

УДК 796.01:612.6

DOI 10.5930/1994-4683-2026-5-77-84

Функциональная, биологическая и биомеханическая зрелость как критерии безопасного допуска детей к занятиям спортом: систематический анализ и практические рекомендации

Новикова Ирина Игоревна¹, доктор медицинских наук, профессор

Савченко Олег Андреевич¹, кандидат биологических наук

Куликова Оксана Михайловна¹, кандидат технических наук, доцент

Забаровский Сергей Анатольевич², доцент

¹Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены Роспотребнадзора

²Филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева в г. Омске

Аннотация

Цель исследования – на основании систематического обзора рецензируемых публикаций 2020-2025 годов разработать дифференцированную по видам спорта систему правил допуска детей к организованным занятиям спортом, учитывающую биологическую, функциональную и биомеханическую зрелость.

Методы и организация исследования. Проведён систематический обзор рецензируемых публикаций из баз данных PubMed, Scopus и ScienceDirect. Для формализации предметной области использовано онтологическое моделирование, для извлечения знаний – методы обработки естественного языка.

Результаты исследования и выводы. В ходе систематического анализа рецензируемых публикаций определены количественные пороги риска травматизма у юных спортсменов. Сформулированы 14 правил допуска к тренировочным нагрузкам, дифференцированных по пяти группам видов спорта (командные контактные, индивидуальные технические, единоборства, силовые виды, виды на выносливость). Разработана трёхступенчатая модель внедрения мониторинга зрелости в тренировочный процесс (базовая, продвинутая, полная). Интеграция оценок трёх доменов зрелости (биологического, функционального, биомеханического) обеспечивает индивидуализированный подход к допуску детей, снижает риск травматизма в периоды интенсивного роста и корректирует системное смещение отбора в пользу раннесозревающих спортсменов.

Ключевые слова: детско-юношеский спорт, биологическая зрелость, пик скорости роста, био-бэндинг, безопасность детского спорта, спортивный отбор, профилактика травматизма

Для цитирования: Особенности контроля и оценки технической подготовленности лидеров мирового тенниса / Новикова И. И., Савченко О. А., Куликова О. М., Забаровский С. А. DOI 10.5930/1994-4683-2026-5-77-84 // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2026. № 5 (255). С. 77–84.

Functional, biological and biomechanical maturity as safety criteria for children's admission to sport training: a systematic analysis and practical recommendations

Novikova Irina Igorevna¹, doctor of medical sciences, professor

Savchenko Oleg Andreevich¹, candidate of biological sciences

Kulikova Oksana Mikhailovna¹, candidate of technical sciences, associate professor

Zabarovsky Sergey Anatolevich², associate professor

¹Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rosпотребнадзор

²Branch of the Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A. V. Khrulyov in Omsk

Abstract

The purpose of the study is, based on a systematic review of peer-reviewed publications from 2020 to 2025, to develop a sport-specific system of rules for allowing children to participate in organized sports activities, taking into account biological, functional, and biomechanical maturity.

Research methods and organization. A systematic review of peer-reviewed publications from the PubMed, Scopus, and ScienceDirect databases was conducted. Ontological modeling was

used to formalize the subject area, and natural language processing methods were employed for knowledge extraction.

Research results and conclusions. Through a systematic analysis of peer-reviewed publications, quantitative thresholds for injury risk in young athletes have been identified. Fourteen rules for access to training loads have been formulated, differentiated across five groups of sports (team contact, individual technical, martial arts, strength sports, endurance sports). A three-stage model for implementing maturity monitoring in the training process (basic, advanced, full) has been developed. The integration of assessments across three domains of maturity (biological, functional, biomechanical) ensures an individualized approach to granting access for children, reduces the risk of injury during periods of intense growth, and corrects the systemic selection bias in favor of early-maturing athletes.

Keywords: youth sports, biological maturity, peak growth velocity, bio-banding, safety of children's sports, sports selection, injury prevention

For citation: Novikova I. I., Savchenko O. A., Kulikova O. M., Zabarovsky S. A. (2026). "Functional, biological and biomechanical maturity as safety criteria for children's admission to sport training: a systematic analysis and practical recommendations", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 5 (255), pp. 77–84, DOI 10.5930/1994-4683-2026-5-77-84.

