

УДК 796.81+004.9
ББК 75.1+74.58.
EDN: XTBYFT

Цифровой педагогический контроль ударных действий боксеров в учебно-тренировочном процессе: методические возможности сенсорной перчатки

Digital pedagogical control of boxers' punching actions in the training process: methodological possibilities of a sensor glove

Х. Цуй
Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»
аспирант
Москва
E-mail: cuihdsd@gmail.com

H. Cui
Russian University of Sport "GTSOLIFK"
postgraduate student
Moscow
E-mail: cuihdsd@gmail.com

С. С. Горбачев
Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»
канд. пед. наук, профессор
Москва
E-mail: gorbachev.ss@gtsolifk.ru

S. S. Gorbachev
Russian University of Sport "GTSOLIFK"
Candidate of Pedagogical Sciences, Professor
Moscow
E-mail: gorbachev.ss@gtsolifk.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема перевода цифровых данных о боксерском ударе в педагогически значимую обратную связь для тренера и спортсмена. Актуальность темы определяется тем, что традиционный контроль ударных действий часто ограничивается визуальной оценкой техники и фиксацией итоговой силы удара, тогда как качество контакта, устойчивость положения кисти и распределение давления остаются недостаточно раскрытыми. Цель исследования состоит в обосновании методических возможностей сенсорной перчатки как средства цифрового педагогического контроля в учебно-тренировочном процессе боксеров. В работе использовались педагогическое наблюдение, инструментальная регистрация ударных действий, сопоставление данных сенсорной перчатки с показателями сертифицированного мешка-силомера и методическая интерпретация диагностических признаков. Материал исследования составили данные 48 боксеров, выполнявших серии максимальных ударов; сенсорная перчатка включала матрицу давления 8x8. Показано, что цифровая карта давления позволяет уточнять контактную зону, выявлять смещение центра давления, оценивать стабильность попыток и формулировать индивидуальные коррекционные задания. Сделан вывод о целесообразности использования сенсорной перчатки не как самостоятельного измерительного устройства, а как элемента педагогической системы обратной связи, направленной на индивидуализацию технической подготовки и снижение риска травмоопасного положения кисти.

Ключевые слова: бокс; ударные действия; цифровой педагогический контроль; сенсорная перчатка; учебно-тренировочный процесс; индивидуализация подготовки; техническая коррекция; обратная связь.

Abstract

This article examines the problem of translating digital data on boxing punches into pedagogically meaningful feedback for coaches and athletes. The relevance of this topic is determined by the fact that traditional control of striking actions is often limited to a visual assessment of technique and recording the final force of the punch, while the quality of contact, the stability of the hand position, and the distribution of pressure remain insufficiently understood. The aim of the study is to substantiate the methodological capabilities of a sensor glove as a means of digital pedagogical control in the educational and training process of boxers. The study utilized pedagogical observation, instrumental recording of striking actions, a comparison of sensor glove data with the readings of a certified punching bag, and a methodical interpretation of diagnostic indicators. The study material consisted of data from 48 boxers performing series of maximum punches; the sensor glove included an 8x8 pressure matrix. It is shown that a digital pressure map allows for refinement of the contact zone, identification of the shift in the center of pressure, assessment of the stability of attempts, and the formulation of individual correction tasks. A conclusion was made about the advisability of using a sensor glove not as an independent measuring device, but as an element of a pedagogical feedback system aimed at individualizing technical training and reducing the risk of injury-prone hand positions.

Keywords: boxing; punching actions; digital pedagogical control; sensor glove; training process; individualization; technical correction; feedback.

Введение

Современный учебно-тренировочный процесс в боксе постепенно переходит от преимущественно визуального контроля к сочетанию педагогического наблюдения, инструментальной регистрации и оперативной обратной связи. Для тренера это означает не замену профессионального опыта цифровым прибором, а расширение диагности-

ческих возможностей: становится возможным не только зафиксировать, что удар был сильным или слабым, но и уточнить, каким контактом он был выполнен, насколько устойчивой оказалась попытка и какие технические действия требуют коррекции.

