

Министерство спорта  
Российской Федерации

Кубанский государственный университет  
физической культуры, спорта и туризма

Научно-исследовательский институт  
проблем физической культуры и спорта

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ «СОВРЕМЕННЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И ОСТРОЙ ТРАВМАТИЗАЦИИ  
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ДЕТСКОМ И  
ЮНОШЕСКОМ СПОРТЕ»**

Краснодар

2015

Составители:

доктор медицинских наук, профессор Г. А. Макарова

А.А. Матишев

С.М. Чернуха

Методические рекомендации направлены на устранение имеющегося информационного вакуума и разработаны на основе анализа отечественной и зарубежной литературы, выполненного в соответствии приказом Минспорта России от 17 декабря 2014 г. № 1040 «Об утверждении ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма» государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) на 2015 и на плановый период 2016 и 2017 годов» по теме: «Педагогические факторы риска в системе внешних причин перенапряжения и острой травматизации опорно-двигательного аппарата в детском и юношеском спорте на примере легкой атлетики (прыжки, бег)».

Здоровье подрастающего поколения всегда находится под пристальным вниманием специалистов. Ухудшение его состояния, наблюдаемое в последнее время, вызывает озабоченность и специалистов, и общественности.

В подобной ситуации совершенно обоснованно большие надежды возлагаются на повышение двигательной активности юного поколения посредством занятий спортом. Однако ее благотворное влияние на физическое развитие и функциональные возможности организма, в первую очередь, сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, иммунитета, проявляется только в тех случаях, когда в качестве основной цели избирается не воспитание юных чемпионов, а их гармоничное развитие посредством избранного вида спорта. При этом необходимо учитывать то, что в детском, подростковом и юношеском возрасте наблюдаются большие вариации антропометрических параметров, степени полового созревания, уровня функциональных и энергетических потенциалов организма.

В настоящее время доказано [1-4], что до наступления пубертатного периода повышенные тренировочные нагрузки могут тормозить его развитие (например, интенсивные продолжительные тренировки, более 10 часов в неделю в течение года, способны вызвать задержку до 5 месяцев наступления менструального цикла у девочек).

Особенно увеличивается риск острых повреждений и хронического

перенапряжения костной системы в период подросткового «спурта», когда минерализация костей может не поспевать вслед за их линейным ростом. Во время соревнований и при интенсивной подготовке к ним многие юные спортсмены находятся в состоянии хронического стресса, что может спровоцировать у них психологические травмы, требующие иногда даже клинического вмешательства.

Дети одного возраста могут значительно отличаться друг от друга по характеристикам, определяющим состояние их биологической зрелости. При этом индивидуальные различия в достигнутом юными спортсменами состоянии зрелости влияют на показатели роста и эффективность достигаемых ими результатов в детстве и на протяжении подросткового периода [2]. Например, хорошо известны структурные, функциональные и определяющие результативность преимущества раннего созревания у мальчиков, занимающихся видами спорта, требующими больших размеров тела, силы и энергии. При этом возникает опасность проявления случаев серьезного травматизма при недостаточно продуманной и сбалансированной организации соревнований между рано и поздно созревающими мальчиками в контактных видах спорта, таких как боевые искусства и борьба. Недавно был предложен неинвазивный метод оценки состояния зрелости для применения при формировании групп юных спортсменов [5]. Однако классификация членов спортивных секций и участников юниорских соревнований продолжает опираться, прежде всего, на группирование на основе хронологического возраста, что, в свою очередь, может являться дополнительным источником индивидуальной изменчивости. Например, в пределах одной и той же возрастной группы (например, детей 12 лет) ребенок в возрасте 12 лет и 9 месяцев, скорее всего, будет иметь более высокие показатели роста, веса и физической силы по сравнению с ребенком, которому только что исполнилось 12 лет, в то время как оба они принадлежат к одной и той же группе детей 12-летнего возраста. Таким образом, при группировании детей на основе хронологического возраста источниками изменчивости будет служить

категория возраста сама по себе, а также индивидуальные различия в достигнутом ими состоянии зрелости [2].

Данные ряда последних исследований указывают на высокую степень риска, связанного с детским травматизмом в спорте, который становится важной проблемой общественного здравоохранения. Например, согласно проводимой в США оценке в 2000-2001 годах в травматологических отделениях больниц было зарегистрировано 4,3 миллиона случаев получения травм во время занятий спортом и другими видами активного отдыха [6].

Для обоих полов максимальные показатели травматизма отмечались у детей предподросткового и раннего подросткового возрастов, при этом они были более высокими у мальчиков. Примерно 40% всех спортивных травм приходилось на детей в возрасте 5-14 лет. Причем, эти данные лишь частично отражают общую картину детского и юношеского спортивного травматизма [1,7].

Общие факторы риска нарушений состояния здоровья юных спортсменов, и в частности, хронического перенапряжения и острой травматизации у них опорно-двигательного аппарата могут быть сгруппированы следующим образом:

- допуск к занятиям спортом детей и подростков, которые имеют заболевания и патологические состояния, являющиеся противопоказанием к напряженной мышечной деятельности;
- недооценка степени риска при допуске к занятиям спортом детей и подростков с пограничными состояниями здоровья;
- нарушение сроков допуска к занятиям отдельными видами спорта;
- формирование групп начальной подготовки без учета биологического возраста и исходного уровня физической подготовленности;
- несоблюдение физиологически обусловленных принципов организации учебно-тренировочного процесса, включая чувствительные периоды для развития отдельных физических качеств;
- ранняя специализация;

- использование дополнительных факторов адаптации, типа среднегорья;
- превышение физиологически обоснованного числа соревнований в отдельных возрастных периодах;
- алиментарные факторы (диетическое ограничение калорий – отрицательный энергетический баланс, недостаточное потребление углеводов и/или белков, дефицит железа, магниевая недостаточность, нарушения питьевого режима);
- нарушения режима дня, недостаточный сон, курение;
- стрессорные психологические факторы (повышенные ожидания со стороны тренера или членов семьи, нарушенные взаимоотношения с семьей и друзьями, потребности, связанные со школой или работой);
- отсутствие высокопрофессионального текущего врачебно-педагогического контроля или игнорирование его результатов;
- отсутствие полного объема мероприятий, направленных на профилактику травматизма [8].

*Дополнительные факторы риска спортивного травматизма в детском и подростковом возрасте*

Согласно С.А. Емегу [8, 9], факторы риска спортивного травматизма в детском и подростковом возрасте могут быть разделены на внешние и внутренние (потенциально управляемые и неуправляемые) (таблица В.1).