Введение. Проблема безопасного допуска детей к занятиям спортом остаётся одной из наиболее актуальных в теории и методике спортивной тренировки и спортивной медицине [1–22]. Разница между паспортным и биологическим возрастом у детей одной группы может достигать 3–4 лет, что обуславливает неодинаковую переносимость тренировочных нагрузок и различный уровень травматического риска. Действующие системы допуска, основанные преимущественно на паспортном возрасте, не учитывают индивидуальные темпы биологического созревания.

Актуальность проблематики определяется тремя взаимосвязанными факторами. Первый фактор – глобальная тенденция к ранней спортивной специализации, которая в гимнастике, фигурном катании и плавании нередко начинается в 4–6 лет, что ассоциировано с повышенным риском перегрузочных травм [6, 14]. Вместе с тем установлено, что ранняя монодисциплинарная специализация ассоциирована с повышенным риском перегрузочных травм и эмоционального выгорания, особенно при отсутствии учёта индивидуальных темпов биологического созревания [6, 14].

Второй фактор – экономизация спорта и давление системы отбора, когда до 70% игроков, отобранных в профессиональные футбольные академии, составляют раннесозревающие спортсмены [4, 5]. По данным Summing и соавторов (2018), до 70% игроков, отобранных в профессиональные футбольные академии, составляют раннесозревающие спортсмены [4]. Позднесозревающие спортсмены при этом систематически подвергаются деселекции. Вместе с тем данные Gibbs и соавторов (2012) по НХЛ свидетельствуют о том, что позднесозревающие спортсмены, сохранившиеся в системе подготовки, нередко демонстрируют более длительную профессиональную карьеру и более высокую результативность [5]. Таким образом, традиционная система отбора неэффективна с точки зрения долгосрочного развития спортивного резерва.

Третий фактор – несоответствие паспортного возраста биологическому, которое в одной группе двенадцатилетних спортсменов может варьировать от десяти до четырнадцати лет [8, 13]. Тренировочная нагрузка, адекватная для физически зрелого подростка, может представлять травматический риск для его менее зрелого сверстника [8, 13].

Период 2020–2025 годов ознаменовался существенным прогрессом в данной области: установлены количественные пороги опасных темпов роста, выявлены биомеханические риски периода быстрого роста, валидированы смартфон-приложения для оценки зрелости [11, 12, 17]. Однако интегративная система, объединяющая данные критерии в алгоритм принятия решений, до настоящего времени предложена не была. Настоящее исследование направлено на восполнение данного пробела. Научная новизна исследования состоит в следующем: впервые на основании систематического

анализа современной литературы разработана интегративная система из 14 правил допуска, объединяющая три домена зрелости (биологический, функциональный, биомеханический); впервые предложена дифференциация правил по пяти группам видов спорта; впервые разработана трёхступенчатая модель практического внедрения мониторинга зрелости, реализуемая на любом уровне – от массовой секции до профессиональной академии.

Методика и организация исследования. Проведён систематический обзор рецензируемых публикаций из баз данных PubMed, Scopus и ScienceDirect за 2020–2025 годы. Из 287 первоначально выявленных записей после удаления дублей осталось 214 источников, после отбора по заголовкам и аннотациям (83) и полнотекстовой оценки отобрана 47 публикаций, из которых в итоговый анализ включены 22 источника, непосредственно соответствующие критериям цели исследования. По видам спорта преобладает футбол (62%), представлены также регби (5 работ), лёгкая атлетика (3), баскетбол и гимнастика (по 2). Для формализации предметной области использовано онтологическое моделирование в формализме OWL 2 DL. Для полуавтоматического извлечения знаний применены методы обработки естественного языка на основе моделей SciBERT и Sentence-BERT. На основании обзора разработана система из 14 правил допуска и трёхступенчатая модель их внедрения.

Результаты исследования. Анализ литературы позволил выделить три домена зрелости, определяющих безопасность спортивного участия юных спортсменов.

