

Хуссейн Абобакр Мохамед Аббакар

докторант, старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана»

г. Москва

Хаматдинов Олег Владимирович

аспирант
ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук»

г. Москва

DOI 10.21661/r-562773

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА ДВИЖЕНИЙ КОЛЕННОГО
И ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВОВ И АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕЖДУ ДВИЖЕНИЕМ КОЛЕНА, ФУНКЦИЕЙ БЕДРА
И СВЯЗАННЫМИ ФАКТОРАМИ В РАЗНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ**

Аннотация: в статье представлен анализ взаимодействия между движением колена и функцией бедра.

Ключевые слова: коленный сустав, тазобедренный сустав.

Предыдущие исследования показывают, что пациенты с полной заменой коленного сустава испытывают трудности при выполнении определенных задач, связанных с глубоким сгибанием колена, которые являются частью повседневной деятельности. Эти мероприятия для рассматриваемых пациентов были жизненно важными, в том числе сидение на корточках (82%), на коленях (79%), садоводство (50%), сексуальные возможности (77%) и танцы (51%)

Цель: определить диапазон движений коленного и тазобедренного суставов и проанализировать взаимодействия между движением колена, функцией бедра и связанными факторами в разных положениях.

Метод:

Антропометрические измерения у 60 африканцев для определения степени свободы коленного и тазобедренного суставов во время повседневной деятельности, включая пассивный диапазон движений, угол сгибания и ротации коленного и тазобедренного сустава в четырёх разных положениях с помощью гониометра PASCO–2137.

Результаты. Пассивный диапазон движений коленного и тазобедренного суставов у испытуемых был сопоставлен с существующими нормативными.

Переменные ИМТ и окружности живота продемонстрировали значительные корреляции с диапазоном сгибания коленного сустава (R -квадрат = 0,66). ИМТ был единственной переменной, который выявил корреляцию для тазобедренного сустава (R -квадрат = 0,49).

Анализ взаимодействия между движением колена и функцией бедра показал, что диапазон движений внутренней ротации бедра значимо коррелирует ($r=0.51$) с углом внешней ротации колена во время фазы бокового приземления.

Выводы. Данные, полученные в ходе исследования (диапазона движения для коленного и тазобедренного суставов) могут быть использованы для постановки реабилитационных целей (после спортивных травм) и при консультировании пациентов, избранных для замены коленного сустава и при разработке ортопедических устройств. Таким образом, имплантат, способный облегчить боль и обеспечить диапазон движения, необходим для повседневной деятельности и удовлетворяет основные потребности широкой группы людей, в том числе спортсменов.

Индекс массы тела имеет значительную линейную отрицательную связь с пассивным диапазоном движений колена (но не бедра). Увеличение индекса массы тела на единицу соответствует 0,782 единицам диапазона движений коленной.

Анализ взаимодействия между движением колена и функцией бедра показал, что диапазон движений внутренней ротации бедра значимо коррелирует с углом внешней ротации колена во время фазы бокового приземления. На основании результатов этого исследования предлагается включить внутреннюю ротацию бедра в качестве фактора для оценки результатов прыжкового теста. Для

субъектов с увеличенной внутренней ротацией бедра упражнения, укрепляющие наружную ротаторную и отводящую мышцы бедра, могут эффективно снизить риск травмы или повторного повреждения передней крестообразной связки после её реконструкции.

1. Введение.

Преыдущие исследования показывают, что пациенты с полной заменой коленного сустава испытывают трудности при выполнении определенных задач, связанных с глубоким сгибанием колена, которые являются частью повседневной деятельности. Эти мероприятия для рассматриваемых пациентов были жизненно важными, в том числе сидение на корточках (82%), на коленях (79%), садоводство (50%), сексуальные возможности (77%) и танцы (51%).

Образ жизни мусульман

1,8 миллиарда мусульман (500 миллионов африканцев, 25 миллионов русских) = 25% населения мира.

Образ жизни мусульман в значительной степени зависит от способности полностью согнуть колено и многих повседневных занятий, таких как молитвы, которые требуют значительного количества сгибаний колен и бедер в течение жизни, примерно 70 раз в день, начиная с 7 лет.

Колено и бедро – это основные несущие суставы, которые играют важную роль в достижении необходимых поз, жизненно важных для нашей повседневной деятельности.

Ограничения в этих функциях суставов существенно затруднят наш образ жизни.

