

Восстановительная и спортивная медицина Rehabilitation and sport medicine

Научная статья

УДК 616.72-007.248-577.125

DOI: 10.14529/hsm220321

АКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА РЕАБИЛИТАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ С ПАТОЛОГИЕЙ СУСТАВОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Н.И. Манаева, medcenteruzi@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1120-2225>

Д.Б. Сумная, sumniyd@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9941-8789>

А.А. Кинзерский, antkinz@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3100-1113>

В.А. Садова, val.l@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7230-8002>

Р.Ю. Титухов, renat999661@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6603-2185>

Н.Е. Гурова, medcenteruzi@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1120-2225>

Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: изучить состояние процессов липидной пероксидации и определить клинико-биохимические маркеры патологии суставов нижних конечностей для составления программы и оценки эффективности реабилитации пациентов. **Материалы и методы.** На базе клиники профессора Кинзерского, ООО «СНС», ООО «СОНАР», кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, кафедры биохимии и НИИ олимпийского спорта «УралГУФК» проходили курс реабилитации 74 спортсмена, из них 22 с острой стадией болезни Осгуда – Шлаттера (БОШ). У всех спортсменов исследовалось в сыворотке крови содержание витамина Д, АСТ, АЛТ, СРБ и ревматоидный фактор, содержание продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и Fe²⁺-аскорбат-индуцированное ПОЛ, всем назначался курс плазмотерапии по технологии PRP, кинезиотейпирование, инструментальная мобилизация мягких тканей, динамическая нейромышечная стабилизация. **Результаты.** Биохимические исследования показали наличие у спортсменов с БОШ дефицит витамина Д, меди, ионизированного кальция (при нормальных показателях общего кальция), фосфора, цинка, повышение уровня щелочной фосфатазы при нормальных показателях АсАТ и АлАТ, СРБ и ревматоидного фактора. До реабилитации было выявлено ($p < 0,05$) спектрофотометрическим методом повышение содержание первичных и вторичных продуктов ПОЛ соответственно в $1,22 \pm 0,061$ и $1,15 \pm 0,058$ раза по сравнению с группой контроля. Через 3 недели реабилитации у спортсменов было ($p < 0,05$) снижение содержания продуктов ПОЛ до показателей группы контроля. Через неделю от начала реабилитации уровень боли ($p < 0,05$) снизился с $7 \pm 1,25$ до $2 \pm 0,25$ балла по визуально-аналоговой шкале боли, а через месяц полностью купирован болевой синдром. Данные изменения процессов липопероксидации происходили на фоне улучшения клинической картины в виде купирования болевого синдрома, увеличения объема движений и двигательной активности в целом. Все спортсмены данной группы вернулись к прежнему режиму тренировок через $18 \pm 2,75$ дня. **Заключение.** Измерение содержания продуктов ПОЛ в сыворотке крови может быть использовано для оценки эффективности реабилитации при болезни Осгуда – Шлаттера. Эти изменения коррелируют ($r = -0,765-0,801$) с ультразвуковыми и клиническими данными. У спортсменов с БОШ наблюдается повышение активности системы перекисного окисления липидов. Данные изменения обнаруживаются на самой ранней стадии БОШ, что может применяться в качестве скрининга хондропатии у спортсменов, когда показатели активности воспалительного процесса (СОЭ, СРБ, ревматоидный фактор) еще не отличаются от нормы. В этот период уже имеются четкие признаки активности процесса на УЗИ, но они могут еще отсутствовать на рентгенографии. Во время интенсивного тренировочного процесса необходимо контролировать у спортсменов содержание витамина Д3 и магния, и своевременно проводить коррекцию дефицита.

Ключевые слова: патология суставов нижних конечностей у спортсменов, болезнь Осгуда – Шлаттера, хондропатия бугристости большеберцовой кости, реабилитация, липопероксидация

Для цитирования: Активность системы липопероксидации на фоне применения комплекса реабилитации у спортсменов с патологией суставов нижних конечностей / Н.И. Манаева, Д.Б. Сумная, А.А. Кинзерский и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 3. С. 173–180. DOI: 10.14529/hsm220321

Original article
DOI: 10.14529/hsm220321

THE LIPID PEROXIDATION SYSTEM DURING REHABILITATION IN ATHLETES WITH LOWER JOINT PATHOLOGY

N.I. Manaeva, medcenteruzi@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1120-2225>

D.B. Sumnaya, sumniyd@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9941-8789>

A.A. Kinzersky, antkinz@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3100-1113>

