بر اهمیت تناسب[3]، عملکرد[4] و مشارکت[5] تأکید کرده‌اند و بیان می‌کنند که پیامدهای معنادار زندگی روزمره باید در مرکز مداخلات توانبخشی قرار گیرند [32]. این دیدگاه با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد و نشان می‌دهد افزایش قدرت عضلانی می‌تواند فراتر از بهبود بیومکانیک حرکت ، مشارکت کودک در فعالیت‌های روزمره را نیز تسهیل کند.

یکی دیگر از یافته‌های مهم مطالعه حاضر، نقش درد به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده مستقل مشارکت بود. درد در کودکان مبتلا به CP اغلب کمتر از سایر آسیبها مورد توجه قرار می‌گیرد، در حالی‌که مطالعات اخیر نشان داده‌اند درد مزمن می‌تواند به محدودیت فعالیت، کاهش تعاملات اجتماعی، اجتناب حرکتی و افت کیفیت زندگی منجر شود [33,34]. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های Harvey و همکاران [35] و نیز مرور سیستماتیک McKinnon و همکاران [33] همسو است که شیوع بالای درد و اثر منفی آن بر مشارکت را گزارش کردند. این یافته‌ها اهمیت غربالگری روتین درد و طراحی مداخلات مدیریت درد را در برنامه‌های توانبخشی CP برجسته می‌کند.

در مقابل، اسپاستیسیتی در مدل‌های نهایی رگرسیونی سهم مستقلی در تبیین عملکرد حرکتی و مشارکت نداشت. اگرچه اسپاستیسیتی به‌طور سنتی یکی از اهداف اصلی درمان در CP محسوب می‌شود، اما مطالعات جدید نشان داده‌اند که ارتباط آن با ناتوانی پیچیده‌تر از آن چیزی است که پیش‌تر تصور می‌شد [36,37,38]. یافته‌های مطالعه حاضر با مطالعات طولی Braendvik و همکاران [39] و نیز Ross و Engsberg [27]همسو است که گزارش کردند قدرت نسبت به اسپاستی سیتی پیش‌بینی‌کننده قوی‌تری برای راه رفتن محسوب می‌شود. همچنین مطالعات جدید در حوزه اندازه‌گیری کمی اسپاستیسیتی نشان داده‌اند که مقیاس‌های بالینی رایج ممکن است نتوانند پیچیدگی هایپرتونی عصبی را به‌طور کامل منعکس کنند [40,41]. بنابراین، یافته‌های ما از این دیدگاه حمایت می‌کند که کاهش اسپاستیسیتی به‌تنهایی الزاماً به بهبود عملکرد یا مشارکت منجر نمی‌شود.

---

[1] body function
[2] body function
[3] fitness
[4] function
[5] Participation

دامنه حرکتی در مطالعه حاضر با عملکرد حرکتی ارتباط داشت اما نقش آن در مشارکت مستقل نبود. این موضوع احتمالاً نشان می‌دهد که محدودیت دامنه حرکتی بیشتر از طریق اثرگذاری بر تحرک بر سطح فعالیت تأثیر می‌گذارد و اثر آن بر مشارکت غیرمستقیم است. مطالعات Nordmark و همکاران [42] و Elnaggar [43]نیز نشان داده‌اند که محدودیت دامنه حرکتی مچ پا و زانو می‌تواند الگوهای راه‌رفتن و تقارن حرکتی را مختل کند.

از منظر بالینی، یافته‌های مطالعه حاضر می‌تواند به بازنگری اولویت‌های درمانی در توانبخشی CP کمک کند. تمرکز صرف بر کاهش تون عضلانی بدون توجه کافی به قدرت عضلانی، درد و مشارکت ممکن است نتواند پیامدهای عملکردی معناداری ایجاد کند. بر این اساس، طراحی مداخلات بر مبنای مشارکت شامل تمرینات قدرتی هدفمند، مدیریت درد، تمرینات تکلیف محور و توجه به عوامل محیطی و اجتماعی توصیه می‌شود. این رویکرد با توصیه‌های مبتنی بر شواهد Novak و همکاران [۶] و نیز مطالعات اخیر در حوزه مشارکت توانبخشی همسو است[44] .

