

4. Paleczkij D.F. Pedagogicheskij kontrol` kak osnova upravleniya trenirovochny`mi i sorevnovatel`ny`mi nagruzkami yuny`x borczov // Sostoyanie zdorov`ya, gigienicheskoe vospitanie, fizicheskoe razvitie i adaptaciya k fizicheskim nagruzkam uchashhixsya i studentov: tezisy` dokladov oblastnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Smolensk: 1988. – S.41–42.

Контактная информация: vn_alekseev@mail.ru

ВЗАИМОСВЯЗЬ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ С РИСКОМ ТРАВМАТИЗМА В МЕТАНИИ КОПЬЯ

Бондаренко К. К., кандидат педагогических наук, доцент

Бондаренко А. Е., кандидат педагогических наук, доцент

Боровая В.А., старший преподаватель

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель,

Республика Беларусь

В статье рассматриваются вопросы взаимосвязи кинематических параметров движения в метании копья с риском травматизма. На основании видеogramм 817 соревновательных попыток показаны модельные параметры выполнения движения при финальном усилии в метании копья. Целью исследования явилось определение влияния кинематических характеристик в различных фазах и узловых элементах движения на риск травмирования суставов пояса нижних и верхних конечностей. В результате проведенной исследовательской работы авторами были определены ключевые биомеханические аспекты движения в суставах, а также влияние на структуру движения ответственных за процесс перемещения скелетных мышц с характером травматизма, возникающего в процессе максимальных физических нагрузок. В процессе исследования выявлены основные причины травматизма: больший наклон туловища назад на левой ноге вниз ($r = 3,11$; $p < 0,05$) и значительно большее разгибание тазобедренного сустава левой ноги ($r = 2,98$; $p < 0,05$).

Ключевые слова: кинематические характеристики, крутящий момент, крестообразная связка, вальгусное положение сустава

RELATIONSHIP OF KINEMATIC PARAMETERS OF MOVEMENT WITH A RISK OF INJURY IN THE JAVELIN THROWING

Bondarenko K. K., Ph.D in Pedagogic Sciences, Associate Professor

Bondarenko A. E., Ph.D in Pedagogic Sciences, Associate Professor

Borovaya V.A., Senior Lecturer

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus

The article defines the relationship between the kinematic parameters of movement in javelin throwing and the risk of injury. Based on the videograms of 817 competitive attempts, the model parameters of the movement performance with the final effort in javelin throwing are shown. The purpose of the study was to determine the effect of kinetic characteristics in various phases and nodal elements of movement on the risk of injury to joints of the lower and upper limb zones. The authors compared the key biomechanical aspects of movement in the joints and the effect on the structure of movement responsible for the process of movement of skeletal muscles with the nature of the injury. The main causes of injuries were identified, namely, a greater torso tilt backward on the left leg down ($r = 3,11$, $p < 0,05$) and a significantly larger extension of the hip joint of the left leg ($r = 2,98$, $P < 0,05$).

Keywords: kinematic characteristics, torque, cruciate ligament, valgus position of the joint

Актуальность. Наряду с высокими результатами спортивная деятельность характеризуется большим количеством травм во время тренировочной деятельности и соревнований. Наибольшее количество травм отмечается в видах спорта, сопряженных с кратковременным проявлением максимального усилия. Метание копья в легкой атлетике является одним из таких видов. По мнению ряда авторов, спортивный травматизм в большинстве случаев является следствием ошибок в выполнении движения [1]. Вместе с тем в литературе фактически отсутствуют данные о взаимосвязи техники метания копья с травмами, полученными спортсменами, или возможными механизмами травмирования метателей с учетом кинематических параметров движения. Нами не обнаружено в открытой печати информации о механизмах травм при метании копья. В этой связи назрела необходимость определить взаимосвязь между кинематическими параметрами метания копья и травмами, полученными при выполнении данного движения.

Определение взаимосвязи между травмами и техникой метания копья позволило бы получить информацию, позволяющую выявить возможные причины возникновения травм у метателей.