V.A. Sadova, val.l@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7230-8002>

R.Yu. Titukhov, renat999661@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6603-2185>

N.E. Gurova, medcenteruzi@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1120-2225>

Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify the status of lipid peroxidation processes and the clinical, biological and chemical markers of lower joint pathology to develop rehabilitation interventions and their assessment procedures. **Materials and methods.** Our rehabilitation course involved 74 athletes, including 22 athletes with acute Osgood-Schlatter disease (OSD). Rehabilitation services were provided at Professor Kinzerskiy Clinic, CNS, SONAR, the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation, the Department of Biochemistry, and the Scientific and Research Institute of Olympic Sports (Ural State University of Physical Education). Blood samples were analyzed for vitamin D, AST, ALT, CRP, rheumatoid factor, lipid peroxidation products (LPP), Fe²⁺/ascorbate induced peroxidation products. The rehabilitation program consisted of PRP plasma therapy, kinesio taping, instrument-assisted soft tissue mobilization, and dynamic neuromuscular stabilization. **Results.** Blood biochemistry showed that athletes with OSD had decreased levels of vitamin D, copper, ionized calcium (against normal levels of total calcium), phosphorus, and zinc; increased levels of AP; normal levels of AST, ALT, CRP and rheumatoid factor. Before rehabilitation, increased levels of primary and secondary LPP were found with spectrophotometry compared to the control group (1.22 ± 0.061 and 1.15 ± 0.058 respectively, $p < 0.05$). In 3 weeks, in athletes, a decrease of LPP levels to those of the control group was found ($p < 0.05$). In a week, pain levels (VAS) decreased from 7 ± 1.25 to 2 ± 0.25 scores ($p < 0.05$), in a month, pain syndrome was completely eliminated. Changes in lipid peroxidation occurred against the improved clinical picture, which included pain relief, increased range of motion and physical activity in general. All athletes of the experimental group returned to previous training intensity in 18 ± 2.75 days. **Conclusion.** Serum LPP levels can be used for the assessment of rehabilitation effectiveness in patients with OSD. These changes correlate with ultrasonic and clinical data ($r = -0.765-0.801$). In athletes with OSD, there is an increase of lipid peroxidation processes. These changes can be found at the earliest stages of OSD, which can be used for early detection of chondropathy when inflammatory markers are still within reference values (ESR, CRP, rheumatoid factor). During this period, ultrasonic data are of clinical importance, while X-ray data are not sufficient. Intensive training requires controlling vitamin D3 and magnesium levels and preventing their deficiency in a timely manner.

Keywords: lower joint pathology, Osgood-Schlatter disease, chondropathy, lipid peroxidation, rehabilitation

For citation: Manaeva N.I., Sumnaya D.B., Kinzersky A.A., Sadova V.A., Titukhov R.Yu., Gurova N.E. The lipid peroxidation system during rehabilitation in athletes with lower joint pathology. *Human Sport. Medicine*. 2022;22(3):173–180. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220321

Введение. Болезнь Осгуда – Шлаттера встречается у 12,9 % подростков, активно занимающихся спортом [5, 6]. В 2019 году Gulddammer S. et al., опубликовали результаты наблюдения за пациентами, которые 4 года назад имели в анамнезе картину БОШ. Участники сообщили о продолжительности симптома OSD в течение 90 месяцев, причем 42,9 % сообщили о ежедневной боли в колене [3]. Невсвоевременная диагностика БОШ и отсутст-

вие адекватного лечения помимо образования несросшихся костных фрагментов деформаций бугристости большеберцовой кости приводят к остеоартрозу коленного сустава у лиц молодого возраста [10]. При болезни Осгуда – Шлаттера (хондропатии бугристости большеберцовой кости) мы имеем дело с асептическим неспецифическим воспалением, где в первую очередь происходят изменения на клеточном уровне гомеостаза [4, 7]. Так, пер-