Ударное действие боксера является сложным двигательным актом, в котором результат зависит от согласованной работы ног, туловища, плечевого пояса, руки и кисти. В учебно-тренировочном процессе одинаковое значение силы удара может иметь разную педагогическую природу: оно может быть следствием рационального включения всего тела, высокой скорости руки, чрезмерного напряжения плечевого пояса или травмоопасного положения кисти. Поэтому контроль ударной подготовки не должен сводиться к максимальному числу на силомере, хотя такие устройства остаются важной частью оценки ударной результативности [1; 19].

В исследованиях последних лет подчеркивается, что сила и скорость удара в единоборствах связаны с биомеханическими параметрами, уровнем специальной подготовленности, квалификацией спортсмена и стабильностью выполнения действия [2; 4; 5; 8; 15; 20]. При этом для практики тренировки особенно значим вопрос о том, как превратить измеренные показатели в понятное педагогическое решение. Тренеру нужна не только величина пиковой силы, но и ответ на вопрос, что именно следует изменить в следующей серии: положение кисти, траекторию удара, дистанцию, включение корпуса, объем максимальных попыток или характер восстановительной паузы.

Сенсорная перчатка позволяет приблизить инструментальный контроль к реальному языку тренера. В отличие от силомера, показывающего итоговую величину усилия, матрица давления дает информацию о контактной зоне, распределении нагрузки и смещении центра давления на ударной поверхности перчатки. Такая информация имеет педагогический смысл только тогда, когда она включена в систему обратной связи: диагностический признак должен быть переведен в тренировочное задание, а повторная регистрация должна показать, исправлена ли ошибка. Современные решения на основе инерциальных датчиков, носимых сенсоров и методов машинного обучения также подтверждают возможность объективного распознавания ударных действий и подготовки данных для тренерской обратной связи при условии надежной валидации измерительной системы [11; 16; 21].

Цель исследования состоит в обосновании методических возможностей сенсорной перчатки как средства цифрового педагогического контроля ударных действий боксеров в учебно-тренировочном процессе. Для достижения цели решались следующие задачи: определить педагогически значимые показатели, регистрируемые сенсорной перчаткой; сопоставить цифровые данные с задачами технической коррекции; показать варианты индивидуализации тренировочных заданий на основе карты давления и стабильности попыток.

Материалы и методы исследования

Исследование носило научно-методический характер и было направлено на педагогическую интерпретацию цифровых показателей ударных действий. В работе применялись анализ научно-методической литературы, педагогическое наблюдение, инструментальная регистрация ударов, сопоставление данных сенсорной перчатки с показателями сертифицированного мешка-силомера, а также методическое обобщение полученных диагностических признаков. Такой дизайн соответствует задаче статьи: не разработать

инженерное устройство, а показать, как цифровая регистрация может быть встроена в педагогический контроль и коррекцию техники.

Материал исследования составили данные 48 боксеров различной квалификации, выполнявших серии максимальных ударов по сертифицированному мешку-силомеру. Каждый спортсмен выполнял подготовительную разминку, несколько пробных действий и серию зачетных попыток. Для каждой попытки фиксировались тип удара, итоговая сила по силомеру, цифровая карта давления на ударной поверхности перчатки, положение зоны максимального давления и стабильность повторения контактного паттерна.

Сенсорная перчатка была оснащена матрицей давления 8x8, что позволяло регистрировать распределение давления по ударной поверхности. В педагогической интерпретации учитывались не все технические параметры устройства, а только те признаки, которые могут быть непосредственно переведены в тренировочное решение: центр давления, зона максимальной нагрузки, симметрия контакта, степень смещения к периферии перчатки и повторяемость паттерна в серии попыток.

Для оценки согласованности цифровой регистрации с традиционной силовой оценкой данные сенсорной перчатки сопоставлялись с показателями мешка-силомера. В ранее выполненной обработке массива данных была получена высокая корреляционная связь между показателями системы и сертифицированного силового устройства ($r = 0,911$; $p < 0,001$), а после корректирующей обработки средняя относительная ошибка составила 12,1 %. Эти показатели позволяют рассматривать сенсорную перчатку как пригодную для педагогической интерпретации контактных признаков, но не отменяют необходимости контроля техники тренером.