Диапазон сгибания и разгибания колена необходим для функциональных и спортивных занятий.

Потеря полной подвижности коленного сустава может оказать пагубное влияние на функцию всей нижней конечности.

На это движение влияют несколько структур: конфигурация костных поверхностей внутри сустава, капсула сустава, связки, сухожилия и мышцы, действующие на сустав.

Если ограничена подвижность в одном или нескольких суставах, тело может компенсировать это за счет нагрузки на другие суставы или мышцы, что приводит к мышечному дисбалансу и неправильному положению тела.

Мышечный дисбаланс повышает риск травм и боли, а также снижает функциональную подвижность.

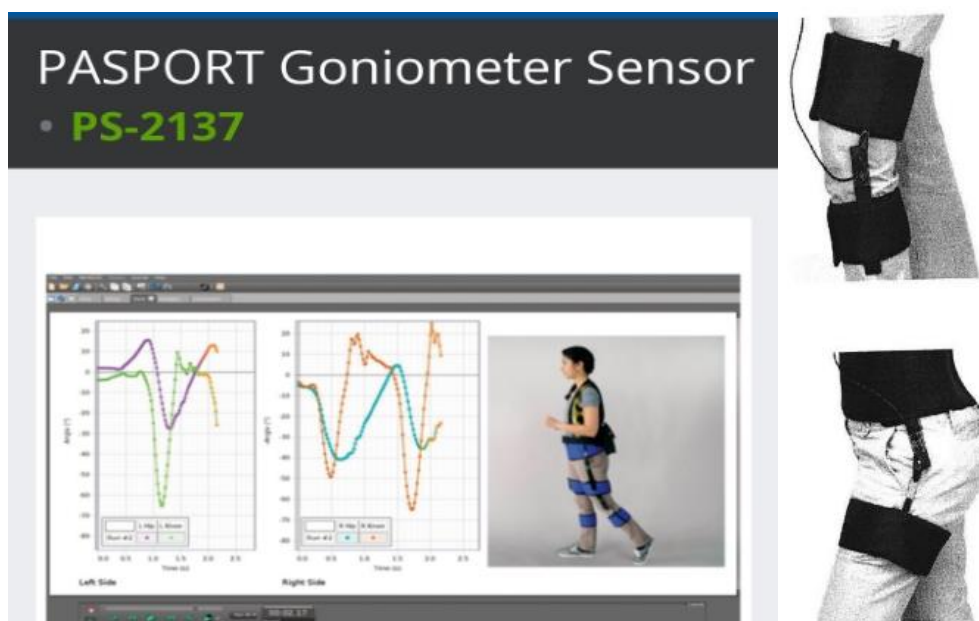
Врачи, терапевты и исследователи полагаются на данные о нормальном диапазоне движений, референтные значения при оценке инвалидности, эффективности терапии и разработке ортопедических изделий.

Определить диапазон движений коленного и тазобедренного суставов и проанализировать взаимодействия между движением колена, функцией бедра и связанными факторами в разных положениях.

подчеркнув важность введения анализа походки, в разделе 2 мы опишем метод, используемый для сбора данных, и оборудование, используемое для этой цели. В разделе 3 мы продемонстрируем статистический анализ собранных данных и выделим основные результаты полученных данных, мы обсудим основные в разделе 4, прежде чем суммировать наши выводы в разделе 5.

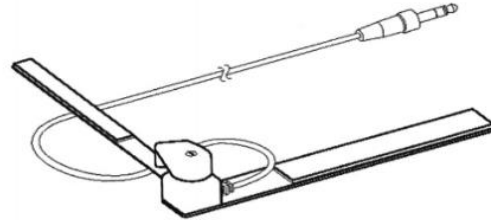
2. Методы и оборудование.

Собрана группа из 60 мужчин в возрасте от 20 до 55 лет. Пассивный диапазон движений, угол сгибания и ротации коленного и тазобедренного сустава в четырёх разных положениях измерен с помощью гониометра PASCO-2137.





Диапазон	От -170° до +170°
Точность	1° после калибровки 3° без калибровки
Разрешение	0.04°
Частота опроса	20 Гц по умолчанию 100 Гц максимально
Длина рычага	21 см
Ленты для крепления	Большая: 15×120 см Малая: 10×18 см



Таб. 2 Технические характеристики

3. Результаты.