در این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر احتمالی کودکان با سطح حرکتی شدیدتر (GMFCS IV) و نقش تعدیل‌کنندگی سن، تحلیل‌های حساسیت تکمیلی شامل وزن‌دهی معکوس بر اساس سطوح GMFCSو تفکیک نمونه به دو زیرگروه سنی (۱۲-۶ سال و ۱۸-۱۳ سال) انجام شد .این تحلیل‌ها تغییر معناداری در ضرایب استاندارد شده قدرت عضلانی (تغییر کمتر از ۰.۰۳) و درد ایجاد نکردند بنابراین، یافته‌های اصلی مطالعه در برابر این تهدیدهای بالقوه، پایدار هستند.

مطالعه حاضر دارای چندین نقطه قوت بود، از جمله استفاده از چارچوب ICF برای تفسیر یافته‌ها، بررسی همزمان چند آسیب اسکلتی-عضلانی کلیدی، استفاده از پیامدهای مرتبط با فعالیت و مشارکت، و به‌کارگیری تحلیل رگرسیون سلسله‌مراتبی جهت تعیین سهم مستقل متغیرها. همچنین حضور کودکان در سطوح مختلف GMFCS و دامنه نسبتاً وسیع سنی، قابلیت تعمیم نتایج را افزایش داد.

با این حال، چند محدودیت نیز باید در تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. نخست، ماهیت مقطعی مطالعه امکان استنتاج روابط علّی را محدود می‌کند. اگرچه تحلیل‌های رگرسیونی و مدل‌های واسطه‌ای می‌توانند روابط احتمالی بین متغیرها را نشان دهند، اما تعیین جهت روابط نیازمند مطالعات طولی و مداخله‌ای است. دوم، اسپاستیسیتی تنها با استفاده از مقیاس اصلاح شده آشورث[6] ارزیابی شد؛ در حالی‌که این ابزار ممکن است تمام ابعاد هایپرتونی عصبی و ویژگی‌های وابسته به سرعت را منعکس نکند. استفاده از ابزارهای مکمل مانند Tardieu Scale یا سایر روش‌ها می‌تواند درک دقیق‌تری از نقش اسپاستیسیتی فراهم سازد.

سوم، داده‌های مربوط به مشارکت عمدتاً از طریق گزارش والدین جمع‌آوری شد که احتمال بروز proxy bias را به‌ویژه در کودکان بزرگ‌تر و نوجوانان افزایش می‌دهد. چهارم، نمونه پژوهش از مراکز توانبخشی تخصصی انتخاب شد و بنابراین ممکن است یافته‌ها به تمام کودکان مبتلا بهCP ، به‌ویژه کودکانی که دسترسی محدودتری به خدمات توانبخشی دارند، قابل تعمیم نباشد. پنجم، وضعیت شناختی، رفتاری و عوامل روان‌شناختی کودکان در این مطالعه بررسی نشد، در حالی‌که شواهد نشان می‌دهند این عوامل می‌توانند مستقل از وضعیت حرکتی بر مشارکت اجتماعی اثرگذار باشند. علاوه بر این، شاخص ترکیبی دامنه حرکتی مورد استفاده در مطالعه حاضر هنوز نیازمند اعتبارسنجی بیشتر در پژوهش‌های آینده است. چهارم نمونه‌گیری در دسترس از دو مرکز در ساری (بدون نمونه‌گیری تصادفی) و معیار ورود مبتنی بر قضاوت بالینی (بدون ابزار استاندارد شناختی)، تعمیم‌پذیری را محدود کرده و احتمال سوگیری انتخاب به سمت کودکان با عملکرد شناختی بالاتر وجود دارد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای در چند استان و سنجش عینی شناختی طراحی شوند.