Биологическая зрелость. Наиболее точным методом оценки остаётся рентгенографическое определение скелетного возраста, однако его инвазивность ограничивает массовое применение. Более широкое распространение получили неинвазивные соматические методы, в частности расчёт показателя зрелости по уравнениям, включающим рост стоя, рост сидя, массу тела и паспортный возраст [8]. Результат выражается в годах относительно пика скорости роста (ПСР). Валидационное исследование Shang показало внутриклассовые коэффициенты корреляции от 0,955 до 0,991, что свидетельствует о принципиальной возможности массового мониторинга с использованием мобильных устройств [22].

Биомеханические риски. Пик скорости роста (ПСР) – период максимальной скорости линейного роста, приходящийся в среднем на 13–14 лет у мальчиков и 11–12 лет у девочек [8]. Данный период характеризуется наибольшей частотой травм [11, 17, 20]. Патогенетический механизм связан с опережающим ростом костной ткани относительно мышечно-сухожильного аппарата, что приводит к временному рассогласованию длины костных рычагов и способности нервно-мышечной системы ими управлять. Установлены конкретные пороги опасности: скорость роста более 7,2 см в год у мальчиков и 6,7 см в год у девочек, месячный прирост роста более 0,6 см. Силовая асимметрия нижних конечностей свыше 15% ассоциирована с увеличением риска повреждения передней крестообразной связки в 2,7 раза [3, 11, 12, 17, 20].

Функциональная готовность и био-бэндинг. Функциональный двигательный скрининг (ФДС) позволяет оценить качество базовых двигательных паттернов. Пороговое значение 14 баллов, ниже которого рекомендуется назначение коррекционной программы, приходится на 13–14 лет – период, совпадающий с «окном» максимальной уязвимости. Био-бэндинг – практика группирования спортсменов не по году рождения, а по биологическому возрасту – активно внедряется в футбольных академиях Англии, Испании и Португалии, позволяя объективно оценить технический уровень игроков [1, 9, 19, 20].

Система правил допуска. На основании проанализированных исследований разработана интегративная система из 14 правил, помогающая тренеру и врачу принимать обоснованные решения о допуске юных спортсменов к тренировочным нагрузкам. Система организована по трём доменам зрелости (биологическому,

функциональному и биомеханическому) и формирует одно из трёх решений: «допустить», «допустить с ограничениями» или «отложить». Ключевым свойством системы является принцип «красной линии»: положительные показатели одних доменов не компенсируют критический дефицит в другом [8, 12, 18, 20].

В таблице 1 представлены все 14 правил, сгруппированных в четыре функциональных блока.

Таблица 1 – Интегративная система из 14 правил допуска юных спортсменов к тренировочным нагрузкам

Блок / Block	Номер / Number	Правило / Rule	Критерий / Criterion	Решение / Действие / Decision/Action
1. Контроль темпов роста 1. Control of growth rates	1	«Окно уязвимости»	Период от -1,5 до +0,5 лет от ПСР	Измерять рост каждые 4 недели; двигательное тестирование каждые 8 недель; снижение контактных и ударных нагрузок на 20%
	2	Пороговые скорости роста	>7,2 см/год (мальчики); >6,7 см/год (девочки)	Снижение прыжков, ускорений и ударов головой на 30%
	3	«Правило 0,6 см»	Месячный прирост >0,6 см	Снижение общей нагрузки на 25–40%; отмена двухразовых тренировок; ограничение соревнований
2. Оценка качества движений / 2. Evaluation of the quality of movements	4	Функциональный двигательный скрининг	ФДС < 14 баллов + вальгус колена >20°	Отложить допуск; коррекционная программа 6–8 недель
			ФДС < 14 баллов (колени в норме)	Допуск с коррекционными упражнениями в программе
3. Адаптация тренировочного процесса / 3. Adaptation of the training process	5	Силовая асимметрия	Разница в силе ног >15%	8-недельная коррекционная программа; повторная оценка [12]
	6	Био-бэндинг	ПРВ 85–95% (контактные виды спорта)	Формирование групп для игр и турниров по биологическому, а не паспортному возрасту
	7	Запрет единоборств	Стадия Таннера < II	Абсолютный запрет на участие в контактных спаррингах и соревнованиях
4. Дополнительные правила / 4. Additional rules	8	Когнитивная готовность	Отставание в умственном развитии	Упрощение инструкций; использование наглядных схем; увеличение времени показа
	9	«Красная линия» (низкие показатели)	Критически низкие показатели любого домена	Обязательная отсрочка допуска
	10	«Красная линия» (высокие показатели)	Выполнение всех критериев	Безусловный допуск
	11	Эмоциональное выгорание	Снижение самооценки у ранне-созревающих	Психологическая поддержка; снижение соревновательной нагрузки
	12	Коррекция группы	Разница био. и пасп. возраста >3 лет	Перевод в группу, соответствующую биологическому возрасту
	13	Мышечный дисбаланс	Соотношение задние/передние мышцы бедра <0,60	Программа укрепления задней поверхности бедра
14	Аэробная выносливость	МПК ниже возрастной нормы (до ПСР)	12-недельная программа развития выносливости	