*К потенциально управляемым факторам риска* относятся те, которые могут быть устранены путем применения стратегий профилактики травматизма, позволяющих сократить частоту и тяжесть получаемых спортсменами травм.

*Неуправляемые факторы риска* не могут быть устранены с помощью применения вышеуказанных стратегий и стабильно оказывают отрицательное влияние на соотношение между факторами риска и травматизмом.

Иногда именно управляемые факторы риска (например, сокращение в период межсезонья специфических для данного вида спорта тренировок, снижение выносливости, силы и равновесия), приводят к увеличению риска

спортивного травматизма.

Таблица В.1 - Потенциальные факторы риска травматизма в детском и юношеском спорте

Внешние факторы риска	Внутренние факторы риска
<p><i>Неуправляемые</i></p> <p>Игровые виды спорта (контактные / бесконтактные)                      Уровень игры (рекреационный/элитный)                      Игровая позиция                      Погодные условия                      Время года/время суток</p> <p><i>Потенциально управляемые</i></p> <p>Правила                      Время игры                      Игровая поверхность (тип/состояние)                      Оснащение (защитное/обувь)</p>	<p><i>Неуправляемые</i></p> <p>Ранее перенесенные травмы                      Восприимчивость к повреждению зон роста                      Нелинейный характер роста                      Возраст                      Пол                      Межполушарная асимметрия</p> <p><i>Потенциально управляемые</i></p> <p>Уровень физической формы                      Подготовка, предшествующая занятиям данным видом спорта                      Тренировки                      Гибкость                      Сила                      Масса тела                      «Прочность» суставов                      Биомеханические характеристики                      Равновесие/ проприоцепция                      Психологические/социальные факторы</p>

Остановимся подробнее на каждом из перечисленных факторов риска.

*История предшествующих травм.* «Ранее полученные травмы увеличивают риск спортивного травматизма. Это может быть связано с постоянным присутствием последствий физиологических нарушений, возникших в результате первичной травмы (например, слабость связок, снижение мышечной силы, выносливости, проприоцепции) и/или неадекватной реабилитации. Процент повторных травм колеблется в пределах от 13 до 38%. В некоторых видах спорта риск повторных травм является более высоким по сравнению с риском первичных травм» [8, 9].

*Восприимчивость к повреждению пластинок роста.* Повреждения пластинок роста не имеют аналогов во взрослом возрасте. У детей следует

опасаться того, что пределы толерантности пластинок роста могут превышать в условиях механического стресса или в результате повторяющихся физических нагрузок [10].

При этом основная опасность повреждений пластинок роста заключается в том, что они могут вызывать постоянные повреждения растущих клеток, приводя к нарушениям роста всего организма в целом. Хрящ пластинки роста обладает низкой устойчивостью к стрессам [11]. Он также менее устойчив к сжатию и сдвигам по сравнению с суставным хрящом и прилегающей костью. Кроме того, пластинка роста может быть в 2-5 раз слабее окружающей фиброзной ткани [12].

Следовательно, в условиях превышающего пределы толерантности воздействия разрушающих сил может происходить повреждение пластинки роста. Восприимчивость пластинки роста к повреждениям в особенной степени проявляется во время периодов быстрого роста [13].

Исследования по развитию хряща пластины роста кости у животных демонстрируют снижение темпов роста в период полового созревания [14]. Результаты этих исследований согласуются с соответствующими данными, полученными при исследованиях организма человека [15]. Увеличение темпов роста пластинки роста сопровождается структурными изменениями, которые приводят к развитию более рыхлой и ломкой пластинки [15].

Кроме того, в процессе бурного роста организма в период созревания, минерализация костей может не поспевать вслед за их линейным ростом, что приводит к повышенной пористости и хрупкости костей в этом возрасте [16].

Исследования случаев травматизма, связанных с повреждением пластинки роста, указывают на рост переломов во время полового созревания [16].

К сожалению, до сих пор еще отсутствует достаточное количество эпидемиологических данных о повреждении ростовых пластинок при травматизме для отдельных видов спорта. Однако, судя по литературным обзорам, имеет место значительное количество опубликованных историй



болезней и фактических материалов, свидетельствующих о присутствии как острых, так и хронических повреждений ростовых пластинок у детей, занимающихся теми или иными видами спорта [17].

*Нелинейный характер роста.* Нормальный рост носит нелинейный характер, то есть существуют различия в темпах роста отдельных частей тела (головы, туловища, нижних конечностей), что оказывает соответствующее влияние на пропорции тела [2].

При рождении наблюдается наибольшее преобладание роста головы и туловища в общей структуре тела, которое затем снижается во время детства и при переходе в подростковый период. Таким образом, при сравнении общих пропорций тела ребенок имеет более крупную голову и туловище, и более короткие ноги, чем взрослый человек. Отсюда можно сделать вывод, что под действием определенной физической нагрузки опорно-двигательный аппарат у ребенка подвергается большему стрессу, чем у взрослого, а, следовательно, и более высокому риску связанного с перегрузками травматизма [18].

Но, несмотря на это, от детей младшего возраста часто требуют соблюдения режимов тренировок и приобретения спортивных навыков, которые изначально были разработаны для детей более старших возрастов. При этом значительно превышает уровень физических нагрузок и сложности приобретаемых навыков, который был характерен для тренировок и соревнований предыдущего поколения их сверстников.

*Возраст.* «Во всех видах спорта подростки старше 13 лет подвергаются более высокой степени риска получения травм по сравнению с детьми младшего возраста. Это связано с тем, что уровень конкуренции, частота контактов и размеры тела обычно возрастают с возрастом. Кроме того, с возрастом и накопленным опытом часто также увеличивается время, затрачиваемое на занятия спортом» [8, 9].

*Пол спортсменов.* «Юные спортсмены мужского пола обычно подвержены более высокому риску получения травм» [8, 9]. Причиной более высокого риска спортивного травматизма для мальчиков может служить тот

факт, что они, по сравнению с девочками, занимающимися теми же самыми видами спорта, обычно отличаются более высокой активностью и имеют большую массу тела [8, 9].

Исключением являются отдельные виды спорта, такие как футбол, бейсбол и баскетбол, которые, очевидно, связаны с более высокой степенью риска для лиц женского пола. Причины этого могут заключаться в более низком уровне развития специфических навыков или же могут иметь физиологический характер.

*Межполушарная асимметрия.* «Леворукость служит фактором риска спортивного травматизма. Леворукие дети и подростки подвержены повышенному риску травматизма по причине систематических ошибок, характерных для праворукого мира (например, при использовании спортивного оборудования), или функциональных различий, связанных с неврологическим развитием.