Переменная	Ко-во человек (%)	Среднее значение (среднеквадратичное отклонение)
Индекс массы тела (кг/см²)		21.5 (2.9)
<23	42 (70.0%)	
23-24.9	8 (13.3%)	
> 25	10 (16.7%)	
Окружность живота (см)		76.5 (8.3)
Окружность бедра (см)		Левое бедро 50.9 (5.1) Право бедро 50.5 (5.2)

 Таб. 1 Описательная статистика.
Факторы, влияющие на движение суставов

Переменные для колена	Нога	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение (среднеквадратичное отклонение)
Пассивный диапазон движения (град.)	Левая	140.0	160.0	152.2(4.7)
	Правая	140.0	161.7	152.9(4.7)
Поклон стоя (град.)	Левая	-5.0	13.3	3.3(4.1)
	Правая	-5.0	15.0	3.6(4.0)
Поклон на коленях (град.)	Левая	101.7	130.0	116.7(7.1)
	Правая	101.7	130.0	115.8(6.4)
Сидения (град.)	Левая	140.0	165.0	153.3(5.6)
	Правая	141.7	165.0	153.8(6.0)
Наружная ротация	Правая	3.3(6.7)	6.3(6.5)	
Наружное отведение	Правая	5.0(3.4)	9.5(4.0)	

Переменные для тазобедренного сустава	Нога	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение (среднеквадратичное отклонение)
Пассивный диапазон движения (град.)	Левая	126.7	158.3	141.3 (7.0)
	Правая	123.3	156.7	141.3 (7.0)
Поклон Стоя (град.)	Левая	53.3	86.7	74.3 (6.6)
	Правая	60.0	86.0	74.1 (6.2)
Поклон на коленях (град.)	Левая	95.0	140.0	119.0 (9.4)
	Правая	91.7	138.3	118.1 (9.1)
Сидения (град.)	Левая	65.0	88.3	77.7 (5.1)
	Правая	65.0	90.	
Разгибание	Правая	5.0	17.0	11.4 (3.3)
Внутренняя ротация	Правая	5.0	50.0	32.5 (12.8)
Наружная ротация	Правая	25.0	60.0	42.3 (10.3)

$$R_z(\psi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi & -\sin \psi \\ 0 & \sin \psi & \cos \psi \end{bmatrix}$$

$$R_x(\phi) = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix}$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

Формула 1. Углы Эйлера

Колено	Простой линейный анализ			Множественный регрессионный анализ		
	b (95% CI)	t-критерий Стьюдента	p-уровень значимости	b (95% CI)	t критерий Стьюдента	p-уровень значимости
Индекс массы тела BMI (кг/см ²)	0.782 (-1.154, 0.409)	-4.198	<0.05	-0.782 (-1.154, 0.409)	-4.198	<0.05
Окружность живота (см)	-0.276 (-0.411, 0.142)	-4.116	<0.05		-	-
Окружность бедра (см)	-0.0381 (-0.609, 0.544)	-3.355	<0.05		-	-

Таб. 5 Ассоциированные факторы диапазона движения коленного сустава

Тазобедренный сустав	Простой линейный анализ			Множественный регрессионный анализ		
	b (95% CI)	t-критерий Стьюдента	p-уровень значимости	b (95% CI)	t-критерий Стьюдента	p-уровень значимости
Индекс массы тела BMI (кг/см ²)	-0.298 (-0.481, 1.007)	0.765	0.447	-	-	-
Окружность живота (см)	0.091 (-0.189, 0.371)	0.650	0.518	-	-	-
Окружность бедра (см)	0.090 (-0.367, 0.456)	0.392	0.696	-	-	-

Таб. 6 Ассоциированные факторы диапазона движения тазобедренного сустава.

$$\hat{b}_1 = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1 y) - (\sum x_1 x_2)(\sum x_2 y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2 y) - (\sum x_1 x_2)(\sum x_1 y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2}$$

Формула 2. Коэффициенты линейной и множественной регрессии

Диапазон движения бедра (Град.)	Угол коленного сустава (град)			
	Мин. ER	Макс. ER	Мин. ABD	Макс. ABD
Разгибание	0.6	0.12	0.35	0.34
Внутренняя ротация	0.47	0.51	-0.8	0.9
Наружная ротация	-0.02	-0.02	-0.4	0.10

Таб.7 Коэффициенты корреляции Пирсона между клиническими измерениями бедра и кинематическими данными коленного сустава во время бокового приземления, где ABD : приведение колена
ER : внутренняя ротация