Примечание: ПСР – темп скорости роста; %ПРВ – процент прогнозируемого роста взрослого;

ФДС – функциональный двигательный скрининг; МПК – максимальное потребление кислорода.

Note: PHV (Peak Height Velocity); %PRV – percent predicted adult height; FMS – functional motor screening; VO2 max – maximum oxygen consumption.

Преобладание решений «допустить с ограничениями» (10 из 14 правил) отражает клиническую реальность: большинство юных спортсменов нуждаются не в запрете спортивной деятельности, а в индивидуализированной адаптации нагрузок.

Дифференциация правил по видам спорта. Разработанные правила адаптированы для пяти групп спортивных дисциплин. Для командных контактных видов (футбол, регби, хоккей) приоритетны контроль темпов роста и био-бэндинг [1, 9, 19]. В индивидуальных технических видах (гимнастика, фигурное катание) ключевое значение имеют укрепление плечевого пояса и когнитивная готовность [3, 16]. В единоборствах абсолютным является запрет контактных спаррингов до второй стадии полового созревания [16, 18]. В силовых видах главное условие – правильная техника движений [7, 15]. В видах на выносливость обязательны контроль темпов роста для профилактики усталостных переломов [11, 12].

Трёхступенчатая модель внедрения. Для практической реализации разработанной системы правил предложена трёхступенчатая модель внедрения, которая может быть масштабирована в зависимости от ресурсов и уровня подготовки организации (табл. 2).

Таблица 2 – Трёхступенчатая модель внедрения мониторинга зрелости в тренировочный процесс

Ступень 1: Базовая / Stage 1: Basic	→	Ступень 2: Продвинутая / Stage 2: Advanced	→	Ступень 3: Полная / Stage 3: Complete
Любая секция, клуб		Спортивные школы, ДЮСШ		Академии, профклубы
Ростомер, весы, смартфон		+ ФДС, динамометрия		+ Видеоанализ, датчики
Правила 1–3		Правила 4, 5, 7, 14		Все 14 правил
5–7 мин / спортсмен		30–40 мин / спортсмен		1–1,5 ч (первично)
Тренер		Спортивный врач		Команда специалистов

Дискуссионные вопросы. Следует различать два уровня анализа. Во-первых, сформулированные выше 14 практических правил допуска (таблица 1) представляют собой инструментальное решение, основанное на эмпирически подтверждённых факторах риска. Во-вторых, в научной литературе сохраняются семь дискуссионных вопросов методологического характера, касающихся фундаментальных положений возрастной физиологии, тренировочного процесса и прогнозирования спортивного долголетия. Ниже представлен анализ именно этих дискуссионных аспектов. На основе анализа литературы и практического опыта работы с юными спортсменами было выявлено семь ключевых дискуссионных вопросов, касающихся возрастной физиологии, тренировочного процесса и прогнозирования спортивного долголетия. Эти вопросы можно разделить на три категории: полностью решённые, частично решённые и открытые для дальнейшего обсуждения.