*Масса тела.* Более высокие и тяжелые спортсмены (например, в американском футболе, гимнастике, футболе и бейсболе) обладают повышенной восприимчивостью в травмоопасных ситуациях по причине более высокой величины ударных сил, поглощаемых мягкими тканями и суставами» [8, 9].

*Динамика физического развития.* «Быстрый рост скелета у детей и подростков обуславливает присутствие ряда потенциальных физиологических причин характерного для них повышенного риска травматизма. Так, внезапная мышечная тяга, передаваемая на кости незрелого скелета (например, при быстром увеличении мышечного усилия) может вызывать острый отрывной перелом хрящевой пластинки зоны роста. Данная травма не встречается у взрослых. Хроническая повторная мышечная тяга, которая обычно воздействует на незрелый скелет в период скачка роста, может приводить к возникновению болезни Осгуда-Шлаттера (остеохондропатия бугристости большеберцовой кости – проявляется с 10 до 15 лет, характеризуется болью в области коленного сустава) или болезни Севера (эпифизит пяточной кости –

состояние, возникающее у детей и проявляющееся в области пятки). Оба эти повреждения встречаются исключительно у детей и подростков. Имеются также свидетельства существования связи между пиковой скоростью увеличения роста и максимальной частотой перелома дистального отдела лучевой кости, что позволяет предположить возможность увеличения риска получения некоторых травм юными спортсменами во время скачков роста» [8].

*Вид спорта и период тренировочного цикла.* Самые высокие показатели травматизма зарегистрированы в игровых видах спорта. Прежде всего, это связано с телесным контактом, который является обычным явлением в игровых видах спорта. Характерной чертой спортивных игр является также частое выполнение подпрыгиваний, спринтерских рывков и резких поворотов, то есть движений, наиболее часто вовлеченных в механизмы развития спортивных травм.

*Риск травматизма возрастает:*

- в организованном спорте по сравнению с неорганизованным;
- с увеличением затрат времени на занятия спортом;
- во время соревнований по сравнению с тренировками;
- в турнирных матчах по сравнению с регулярными сезонными играми в соревнованиях более высокого уровня;
- во время футбольных матчей в закрытых помещениях.

*Уровень технического мастерства.* Повышение уровня технического мастерства приводит либо к улучшению показателей уровня травматизма (например, в хоккее), либо к их ухудшению (борьба, гимнастика) [8, 9].

*Слабость связочного аппарата* позволяет прогнозировать повышенный риск возможной травматизации различных звеньев опорно-двигательного аппарата.

*Пониженная гибкость* обычно не является фактором риска в юношеском или взрослом спорте. Однако она может выступать в роли фактора риска травматизма в гимнастике, фигурном катании и борьбе, поскольку все эти виды требуют высокой степени гибкости для выполнения многочисленных

элементов и технических приемов.

*Состояние усталости.* Кумулятивная усталость проявляет взаимосвязь с повышенным риском получения травмы. Острая усталость выступает в роли особого фактора риска, например, в хоккее, где повышенный риск травматизма присутствует в течение последних 5 мин периода и в течение всего последнего периода матча.

*Снижение силы и/или выносливости по причине отсутствия или ограниченного количества тренировок перед соревновательным сезоном.* Как в юношеском, так и во взрослом спорте, с этим фактором могут быть связаны высокие показатели травматизма. Так, футболисты подросткового возраста, участвующие в предшествующей соревновательному сезону программе общеукрепляющих тренировок, подвергаются значительно более низкому риску получения травм коленного сустава. Уменьшение количества специфических тренировок во время межсезонья в профессиональном хоккее приводит к увеличению риска растяжения паха.

*Технические приемы.* При исследовании зависимости между травмой локтя у бейсбольных питчеров 14 лет и младше и применяемым ими стилем выполнения подачи выявлен повышенный риск травмы локтя при выполнении подачи горизонтальной рукой (особенно при прогибе или привычном резком движении).

К другим факторам риска могут относиться *перекрестные тренировки, нарушения режима сна, питания и множество дополнительных психологических составляющих.*

Потенциально изменяемые факторы риска спортивного травматизма включают также *психосоциальные факторы* (установлена взаимосвязь между спортивным травматизмом и стрессом, связанным с условиями жизни).

Отдельно следует остановиться на биомеханике спортивных травм. В настоящее время все более возрастает понимание того, что биомеханика играет ключевую роль как в повышении результативности, так и в предотвращении травматизма. Например, обладающий неправильной механикой метатель копья,

не только будет иметь более короткий бросок по сравнению с его потенциальными возможностями, но и в большей степени будет подвергаться риску получения травм [19].

Причинами отклонений от нормы в биомеханике могут служить статические (анатомические) аномалии или функциональные (вторичные) аномалии.

Статические аномалии, такие как различия в длине ног или вальгусная деформация коленных суставов (X-образное искривление ног), не могут быть исправлены. Однако вторичные эффекты проявления этих аномалий могут быть сведены до минимума с помощью компенсирующих приспособлений, таких как обувь со специальными прокладками в случае различия в длине ног или применение ортеза при вальгусной деформации коленного сустава.

Функциональные аномалии могут возникать в результате травмы или по причине слабой техники спортсмена. Например, растяжение связки может приводить к растяжению сустава, в то время как продолжительный период иммобилизации может стать причиной мышечного дисбаланса [19].

*Травматическое перенапряжение опорно-двигательного аппарата в подростковом и юношеском спорте.* В работах [20, 21] особое внимание уделяется следующим видам травматического перенапряжения опорно-двигательного аппарата в подростковом и юношеском спорте:

*проблемы плечевого сустава:*

- травматическая нестабильность передней части плечевого сустава;
- атравматические повреждения плечевого сустава;

*травмы коленного сустава:*

- боль в надколенно-бедренном суставе и его нестабильность;
- травмы передней крестообразной связки колена (ПКСК);
- рассекающий остеохондрит (РО);

*травмы локтевого сустава у метателей подросткового и юношеского возраста;*

- *повреждения позвоночника у спортсменов подросткового и юношеского*

*возраста:*

- спондилолиз / спондилолистез;
- грыжа межпозвонкового диска поясничного отдела;
- остеохондропатический кифоз (кифоз Шойермана).

*Травматическая нестабильность передней части плечевого сустава.*

Стабильность плечевого сустава основана на статических (связки) и динамических (мышечный контроль) факторах. Травматическая нестабильность является результатом непосредственной или опосредованной травмы плеча, ведущей к подвывиху или вывиху сустава. Этим травмам у спортсменов подросткового и юношеского возраста сопутствует высокая доля рецидивов. Травмой, вызывающей нестабильность сустава, является либо отрыв связки от кости, либо травма суставной капсулы. В результате этой травмы часто теряется динамический мышечный контроль, что может усилить нестабильность. Костная травма суставной ямки и/или головки плеча может увеличить степень нестабильности.