вой реагирует система перекисного окисления липидов [2]. Клиницисты используют ультразвуковые данные для отслеживания течения данной патологии [14, 17]. Среди них могут быть тендопатия собственной связки надколенника, ее утолщение, утолщение сухожилий четырехглавой мышцы бедра, реактивный бурсит, отек хряща и неоваскуляризация в области бугристости [8, 16]. Все эти изменения появляются в моменте, когда уже идет активный воспалительный процесс [19]. На рентгенограмме коленного сустава может быть костная неровность с фрагментацией на большеберцовой бугорке, кортизированный костный фрагмент, превосходящий бугристость большеберцовой кости. В месте введения сухожилия надколенника также может наблюдаться умеренный отек мягких тканей, но выпота из сустава нет [1, 15]. МРТ в сагиттальной плоскости у пациентов с БОШ может выявить увеличение дистальных аспектов сухожилия надколенника, очаги гетеротопического окостенения с низкой интенсивностью сигнала и неравномерность или увеличение бугристости большеберцовой кости [2, 9]. Изменения на рентгенограммах и МРТ обнаруживаются также на поздних стадиях, когда уже происходят необратимые изменения в тканях [12, 18]. Отсутствие единой точки зрения на этиологию и патогенез этой болезни обуславливает применение подчас нерациональных методов лечения, нередко с невысокой эффективностью, что требует совершенствования методов реабилитации [18]. БОШ – это преимущественно самоограничивающийся апофизит большеберцового бугорка и прилежащего сухожилия надколенника у молодых активных пациентов с открытыми зонами роста. Профилактические стратегии включают растяжение четырехглавой мышцы и подколенного сухожилия и поэтому должны быть реализованы в повседневной практике для детей, которые регулярно занимаются спортом. В лечении и реабилитации широко используются различные медикаменты (противовоспалительная терапия), массаж, ЛФК и кинезиотейпирование [11]. Также описано применение инъекций аутоплазмы, обогащенной тромбоцитарной массой (АПОТМ) в область поражения [13]. Для спортсменов вопрос о необходимости сокращения сроков лечения и возвращения к тренировкам наиболее актуален, что заставляет клинициста по-

стоянно искать новые, более эффективные методики реабилитации [12].

Материалы и методы исследования. На базе учебного центра Клиники профессора Кинзерского и ООО «Центр нейромышечной стабилизации», кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, кафедры биохимии и НИИ олимпийского спорта ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры» проходили курс обследования и реабилитации 74 спортсмена, из них 22 с острой стадией болезни Осгуда – Шлаттера (БОШ). Исследование проводилось до и на 3-й неделе от начала реабилитации.

Критерии включения в исследование:

- 1) возраст спортсменов 11–19 лет;
- 2) отсутствие клинико-лабораторных маркеров острого инфекционного процесса, аутовоспалительного состояния и обострения хронических заболеваний;
- 3) подтвержденный диагноз хондропатии бугристости большеберцовой кости;
- 4) добровольное согласие пациента (его представителей);
- 5) отсутствие противопоказаний для применения различных методов реабилитации.

Критерии исключения:

- 1) спортсмены с установленным диагнозом «остеоартроз коленных суставов»;
- 2) неактивная стадия БОШ по клинико-инструментальным данным;
- 3) низкая комплаентность участника.

Всем спортсменам данной группы ($n = 22$) назначался курс плазмотерапии по технологии PRP Cortexil, классическое кинезиотейпирование комбинированным способом, ИММТ обеих нижних конечностей, после купирования острого болевого синдрома проводилась динамическая нейромышечная стабилизация (DNS). Кроме того, спортсменам назначался комплекс препаратов магния, витамина Д3, омега-3, который составлялся индивидуально в зависимости от показателей, полученных в результате биохимического исследования.

Группа контроля (здоровые спортсмены) – 18 человек идентичного возраста.

Методы исследования. Спортсмены были осмотрены ревматологом и ортопедом, проведена дифференциальная диагностика (клиническая, лабораторная, инструментальная) хондропатии с другими аутоиммунными, аутовоспалительными и инфекционными заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

Пациентам проводились:

1) УЗИ коленных суставов с эластометрией на аппарате экспертного уровня Samsung Xario 2000. Рентгенография коленных суставов, МРТ;

2) лабораторное исследование осуществлялось в сети клиник ИНВИТРО, клинике Южно-Уральского государственного медицинского университета: общеклиническое исследование крови, СОЭ, СРБ, ревматидный фактор, АЦЦП, АМЦВ, креатинин, мочевины, АсАт, АлАт, общий и ионизированный кальций, фосфор, электролиты, билирубин и его фракции, общий белок и его фракции, коагулограмма, витамины группы В, витамин Д, магний. В сыворотке крови исследовалось содержание первичных, вторичных и конечных продуктов липопероксидации и Fe²⁺-аскорбат-индуцированное ПОЛ спектрофотометрическим методом;

3) гониометрия, тестирование по шкале оценки качества жизни SF 36, визуальная оценка боли по шкале ВАШ.