Острые и чрезмерные травмы могут привести к ухудшению техники движения и подвергнуть спортсмена повышенному риску вторичных и дегенеративных травм [5]. Риск травматизма в спортивной деятельности и причины травмирования кроются в отклонении от оптимальных диапазонов движения. В частности, большинство травм крестообразной связки происходит при постановке ноги на опору в диапазоне движения, превышающем нормальный [2]. Положение опорных звеньев в момент торможения движения тела вызывает значительные нагрузки на суставы опорно-двигательного аппарата спортсмена [3, 8]. Наибольшее количество травм отмечается вследствие напряженной мышечной деятельности и изменения функционального состояния скелетных мышц [6].

Снижение травматизма суставов во многом зависит от осуществления контроля функционального состояния скелетных мышц в процессе тренировки [7]. Для оптимизации тренировочной деятельности необходимы понимание причин травматизма, выявление характера движений, влияющих на создание чрезмерного напряжения в суставно-связочном аппарате, своевременная диагностика функциональных состояний различных систем организма и своевременные восстановительные и реабилитационные мероприятия [4].

Цель исследования – определение влияния изменений в кинематических характеристиках метания копья на характер травматизма.

Организация и методы исследования. Биомеханика движений в метании копья осуществлялась на основании видеоанализа движений в соревновательной деятельности. Для оценки кинематических параметров движения звеньев тела метателя было обработано 817 попыток белорусских метательниц копья, выполненных ими в соревновательных условиях. Наряду с анализом биомеханических параметров проводилось сопоставление структуры движения метателя и характера полученных травм. Видеосъемка выполнялась скоростной цифровой видеокамерой со скоростью 200 к/с.

Исследование проводилось в рамках выполнения Государственной программы научных исследований «Конвергенция – 2020». Анализ видеоматериалов был выполнен в научно-исследовательской лаборатории физической культуры и спорта учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины». Для видеоанализа движения использовалось программное обеспечение «Kinovea». Анализ полученных травм осуществлялся по медицинским картам спортсменов.

Результаты исследования и их обсуждение. Высокие предпосылки к травмированию звеньев тела создаются при возникновении усилия в суставах, соединяющих звенья тела спортсмена, в момент выполнения финального движения при метании копья. Из 817 анализируемых попыток, зафиксированных на соревнованиях различного ранга метателями разного уровня квалификации, нами выявлено 113 попыток, приведших к возникновению травм всевозможного характера, что составило 13,8 %. Травмы, полученные в соревновательной деятельности, включали в себя разрывы передней крестообразной связки, разрывы локтевой связки локтевой кости, повреждения суставных губ плеча, растяжение скелетных мышц. При этом остается неизвестно, каков процент травматизма имеет место при выполнении тренировочных упражнений.

Исследование кинематических параметров движения во время фазы финального усилия в метании копья посредством видеogramм соревновательных попыток позволило выявить некоторые причины травматизма. На основании данных параметров нами была построена модель движения, отражающая эффективность движений в данной фазе. Параметры 113 соревновательных попыток, в которых спортсмены получили травмы различной степени тяжести, сравнивались с кинематическими параметрами модельного движения. На основании данного сравнения нами была предпринята попытка обосновать влияние изменения кинематических параметров движения на вероятность получения травмы метателем. Кинематические характеристики движения определялись по времени движений плеча, локтя, запястья, бедра, колена и голеностопного сустава в фазе финального усилия.

Типы травм сопоставлялись с возможными механизмами их возникновения. Механизмы травмирования рассматривались с учетом биодинамики узловых элементов положения тела при движении [9], а также по переменным силам и крутящему моменту в суставах, определяемым как потенциальным механизмам травмирования, при выпуске снаряда. В этой связи нами были проанализированы кинематические и динамические параметры фазы финального усилия.