При анализе результатов особое внимание уделялось тому, чтобы цифровой показатель не воспринимался изолированно. Например, смещение центра давления само по себе не является педагогическим выводом. Оно приобретает значение только в связи с типом удара, стойкой спортсмена, задачей серии, данными наблюдения и субъективным состоянием боксера. Поэтому в статье используется модель «показатель — интерпретация — коррекционное задание».

Результаты исследования и их обсуждение

Главный результат исследования состоит в том, что сенсорная перчатка расширяет содержание педагогического контроля. Она позволяет тренеру видеть не только факт выполнения удара и его силовую выраженность, но и качество контакта. В традиционной тренировке спортсменов часто получает общую команду: «держи кисть», «бей прямее», «не раскрывай локоть», «попадай центром». Цифровая карта давления делает такую команду более предметной: тренер может показать, куда сместилась нагрузка и почему это требует изменения техники.

В педагогическом плане наиболее значимыми оказались четыре группы показателей. Первая группа отражает силу ударного действия и позволяет оценить выраженность скоростно-силового результата. Вторая группа связана с контактной зоной и показывает, какой частью перчатки был реализован удар. Третья группа характеризует стабильность серии: спортсмен может показать высокий лучший результат, но выполнить остальные попытки с большим разбросом. Четвертая группа связана с безопасностью положения кисти, что особенно важно при работе с максимальными ударами и утомлением.

Таблица 1

Педагогическая интерпретация показателей, регистрируемых сенсорной перчаткой

Показатель	Что показывает	Педагогическое решение
Суммарная сила давления	Общую выраженность ударного действия и связь с результатом на силе	Сопоставить силовой результат с качеством контакта и не поощрять рост силы ценой ошибки кисти
Зона максимального давления	Какая часть ударной поверхности перчатки приняла основную нагрузку	Уточнить положение кисти, траекторию удара и допустимую контактную область
Смещение центра давления	Насколько контакт уходит к периферии или латеральной зоне перчатки	Назначить упражнения на стабилизацию кисти, дистанции и угла входа в цель
Повторяемость паттерна	Стабильность выполнения серии при одинаковой двигательной задаче	Индивидуализировать объем максимальных попыток и интервалы отдыха

Представленные показатели не следует рассматривать как самостоятельную оценку мастерства боксера. Один и тот же профиль давления может иметь разный педагогический смысл в зависимости от задачи занятия. В период обучения базовой технике тренер обращает внимание прежде всего на допустимую контактную область и стабильность кисти. На этапе совершенствования техники возрастает значение повторяемости удара и способности сохранять контактный паттерн при повышении мощности. В соревновательно-прикладной подготовке важным становится сочетание силы, точности контакта и воспроизводимости результата в ограниченном числе попыток.

Цифровой педагогический контроль особенно полезен в ситуациях, когда визуально похожие удары дают разные следствия для обучения. Например, два спортсмена могут показать близкие значения силы, но у одного максимальное давление будет располагаться в центральной зоне перчатки, а у другого — смещаться к периферии. В первом случае тренер может продолжать развитие скоростно-силовых качеств, во втором — должен временно снизить акцент на максимальной мощности и вернуть спортсмена к коррекции положения кисти.

Сенсорная перчатка дает тренеру возможность выстроить индивидуальную траекторию коррекции. Для спортсмена с высокой силой и нестабильной контактной зоной приоритетом становится не увеличение нагрузки, а стандартизация двигательного действия. Для спортсмена с умеренной силой, но устойчивым контактом целесообразно увеличивать скоростно-силовую работу, сохраняя периодический контроль паттерна давления. Для спортсмена с частым смещением давления к травмоопасной зоне методическая задача связана с безопасностью кисти и дозированием максимальных ударов. Такой индивидуализированный подход согласуется с данными о различиях ударов по силе, ускорению, эффективной массе, участию нижних конечностей и устойчивости техники к утомлению [8; 15; 20].

