

Современные педагогические и психологические технологии в физическом воспитании и спортивной тренировке

Modern pedagogical and psychological technologies in education and sports training

Научная статья
УДК 612.763
DOI: 10.14529/hsm23s207

МЕТОД КОНТРОЛЯ МЕЛКОМОТОРНОЙ КООРДИНАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

*А.А. Померанцев, poterancev_aa@lspu-lipetsk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4197-2183>
Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, Россия*

Аннотация. **Цель:** разработать универсальный метод контроля мелкомоторной координации для лиц различных профессий. **Материалы и методы:** комбинаторный анализ, авторский тест оценки мелкой моторики FingerFit, компьютерное зрение. Исследование включало теоретическую и практическую части. Задачей теоретической части было определить комбинации синергий пальцев рук различного типа и уровня, возможные в профессиональной деятельности человека. Задачей практической части было апробировать предлагаемый метод. Для практической части было создано и использовалось компьютерное приложение, в основе которого лежит применение нейронной сети. Для выявления возможностей метода мы протестировали мелкомоторную координацию девочки 7 лет. **Результаты.** В результате теоретического комбинаторного анализа были выявлены 832 возможные синергии сгибания – разгибания пальцев рук. Апробация метода на практике позволила выявить и оценить индивидуальную сложность построения 145 синергий у девочки 7 лет. По результатам теста стало возможным построение индивидуального профиля развития мелкой моторики человека. Перспективы предлагаемого метода заключаются в возможности построения профессионального профиля мелкой моторики для каждой профессии. Сопоставление индивидуального и профессионального профилей позволит выявить слабые места в развитии мелкой моторики работника и предложить персонально подобранный комплекс упражнений для её развития. **Заключение.** Предлагаемый метод контроля мелкомоторной координации, основанный на регистрации времени выполнения синергий, является информативным и универсальным инструментом оценки мелкой моторики лиц различных профессий.

Ключевые слова: синергия, синкинезия, мелкая моторика, комбинаторный анализ, FingerFit, жест, пальцы, нейронная сеть, MediaPipe

Для цитирования: Померанцев А.А. Метод контроля мелкомоторной координации как инструмент профессионально-прикладной физической культуры // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № S2. С. 46–51. DOI: 10.14529/hsm23s207

Original article

DOI: 10.14529/hsm23s207

FINE MOTOR SKILL CONTROL FOR PROFESSIONALLY ORIENTED PHYSICAL EDUCATION

A.A. Pomerantsev, pomerancev_aa@lspu-lipetsk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4197-2183>
Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, Russia

Abstract. Aim. To create a universal method for fine motor skill control for people of different professions. **Materials and methods.** The study involved combinatorial analysis, the FingerFit fine motor skill assessment test, and computer vision. The study consisted of both theoretical and practical parts. The first part was aimed at identifying the combinations of finger synergies in a person's professional activity. The second part was to check the method proposed. For the practical part, brand-new computer software was developed and used with an integrated neural network. The prospects of this method were studied with a 7-year-old girl. **Results.** Theoretical combinatorial analysis showed 832 possible finger flexion-extension synergies. Approbation of the method provided data about the individual complexity of 145 synergies in a 7-year-old girl. The results obtained revealed an individual profile of fine motor skills in a person. This method can be used to profile fine motor skills for each profession. The comparison of individual and professional profiles will help enhance fine motor skills through selected exercises. **Conclusion.** The proposed method is an informative and universal tool for assessing fine motor skills, regardless of profession.

Keywords: synergy, synkinesia, fine motor skills, combinatorial analysis, FingerFit, gesture, fingers, neural network, MediaPipe

For citation: Pomerantsev A.A. Fine motor skill control for professionally oriented physical education. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(S2):46–51. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm23s207

Введение. Мастерство во многих профессиях определяется уровнем владения мелкой моторикой. Пианисты, дирижеры, спортсмены, киберспортсмены, хирурги, музыканты, стоматологи, ювелиры имеют специфические двигательные задачи, которые решаются с помощью кисти [7]. Пять пальцев действуют согласованно, формируют профессиональные мышечные синергии, которые, доведенные до автоматизма, переходят в синкинезии [5]. Очевидно, что каждой профессии присущ определенный набор профессиональных синергий мелкой моторики [4, 6].