*Атравматические повреждения плечевого сустава.* У интенсивно тренирующихся спортсменов подросткового и юношеского возраста недостаточность опорно-двигательного аппарата рано проявляется в амплитуде движений и равновесии тела при мышечных усилиях. Это может привести к таким проблемам в их биомеханике как недостаточность внутреннего вращения плечевого сустава, переразгибание плечевого сустава и нарушение функции лопатки. Эпифизарные изменения могут произойти вследствие тягового усилия мышц и ротационных нагрузок. Изменения в этих костно-мышечных и биомеханических факторах могут привести к снижению спортивной результативности или травме.

*Боль в надколенно-бедренном суставе и его нестабильность.* Боль в надколенно-бедренном суставе сопутствует многочисленным скелетно-мышечным, биомеханическим и психологическим факторам; точная первопричина боли часто остаётся неизвестной. Повреждение суставного хряща редко бывает причиной симптомов в надколенно-бедренном суставе.

Наиболее часто их вызывают чрезмерные нагрузки, смещение надколенника, ослабление мышц или нарушение мышечного равновесия и травмы. У лиц женского пола они регистрируются чаще, причем травматическая неустойчивость может развиться в результате травмы коленного сустава, который в остальном был нормальным. Атравматической неустойчивости сопутствуют смещение коленного сустава и надколенника и/или нарушения в разгибающем механизме.

*Травмы передней крестообразной связки колена (ПКСК).* Механизм травмы ПКСК у молодых спортсменов с несформировавшимся скелетом такой же, как и у взрослых, в большинстве случаев – неконтактный. У лиц женского пола неконтактные травмы ПКСК случаются чаще, чем у мужчин в тех же видах спорта. Травмы ПКСК у этой категории спортсменов могут проявляться как костные отрывы от бугристости большеберцовой кости, а также как разрывы связки. До 65% травм ПКСК у детей наблюдаются в случае острой травмы сустава, сопровождающейся гемартрозом. Наличие открытых зон роста требует особой осторожности при выборе лечения травмы ПКСК.

*Рассекающий остеохондрит (РО).* РО является приобретённым, потенциально обратимым идиопатическим поражением субхондральной кости, приводящим к отслоению и отторжению некротизированного участка от сохранивших жизнеспособность тканей; может сопровождаться вовлечением в патологический процесс суставного хряща и его неустойчивостью. Спортсмены с незавершённым формированием скелета и повреждениями от РО при невовлечённом в патологический процесс суставном хряще имеют возможность излечения в случае прекращения повторяющихся ударных нагрузок. Прогноз для спортсменов с завершённым формированием скелета, имеющих повреждения от РО, менее благоприятен. Наличие механических симптомов, таких как «запертое колено» или «заедание» в суставе может означать появление в суставе неустойчивых костно-хрящевых осколков.

*Травмы локтевого сустава у метателей подросткового и юношеского возраста.* Вальгусные нагрузки при быстром выпрямлении руки в локтевом

суставе могут вызывать растягивающее напряжение вдоль связок среднего отдела, касательное напряжение в заднем отделе и сжимающее напряжение в боковых структурах. В качестве источников этих напряжений выступают чрезмерные нагрузки, нарушение работы кинетической цепочки, слабые мышцы плеча или всей верхней конечности и большое количество выполненных движений.

*Повреждения позвоночника у спортсменов подросткового и юношеского возраста.* Боль в пояснице бывает у юных спортсменов намного чаще, чем у людей, не занимающихся спортом. Визуализация показывает у них намного больше случаев структурных нарушений (например, дегенерация межпозвоночного диска, грыжа Шморля и апофизарные травмы). У спортсменов чаще встречается спондилолиз (от 8 до 14 %, в то время как среднестатистическая заболеваемость – от 4,4 до 5,2 %). В отдельных видах спорта спондилолиз может встречаться намного чаще. Комплекс причин включает в себя скелетно-мышечные, инфекционные, воспалительные состояния и даже опухоли, а также возрастные нарушения. У подростков и юношей боль в пояснице может быть вызвана депрессией и/или другими эмоциональными проблемами.

*Спондилолиз* (несращение дуги позвонка, чаще пятого поясничного, в межсуставной области или в области ножки дуги, возникающее вследствие задержки развития заднего отдела позвоночника) – наиболее частый диагноз, который ставят спортсменам подросткового и юношеского возраста, обратившимся в клинику спортивной медицины с болью в пояснице. Те виды спорта, для которых характерны частые сгибания/выпрямления конечностей в сочетании с вращением, известны наибольшей частотой случаев спондилолиза, но такое повреждение может случиться в любом виде спорта. Переход спондилолиза в спондилолистез (смещение вышележащего позвонка по отношению к нижележащему) встречается нечасто, даже в случае продолжения участия атлета в спортивных мероприятиях. Если такое развитие всё же происходит, то чаще всего – во время резкого увеличения темпов юношеского



созревания.

*Биомеханические нарушения в системе факторов риска спортивных травм.* Отдельно следует остановиться на биомеханике спортивных травм [19]. В настоящее время все более возрастает понимание того, что биомеханика играет ключевую роль, как в повышении результативности, так и в предотвращении травматизма. Например, обладающий неправильной механикой метатель копья, не только будет иметь более короткий бросок по сравнению с его потенциальными возможностями, но и в большей степени будет подвергаться риску получения травм.

Причинами отклонений от нормы в биомеханике могут служить статические (анатомические) аномалии или функциональные (вторичные) аномалии.

Статические аномалии, такие, как различия в длине ног или вальгусная деформация коленных суставов (X-образное искривление ног), не могут быть исправлены. Однако вторичные эффекты проявления этих аномалий могут быть сведены до минимума с помощью компенсирующих приспособлений, таких как обувь со специальными прокладками в случае различия в длине ног или применение ортеза при вальгусной деформации коленного сустава.

Функциональные аномалии могут возникать в результате травмы или по причине слабой техники спортсмена. Например, растяжение связки может приводить к растяжению сустава, в то время как продолжительный период иммобилизации может стать причиной мышечного дисбаланса.

Слабая техника также может повлечь за собой аномалии в биомеханике, способствующие последующему получению травмы [22].

Список технических нарушений и связанных с ними травм в легкой атлетике представлен в таблице В.2.