После суммации всех данных составлялся план реабилитации конкретного спортсмена: медикаментозное лечение (противовоспалительная терапия), кинезиотейпирование, фасциальные манипуляции, проведение инъекции обогащенной аутоплазмы в область поражения под ультразвуковым контролем, лечебная физкультура. Введение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы по технологии Cortexil проводилось периартикулярно, курс из 3 инъекций 1 раз в 7 дней. Над областью поражения накладывались кинезиотейпы лимфодре-

нажной и поддерживающей техникой для улучшения микроциркуляции и лимфотока. Совмещение этих двух техник позволило отменить применение НПВП для купирования болевого синдрома в связи с его отсутствием на фоне выраженного лимфодренажного и обезболивающего эффекта кинезиотейпирования.

Результаты исследований и их обсуждение. До начала реабилитации показатель шкалы боли по ВАШ был в среднем $7 \pm 1,25$, что соответствовало выраженной боли. Спортсмены клинически отмечали достоверное уменьшение болевого синдрома в среднем на $3 \pm 0,5$ сут ($p < 0,05$) от начала реабилитации. Через неделю от первого реабилитационного комплекса уровень ВАШ достоверно снизился и был $2 \pm 0,25$ ($p < 0,05$). При оценке данного показателя через месяц от первого посещения достоверно купирован болевой синдром ($p < 0,05$) в области коленного сустава (ВАШ = 0). При проведении гониометрии у пациентов с БОШ было выявлено, что среднее значение угла сгибания в коленных суставах составляло $90 \pm 5,25^\circ$. Угол сгибания в коленных суставах достоверно увеличился в динамике через 4 недели от первичного осмотра в среднем на $10 \pm 2,5^\circ$ и составил $105 \pm 4,5^\circ$ ($p < 0,05$), против 110° группы контроля.

Биохимические исследования показали (рис. 1) наличие у спортсменов с БОШ дефицит витамина Д, меди, магния, ионизированного кальция (при нормальных показателях общего кальция), фосфора, цинка, повышение уровня щелочной фосфатазы при нормальных показателях АсАТ и АлАТ. Дефицит витами-

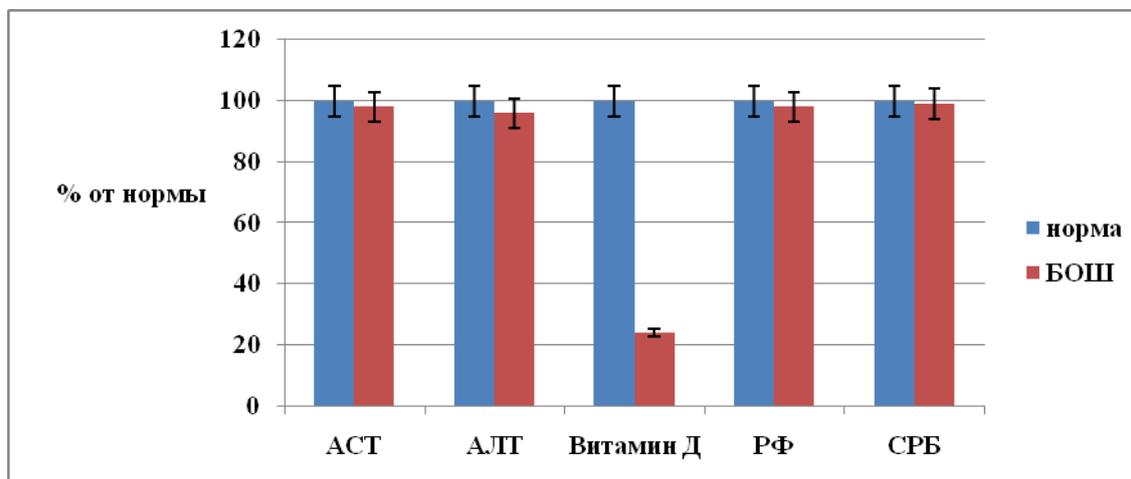


Рис. 1. Наиболее значимые биохимические показатели в сыворотке крови в норме и у исследуемых пациентов с БОШ

Fig. 1. The most important serum biochemical parameters in healthy subjects and in patients with OSD