Наибольший процент травм в области паха отмечался в начале выполнения фазы финального усилия. В сравнении с модельными параметрами движения в данном узловом положении выявлен угол между бедром и голенью правой ноги, выходящий за границы диапазона нормы ($r = 2,49$; $p < 0,05$). Фаза финального усилия начинается с постановки левой ноги (для праворуких метателей) на опору и заканчивается освобождением копья из руки. Цель данной фазы – придать копью финальное ускорение, создав максимальную скорость вылета с оптимальным углом. В момент постановки ноги на опору

выполняется блокирование коленного сустава и стопорение продвижения тела вперед. Это замедляет движение метателя на опоре и позволяет передавать импульс силы тела метателя в копье. В момент финального усилия спортсмен выполняет поворот правого бедра в направлении броска, создавая перпендикуляр линии бедер по направлению броска. Создание излишнего напряжения на тазобедренный сустав при обгоне звеньев тела увеличивает риск травматизма. Далее происходит вращение верхней части туловища и перемещение правого плеча в направлении броска так, что линия плеч приводится в положение, перпендикулярное направлению броска.

Травмирование мышц туловища происходит при увеличении вращения бедра и туловища с последующим перемещением плечевого сустава и увеличением линейной скорости. Совместными действиями звеньев тела являются, в первую очередь, горизонтальный отвод плечевого сустава и внутреннее вращение, за которым следует включение локтевого сустава, затем сгибание лучезапястного сустава и, наконец, освобождение копья. При правильном броске копье должно быть выпущено через плечо метательской руки. В данном узловом элементе нами выявлен значительно больший угол левого колена при выпуске снаряда ($r = 2,87$; $p < 0,05$), что может являться причиной травмирования. Во время финальной фазы метания копья спортсмен осуществляет резкое выворачивание туловища влево и наклон его вперед для выполнения горизонтального отведения и внутреннего вращения плеча, создает предпосылки к травмированию суставной сумки плечевого сустава ($r = 2,64$; $p < 0,05$).

В момент метания копья при движении через плечо происходит значительное напряжение скелетных мышц и увеличивается напряжение на многочисленные суставы, особенно на плечо и локоть, где происходит крутящий момент при метании. Данное суставное напряжение может приводить к травмированию плеча и локтя: растяжения или разрывы локтевой коллатеральной связки, смещение плечевой кости в суставной сумке, которое вызывает подвывих плеча и разрыв ротаторной манжеты. Данные виды травм были получены метателями копья, попытки которых отражены в нашем исследовании.

Выявленный большой внешний крутящий момент в вальгусе локтя может являться прямой причиной разрыва локтевой связки. Сила, связанная с внешним вальгусным крутящим моментом в локтевом суставе, приводит к созданию усилия, стремящегося отдалить предплечье от тела и отделить медиальный надмыщелок плечевой кости от венечного отростка локтевой кости. Эта сила ответственна за растягивающее напряжение, которое приводит к деформации коллатеральной связки локтевого сустава, потому что данная связка соединяет эти костные выступы. Следует отметить, что локте-

вая коллатеральная связка противостоит внешнему крутящему моменту вальгусного локтя, обеспечивая внутренний крутящий момент в локтевом суставе. Большой внешний вальгусный крутящий момент в локтевом суставе может быть вызван изменением положения локтя во время высокой скорости перемещения при внутреннем вращении плечевой кости. Такое положение может увеличивать крутящий момент во внешнем локтевом вальгусе, значительно увеличивая момент инерции звеньев руки, который приводит к инерционному отставанию предплечья относительно плеча при его внутреннем вращении. Изменение кинематических характеристик локтя может возникнуть из-за усталости скелетных мышц звеньев верхних конечностей, требующей большей активации трехглавой мышцы плеча для поддержания его стабильности, что, в свою очередь, приводит к большему разгибанию локтя.