*Специфические повреждения и травмы в легкой атлетике.* Согласно [19], повреждения и травмы в легкой атлетике определяются спецификой каждого вида, обуславливающей определенные наборы травмирующих факторов и наиболее уязвимых звеньев опорно-двигательного аппарата.

Таблица В.2 – Взаимозависимость между техническими нарушениями и травмами [22]

Вид спорта	Нарушение техники	Травма
Метание копья	Резко опускаемый локоть Неправильный вынос бедра	Боль в центральной части локтя Дисфункция грудного / поясничного отдела позвоночника
Тройной прыжок	«Блокирование» во время выполнения шага тройного прыжка	Травмы крестцово-подвздошного/поясничного отделов позвоночника, тендинит надколенника (колени прыгуна), синдром тарзального канала (невропатия большеберцового нерва)
Прыжки в высоту	Неправильная постановка ступни	Тендинит надколенника Синдром тарзального канала Стрессовый перелом малоберцовой кости
Прыжок с шестом	Слишком близкое место отталкивания  Задержка при постановке шеста в упор	Травмы поясничного отдела позвоночника (напр., спондилолиз) Импинджмент-синдром (синдром соударения) голеностопного сустава Стрессовый перелом таранной кости Импинджмент-синдром плечевого сустава
Бег	Наклон таза вперед Недостаточный контроль бокового движения таза	Травмы подколенного сухожилия Синдром трения подвздошно-большеберцового тракта (трение подвздошно-большеберцового тракта о мышечки бедренной кости)

*Наиболее уязвимые звенья опорно-двигательного аппарата у представителей отдельных видов легкой атлетики*

Вид легкой атлетики: бег на короткие дистанции.

Преимущественная локализация острых повреждений: мышцы задней поверхности бедра, голеностопный сустав, стопы.

Преимущественная локализация хронической патологии: поясничный отдел позвоночника.

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: данные о соотношении частоты встречаемости острых и хронических патологий разноречивы.

Вид легкой атлетики: бег на средние дистанции.

Преимущественная локализация острых повреждений: трехглавая мышца

голени, двуглавая и приводящие мышцы бедра.

Преимущественная локализация хронической патологии: мышцы задней поверхности бедра, икроножная мышца (миозиты и миоэнтезиты), ахиллово сухожилие (паратенонит), большеберцовая кость (динамические периостеопатии, периоститы, болезнь Осгуда-Шлаттера), голеностопный сустав, стопы (комбинированное плоскостопие в сочетании с деформацией пальцев), коленный сустав (редкая локализация).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: хронические патологии преобладают над острыми.

Вид легкой атлетики: бег на длинные дистанции.

Преимущественная локализация острых повреждений: мышцы задней поверхности бедра, икроножная мышца, голеностопный сустав (капсульно-связочный аппарат), коленный сустава (мениски, крестообразные и боковые связки).

Преимущественная локализация хронической патологии: области голеностопного сустава (хондромалиции, деформирующие артрозы, хроническая микротравматизация капсульно-связочного аппарата), стопы (комбинированное плоскостопие в сочетании с деформацией пальцев), мышцы задней поверхности бедра и икроножные мышцы (миозиты, миоэнтезиты), ахиллово сухожилие (хронические паратенониты, хронические бурситы в области прикрепления ахиллова сухожилия к бугру пяточной кости), большеберцовая кость (динамические периостеопатии и периоститы).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: хронические патологии преобладают над острыми.

Вид легкой атлетики: бег на сверхдлинные дистанции.

Преимущественная локализация острых повреждений: плюсневые отделы стоп.

Преимущественная локализация хронической патологии: голеностопный сустав (капсульно-связочный аппарат, деформирующий артроз), коленный сустав (капсульно-связочный аппарат), тазобедренный сустав

(преимущественно дисторсии), стопы (средний отдел), ахиллово сухожилие (пратенониты, ахиллобурситы).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: хронические патологии преобладают над острыми.

Вид легкой атлетики: метание копья.

Преимущественная локализация острых повреждений: локтевой сустав (капсульно-связочный аппарат), коленный сустав (боковые связки и мениски), пальцы кисти (миоэнтезический аппарат и вывихи), мышцы спины и поясничного отдела позвоночника.

Преимущественная локализация хронической патологии: локтевой сустав (капсульно-связочный аппарат), плечевой сустав (эпикондилиты мышцелков), надколенник (тендопатии собственной связки).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: хронические патологии несколько преобладают над острыми.

Вид легкой атлетики: метание молота.

Преимущественная локализация острых повреждений: коленный сустав (мениски и боковые связки), мышцы спины.

Преимущественная локализация хронической патологии: коленный, голеностопный, плечевой суставы, позвоночник, мышцы бедра и спины (миоэнтезиты, миозиты).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: хронические патологии преобладают над острыми.

Вид легкой атлетики: прыжки в высоту способом «фосбюри-флоп».

Преимущественная локализация острых повреждений: коленный сустав (капсульно-связочный аппарат, в частности – боковые связки), голеностопный сустав (капсульно-связочный аппарат), мышцы задней поверхности бедра (у места прикрепления к седалищному бугру).

Преимущественная локализация хронической патологии: коленный сустав (тендопатия собственной связки надколенника, инфрапателлярные бурситы), голеностопный сустав (капсульно-связочный аппарат).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: хронические патологии преобладают над острыми.

Вид легкой атлетики: прыжки в длину.

Преимущественная локализация острых повреждений: коленный (мениски, крестообразные и боковые связки, сочетанные повреждения капсульно-связочного аппарата) и голеностопный (капсульно-связочный аппарат) суставы.

Преимущественная локализация хронической патологии: поясничный отдел позвоночника (остеохондроз), коленный и голеностопный суставы (капсульно-связочный аппарат, тендопатия собственной связки надколенника)

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: острые патологии преобладают над хроническими.

Вид легкой атлетики: тройной прыжок.

Преимущественная локализация острых повреждений: голеностопный сустав (капсульно-связочный аппарат), средний отдел стопы, коленный сустав, плюсневые кости стопы.

Преимущественная локализация хронической патологии: голеностопный сустав (капсульно-связочный аппарат, покровный хрящ, микропереломы в области вершечек лодыжек, а также в области прикрепления капсулы к таранной кости), коленный сустав (тендопатия собственной связки надколенника, инфрапателлярные бурситы), мышцы задней поверхности бедра (миоэнтезит), икроножная мышца (область перехода мышцы в сухожилие), ахиллово сухожилие (паратенонит), позвоночник (остеохондроз, деформирующий спондилез, спондилоартроз), большеберцовая кость (динамические периостеопатии и периостит).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: острые патологии несколько преобладают над хроническими.