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Формула 3. Коэффициент корреляции Пирсона (где x и y – выборочные средние значения СРЗНАЧ (массив1) и СРЗНАЧ (массив2)



Переменные		Среднее значение активного диапазона движения (среднеквадратичное отклонение)	Среднее значение пассивного диапазона движения (среднеквадратичное отклонение)	Средняя разница (95%С1)	t-критерий Стьюдента	p-уровень значимости
Колено диапазон движения (град.)	Левое	153.3(5.6)	152.2(4.7)	1.1(0.20,2.31)	1.682(59)	0.098
	Правое	153(5.6)	152.9(4.7)	0.8(0.50,2.16)	1.254(59)	0.215
Тазобедренный диапазон движения (град)	Левое	119.0(9.4)	141.3(7.0)	-22.3 (25.1,19.4)	-15.585(59)	<0.001
	Правое	118.1(9.1)	141.3(7.7)	-23.2 (-26.3,-20.2)	-15.232(59)	<0.001

Таб.8 Сравнение среднего значения диапазона движений бедра и колена в различных положениях

4. Обсуждение.

Пассивные диапазоны движений для коленных и тазобедренных суставов в этом исследовании были сопоставлены с существующими нормативными данными диапазонов движения.

Переменные ИМТ и окружности живота продемонстрировали значительную корреляцию с коленным суставом. Тогда как ИМТ был единственной переменной показывающей корреляцию для тазобедренного сустава.

Прогностическое уравнение также было получено с помощью регрессионного анализа, для определения ожидаемой степени сгибания и включено в исследование.

Анализ взаимодействия между движением колена и функцией бедра показал, что диапазон движений внутренней ротации бедра значимо коррелирует ($r=0.51$) с углом внешней ротации колена во время фазы бокового приземления.

На основании результатов этого исследования предлагается включить внутреннюю ротацию бедра в качестве фактора для оценки результатов прыжкового теста.

Для субъектов с увеличенной внутренней ротацией бедра упражнения, укрепляющие наружную ротаторную и отводящую мышцы бедра, могут эффективно снизить риск травмы или повторного повреждения передней крестообразной связки после реконструкции передней крестообразной связки.

Походка наиболее устойчива к слабости разгибателей бедра и колена, которые хорошо переносят слабость, без существенного *увеличения* мышечного напряжения.

Походка наиболее чувствительна к слабости подошвенных сгибателей бедра, отводящих мышц бедра и сгибателей бедра.

Слабые сгибатели бедра могут вызвать чрезмерную компенсацию окружающих мышц, что может вызвать боль и трудности при ходьбе.

Сгибатели бедра стабилизируют нижнюю часть позвоночника. Они играют важную роль в ходьбе, выравнивании осанки, подвижности суставов, гибкости и равновесии.

Симптомы слабости сгибателей бедра могут влиять на различные области тела. Общие симптомы могут включать: изменения походки и осанки; боль в колене; боль в бедре; боль в спине.

Эти симптомы возникают потому, что суставы пытаются компенсировать слабость сгибателей бедра, что приводит к их переутомлению.

Поясничная мышца отвечает за поворот ноги вперед во время ходьбы. Если эта мышца слабая, человеку, возможно, придется прилагать больше энергии и полагаться на другие мышцы – прямую мышцу бедра и подколенные сухожилия.

Эти мышцы могут сверхкомпенсироваться во время ходьбы, что может привести к чрезмерной нагрузке на них и вызвать дискомфорт. (Человеку также может быть трудно подниматься по лестнице, поскольку ему может быть трудно поднять ногу.)

5. Заключение.

Данные, полученные в ходе исследования (диапазона движения для коленного и тазобедренного суставов) могут быть использованы для постановки реабилитационных целей (после спортивных травм) и при консультировании пациентов, избранных для замены коленного сустава и при разработке ортопедических устройств. Таким образом, имплантат, способный облегчить боль и обеспечить диапазон движения, необходим для повседневной деятельности и удовлетворяет основные потребности широкой группы людей, в том числе спортсменов.

Индекс массы тела имеет значительную линейную отрицательную связь с пассивным диапазоном движений колена (но не бедра). Увеличение индекса массы тела на единицу соответствует 0,782 единицам диапазона движений коленей.