Задачи исследования: 1) используя положения комбинаторного анализа выявить теоретически возможные синергии пальцев рук человека; 2) разработать метод контроля мелкомоторной координации на основе регистрации времени построения синергий; 3) апробировать предложенный метод на практике; 4) представить перспективы разработанного метода для профессионально-прикладной физической культуры.

Материалы и методы. Теоретическая часть была направлена на выявление всех возможных синергий мелкой моторики, основанных на сгибании – разгибании пальцев [3]. Для определения общего количества синергий

использовались положения и формулы комбинаторного анализа [2]. Практическая часть заключалась в регистрации синергий у человека и анализе полученных данных.

В исследовании приняла участие девочка 7 лет из подготовительной группы детского сада, не имеющая отклонений в психическом и физическом развитии. На исследование было получено письменное разрешение родителей.

Тестирование проводилось с помощью разработанной авторами специализированной компьютерной программы FingerFit версия 5.0, на основе авторского метода [1].

Процедура прохождения теста FingerFit заключалась в следующем. На экран компьютерного монитора выводился жест-команда, представляющий сочетание согнутых и выпрямленных пальцев левой руки. Тестируемая при виде изображения должна была сформировать правильный жест-ответ, который состоял из противоположной комбинации согнутых и выпрямленных пальцев руки. Правильность ответа и время реакции фиксировалось с помощью фреймворка нейронной сети MediaPipe Hands, определяющей жест в автоматическом режиме на основе анализа видеопотока.

Результаты исследования. С одной стороны, время построения обратного жеста определяется сложностью самого жеста, с другой стороны, кибернетической нагрузкой (κ) выполнения двигательного действия. Под кибернетической нагрузкой мы понимаем количество пальцев, участвующих в изменении жеста. Для формализации задачи каждый жест был записан в виде двоичного шифра (τ), в котором выпрямленный палец обозначается единицей, а согнутый – нулем (табл. 1).

В приведенном случае кибернетическая нагрузка $\kappa = 2$.

Поскольку возможное сочетание выпрямленных и согнутых пальцев одной руки составляет $2^5 = 32$, то количество комбинаций смены жестов равно $n = 2^{10} = 32 \cdot 32 = 1024$. Из этого количества необходимо исключить

$n_0 = 32$ повторяющихся жеста, когда не происходит смены пальцев, а также случаи сгибания или разгибания одного пальца $n_1 = 160$. Окончательное количество синергий высшего уровня составляет $n_{\text{synergy}} = n - n_0 - n_1 = 832$ (табл. 2).

Кибернетическая нагрузка может складываться из исключительно сгибания пальцев или исключительно разгибания пальцев (табл. 3).

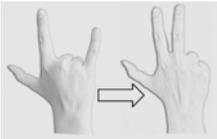
Кроме синергий сгибания или разгибания могут быть комбинированные синергии, образованные одновременно сгибанием и разгибанием пальцев (табл. 4). Так, синергия с кибернетической нагрузкой $\kappa = 5$ может быть образована одновременным сгибанием 2 пальцев (-2) и разгибанием 3 пальцев (+3).

Комбинированные синергии состоят из набора более простых синергий. Например,

Таблица 1
Table 1

Пример определения кибернетической нагрузки при смене жеста
 An example of determining the cybernetic load when changing a gesture

	p	i	med	a	min
Исходный жест / Initial gesture, τ_1	1	1	0	0	1
Конечный жест / Resulting gesture, τ_2	1	1	1	0	0
Синергия / Synergy, ζ	0	0	1	0	1



Примечания. Обозначения пальцев приводятся в соответствии с их латинскими названиями: p – большой палец (pollex), i – указательный палец (index), med – средний (digitus medius), a – безымянный (annularis), min – мизинец (digitus minimus).

Note. Fingers are abbreviated by their latin titles, namely p – pollex, i – index, med – digitus medius, a – annularis, min – digitus minimus.