Таблица 2

Примеры перевода цифровых признаков в коррекционные задания тренера

Ситуация контроля	Диагностический признак	Коррекционное задание
Прямой удар	Центр давления смещается от центральной зоны к краю перчатки	Контроль линии плечо — локоть — кулак, работа на средней мощности, повторная регистрация после технической серии

Боковой удар	Контактная зона чрезмерно широкая или латеральная	Уточнение дистанции, угла локтя и поворота корпуса в момент контакта
Удар снизу	Давление смещается в центрально-латеральную область	Контроль восходящей траектории и исключение разгибания кисти при входе в цель
Любой тип удара	Высокая сила сочетается с нестабильным паттерном давления	Снижение числа максимальных попыток, техническая коррекция, повторный контроль после паузы

Такая логика соответствует современным представлениям о контроле технических навыков в спорте: измерение должно не только фиксировать результат, но и помогать специалисту принимать решение о дальнейшем обучении [6; 7; 9; 13]. В этом отношении сенсорная перчатка занимает промежуточное положение между лабораторным прибором и педагогическим инструментом. Она остается измерительной системой, но ее ценность для тренировочного процесса определяется тем, насколько быстро и понятно тренер переводит данные в действие. Современные обзоры и прикладные разработки также показывают, что эффективность носимых технологий определяется переходом от накопления данных к понятной, индивидуализированной и практически применимой обратной связи, а также возможностью автоматизированного распознавания ударных действий [11; 14; 16; 17; 21; 22].

Важно подчеркнуть, что цифровой контроль не должен увеличивать методическую перегрузку занятия. Если после каждой попытки спортсмен получает множество чисел, тренировка теряет направленность. Поэтому целесообразно использовать ограниченный набор диагностических признаков. На одном занятии тренер может выбрать одну основную задачу: стабилизация центра давления, контроль допустимой контактной зоны, уменьшение разброса серии или сохранение техники при росте силы. Такой подход делает цифровую обратную связь управляемой и понятной.

Отдельного внимания требует вопрос безопасности. Исследования травм кисти и запястья в боксе показывают, что повторные ударные нагрузки и неблагоприятное положение кисти могут приводить к повреждениям пястно-фаланговых суставов, разгибательного аппарата и других структур кисти [10; 12]. Современные исследования носимых технологий подтверждают перспективность объединения биомеханического мониторинга с задачами профилактики травм и индивидуальной коррекции тренировочной нагрузки [17; 21]. Сенсорная перчатка не является медицинским диагностическим средством, однако она помогает тренеру раньше заметить устойчивое смещение давления к зонам, где нагрузка становится методически нежелательной. Это особенно важно при подготовке к выполнению максимальных ударов.

Методическая новизна предлагаемого подхода состоит в том, что цифровой показатель рассматривается не как внешний контрольный норматив, а как элемент педагогического диалога. Тренер получает возможность объяснить спортсмену причину коррекции не только словесно, но и через визуальную карту давления. Спортсмен, в свою очередь, видит связь между ощущением удара, замечанием тренера и объективным следом контакта. Это повышает осознанность технической работы и способствует формированию устойчивого двигательного навыка.

Практическое внедрение сенсорной перчатки может осуществляться поэтапно. На первом этапе тренер использует устройство для диагностических занятий и формирует индивидуальный профиль спортсмена. На втором этапе данные применяются для выбо-

ра коррекционных упражнений и контроля динамики. На третьем этапе сенсорная перчатка включается в систему текущего контроля, но не на каждом занятии, а в заранее определенные точки тренировочного цикла. Такая организация позволяет сохранить ведущую роль педагогической задачи и избежать подмены тренировки постоянным измерением.