از دیگر محدودیت‌های مطالعه حاضر، عدم بررسی پایایی آزمون-بازآزمون (Test-retest reliability)و پایایی بین‌ارزیاب(Inter-rater reliability)اندازه‌گیری‌های فیزیکی در یک زیرنمونه از شرکت‌کنندگان بود. اگرچه تلاش شد با استفاده از یک ارزیاب مجرب و اجرای پروتکل استاندارد، خطای اندازه‌گیری کاهش یابد، اما انجام چنین ارزیابی‌هایی در مطالعات آینده می‌تواند قابلیت

[6] Modified Ashworth Scale

اعتماد اندازه‌گیری‌های بالینی را در کودکان مبتلا به فلج مغزی تقویت کند بر این اساس، مطالعات آینده بهتر است با طراحی طولی یا کارآزمایی‌های بالینی تصادفی انجام شوند تا بتوانند روابط علّی میان قدرت عضلانی، درد، اسپاستیسیتی، عملکرد حرکتی و مشارکت را دقیق‌تر بررسی کنند. محدودیت دیگر این مطالعه این بود که ارزیابی شناختی تنها بر اساس قضاوت بالینی (بدون ابزار استاندارد) و کنترل نشدن مصرف داروهای ضداسپاسم، تعداد جلسات فیزیوتراپی و سطح فعالیت بدنی از محدودیت‌های مطالعه هستند که می‌توانند به‌عنوان مخدوش‌کننده عمل کنند .باوجود لحاظ مصرف منظم دارو در معیارهای خروج، احتمال مصرف گهگاهی یا تغییر دوز وجود دارد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده این متغیرها را ثبت و در تحلیل‌های چندمتغیره کنترل کنند.

همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده از ابزارهای عینی‌تر برای ارزیابی فعالیت و مشارکت، مانند شتاب سنج، سنسورهای بی سیم و فناوری GPS استفاده نمایند تا محدودیت‌های خود گزارش دهی کاهش یابد.

علاوه بر این، بررسی نقش عوامل شناختی، روان‌شناختی، محیطی و خانوادگی در کنار آسیبهای جسمی می‌تواند به توسعه مدل‌های جامع‌تر مبتنی بر ICF کمک کند. طراحی مداخلات مشارکت محور که همزمان بر قدرت، مدیریت درد وآموزشهای تکلیف محور عملکردی تمرکز داشته باشند نیز از اولویت‌های مهم پژوهشی آینده محسوب می‌شود. همچنین مقایسه مستقیم اثربخشی رویکردهای مبتنی بر تقویت عضلانی با مداخلات ضداسپاستیسیتی می‌تواند به بازنگری اولویت‌های درمانی در توانبخشی کودکان مبتلا به CP کمک نماید.

نتیجه گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که قدرت عضلانی و درد نقش مهم‌تری نسبت به اسپاستیسیتی در تبیین عملکرد حرکتی و مشارکت کودکان مبتلا به فلج مغزی اسپاستیک دارند. این نتایج از تغییر پارادایم از توانبخشی آسیب محور به توانبخشی مشارکت محور حمایت می‌کند و بر ضرورت طراحی مداخلات چندبعدی مبتنی بر ICF تأکید دارد.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره (IR.MAZUMS.IMAMHOSPITAL.REC.1403.102) از دانشگاه علوم پزشکی مازندران بوده است.

حامی مالی

حامی مالی این مقاله معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علو م پزشکی مازندران بوده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع آوری و تجزیه و تحلیل داد ه ها، تفسیر نتایج و تهیه پیشنویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

هوش مصنوعی

محتوای این مقاله توسط نویسندگان تولید شده و از هوش مصنوعی استفاده نگردیده است.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