1. Решённые вопросы. Отсутствие жёстких сенситивных периодов: физические качества развиваются в любом возрасте, стадии созревания лишь фасилитируют прогресс, но не являются критическим окном [7, 21]. Безопасность силовых тренировок: при адекватном нормировании нагрузки с 5–6 лет они не повреждают зоны роста, а способствуют профилактике травматизма [7, 15].

2. Частично решённые вопросы. Эффект ранней специализации контекстуален: оправдан в видах спорта с ранним пиком формы (гимнастика), не рекомендован в командных видах до 12–13 лет [2, 6, 14]. Точность методов оценки биологической зрелости (скелетный возраст, антропометрическое прогнозирование PNV, приложения) характеризуется ошибкой 0,5–1 года, компенсируемой повторными измерениями [10, 13, 22]. Прогнозирование травмы валидно на групповом уровне (период ускоренного роста – фактор риска), но индивидуальный прогноз ненадёжен ввиду мультифакторности [12, 17, 18, 20].

3. Открытые вопросы. Полный переход от группировки по хронологическому возрасту к био-бэндингу организационно и психологически затруднён; компромиссным решением выступает комбинированное использование [1, 9, 19]. Гипотеза о долгосрочном преимуществе позднесозревающих спортсменов («underdog hypothesis») требует верификации с учётом ошибки выжившего; окончательный консенсус отсутствует [4, 5, 8].

Выводы. На основе систематического анализа 47 рецензируемых публикаций (2020–2025) выбраны 22 целевых источника, по которым идентифицированы ключевые факторы риска травматизма у юных спортсменов, связанные с их биологическим созреванием: скорость роста, превышающая 7,2 см/год у мальчиков и 6,7 см/год у девочек; месячный прирост роста более 0,6 см; силовая асимметрия нижних конечностей свыше 15%; вальгусное отклонение коленного сустава более 20°; период от 1,5 лет до пика скорости роста до 0,5 лет после ПСР («окно уязвимости»). Разработана интегративная система из 14 правил допуска, объединяющая три домена зрелости (биологический, функциональный, биомеханический). Правила дифференцированы по пяти группам видов спорта: командные контактные, индивидуальные технические, единоборства, силовые виды и виды на выносливость. Предложена трёхступенчатая модель внедрения мониторинга зрелости в тренировочный процесс (базовая, продвинутая и полная), обеспечивающая масштабируемость разработанной системы. Интеграция оценок трёх доменов зрелости позволяет реализовать индивидуализированный подход к допуску детей к занятиям спортом, что способствует снижению риска травматизма в периоды интенсивного роста и корректирует системное смещение отбора в пользу раннесозревающих спортсменов.

Практические рекомендации

Тренерам: ежемесячный контроль роста со снижением общей нагрузки на 25–40% при темпе $>0,6$ см/мес [11]; расчёт биологического возраста каждые 3–4 месяца со снижением контактных нагрузок на 20% в «окне уязвимости» [18, 20, 22]; формирование групп по био-бэндингу для объективной оценки технической подготовленности [1, 9, 19]; сохранение позднесозревающих спортсменов в системе отбора ввиду временного характера отставания в развитии [4, 5, 8]; периодизация силовой подготовки соответственно стадии созревания: до пубертата – техника, в период пубертата – мышечная масса, постпубертат – специализированная подготовка [7].

Спортивным врачам: функциональный двигательный скрининг каждые 8 недель в «окне уязвимости»; при ФДС <14 баллов и вальгусе колена $>20^\circ$ – отсрочка допуска [15, 17]; оценка силовой асимметрии нижних конечностей с назначением 8-недельной коррекционной программы при разнице $>15\%$ [17]; недопуск детей со стадией Таннера $<II$ к соревнованиям в единоборствах [16, 18]; мониторинг эмоционального состояния раннесозревающих со снижением соревновательной нагрузки при признаках выгорания [10].

Спортивным организациям: обязательный мониторинг биологической зрелости [20, 22]; турнирный био-бэндинг для спортсменов 10–15 лет в контактных видах спорта [9, 19]; корректировка критериев отбора с учётом стадии созревания, исключая отчисление позднесозревающих по текущим физическим показателям [4, 5, 8].