Полученные результаты соотносятся с общей тенденцией развития цифровых и носимых технологий в спорте, где датчики все чаще используются для мониторинга нагрузки, техники, восстановления, автоматического распознавания движений и формирования персонализированной обратной связи [3; 11; 14; 16; 17; 18; 21; 22]. Однако в подготовке боксеров принципиально важно учитывать специфику единоборства: ударное действие кратковременно, вариативно и связано с риском ошибочного контакта. Поэтому педагогическая интерпретация данных должна быть проще технической структуры устройства. Чем яснее тренер формулирует вывод по данным перчатки, тем выше вероятность, что цифровая система действительно улучшит обучение.

Ограничением исследования является то, что статья описывает методические возможности сенсорной перчатки на основе анализа серий максимальных ударов и не претендует на построение универсальных нормативов для всех возрастных, весовых и квалификационных групп. Для создания таких нормативов необходимы расширение выборки, проверка разных моделей экипировки, длительное педагогическое наблюдение и сопоставление цифровых показателей с динамикой технической подготовки. Тем не менее уже имеющиеся данные позволяют использовать сенсорную перчатку как средство индивидуальной диагностики и обратной связи.

Заключение

Сенсорная перчатка с матрицей давления 8x8 расширяет возможности цифрового педагогического контроля ударных действий боксеров, поскольку позволяет оценивать не только силовую выраженность удара, но и контактную зону, смещение центра давления и стабильность выполнения серии. Эти данные приобретают педагогическую ценность тогда, когда они переводятся в конкретное коррекционное задание тренера.

Методически целесообразно использовать сенсорную перчатку как элемент системы обратной связи в учебно-тренировочном процессе. Она помогает индивидуализировать техническую подготовку, различать внешне похожие удары по качеству контакта, дозировать максимальные попытки и контролировать травмоопасное положение кисти. При этом устройство не заменяет педагогическое наблюдение, а уточняет его и делает более доказательным.

Перспективы дальнейшей работы связаны с разработкой возрастных и квалификационных ориентиров, проверкой динамики показателей в тренировочном цикле, созданием простых карт обратной связи для тренеров и уточнением методики применения сенсорной перчатки в разных разделах ударной подготовки боксеров.

Список литературы

1. Филимонов В. И. Теория и методика бокса: учебное пособие для тренеров-преподавателей по боксу. М.: ИНСАН, 2006. 581 с.
2. Beránek V., Votápek P., Šťastný P. Force and velocity of impact during upper limb strikes in combat sports: a systematic review and meta-analysis // Sports Biomechanics. 2023. Vol. 22, № 8. P. 921–939. DOI: 10.1080/14763141.2020.1778075.