References

1. Patel DR, Bovid KM, Rausch R, Ergun-Longmire B, Goetting M, Merrick J. Cerebral palsy in children: A clinical practice review. Current problems in pediatric and adolescent health care. 2024 Nov 1;54(11):101673.
2. Dan B, Rosenbaum P, Carr L, Gough M, Coughlan J, Nweke N. Proposed updated description of cerebral palsy. Developmental Medicine & Child Neurology. 2025 Jun;67(6):700-9.
3. Paul S, Nahar A, Bhagawati M, Kunwar AJ. A review on recent advances of cerebral palsy. Oxidative medicine and cellular longevity. 2022(1):2622310.
4. Dar H, Stewart K, McIntyre S, Paget S. Multiple motor disorders in cerebral palsy.Developmental Medicine & Child Neurology. 2024 Mar;66(3):317-25.
5. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. Curr Neurol Neurosci Rep. 2020;20(2):3.
6. Ronchetti AB, Biasotti G, Pistorio A, Aiello A, Bertamino M, Calcagno A, Cardellicchio P, Doglio L, Tacchino C, Moretti P, Piatelli G. Five-Year Retrospective Cohort Study of Changes in the International Classification of Functioning, Disability and Health of Children and Youth Parameters in Cerebral Palsy Children and Adolescents With Continuous Intrathecal Baclofen Therapy Versus Control Group. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2025 Dec 1;104(12):1113-20.
7. Rosenbaum P, Gorter JW. The 'F-words' in childhood disability: I swear this is how we should think! Child Care Health Dev. 2012;38(4):457-63.
8. Eek MN, Beckung E. Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. Gait Posture. 2008;28(3):366-71.
9. Damiano DL. Muscle strength, motor function and participation in cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 2023;65(5):563-70.
10. Nordmark E, Hägglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. BMC Med. 2009;7:65.
11. Elnaggar RK. An analytical insight into how walking speed and spatial and temporal symmetry are related to ankle dysfunctions in children with hemiplegic cerebral palsy. Am J Phys Med Rehabil. 2021;100(5):458-64.
12. Vameghi R, Hoseini SA, Heydarian S, Azadeh H, Gharib M. Walking ability, participation, and quality of life in children with spastic diplegic cerebral palsy: a path analysis study. Iranian journal of child neurology. 2023 Mar 15;17(2):75.
13. Bar-On L, Molenaers G, Aertbeliën E, Van Campenhout A, Feys H, Nuttin B, et al. Spasticity and its contribution to hypertonia in cerebral palsy. Biomed Res Int. 2015;2015:317047.
14. McKinnon CT, Meehan EM, Harvey AR, Antolovich GC, Morgan PE. Prevalence and characteristics of pain in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review. Dev Med Child Neurol. 2020;62(3):305-14.
15. Blackman JA, Svensson CI, Marchand S. Pathophysiology of chronic pain in cerebral palsy: implications for management. Lancet Neurol. 2023;22(1):85-96.
16. Anaby D, Hand C, Bradley L, Direzze B, Forhan M, Digiacomo A, et al. The effect of the environment on participation of children and youth with disabilities: a scoping review. Disabil Rehabil. 2013;35(19):1589-98.