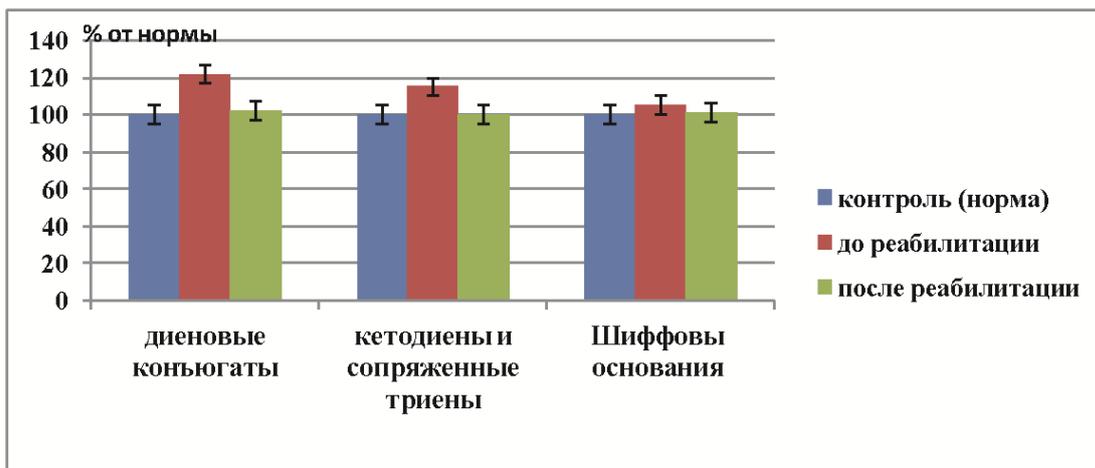


Рис. 2. Содержание в сыворотке крови первичных, вторичных и конечных продуктов перекисного окисления липидов до и после реабилитации

Fig. 2. Serum levels of primary, secondary and final products of lipid peroxidation before and after rehabilitation

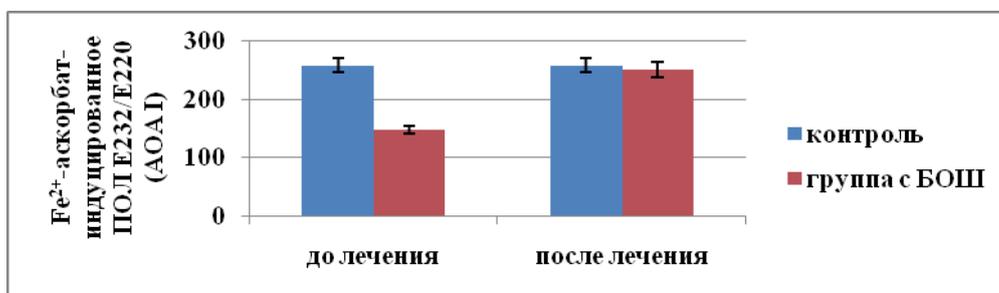


Рис. 3. Антиоксидантная активность сыворотки (AOAI) у спортсменов с БОШ на фоне реабилитации

Fig. 3. Serum antioxidant activity in athletes with OSD during rehabilitation

на ДЗ и магния был выявлен у всех обследованных спортсменов (74 человека).

Также произведена оценка содержания в сыворотке крови продуктов перекисного окисления липидов до и после восстановительного курса.

До реабилитации было выявлено ($p < 0,05$) спектрофотометрическим методом повышение содержания первичных и вторичных продуктов ПОЛ соответственно в $1,22 \pm 0,061$ и $1,15 \pm 0,058$ раза по сравнению с группой контроля. Эти изменения коррелировали ($r = -0,765-0,801$) с ультразвуковыми и клиническими данными (выявлялась обратная зависимость: чем выше содержание продуктов ПОЛ в сыворотке крови, тем выраженнее болевой синдром, ограничение движений и выраженной отек и явления асептического воспаления по данным УЗИ в зоне пораженного сустава. После проведенной реабилитации через 3 недели от ее начала у пациентов с БОШ выявлялось значительное достоверное

($p < 0,05$) снижение концентрации первичных, вторичных, конечных продуктов перекисного окисления липидов до показателей группы контроля (рис. 2). Данные изменения процессов липопероксидации происходили на фоне улучшения клинической картины в виде купирования болевого синдрома, увеличения объема движений и двигательной активности в целом.