Список источников

- 1 Effects of bio-banding on physical and technical performance during soccer competition: a preliminary analysis / Abbott W., Williams S., Brickley G., Smeeton N. J. DOI 10.3390/sports7080193 // Sport. 2019. No. 7 (8). P. 193.

References

- 1 Abbott W., Williams S., Brickley G., Smeeton N. J. (2019), "The influence of bio-banding on physical and technical performance during soccer competition: a preliminary analysis", *Sport*, Vol. 7, No. 8, p. 193, DOI 10.3390/sports7080193.

- 2 Balyi I., Hamilton A. Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence // *Olympic Coach*. 2004. No. 16 (1). P. 4–9.
- 3 Costa e Silva L., Teles J., Fragoso I. Sports injuries patterns in children and adolescents according to their sports participation level, age and maturation DOI 10.1186/s13102-022-00431-3 // *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2022. No. 14 (1). P. 35.
- 4 Biological maturation, relative age and self-regulation in male professional academy soccer players: A test of the "underdog" hypothesis / Cumming S., Searle C., Hemsley J. K. [et al.]. DOI 10.1016/j.psychsport.2018.08.007 // *Psychology of Sport and Exercise*. 2018. No. 39. P. 147–153.
- 5 Gibbs B. G., Jarvis J. A., Dufur M. J. Rise of the underdog? The relative age effect reversal among Canadian-born NHL hockey players: A reply to Nolan and Howell. DOI 10.1177/1012690211414343 // *International Review for the Sociology of Sport*. 2012. No. 47 (5). P. 644–649.
- 6 Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations / Jayanthi N., Pinkham C., Dugas L. [et al.]. DOI 10.1177/1941738112464626 // *Sports Health*. 2013. No. 5 (3). P. 251–257.
- 7 Lloyd R. S., Oliver J. L. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. DOI 10.1519/SSC.0b013e31825760ea // *Strength and Conditioning Journal*. 2012. No. 34 (3). P. 61–72.
- 8 Malina R. M., C. Bouchard C., Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. Champaign : Human Kinetics, 2004. 712 p. DOI 10.5040/9781492596837. ISBN 9780880118828.
- 9 Bio-banding in youth sports: Background, concept, and application / Malina R. M., Cumming S. P., Rogol A. D. [et al.]. DOI 10.1007/s40279-019-01166-x // *Sports Medicine*. 2019. No. 49 (11). P. 1671–1685. EDN: VYBGFS.
- 10 An assessment of maturity from anthropometric measurements / Mirwald R. L., Baxter-Jones A. D., Bailey D. A., Beunen G. P. DOI 10.1097/00005768-200204000-00020 // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002. No. 34 (4). P. 689–694.
- 11 The burden of injuries according to maturity status / Monasterio X., Gil S. M., Bidaurrezaga-Letona I. [et al.]. DOI 10.1080/17461391.2021.2006316 // *European Journal of Sport Science*. 2023. No. 23. P. 267–277.
- 12 Growth and maturity status on injury risk in elite football / Monasterio X., Cumming S. P., Larruskain J. [et al.]. DOI 10.5114/biolport.2024.129472 // *Biology of Sport*. 2024. No. 41 (1). P. 235–244.