17. Palisano RJ, Kang LJ, Chiarello LA, Orlin M, Oeffinger D, Maggs J. Social and community participation of children and youth with cerebral palsy is associated with age and gross motor function classification. Phys Ther. 2009;89(12):1304-14.
18. Sala DA, Ragni LB. Reliability of the clinical measurement of joint motion and muscle length in the upper and lower extremities of children with cerebral palsy: a systematic review. Developmental Neurorehabilitation. 2024 Feb 17;27(1-2):44-56.
19. Yoo M, Ahn JH, Rha DW, Park ES. Reliability of the modified Ashworth and modified Tardieu scales with standardized movement speeds in children with spastic cerebral palsy. Children. 2022 Jun 3;9(6):827.
20. Gharib M, Vameghi R, Salavati M, Hosseini SA, Saeedi A. Intra-and inter-rater reliability of micro manual muscle tester of the lower extremity in children with diplegia cerebral palsy. Iranian Rehabilitation Journal. 2019 Jun 10;17(2):165-70.
21. Moreira E, Rodrigues M, Beça G. Pain management strategies for botulinum toxin type a injections in children: a comprehensive national survey and procedural protocol. Cureus. 2023 Nov 5;15(11).
22. Wong C, Westphall I, Michelsen JS. Measuring effects on pain and quality of life after abobotulinum toxin A injections in children with cerebral palsy. Toxins. 2022 Jan 5;14(1):43.
23. Russell DJ, Wright M, Rosenbaum PL, Avery LM. Gross Motor Function Measure: Das Handbuch zu GMFM und GMFCS. Kohlhammer Verlag; 2025 Sep 24.
24. Mortazavi SN, Rezaei M, Rassafiani M, Tabatabaei M, Mirzakhani N. Validity and reliability of Persian version of LIFE habits assessment for children with cerebral palsy aged between 5 and 13 years old. Archives of Rehabilitation. 2014 Mar 10;14(6):115-23.
25. World Health Organization. International classification of functioning, disability and health (ICF). Geneva: WHO; 2001.
26. Eek MN, Beckung E. Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. Gait Posture. 2008;28(3):366-71.
27. Ross SA, Engsberg JR. Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil. 2007;88(9):1114-20.
28. Goh HT, Thompson M, Huang WB, Schafer S. Relationships of lower extremity muscle strength and gross motor capacity in children with cerebral palsy: a systematic review. Dev Med Child Neurol. 2015;57(8):729-38.
29. Ryan JM, Cassidy EE, Noorduyn SG, O'Connell NE. Exercise interventions for cerebral palsy. Cochrane Database Syst Rev. 2017;6:CD011660.
30. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. Curr Neurol Neurosci Rep. 2020;20(2):3.
31. Kara OK, Gursen C, Cetin SY, Tascioglu EN, Muftuoglu S, Damiano DL. The effects of power exercises on body structure and function, activity and participation in children with cerebral palsy: an ICF-based systematic review. Disabil Rehabil. 2023;45(22):3705-18.
32. Rosenbaum P, Gorter JW. The 'F-words' in childhood disability: I swear this is how we should think! Child Care Health Dev. 2012;38(4):457-63.
33. McKinnon CT, Meehan EM, Harvey AR, Antolovich GC, Morgan PE. Prevalence and characteristics of pain in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review. Dev Med Child Neurol. 2020;62(3):305-14.
34. Blackman JA, Svensson CI, Marchand S. Pathophysiology of chronic pain in cerebral palsy: implications for management. Lancet Neurol. 2023;22(1):85-96.

35. Harvey A, Smith N, Smith M, Ostojic K, Berryman C. Chronic pain in children and young people with cerebral palsy: a narrative review of challenges, advances, and future directions. BMC Med. 2024;22(1):238.
36. Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP, et al. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. Disabil Rehabil. 2005;27(1-2):2-6.
37. Bar-On L, Molenaers G, Aertbeliën E, Van Campenhout A, Feys H, Nuttin B, et al. Spasticity and its contribution to hypertonia in cerebral palsy. Biomed Res Int. 2015;2015:317047.
38. Gharib M, Shayestehazar M, Kazemi K, Moradi M, Nezamoddini M. The Relationship Between Gait Parameters, Behavioral Problems, and Health-related Quality of Life in Children With Cerebral Palsy. Archives of Rehabilitation. 2025 Sep 10;26(3):328-43.
39. Braendvik SM, Koret T, Helbostad JL, Støren O, Moe-Nilssen R. The relationship between spasticity, strength, and gait in children with cerebral palsy: a 3-year longitudinal study. Dev Med Child Neurol. 2021;63(4):456-62.
40. He J, Luo A, Yu J, Qian C, Liu D, Hou M, Ma Y. Quantitative assessment of spasticity: a narrative review of novel approaches and technologies. Front Neurol. 2023;14:1121323.
41. Dauda MA, Puzia AA, Na'im Sidek BS, Ghazali AS, Zainuddin AA, Khairuddin IM, et al. Quantitative measurement of muscle spasticity for neurological disorders using mechanomyography: a statistical analysis. Jurnal Kejuruteraan. 2025;37(6):2589-601.
42. Nordmark E, Hägglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. BMC Med. 2009;7:65.
43. Elnaggar RK. An analytical insight into how walking speed and spatial and temporal symmetry are related to ankle dysfunctions in children with hemiplegic cerebral palsy. Am J Phys Med Rehabil. 2021;100(5):458-64.
44. Anaby D, Hand C, Bradley L, Direzze B, Forhan M, Digiacomo A, et al. The effect of the environment on participation of children and youth with disabilities: a scoping review. Disabil Rehabil. 2013;35(19):1589-98.

نسخه اولیه پیش از انتشار