Антиоксидантная активность сыворотки (рис. 3) у спортсменов с БОШ достоверно ниже нормы в $1,81 \pm 0,091$ раза ($p < 0,05$). После проведенной реабилитации антиоксидантная активность сыворотки возрастает в $1,7 \pm 0,085$ раза достоверно не отличается от группы контроля ($p < 0,05$). По данным сонографии, у спортсменов данной группы с БОШ уменьшались проявления заболевания в среднем на $5 \pm 0,5$ сут от первой инъекции аутоплазмы и полное купирование БОШ – к 4-й неделе от начала реабилитации. Причем использование кинезиотейпирования комбинировано

рованным методом отменяло применение НПВП в связи с отсутствием болевого синдрома. Все спортсмены данной группы вернулись к прежнему режиму тренировок в среднем через $18 \pm 2,75$ дня. Назначение спортсменам комплекса препаратов магния, витамина Д3, омега-3, который составлялся индивидуально в зависимости от показателей, полученных в результате биохимического исследования, позволило восстановить дефицит данных веществ, что также важно для нормального функционирования опорно-двигательного аппарата.

Заключение. У спортсменов с БОШ наблюдается повышение активности системы перекисного окисления липидов. Данные изменения обнаруживаются на самой ранней стадии БОШ, что может применяться в качестве скрининга хондропатии у спортсменов,

когда показатели активности воспалительного процесса (СОЭ, СРБ, ревматоидный фактор) еще не отличаются от нормы. В этот период уже имеются четкие признаки активности процесса на УЗИ, но они могут еще отсутствовать на рентгенографии.

Измерение содержания продуктов перекисного окисления липидов в сыворотке крови может быть использовано для оценки эффективности реабилитации при болезни Осгуда – Шлаттера. Эти изменения коррелируют с ультразвуковыми и клиническими данными. Во время интенсивного тренировочного процесса необходимо контролировать у спортсменов содержание витамина Д3 и магния, и своевременно проводить коррекцию дефицита. Дефицит витамина Д3 и магния был выявлен у всех обследованных спортсменов (74 человека).

Список литературы

1. Бегун, П.И. Биомеханика опорно-двигательного аппарата человека: моногр. / П.И. Бегун, А.В. Самсонова. – СПб.: Кинетика, 2020. – 179 с. – (Биомеханика).
2. Васильев, О.С. Методические рекомендации по практическому применению комплекса методик ранней диагностики, реабилитации, медико-биологическому сопровождению и профилактике состояний, связанных с «болезнями роста» у юных спортсменов: метод. рек. / под ред. проф. В.В. Уйба / О.С. Васильев. – М.: ФМБА России, 2019. – 78 с.
3. Горбатенко, А.И. Использование обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в консервативном лечении болезни Осгуда – Шлаттера у детей / А.И. Горбатенко // Вопросы практической педиатрии. – 2017. – Т. 12, № 3. – С. 66–71. – DOI: 10.20953/1817-7646-2017-3-66-71
4. Горбатенко, А.И. Остеохондропатии у детей – поиск эффективных методов лечения / А.И. Горбатенко // Науч. мед. журнал «Морфология». – 2018. – № 3, Т. 153. – С. 78.
5. Ермекова, М.А. Болезнь Осгуд – Шлаттера: возможности визуальной диагностики / М.А. Ермекова, М.Т. Алиякпаров, Т.И. Ромащенко // Караганд. гос. мед. университет. журн. «Медицинские новости». – 2017. – № 2. – С. 55–58.
6. Кинзерский, А.Ю. Ультразвуковое исследование при травмах и заболеваниях коленного сустава: практ. рук. / А.Ю. Кинзерский. – Челябинск: Челяб. гос. мед. акад., 2010. – С. 26–29.
7. Кумачный, А.Л. Способы и методы лечения болезни Осгуда – Шлаттера с помощью оздоровительной физкультуры / А.Л. Кумачный, М.С. Москаленко, Ю.И. Шульгов // Символ науки. – 2017. – № 6. – С. 113–116.
8. Манаева, Н.И. Преимущества ультразвуковой диагностики для определения признаков хондропатии бугристости большеберцовой кости у детей на ранней стадии / Н.И. Манаева, Д.Б. Сумная, Р.Ю. Тутухов // International Science Project. – 2020. – No. 35, Part 1. – P. 11.
9. Сравнительная эффективность применения аутоплазмы и гиалуронатов у молодых пациентов при остеоартрите коленных суставов на фоне перенесенной хондропатии бугристости большеберцовой кости / Н.И. Манаева, Д.Б. Сумная, Е.В. Быков, Н.Е. Гурова // DIZZW 2020 (Germany). – 2021. – Vol. 1, no. 9. – P. 26–30.
10. Clinics in diagnostic imaging / F. Marino et al. // Radiol Med. – 2021. – Vol. 126 (8). – P. 1085–1094.
11. Gaschler, M.M. Lipid peroxidation in cell death / M.M. Gaschler, B.R. Stockwell // Biochem Biophys Res Commun. – 2017, Jan 15. – Vol. 482 (3). – P. 419–425.
12. <https://www.invitro.ru/analizes/for-doctors/2569/>.