Таблица 2
Table 2

Количество комбинаций синергий верхнего уровня
 Top-level synergy combinations

Кибернетическая нагрузка Cybernetic load, κ	0	1	2	3	4	5
Кол-во комбинаций Number of combinations	32	160	320	320	160	32

Таблица 3
Table 3

Количество комбинаций синергий сгибания/разгибания пальцев
 Number of combinations of finger flexion/extension synergies

Сгибательные синергии / Flexion synergies				
Кибернетическая нагрузка Cybernetic load, $\kappa-$	+2	+3	+4	+5
Количество комбинаций Number of combinations	270	90	15	1
Разгибательные синергии / Extension synergies				
Кибернетическая нагрузка Cybernetic load, $\kappa+$	-2	-3	-4	-5
Количество комбинаций Number of combinations	270	90	15	1

переход с комбинацией (-4; +1) от $\tau_1 = (11110)$ к $\tau_2 = (00001)$, нагрузкой $\kappa = 5$ и с синергией высокого уровня ζ (11111), позволяет также судить о синергиях более низкого уровня с $\kappa = 4, 3, 2$. Производными от этой синергии будут более простые сочетания сгибания ζ четырех (1111x), сгибания трёх (111xx, x111x, 1x11x, 11x1x) и сгибания двух пальцев (6 комбинаций).

Для оценки синергий нами был разработан метод контроля, реализованный в виде

компьютерного приложения FingerFit 5.0. Непосредственный алгоритм контроля жестов был реализован с помощью фреймворка нейронной сети MediaPipe Hands.

С целью апробации предлагаемого метода были зарегистрированы и проанализированы синергии мелкой моторики правой руки девочки 7 лет, не имеющей отклонений или задержек в развитии. Общее время прохождения теста составило 467 с (табл. 5).

В результате случайного появления жес-

Таблица 4
Table 4

Количество комбинированных синергий, образованных одновременно сгибанием и разгибанием пальцев
The number of combined synergies formed by simultaneous flexion and extension of the fingers

Кибернет. нагрузка Cybernetic load	Комбинация Combination	Количество вариантов комбинации Number of options	Количество вариантов для уровня нагрузки Number of options with respect to load
2	-1/+1	160	160
3	-1/+2	120	240
	-2/+1	120	
4	-1/+3	40	140
	-2/+2	60	
	-3/+1	40	
5	-1/+4	5	30
	-2/+3	10	
	-3/+2	10	
	-4/+1	5	

Таблица 5
Table 5

Результаты тестирования (профиль) мелкой моторики по тесту FingerFit 5.0
Fine motor skill profiling with the FingerFit test

№	τ	ζ	t	κ	№	τ	ζ	t	κ	№	τ	ζ	t	κ
1	00011	11111	9	5	12	10110	11110	21	4	23	00110	10101	10	3
2	10100	10111	7	4	13	11100	01010	8	2	24	01011	01101	12	3
3	00100	10000	6	1	14	11001	00101	12	2	25	00001	01010	5	2
4	10001	10101	7	3	15	10000	01001	4	2	26	11000	11001	9	3
5	01111	11110	7	4	16	10010	00010	11	1	27	00101	11101	14	4
6	11111	10000	7	1	17	01001	11011	20	4	28	01110	01011	11	3
7	00111	11000	40	2	18	01100	00101	11	2	29	01101	00011	41	2
8	10111	10000	5	1	19	11110	10010	7	2	30	11011	10110	13	3
9	00000	10111	3	4	20	00010	11100	11	3	31	11101	00110	11	2
10	01010	01010	20	2	21	10101	10111	75	4	32	11010	00111	36	3
11	01000	00010	7	1	22	10011	00110	7	2					

Примечание. Жест и синергия представлены в порядке p-i-med-a-min. № – порядок появления жестов в тесте, τ – шифр жеста, ζ – шифр синергии, t – время ответной реакции построения обратного жеста, κ – кибернетическая нагрузка.

Note. Gesture and synergy are provided in the following order: p-i-med-a-min. № is the order of appearance of gestures in the test, τ – gesture cipher, ζ – synergy cipher, t – response time of the reverse gesture, κ – cybernetic load.

тов было выявлено 145 синергий, в том числе синергий высшего уровня: $\kappa_4 - 7$, $\kappa_3 - 8$, $\kappa_2 - 11$; всего синергий нижнего и высшего уровней: $\kappa_4 - 12$; $\kappa_3 - 46$, $\kappa_2 - 87$. Наиболее сложной оказалась синергия, включающая согласованное движения 4 пальцев: одновременное разгибание мизинца, большого и среднего пальца и сгибание безымянного пальца, со временем построения 75 с (см. табл. 5).