Вид легкой атлетики: прыжки с шестом.

Преимущественная локализация острых повреждений: голеностопный, коленный (мениски, крестообразные и особенно боковые связки) суставы,

ключично-акромиальные сочленения (часто комбинированные повреждения капсульно-связочного аппарата).

Преимущественная локализация хронической патологии: голеностопный, коленный суставы и суставы плечевого пояса (хронические микротравмы капсульно-связочного аппарата).

Соотношение частоты встречаемости хронической и острой патологии: острые патологии отчетливо преобладают над хроническими.

*Особенности травматизма в детской легкой атлетике.* Согласно данным, представленным в работе [23], Гэрик и Реква [24] подчеркивают, что в приведенных ими исследованиях примерно 4 из 5 травм произошли именно во время занятий бегом, разграничивая бег и другие легкоатлетические виды спорта. Уотсон и Димартино [30] пришли к выводу, что 82% травм приходится на занятия бегом и 18% на оставшиеся легкоатлетические виды спорта. Они также подчеркивают, что 20% от общего числа травм приходится на не связанные с легкой атлетикой виды физической активности. Принимая во внимание этот факт, можно прийти к выводу, что 65% зарегистрированных травм произошли во время занятий бегом, 15% во время занятий легкой атлетикой, и 20% во время занятий другими упражнениями.

Исследование Д'Соузы [25] позволяет прийти к выводу, что 70% от всех зарегистрированных случаев травм приходилось на долю занятий бегом и оставшиеся 30% на другие легкоатлетические виды спорта. Следует заметить, что Д'Соуза [25] в своем исследовании разграничивает виды соревнований, что позволяет говорить о количестве травм, приходящихся на 100 бегунов - 63, в то время как на представителей других видов легкой атлетике приходится 56 травм.

*Биомеханика спортивных травм и хронического перенапряжения опорно-двигательного аппарата в беге.* Согласно [19], основными биомеханическими нарушениями при занятиях бегом являются избыточная пронация, избыточная супинация, нарушения биомеханики таза (избыточный наклон таза вперед, избыточный боковой наклон таза, асимметричное движение

таза), а также структурные аномалии стопы, подтаранного сустава, голеностопного сустава, костей голени и тазобедренного сустава, в основном варус переднего отдела стопы, вальгус переднего отдела стопы, подошвенное сгибание первого луча плюсны, вальгус заднего отдела стопы, варус заднего отдела стопы, варусная деформация коленных суставов, вальгусная деформация коленных суставов и различия в длине ног.

*Избыточная пронация.* Пронация стопы происходит в подтаранном суставе. Аномальная пронация наблюдается при избыточной степени пронации или при присутствии пронации во время фазы ходьбы, когда стопа должна находиться в положении супинации. Избыточная пронация стопы может вызвать избыточную внутреннюю ротацию всей нижней конечности во время переноса веса, что, в свою очередь, увеличивает нагрузку на многочисленные структуры организма.

Избыточная пронация увеличивает силы реакции опоры на медиальный отдел стопы. Это способствует развитию аномалий первого плюснефалангового сустава, включая экзостозы и вальгусную деформацию первого пальца стопы. С избыточной пронацией также связывают боль, вызываемую сесамойдитами. Нестабильность стопы является обычной причиной образования костных мозолей и затвердеваний на коже. Гипермобильность плюсневых суставов может стать причиной развития межпальцевой невромы Мортона. Избыточная пронация также вызывает повышенную нагрузку на средний продольный свод и увеличивает напряжение на подошвенный апоневроз и мышцы подошвы. Комплекс икроножных и камбаловидной мышц может осуществлять более длительное и более жесткое сокращение для обеспечения уменьшения ротации ноги и пронации ступни. Это может привести к тендинопатии ахиллова сухожилия и задних сухожилий большеберцовой кости. Перегрузка длинных мышц-сгибателей ноги может стать причиной периостита (воспаления надкостницы) большеберцовой кости, проявляющегося в виде боли в средней части голени.

Избыточная пронация приводит к повышенной внутренней ротации большеберцовой кости и способствует подвывиху коленной чашечки в

латеральном направлении и дисбалансу четырехглавой мышцы – оба эти нарушения могут в свою очередь вызывать дисфункцию пателлофemorального сочленения. В результате внутренней ротации большеберцовой кости могут возникать изменения надколенного сухожилия, которые могут служить предпосылкой пателлярной тендинопатии (колена прыгуна). Внутренняя ротация большеберцовой кости может также приводить к напряженности мышц подвздошно-большеберцового тракта.

С нахождением стопы в неустойчивом состоянии избыточной пронации обычно связывают также стрессовые переломы. Переломы плюсневых костей могут происходить в результате неравномерного распределения веса и избыточного движения плюсневых костей при опускании переднего отдела стопы. Причиной стрессовых переломов сесамовидных костей может послужить нагрузка на первый луч стопы. Избыточная пронация может вызывать стрессовые переломы большеберцовой кости. Перегрузка задней мышцы большеберцовой кости и сухожилий длинных мышц-сгибателей может приводить к трению о надкостницу и сгибанию большеберцовой кости. По мере накопления вызванной избыточной пронацией усталости в этих мышцах, большеберцовая кость подвергается все более сильному отрицательному воздействию.

При пронации стопы во время фазы отталкивания действие перонеальных мышц направлено на стабилизацию продольного и поперечного свода стопы. Хронические перегрузки могут приводить к развитию стрессового перелома малоберцовой кости.

*Избыточная супинация* в подтаранном суставе может служить компенсацией структурных нарушений в стопе. Она также может происходить в результате слабости мышц антагонистов, обеспечивающих пронацию (например, перонеальных мышц), или по причине спазма или напряженности мышц-супинаторов (напр., задней мышцы большеберцовой кости и комплекса икроножных мышц и камбаловидной мышцы).

Находящаяся в положении супинации стопа может обладать меньшей



подвижностью, что может снижать ее способность к амортизации. Это может служить предпосылкой для развития стрессовых переломов большеберцовой, малоберцовой, пяточной и плюсневых костей (особенно четвертой и пятой плюсневых костей).

Избыточная супинация также считается причиной поперечной неустойчивости стопы и голеностопного сустава. Это может быть связано с типом стопы, для которой характерен вальгус переднего отдела стопы. В результате увеличивается частота проявления растяжений сухожилий голеностопного сустава и стопы. В связи с повышенным боковым напряжением нижней конечности возрастает напряженность подвздошно-большеберцового тракта, что может приводить к развитию тендинита и бурсита в проекции латерального мыщелка бедра.