13. Ladenhauf, H.N. Osgood-Schlatter disease: a 2020 update of a common knee condition in children / H.N. Ladenhauf, G. Seitzinger, D.W. Green // *Singapore Med J.* – 2019. – Vol. 60 (12). – P. 610–615.
14. Long-term Prognosis and Impact of Osgood-Schlatter Disease 4 Years After Diagnosis: A Retrospective Study / Clara Guldhammer, Michael Skovdal Rathleff, Hans Peter Jensen, Sinead Holden // *Orthop J Sports Med.* – 2019. – Vol. 7. – P. 12.
15. Midtiby, S.L. Effectiveness of interventions for treating apophysitis in children and adolescents: protocol for a systematic review and network meta-analysis / S.L. Midtiby, N. Wedderkopp, R.T. Larsen // *Chiropr Man Therap.* – 2018. – P. 26–41.
16. Rathleff, M.S. Knee pain in children and adolescents / M.S. Rathleff, C.L. Straszek, L. Blønd // *Ugeskr Laeger.* – 2019. – Vol. 25. – P. 181.
17. Siddiq, M.A.B. Osgood-Schlatter Disease Unveiled Under High-frequency Ultrasonogram / M.A.B. Siddiq // *Orthop J Sports Med.* – 2018. – Oct 04. – P. 10.
18. T2-mapping MRI evaluation of patellofemoral cartilage in patients submitted to intra-articular platelet-rich plasma (PRP) injections / F. Cobiانchi Bellisari, L. De Marino, F. Arrigoni et al. // *Radiol Med.* – 2021. – Vol. 126 (8). – P. 1085–1094.
19. Ultrasonography of the Osgood-Schlatter disease / K. Mahlfeld, R. Kayser, J. Franke, H. Merk // *Ultraschall. Med.* – 2001. – No. 22. – P. 182–185.

References

1. Begun P.I., Samsonova A.V. *Biomekhanika oporno-dvigatel'nogo apparata cheloveka* [Biomechanics of the Human Musculoskeletal System]. St. Petersburg, Kinetika Publ., 2020. 179 p.
2. Vasil'yev O.S. *Metodicheskiye rekomendatsii po prakticheskomu primeneniyu kompleksa metodik ranney diagnostiki, rehabilitatsii, mediko-biologicheskomu soprovozhdeniyu i profilaktike sostoyaniy, svyazannykh s "boleznyami rosta" u yunyykh sportsmenov* [Guidelines for the Practical Application of a Set of Methods for Early Diagnosis, Rehabilitation, Medical and Biological Support and Prevention of Conditions Associated with Growing Pains in Young Athletes]. Moscow, FMBA of Russia Publ., 2019. 78 p.
3. Gorbatenko A.I. [The Use of Platelet-Rich Autoplasma in the Conservative Treatment of Osgood-Schlatter Disease in Children]. *Voprosy prakticheskoy pediatrii* [Questions of Practical Pediatrics], 2017, vol. 12, no. 3, pp. 66–71. DOI: 10.20953/1817-7646-2017-3-66-71
4. Gorbatenko A.I. [Osteochondropathy in Children – the Search for Effective Methods of Treatment]. *Nauchnyy meditsinskiy zhurnal "Morfologiya"* [Scientific Medical Journal Morphology], 2018, no. 3, vol. 153, p. 78.
5. Ermekova M.A., Aliyakparov M.T., Romashchenko T.I. [Osgood-Schlatter Disease. Possibilities of Visual Diagnostics]. *Karagandinskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitetskiy zhurnal "Meditsinskiye novosti"* [Karaganda State Medical University Journal Medical News], 2017, no. 2, pp. 55–58. (in Russ.)
6. Kinzerskiy A.Yu. *Ul'trazvukovoye issledovaniye pri travmakh i zabolvaniyakh kolennogo sustava: prakticheskoye rukovodstvo* [Ultrasonic Examination in Injuries and Diseases of the Knee Joint]. Chelyabinsk, Chelyabinsk State Medical Academy Publ., 2010. pp. 26–29.
7. Kumachnyy A.L., Moskalenko M.S., Shul'gov Yu.I. [Methods and Methods of Treating Osgood-Schlatter Disease with the Help of Health-Improving Physical Culture]. *Simvol nauki* [Symbol of Science], 2017, no. 6, pp. 113–116. (in Russ.)
8. Manayeva N.I., Sumnaya D.B., Titukhov R.Yu. Advantages of Ultrasound Diagnostics for Determining the Signs of Chondropathy of the Tibial Tuberosity in Children at an Early Stage. *International Science Project*, 2020, no. 35, part 1, p. 11.
9. Manayeva N.I., Sumnaya D.B., Bykov E.V., Gurova N.E. Comparative Efficacy of Autoplasma and Hyaluronates in Young Patients with Osteoarthritis of the Knee Joints Against the Background of Chondropathy of the Tibial Tuberosity. *DIZZW 2020 (Germany)*, 2021, vol. 1, no. 9, pp. 26–30.
10. Marino F. et al. Clinics in Diagnostic Imaging. *Radiol Med.*, 2021, vol. 126 (8), pp. 1085–1094. DOI: 10.1007/s11547-021-01372-6
11. Gaschler M.M., Stockwell B.R. Lipid Peroxidation in Cell Death. *Biochem Biophys Res Commun*, 2017, vol. 482 (3), pp. 419–425. DOI: 10.1016/j.bbrc.2016.10.086