Основной причиной большого внешнего крутящего момента локтевого вальгуса является несоответствие положения звеньев руки относительно проекции центра масс туловища. Данное изменение кинематических параметров движения руки приводит к тому, что мышцы звеньев рук, а не скелетные мышцы-вращатели туловища, должны генерировать крутящий момент, необходимый для выполнения метания с высокой скоростью. Это приводит к накоплению усталости скелетных мышц плеча и к компенсаторному движению в локтевом суставе за счет сокращения трехглавой мышцы плеча, чтобы стабилизировать плечевой сустав. Короткая фаза замедления после выпуска копья может быть причиной травмы коллатеральной связки локтевого сустава из-за более высоких угловых скоростей локтевого сустава. Вместе с тем короткая фаза замедления не является основным фактором травмирования, так как большой крутящий момент зависит не только от высокой угловой скорости. Положение прямого локтя во время быстрого вращения плечевой кости имеет взаимосвязь с травмой локтевой коллатеральной связки при движении руки вверх при метании. Большой внутренний крутящий момент в локтевом суставе может привести к повреждению связок, окружающих локтевой сустав.

Угол сгибания в локтевом суставе более модельного диапазона является механизмом повреждения сухожилий, прикрепленных к двуглавой мышце плеча. Концентрическое сгибание локтя и его эксцентрическое разгибание требуют сильного сокращения двуглавой мышцы плеча, что отражается в большом внутреннем моменте сгибания локтя. Сильное сокращение двуглавой мышцы плеча может развить достаточную силу, чтобы травмировать суставную связку и даже оторвать ее от кости. Может возникнуть достаточное усилие, особенно при быстром эксцентрическом разгибании локтя, чтобы разорвать сухожилие двуглавой мышцы плеча.

Положение локтевого сустава, приближенное к прямому, имеет меньшую амплитуду движения, чтобы эксцентрическое разгибание локтя достигло максимума. Более короткий диапазон движения может потребовать большего внутреннего изгибающего момента, чтобы уменьшить скорость разгибания до достижения максимального положения. При быстром разгибании локтя во время броска возникает движение, ведущее к повреждениям суставной сумки и сухожилиям двуглавой мышцы плеча, которые вызваны большим крутящим моментом сгибателей локтевого сустава.

Выводы.

Анализ кинематических параметров движения метателей и причин, вызывавших травмы в результате метания копья, показал, что травмы были в основном бесконтактными, поэтому их можно было предотвратить с помощью программ тренировок, которые модифицировали бы технику движения для снижения мышечного напряжения. Необходимо понимать взаимосвязь между кинематическими и динамическими составляющими движения и риском получения травмы. Это позволит разработать тренировочные программы по профилактике травматизма.

В процессе исследования выявлено, что метатели копья, получившие травму коленного сустава, имели больший наклон туловища назад на левой ноге вниз ($r = 3,11$; $p < 0,05$) и значительно большее разгибание тазобедренного сустава левой ноги ($r = 2,98$, $p < 0,05$).

Определение нормативных значений сил и моментов, возникающих в плечевых и локтевых суставах метателей копья, может предоставить ценную информацию об относительном риске сил и моментов в суставах, приводящем к травмам тканей тела.

Литература

1. Бондаренко Е. К. Повышение риска травматизма нижних конечностей в зависимости от кинематических характеристик движения во флорболе // Игровые виды спорта: актуальные вопросы теории и практики: сборник научных статей 2-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ректора ВГИФК Владимира Ивановича Сысоева (Воронеж, 23-24 октября 2019 г.) / ред. А.В. Сысоев [и др.]. – Воронеж: ООО «РИТМ», 2019. – С. 303–307.
2. Ланка Я., Гамалий В. Теоретические и практические аспекты реализации биомеханических принципов организации перемещающих движений в спорте // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 2. – С. 45–63.

3. Немцев О.Б., Немцева Н.А., Гришин А.Ф. Зависимости результата в метании разных легкоатлетических снарядов от их кинематических характеристик в момент вылета // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 8 (162). – С. 135–140.
4. Оптимизация тренировочного процесса и реабилитации спортсменов на основе динамической контактной диагностики скелетных мышц / Плескачевский Ю.М. [и др.] // Россия – Беларусь – Сколково: единое инновационное пространство: тезисы международной научной конференции / ред. С. Я. Килин. – Минск, 2012. – С. 124–125.
5. Bartlett R., Robins M. Biomechanics of throwing. Handbook of biomechanics and human movement science // New York: Routledge, 2008. – P. 285–296.
6. External rotation of the glenohumeral joint: ligament restraints and muscle effects in the neutral and abducted positions / Kuhn J. E. [et al.] // J Shoulder Elbow Surg. – 2005. № 14 (1). – P.39–48.
7. Köhler H.-P., Lehmann F. & Witt M. The role of the internal rotation of the upper arm in javelin throwing // 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Cologne, Germany, June 14–18, 2017. – P. 237–240.
8. Lehmann F. Biomechanical Analysis of the Javelin Throw at the 2009 IAAF World Championships in Athletics // New Studies in Athletics. – 2010. – № 25 (3/4). – P. 61–77.
9. A procedure for determining the acceleration phase in javelin throwing / Navarro E. [et al.] // Biomechanics in Sports XII, Proceedings of the 12th Intern. Symposium on Biomechanics in sports. – Budapest, 2004. – P. 357–359.