*Нарушения биомеханики таза.* В процессе бега требуется выполнение определенного количества движений таза (ротация, наклоны вперед-назад и в стороны). Однако при этом может наблюдаться избыточное движение в любой из трех плоскостей (сагиттальной, фронтальной и поперечной) по причине недостаточного контроля со стороны стабилизирующих мышц. Этот слабый контроль снижает эффективность передачи сил через таз и вместе с тем эффективность выполнения движений. Часто нарушения проявляются более чем в одной плоскости. Отсутствие стабильности в одной плоскости может служить предпосылкой к возникновению проблем в другой плоскости. К наиболее распространенным аномалиям относятся избыточный наклон вперед, избыточный боковой наклон и асимметрия в движении таза.

*Избыточный наклон таза вперед.* Спортсмен, обладающий недостаточным контролем мышц таза (брюшных мышц, средней и малой ягодичных мышц, мышц подколенных сухожилий и наружных мышц-вращателей бедра) в сочетании с напряженностью сгибающих мышц бедра, может оказаться не в состоянии выполнять активное разгибание тазобедренного сустава отдельно от движения таза, тем самым увеличивая наклон вперед или переднюю ротацию таза во время бега. При этом может

также увеличиваться длина и напряжение подколенных сухожилий и брюшных мышц.

В результате избыточной работы наружные мышцы-вращатели бедра становятся слишком напряженными, для того, чтобы обеспечивать стабильность таза и компенсировать снижение активности ягодичных мышц. Напряженные наружные мышцы-вращатели бедра становятся причиной увеличения угла отведения переднего отдела стопы при ходьбе.

Повышенный наклон таза вперед с разгибанием тазобедренного сустава приводит к усилению поясничного лордоза и напряжения на апофизарные и крестцово-подвздошные суставы поясничного отдела позвоночника.

При наклоне таза вперед наблюдается сгибание колена выше нормального уровня, которое возникает при контакте стопы с опорной поверхностью и во время фазы опоры на всю стопу. Это увеличивает эксцентрическую нагрузку на разгибательный аппарат коленного сустава, что может способствовать развитию пателлярной тендинопатии. При более сильном сгибании колена надколенник прижимается к бедренной кости с повышенной силой, что может послужить причиной развития пателлофemorального болевого синдрома. Чрезмерный наклон таза вперед может быть как двусторонним, так и односторонним.

*Избыточный боковой наклон таза.* Избыточный боковой наклон таза наблюдается при недостаточном контроле отводящих и приводящих мышц тазобедренного сустава в несущей вес тела конечности, которые обеспечивают опускание бедра во время фазы переноса. Это может приводить к чрезмерному напряжению и воспалению латеральных структур тазобедренного сустава, приводящих мышц, мышцы, напрягающей широкую фасцию бедра, подвздошно-большеберцового тракта и других латеральных структур колена, а также поясничного отдела позвоночника.

В результате чрезмерного наклона таза вперед наблюдается увеличение длины ягодичных мышц, что приводит к уменьшению силы их сокращения. Это также служит причиной избыточного бокового наклона таза.

*Асимметричное движение таза.* В связи с большим количеством прикрепленных к тазу мышц, асимметрия движений таза может происходить в силу целого ряда причин:

- напряженные/сокращенные мышцы;
- некоординированные ослабленные мышцы;
- структурные аномалии (например, разница в длине ног, сколиоз).

Все эти виды асимметрии могут развиваться как адаптивные реакции на перенесенную травму. Асимметрия обычно усугубляется при беге, и ее часто связывают с некротическим оститом лонной кости и травмами в результате перегрузки нижней конечности.

*Варус переднего отдела стопы.* Варус переднего отдела стопы представляет собой структурную аномалию, при которой наблюдается внутренний поворот переднего отдела стопы в результате вращения заднего отдела стопы в поперечном суставе предплюсны во фронтальной плоскости. При этом стопа приводится в положение избыточной пронации в целях компенсации и обеспечения контакта среднего отдела стопы с опорной поверхностью.

*Вальгус переднего отдела стопы.* Вальгус переднего отдела стопы происходит при наружном повороте (эверсии) переднего отдела стопы в результате вращения заднего отдела стопы во фронтальной плоскости.

Супинация осуществляется вдоль продольной оси поперечного сустава предплюсны, но ее обычно оказывается недостаточно для компенсации данной аномалии, и потому происходит супинация в подтаранном суставе.

*Подошвенное сгибание первого луча плюсны.* Первый луч плюсны может быть согнут к подошве относительно других плюсневых костей. Компенсацией данной аномалии служит супинация вокруг продольной оси поперечного сустава предплюсны и в подтаранном суставе.

*Варус заднего отдела стопы* Варус заднего отдела стопы возникает, когда пяточная кость совершает внутренний поворот по отношению к линии, делящей пополам большеберцовую кость, в результате вращения в

подтаранном суставе. Чтобы компенсировать данную аномалию, происходит избыточная пронация в подтаранном суставе для обеспечения контакта среднего отдела стопы с опорной поверхностью .

*Вальгус заднего отдела стопы.* Вальгус заднего отдела стопы является редким явлением и может возникать, когда пяточная кость совершает наружный поворот по отношению к линии, делящей пополам большеберцовую кость, в результате вращения в подтаранном суставе. При этом наблюдается супинация в поперечном суставе предплюсны и подтаранном суставе

*Варусная деформация коленных суставов.* Варусная деформация коленных суставов приводит к усилению варусного отклонения стопы при контакте пятки с опорной поверхностью и увеличению боковой нагрузки. Вызываемое варусом растяжение коленных суставов может усиливать нагрузку на латеральные структуры колена и способствовать развитию боли в надколенно-бедренном суставе. При этом в подтаранном суставе возникает избыточная пронация, которая позволяет осуществлять контакт среднего отдела стопы с опорной поверхностью.

*Вальгусная деформация коленных суставов.* Вальгусная деформация коленных суставов или х-образное искривление ног вызывает избыточную пронацию стопы, по мере того как во время ходьбы центр тяжести располагается на линии, проходящей через середину подтаранного сустава.

*Различия в длине ног.* Различия в длине ног могут быть структурными или функциональными. Структурные различия проявляются при наличии костных структур разной длины. Функциональные различия наблюдаются при асимметрии выравнивания таза, асимметричной пронации или супинации или односторонних контрактурах. Структурные и функциональные различия могут присутствовать одновременно. При различиях в длине ног возникают асимметрия в махе руки (отведенная рука приводит к повышенному отклонению центра тяжести, часто в сторону более длинной стороны тела, тогда как центр тяжести отклоняется к более короткой стороне), циркумдукция (круговое движение) более длинной конечности при махе, повышенная

нагрузка на более короткую сторону при переносе веса тела на эту сторону, наружное вращение бедра для увеличения угла разворота стопы при ходьбе, целью которого является усиление опоры на более короткую сторону (увеличенный угол разворота стопы приводит к увеличению базы опоры) [19].