- 13 Enhancing a somatic maturity prediction model / Moore S. A., McKay H. A., Macdonald H. [et al.]. DOI 10.1249/MSS.0000000000000588 // *Med Sci Sports Exerc*. 2015. No. 47 (8). P. 1755–1764.
- 2 Balyi I., Hamilton A. (2004), "Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence", *Olympic Coach*, Vol. 16, No. 1, pp. 4–9.
- 3 Costa de Silva L., Teles J., Fragoso I. (2022), "Sports injuries patterns in children and adolescents according to their sports participation level, age and maturation", *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, Vol. 14, No. 1, p. 35, DOI 10.1186/s13102-022-00431-3.
- 4 Cumming S., Searle C., Hemsley J. K. [et al.] (2018), "Biological maturation, relative age and self-regulation in male professional academy soccer players: A test of the 'underdog' hypothesis", *Psychology of Sport and Exercise*, Vol. 39, pp. 147–153, DOI 10.1016/j.psychsport.2018.08.007.
- 5 Gibbs B. G., Jarvis J. A., Dufur M. J. (2012), "Rise of the underdog? The relative age effect reversal among Canadian-born NHL hockey players: A reply to Nolan and Howell", *International Review for the Sociology of Sport*, Vol. 47, No. 5, pp. 644–649, DOI 10.1177/1012690211414343.
- 6 Jayanthi N., Pinkham C., Dugas L. [et al.] (2013), "Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations", *Sports Health*, Vol. 5, No. 3, pp. 251–257, DOI 10.1177/1941738112464626.
- 7 Lloyd R. S., Oliver J. L. (2012), "The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development", *Strength and Conditioning Journal*, Vol. 34, No. 3, pp. 61–72, DOI 10.1519/SSC.0b013e31825760ea.
- 8 Malina R. M., Bouchard C., Bar-Or O. (2004), "Growth, Maturation, and Physical Activity", *Human Kinetics*, Champaign, 712 p., DOI 10.5040/9781492596837, ISBN 9780880118828.
- 9 Malina R. M., Cumming S. P., Rogol A. D. [et al.] (2019), "Bio-banding in youth sports: Background, concept, and application", *Sports Medicine*, Vol. 49, No. 11, pp. 1671–1685, DOI 10.1007/s40279-019-01166-x.
- 10 Mirwald R. L., Baxter-Jones A. D., Bailey D. A., Beunen G. P. (2002), "An assessment of maturity from anthropometric measurements", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 34, No. 4, pp. 689–694, DOI 10.1097/00005768-200204000-00020.
- 11 Monasterio X., Gil S. M., Bidaurrezaga-Letona I. [et al.] (2023), "The burden of injuries according to maturity status", *European Journal of Sport Science*, Vol. 23, pp. 267–277, DOI 10.1080/17461391.2021.2006316.
- 12 Monasterio X., Cumming S. P., Larruskain J. [et al.] (2024), "Growth and maturity status on injury risk in elite football", *Biology of Sport*, Vol. 41, No. 1, pp. 235–244, DOI 10.5114/biolport.2024.129472.
- 13 Moore S. A., McKay H. A., Macdonald H. [et al.] (2015), "Enhancing a somatic maturity prediction model", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 47, No. 8, pp. 1755–1764, DOI 10.1249/MSS.0000000000000588.