References

1. Bondarenko E. K. Povyshenie riska travmatizma nizhnix konechnostej v zavisimosti ot kinematicheskix xarakteristik dvizheniya vo florbole // Igrovye vidy sporta: aktualnye voprosy teorii i praktiki: sbornik nauchnyx statej 2-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhyonnoj pamyati rektora VGIFK Vladimira Ivanovicha Sysoeva (Voronezh, 23-24 oktyabrya 2019 g.) / red. A.V. Sysoev [i dr.]. – Voronezh: ООО «RITM», 2019. – С. 303–307.
2. Lanka Ya., Gamalij V. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty realizacii biomexanicheskix principov organizacii peremeshhayushhix dvizhenij v sporte // Nauka v olimpijskom sporte. – 2017. – № 2. – С. 45–63.
3. Nemcev O.B., Nemceva N.A., Grishin A.F. Zavisimosti rezul'tata v metanii raznyx legkoatleticheskix snaryadov ot ix kinematicheskix xarakteristik v moment vyleta // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. – 2018. – № 8 (162). – С. 135–140.

4. Optimizaciya trenirovochnogo processa i reabilitacii sportsmenov na osnove dinamicheskoy kontaktnoj diagnostiki skeletny`x my`shcz / Pleskachevskij Yu.M. [i dr.] // Rossiya – Belarus` – Skolkovo: edinoe innovacionnoe prostranstvo: tezisy` mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii / red. S. Ya. Kilin. – Minsk, 2012. – S. 124–125.

5. Bartlett R., Robins M. Biomechanics of throwing. Handbook of biomechanics and human movement science // New York: Routledge, 2008. – P. 285–296.

6. External rotation of the glenohumeral joint: ligament restraints and muscle effects in the neutral and abducted positions / Kuhn J. E. [et al.] // J Shoulder Elbow Surg. – 2005. № 14 (1). – R.39–48.

7. Köhler H.-P., Lehmann F. & Witt M. The role of the internal rotation of the upper arm in javelin throwing // 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Cologne, Germany, June 14–18, 2017. – R. 237–240.

8. Lehmann F. Biomechanical Analysis of the Javelin Throw at the 2009 IAAF World Championships in Athletics // New Studies in Athletics. – 2010. – № 25 (3/4). – R. 61–77.

9. A procedure for determining the acceleration phase in javelin throwing / Navarro E. [et al.] // Biomechanics in Sports XII, Proceedings of the 12th Intern. Symposium on Biomechanics in sports. – Budapest, 2004. – P. 357–359.

Контактная информация: kostyabond67@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДИТЕЛЬНОГО НАПАДЕНИЯ В БАСКЕТБОЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ВИДЕОАНАЛИЗА ИГРОВЫХ СИТУАЦИЙ

Гришкевич Н. И., магистрант

Витман Д. Ю., кандидат педагогических наук, преподаватель

Ковыршина Е. Ю., кандидат педагогических наук, доцент

Эртман Ю. Н., кандидат педагогических наук

Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, г. Омск

В статье представлены сведения о возможностях совершенствования стремительного нападения в баскетболе при помощи современных средств визуального анализа. Изучены научно-методические материалы по совершенствованию стремительного нападения в баскетболе. Поднимаются вопросы, связанные с рациональностью исполь-