Таким образом, судя по представленным данным, профилактики травматизма и хронического физического перенапряжения опорно-двигательного аппарата в детской легкой атлетике должна базироваться на знании широкого спектра внутренних и внешних факторов риска, в числе которых очень большой сегмент занимают биомеханические нарушения, обусловленные малыми аномалиями развития опорно-двигательного аппарата и его функциональными особенностями, которые должны учитываться при становлении оптимальной техники на начальном этапе подготовки юных легкоатлетов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Caine, D. J. Epidemiology of Children's Individual Sports Injuries An Important Area of Medicine and Sport Science Research / Caine D. J., Maffulli N. (eds) //Epidemiology of Pediatric Sports Injuries. Individual Sports. Med Sport Sci. Basel, Karger. - 2005. - vol. 48. – P. 1–7.

2 Malina, R. Growth, Maturation, and Physical Activity - 2nd Edition / R. Malina, C. Bouchard, O. Bar-Or: // Champaign, Human Kinetics. - 2004. –P. 267–273.

3 Макарова, Г. А. Факторы риска возникновения синдрома перетренированности у спортсменов / Г. А. Макарова, С. А. Локтев, Л. Н. Порубайко // Международный журнал экспериментального образования. - 2014. - № 4. - С. 170-172.

4 Г. А. Макарова. Спортивная медицина: Учебник. / Г. А. Макарова. - М.: Советский спорт, 2003. - 480 с.: ил.

5 Mirwald, R.L. An assessment of maturity from anthropometric measurements /R.L. Mirwald Baxter-Jones, D.A.Bailey, G.P.Beunen // Med Sci Sports Exerc/ - 2002. – 34. – P. 689–694.

6 Centers for Disease Control and Prevention Morbidity and Mortality Weekly Report: Non-fatal sports- and recreation-related injuries treated in emergency departments, United States, July 2000–June 2001. MMWR Weekly August 23, 2002. - 51(33). - P. 736–740.

7 National Safe Kids Campaign: Get into the game: A national survey of parents' knowledge, attitudes and self-reported behaviors concerning sports safety. Press release, May 4, 2000. – URL: <http://www.safekids.org/> [дата обращения: 31 июля, 2015].

8 Локтев, С. А. Педагогические и медико-биологические факторы риска в детском и подростковом спорте (аналитический обзор) / С. А. Локтев, Г. А. Макарова // Физическая культура, спорт – наука и практика.- №4. – 2013. - С. 61-65.

9 Emery, C. A. Injury prevention and future research / C. A. Emery by eds. N.

Maffulli, D. J. Caine // Epidemiology of pediatric sports injuries: team sports – Basel: Karger, 2005. – Vol. 49. – P. 170-191.

10 Micheli, L. J. Pediatric and adolescent sports injury: Recent trends / L. J. Micheli, K. P. Pandolf (ed) // Exercise and Sport Science Reviews. New York, Macmillan. – 1986. – P. 359–374.

11 Larson, R. L. The epiphyses and the childhood athlete. / R. L. Larson, R. O. McMahon // JAMA. – 1966. – Vol. 196. – P. 607–612.

12 Ogden, J.A. Skeletal Injury in the Child. / J.A. Ogden. - New York, Springer, 2000. – 1198 p.

13 Morsher, E. Strength and morphology of growth cartilage under hormonal influence of puberty / E. Morsher // Reconstru Surg Traumatol. – 1968. -10. – P. 1–96.

14 Bright, R. W. Epiphyseal-plate cartilage: A biomechanical and histological analysis of failure modes. / R. W. Bright, A. H. Burstein, S. M. Elmore // J Bone Jt Surg Br. – 1974. – 56. – P. 688–703.

15 Alexander, C. J. Effect of growth rate on the strength of the growth plate-shaft function. / C. J. Alexander // Skeletal Radiol. – 1976. – 1. – P. 67–76.

16 Bailey, D. A. Epidemiology of fractures of the distal end of the radius in children as associated with growth. D. A. Bailey, J. H. Wedge, R. G. McCulloch, A. D. Martin, S. C. Bernardson // J Bone Jt Surg Am. – 1989. – 71. – P. 1225–1231.

17 Caine, D. Injury and growth. Scientific Aspects of Women’s Gymnastics / W. A. Sands, D. J. Caine, J. Borms (eds) // Med Sport Sci. Basel, Karger. – 2003. - vol 45. – P. 46–71.

18 Caine, D. Growth plate injury and bone growth / D. Caine // An update. Pediatr Exerc Sci. – 1990. -. 2. – P. 209–229.

19 Brukner, P. Clinical Sports Medicine / P. Brukner, K. Khan / McGraw-Hill Professional. Biomechanics of Common Sporting Injuries. – 2008. - 3 edition. - Chapter 5. - P. 40-77.

20 DiFiori , John P. Overuse Injuries and Burnout in Youth Sports: A Position Statement from the American Medical Society for Sports Medicine / John P. DiFiori,

MD, Holly J. Benjamin, MD, Joel Brenner, MD, MPH, Andrew Gregory, MD, Neeru Jayanthi, MD, Greg L. Landry, MD, and Anthony Luke, MD // MPH Clin J Sport Med. - January 2014. - Volume 24. - Number 1. - P. 3-20.

21 American College of Sports Medicine. Selected Issues for the Adolescent Athlete and the Team Physician: A Consensus Statement // Medicine & Science in Sports & Exercise. - November 2008. - 40(11). P. 1997-2012.

22 Maloney, M. D. Elbow injuries in the throwing athlete. Difficult diagnoses and surgical complications. / M. D. Maloney, K. J. Mohr, el N. S. Attrache // Clin Sports Med. – 1999. – 18. – P. 795–809.

23 Caine D.J. Epidemiology of Pediatric Sports Injuries / N.Maffulli, Caine D.J. // Individual Sports. Med Sport Sci. Basel, Karger/ - 2005. - 48, P. 138–151

24 Requa RK, Garrick JG: Injuries in interscholastic track and field. Phys Sportsmed. – 1981. – 9. – pp. 42–49.

25 D'Souza D. Track and field athletics injuries – A one year survey. / Br J Sports Med. – 1994. - 28. - pp.197–202.