3. Cizmic D., Hoelbling D., Baranyi R., Breiteneder R., Grechenig T. Smart Boxing Glove "RD α": IMU Combined with Force Sensor for Highly Accurate Technique and Target Recognition Using Machine Learning // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, № 16. Article 9073. DOI: 10.3390/app13169073.
4. Dinu D., Louis J. Biomechanical Analysis of the Cross, Hook, and Uppercut in Junior vs. Elite Boxers: Implications for Training and Talent Identification // *Frontiers in Sports and Active Living*. 2020. Vol. 2. Article 598861. DOI: 10.3389/fspor.2020.598861.
5. Dunn E. C., Humberstone C. E., Franchini E., Iredale K. F., Blazeovich A. J. Relationships Between Punch Impact Force and Upper- and Lower-Body Muscular Strength and Power in Highly Trained Amateur Boxers // *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022. Vol. 36, № 4. P. 1019–1025. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003585.
6. Finlay M. J., Page R., Greig M., Bridge C. A. Test-retest reliability and sensitivity of senior elite amateur boxers maximal punch force, as quantified by a vertically mounted force plate // *PLOS ONE*. 2023. Vol. 18, № 8. e0289791. DOI: 10.1371/journal.pone.0289791.
7. Haralabidis N., Saxby D. J., Pizzolato C. et al. Fusing Accelerometry with Videography to Monitor the Effect of Fatigue on Punching Performance in Elite Boxers // *Sensors*. 2020. Vol. 20, № 20. Article 5749. DOI: 10.3390/s20205749.
8. Kacprzak J., Mosler D., Tsos A., Wąsik J. Biomechanics of Punching – The Impact of Effective Mass and Force Transfer on Strike Performance // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, № 7. Article 4008. DOI: 10.3390/app15074008.
9. Koopmann T., Faber I., Baker J., Schorer J. Assessing Technical Skills in Talented Youth Athletes: A Systematic Review // *Sports Medicine*. 2020. Vol. 50, № 9. P. 1593–1611. DOI: 10.1007/s40279-020-01299-4.
10. Loosemore M., Lightfoot I., Gatt I., Hayton M., Beardsley C. Hand and Wrist Injuries in Elite Boxing // *HAND*. 2016. Vol. 12, № 2. P. 181–187. DOI: 10.1177/1558944716642756.
11. Manoharan S., Warburton J., Hegde R. S., Srinivasan R., Srinivasan B. An active machine learning framework for automatic boxing punch recognition and classification using upper limb kinematics // *PLOS ONE*. 2025. Vol. 20, № 5. e0322490. DOI: 10.1371/journal.pone.0322490.
12. Matharu G. S., Gatt I. T., Delaney R., Loosemore M., Hayton M. J. Extensor hood injuries in elite boxers: injury characteristics, surgical technique and outcomes // *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2022. Vol. 47, № 11. P. 1162–1167. DOI: 10.1177/17531934221123139.
13. Menzel T., Potthast W. Validation of a Novel Boxing Monitoring System to Detect and Analyse the Centre of Pressure Movement on the Boxer's Fist // *Sensors*. 2021. Vol. 21, № 24. Article 8394. DOI: 10.3390/s21248394.
14. Migliaccio G. M., Padulo J., Russo L. The Impact of Wearable Technologies on Marginal Gains in Sports Performance: An Integrative Overview on Advances in Sports, Exercise, and Health // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, № 15. Article 6649. DOI: 10.3390/app14156649.
15. Mosler D., Kacprzak J., Wąsik J. Higher Values of Force and Acceleration in Rear Cross Than Lead Jab: Differences in Technique Execution by Boxers // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, № 7. Article 2830. DOI: 10.3390/app14072830.
16. Pezenka L., Wirth K. Reliability of a Low-Cost Inertial Measurement Unit (IMU) to Measure Punch and Kick Velocity // *Sensors*. 2025. Vol. 25, № 2. Article 307. DOI: 10.3390/s25020307.
17. Rebelo A., Martinho D. V., Valente-dos-Santos J., Coelho-e-Silva M. J., Teixeira D. S. From data to action: a scoping review of wearable technologies and biomechanical assessments informing injury prevention strategies in sport // *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2023. Vol. 15. Article 169. DOI: 10.1186/s13102-023-00783-4.
18. Seshadri D. R., Li R. T., Voos J. E. et al. Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete // *npj Digital Medicine*. 2019. Vol. 2. Article 71. DOI: 10.1038/s41746-019-0149-2.
19. Smith M. S., Dyson R. J., Hale T., Janaway L. Development of a boxing dynamometer and its punch force discrimination efficacy // *Journal of Sports Sciences*. 2000. Vol. 18, № 6. P. 445–450. DOI: 10.1080/02640410050074377.

20. Stewart C., Cornett R., Baker J. S., Gu Y., Dutheil F., Ugbohue U. C. The Role of Lower Limb Kinetics in Boxing Punches and the Impact of Fatigue on Biomechanical Performance // Bioengineering. 2025. Vol. 12, № 12. Article 1355. DOI: 10.3390/bioengineering12121355.
21. Xue H., Han C., Zhu D. Limb biomechanics in combat sports: insights from wearable sensor technology // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2025. Vol. 13. Article 1663592. DOI: 10.3389/fbioe.2025.1663592.
22. Zhu M., Huang P., Xu X., He H., Zhang L. BoxingPro: An IoT-LLM Framework for Automated Boxing Coaching via Wearable Sensor Data Fusion // Electronics. 2025. Vol. 14, № 21. Article 4155. DOI: 10.3390/electronics14214155.