Анализ взаимодействия между движением колена и функцией бедра показал, что диапазон движений внутренней ротации бедра значимо коррелирует с углом внешней ротации колена во время фазы бокового приземления. На основании результатов этого исследования предлагается включить внутреннюю ротацию бедра в качестве фактора для оценки результатов прыжкового теста. Для субъектов с увеличенной внутренней ротацией бедра упражнения, укрепляющие наружную ротаторную и отводящую мышцы бедра, могут эффективно снизить риск травмы или повторного повреждения передней крестообразной связки после её реконструкции.

References

1. Laubenthal K.N., Smidt G.L., Kettelkamp D.B. A quantitative analysis of knee motion during activities of daily living. *Phys Ther* 1972; 52: 34–43.
2. Hefzy M.S., Kelly B.P., Cooke T.D. Kinematics of the knee joint in deep flexion. A radiographic assessment. *Med Eng Phys* 1998; 20: 302–7.
3. Gibson T., Hameed K., Sultana S., Fatima Z., Syed A. Knee pain amongst the poor and affluent in Pakistan. *Brit J Rheumatol* 1996; 35: 146–9. EDN: IYOSZZ
4. Mullholland S.J., Wyss U.P. Activities of daily living in non-Western cultures. Range of motion requirements for hip and knee joint implants. *Int J Rehabil Res* 2001; 24: 191–8.
5. Norkin C.C., White J.D. Measurement of a joint motion: a guide to goniometry. 3rd ed. F.A. Davis Company, Philadelphia, 2003.
6. Boone D.C., Azen S.P. Normal range of motion of joints in male subjects. *J Bone Joint Surg* 1979; 61: 756–9.
7. Bell R.D., Hoshizaki T.B. Relationships of age and sex with range of motion of seventeen joint actions in humans. *Can J Appl Sport Sci* 1981; 6:202–6.
8. Svenningsen S., Terjesen T., Auflem M., Berg V. Hip motion related to age and sex. *Acta Orthop Scand* 1989; 60: 97–100.
9. Roach K.E., Miles T.P. Normal hip and knee active range of motion: the relationship to age. *Phys Ther* 1991; 71: 656–65.
10. Steinberg N., Hershkovitz I., Peleg S. [et al.] Range of joint movement in female dancers and nondancers aged 8 to 16 years: anatomical and clinical implications. *Am J Sports Med* 2006; 34: 814–23.
11. Kearns C.F., Isokawa M., Abe T. Architectural characteristics of dominant leg muscles in junior soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85: 240–43.
12. Valderrabano V., Nigg B.M., Hintermann B. [et al.] Muscular lower leg asymmetry in middle-aged people. *Foot Ankle Int* 2007; 28: 242–9.
13. Beenakker E.A., de Vries J., Fock J.M. [et al.] Quantitative assessment of calf circumference in Duchenne muscular dystrophy patients. *Neuromuscular Disord* 2002; 12: 639–42.

14. Moseley A.M., Crosbie J., Adams R. Normative data for passive ankle plantar-flexion-dorsiflexion flexibility. *Clin Biomech* 2001; 16: 514–21.
15. Macedo L.G., Magee D.J. Effects of age on passive range of motion of selected peripheral joints in healthy adult females. *Physiother Theory Pract* 2009; 25: 145–64.
16. Roaas N.B., Anderson G.B. Normal range of motion of the hip, knee and ankle joints in male subjects, 30–40 years of age. *Acta Orthop Scand* 1982; 53: 205–208.
17. Owalabi E., Alawale O.A. Lower limb flexibility norms: some racial, gender and limb symmetrical considerations. *Afr J Health Sci* 1996; 3: 56–9.
18. Azmi M.Y., Junidah R., Siti Mariam A. [et al.] Body Mass Index (BMI) of adults: findings of the Malaysian Adult Nutrition Survey (MANS). *Malays J Nutr* 2009; 15: 97–119.
19. Escalante A., Lichtenstein M.J., Dhandha R., Cornell J.E., Hazuda H.E. Determinants of hip and knee flexion range: results from the San Antonio Longitudinal Study of Aging. *Arthritis Care Res* 1999; 12: 8–18.
20. Koley S., Kaur N., Sandhu J. Relationship of obesity with lumbar range of motion in school going children of Amritsar, Punjab, India. *IJBA* 2008; 3: 14.
21. Kouyoumdjian P., Coulomb R., Sanchez T., Asencio G. Clinical valuation of hip joint rotation range of motion in adults. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012; 98: 17–23.