12. Available at: <https://www.invitro.ru/analizes/for-doctors/2569/>.
13. Ladenhauf H.N., Seitlinger G., Green D.W. Osgood-Schlatter Disease: a 2020 Update of a Common Knee Condition in Children. *Singapore Med Journal*, 2019, vol. 60 (12), pp. 610–615.
14. Gulddammer C., Rathleff M.S., Jensen H.P., Holden S. Long-Term Prognosis and Impact of Osgood-Schlatter Disease 4 Years After Diagnosis: A Retrospective Study. *Orthop J Sports Med.*, 2019, vol. 7, p. 12. DOI: 10.1177/2325967119878136
15. Midtiby S.L., Wedderkopp N., Larsen R.T. Effectiveness of Interventions for Treating Apophysitis in Children and Adolescents: Protocol for a Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Chiropr Man Therap.*, 2018, pp. 26–41. DOI: 10.1186/s12998-018-0209-8
16. Rathleff M.S., Straszek C.L., Blønd L. Knee Pain in Children and Adolescents. *Ugeskr Laeger.*, 2019, vol. 25, p. 181.
17. Siddiq M.A.B. Osgood-Schlatter Disease Unveiled Under High-frequency Ultrasonogram. *Orthop J Sports Med.*, 2018, p. 10. DOI: 10.7759/cureus.3411
18. Cobiauchi Bellisari F., De Marino L., Arrigoni F. et al. T2-Mapping MRI Evaluation of Patellofemoral Cartilage in Patients Submitted to Intra-Articular Platelet-Rich Plasma (PRP) Injections. *Radiol Med.*, 2021, vol. 126 (8), pp. 1085–1094. DOI: 10.1007/s11547-021-01372-6
19. Mahlfeld K., Kayser R., Franke J., Merk H. Ultrasonography of the Osgood-Schlatter Disease. *Ultraschall. Med.*, 2001, no. 22, pp. 182–185. DOI: 10.1055/s-2001-16814

Информация об авторах

Манаева Надежда Ивановна, аспирант кафедры биохимии, Уральский государственный университет физической культуры. Россия, 454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1.

Сумная Дина Борисовна, профессор кафедры биохимии, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИ Олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры. Россия, 454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1.

Кинзерский Антон Александрович, доцент кафедры физической реабилитации и спортивной медицины, кандидат медицинских наук, Уральский государственный университет физической культуры. Россия, 454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1.

Садова Валентина Алексеевна, доцент кафедры физической реабилитации и спортивной медицины, кандидат медицинских наук, Уральский государственный университет физической культуры. Россия, 454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1.

Титухов Ренат Юрьевич, аспирант кафедры биохимии, Уральский государственный университет физической культуры. Россия, 454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1.

Гурова Наталья Евгеньевна, аспирант кафедры биохимии, Уральский государственный университет физической культуры. Россия, 454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, д. 1.

Information about the authors

Nadezhda I. Manaeva, Postgraduate Student, Department of Biochemistry, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Dina B. Sumnaya, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Biochemistry, Leading Researcher, Scientific and Research Institute of Olympic Sports, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Anton A. Kinzersky, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation and Sports Medicine, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Valentina A. Sadova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation and Sports Medicine, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Renat Yu. Titukhov, Postgraduate Student, Department of Biochemistry, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Natalia E. Gurova, Postgraduate Student, Department of Biochemistry, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 22.04.2022

The article was submitted 22.04.2022