- 14 Sport specialization, part I: does early sports specialization increase negative outcomes and reduce the opportunity for success in young athletes? / Myer G. D., Jayanthi N., Difiori J. P. [et al.]. DOI 10.1177/1941738115598747 // *Sports Health*. 2015. No. 7 (5). P. 437–442.
- 15 The effects of strength, plyometric and combined training on strength, sprint and speed characteristics in high-level, well-trained male youth soccer players: a systematic review and meta-analysis / Oliver J. L., Ramachandran A. K., Singh U. [et al.]. DOI 10.1007/s40279-023-01944-8 // *Sports Med*. 2024. No. 54 (3). P. 623–643.
- 16 Patel D. R., Soares N., Wells K. Neuropsychological readiness of children for sports participation. DOI 10.21037/tp.2017.05.03 // *Transl. Pediatr*. 2017. No. 6 (3). P. 167.
- 17 Changes in lower limb biomechanics across various stages of maturation and implications for ACL injury risk in female athletes: a systematic review / Ramachandran A. K., Pedley J. S., Moeskops S. [et al.]. DOI 10.1007/s40279-024-02022-3 // *Sports Med*. 2024. No. 54 (7). P. 1851–1876.
- 18 A consensus on age-related injury risks and their prevention in youth soccer: a Delphi study / Sullivan J., Roberts S., Enright K. [et al.]. DOI 10.1371/journal.pone.0312568 // *PLoS One*. 2024. No. 19 (11). P. e0312568.
- 19 Effects of bio-banding on training load and technical indicators in young soccer players / de Macedo J. F. S., Laerte Lopes Ribeiro B., de Moraes Ferreira A. B. [et al.]. DOI 10.1371/journal.pone.0317432 // *PLoS One*. 2025. No. 20 (2). P. e0317432.
- 20 Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: one size does not fit all / Towlson C., Salter J., Ade J. D. [et al.]. DOI 10.1016/j.jshs.2020.09.003 // *J Sport Health Sci*. 2021. No. 10 (4). P. 403–412.
- 21 Hooren B. V., Croix D. S. M. Sensitive periods for training general motor abilities in children and adolescents: Do they exist? A critical appraisal. DOI 10.1519/SSC.0000000000000545 // *Strength and Conditioning Journal*. 2020. No. 42 (6). P. 7–14.
- 22 The validity of automatic methods for estimating maturation stage in young athletes: A comparison of the Matur smartphone application and sport science expert evaluations / Shang X., Arede J., Couto P., Leite N. DOI 10.1016/j.jshs.2025.101046 // *Journal of Sport and Health Science*. 2025. No. 14. P. 101046.
- 14 Myer G. D., Jayanthi N., Difiori J. P. [et al.] (2015), "Sport specialization, part I: does early sports specialization increase negative outcomes and reduce the opportunity for success in young athletes?", *Sports Health*, Vol. 7, No. 5, pp. 437–442, DOI 10.1177/1941738115598747.
- 15 Oliver J. L., Ramachandran A. K., Singh U. [et al.] (2024), "The effects of strength, plyometric and combined training on strength, sprint and speed characteristics in high-level, well-trained male youth soccer players: a systematic review and meta-analysis", *Sports Medicine*, Vol. 54 (3), pp. 623–643, DOI 10.1007/s40279-023-01944-8.
- 16 Patel D. R., Soares N., Wells K. (2017), "Neuropsychological readiness of children for sports participation", *Translational Pediatrics*, Vol. 6, No. 3, p. 167, DOI 10.21037/tp.2017.05.03.
- 17 Ramachandran A. K., Pedley J. S., Moeskops S. [et al.] (2024), "Changes in lower limb biomechanics across various stages of maturation and implications for ACL injury risk in female athletes: a systematic review", *Sports Medicine*, Vol. 54, No. 7, pp. 1851–1876, DOI 10.1007/s40279-024-02022-3.
- 18 Sullivan J., Roberts S., Enright K. [et al.] (2024), "A consensus on age-related injury risks and their prevention in youth soccer: a Delphi study", *PLoS One*, Vol. 19, No. 11, pp. e0312568, DOI 10.1371/journal.pone.0312568.
- 19 de Macedo J. F. S., Laerte Lopes Ribeiro B., de Moraes Ferreira A. B. [et al.] (2025), "Effects of bio-banding on training load and technical indicators in young soccer players", *PLoS One*, Vol. 20, No. 2, pp. e0317432, DOI 10.1371/journal.pone.0317432.
- 20 Towlson C., Salter J., Ade J. D. [et al.] (2021), "Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: one size does not fit all", *Journal of Sport and Health Science*, Vol. 10, No. 4, pp. 403–412, DOI 10.1016/j.jshs.2020.09.003.
- 21 Hooren B. V., Croix D. S. M. (2020), "Sensitive periods for training general motor abilities in children and adolescents: Do they exist? A critical appraisal", *Strength and Conditioning Journal*, Vol. 42, No. 6, pp. 7–14, DOI 10.1519/SSC.0000000000000545.
- 22 Shang X., Arede J., Couto P., Leite N. (2025), "The validity of automatic methods for estimating maturation stage in young athletes: A comparison of the Matur smartphone application and sport science expert evaluations", *Journal of Sport and Health Science*, Vol. 14, p. 101046, DOI 10.1016/j.jshs.2025.101046.

Информация об авторах: Новикова И.И., директор, SPIN-код: 3773-2898, ORCID: 0000-0003-1105-471X. Савченко О.А., ведущий научный сотрудник, SPIN-код: 1029-6168, ORCID: 0000-0002-7110-7871. Куликова О.М., ведущий научный сотрудник, SPIN-код: 4095-4445, ORCID: 0000-0001-9082-9848. Заборовский С.А., доцент кафедры физической подготовки, SPIN-код: 6413-7364.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 08.04.2026.

Принята к публикации 26.04.2026.