Заключение. Разработанный метод контроля мелкомоторной координации является универсальным инструментом оценки мелкой моторики у лиц различных профессий. Применительно к требованиям конкретной профессии метод позволяет выявить слабо развитые синергии и построить комплекс упражнений для развития мелкой моторики в рамках профессионально-прикладной физической культуры.

Список литературы

1. Пат. 2717365 С1 Российская Федерация. Способ оценки мелкой моторики рук / А.А. Померанцев, А.Н. Старкин; заявитель и патентообладатель Липецкий гос. пед. ун-т. им. П.П. Семенова-Тян-Шанского. – № 2018147383; заявл. 27.12.2018; опубл. 23.03.2020.
2. Холл, М. Комбинаторика / М. Холл; под ред. А.О. Гельфонд, В.Е. Тараканова; пер. с англ. С.А. Широковой. – М.: Мир, 1970. – 423 с.
3. Evaluation of Finger Force Control Ability in terms of Multi-finger Synergy / M. Lee, J. Lee, J. Shin, J. Bae // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2019. – P. 1–11. DOI: 10.1109/tnsre.2019.2932440
4. Kim, K. Effect of Kinetic Degrees of Freedom on Multi-Finger Synergies and Task Performance during Force Production and Release Tasks / K. Kim, D. Xu, J. Park // *Scientific Reports*. – 2018. – No. 8. – Art. 12758. DOI: 10.1038/s41598-018-31136-8
5. Latash, M.L. One more time about motor (and non-motor) synergies / M.L. Latash // *Experimental Brain Research*. – 2021. – Vol. 239 (10). – P. 2951–2967. DOI: 10.1007/s00221-021-06188-4
6. Madarshahian, S. Synergies at the level of motor units in single-finger and multi-finger tasks / S. Madarshahian, M.L. Latash // *Experimental Brain Research*. – 2021. – Vol. 239 (9). – P. 2905–2923. DOI: 10.1007/s00221-021-06180-y
7. Multi-finger synergies and the muscular apparatus of the hand / C. Cuadra, A. Bartsch, P. Tiemann et al. // *Experimental Brain Research*. – 2018. – Vol. 236 (5). – P. 1383–1393. DOI: 10.1007/s00221-018-5231-5

References

1. Pomerantsev A.A., Starkin A.N. *Sposob ocenki melkoy motoriki ruk* [A Method for Assessing Fine Motor Skills of the Hands]. Patent RF, no. 2717365, 2020.
2. Holl M., Gell'fond A.O. *Kombinatorika* [Combinatorics]. Transl. from English V.E. Tarakanova. Moscow, World Publ., 1970. 423 p.
3. Lee M., Lee J., Shin J., Bae J. Evaluation of Finger Force Control Ability in Terms of Multi-Finger Synergy. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2019, pp. 1–11. DOI: 10.1109/tnsre.2019.2932440
4. Kim K., Xu D., Park J. Effect of Kinetic Degrees of Freedom on Multi-Finger Synergies and Task Performance during Force Production and Release Tasks. *Scientific Reports*, 2018, no. 8, 12758. DOI: 10.1038/s41598-018-31136-8
5. Latash M.L. One More Time About Motor (and Non-Motor) Synergies. *Experimental Brain Research*, 2021, vol. 239 (10), pp. 2951–2967. DOI: 10.1007/s00221-021-06188-4
6. Madarshahian S., Latash M.L. Synergies at the Level of Motor Units in Single-Finger and Multi-Finger Tasks. *Experimental Brain Research*, 2021, vol. 239 (9), pp. 2905–2923. DOI: 10.1007/s00221-021-06180-y
7. Cuadra C., Bartsch A., Tiemann P. et al. Multi-Finger Synergies and the Muscular Apparatus of the Hand. *Experimental Brain Research*, 2018, vol. 236 (5), pp. 1383–1393. DOI: 10.1007/s00221-018-5231-5

Информация об авторе

Померанцев Андрей Александрович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, физиологии и медико-биологических дисциплин, Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, Россия.

Information about the author

Andrey A. Pomerantsev, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Physiology and Biomedical Disciplines, Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 29.11.2022

The article was submitted 29.11.2022