

Нормальные значения температуры коленного сустава у профессиональных спортсменов

М.Н. Величко¹, А.С. Самойлов¹, А.С. Умников¹, И.М. Долгов², С.П. Щелькалина³, А.М. Беякова⁴,
А.В. Штурмин¹, И.В. Васильева¹

¹ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Российская Федерация

² ООО «Дигнозис», Москва, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Российская Федерация

⁴ ПМГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования – изучение нормальных значений температуры передней поверхности коленного сустава у профессиональных спортсменов сборных команд России с использованием инфракрасной термографии. **Материалы и методы.** В исследование включены 160 профессиональных спортсменов без выявленных патологий коленных суставов. Температурные измерения проводились с помощью инфракрасной камеры NEC Thermo Tracer TH9100, фиксируя данные с передней поверхности колена и надколенника. Исследование проводилось в стандартизированных условиях, исключая влияния внешних факторов. **Результаты.** Средние медианные значения температуры передней поверхности коленного сустава составили 30,58 °C для правого и 30,54 °C для левого сустава. Температура надколенника составила 30,28 и 30,12 °C соответственно. Различий между сторонами не выявлено. **Выводы.** Полученные данные могут служить референтными значениями при мониторинге состояния коленного сустава у профессиональных спортсменов. Температурные показатели сопоставимы с данными, характерными для пациентов с ранними стадиями остеоартроза, что требует дальнейших исследований влияния интенсивных нагрузок на терморегуляцию суставов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: термография, температура коленного сустава, профессиональные спортсмены, спортивная медицина.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Normal Temperature Values of the Knee Joint in Professional Athletes

M.N. Velichko¹, A.S. Samoylov¹, A.S. Umnikov¹, I.M. Dolgov², S.P. Shchelykalina³, A.M. Belyakova⁴,
A.V. Shturmin¹, I.V. Vasil'eva¹

¹ Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

² LLC «Dignosys», Moscow, Russian Federation

³ The Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

SUMMARY

Background. To study the normal temperature values of the anterior surface of the knee joint in professional athletes from Russian national teams using infrared thermography. **Materials and methods.** The study included 160 professional athletes (73 males and 87 females) with no diagnosed knee joint pathologies. Temperature measurements were performed using the NEC Thermo Tracer TH9100 infrared camera, capturing data from the anterior knee surface and patella. The study was conducted under standardized conditions to eliminate external influences. **Results.** The median anterior knee surface temperature was 30.58 °C for the right knee and 30.54 °C for the left knee. The patellar temperature was 30.28 and 30.12 °C respectively. No significant differences were observed between the sides. **Conclusions.** The obtained data can serve as reference values for monitoring knee joint conditions in professional athletes. Temperature indicators were comparable to those seen in early-stage osteoarthritis patients, warranting further research on the impact of intense physical activity on knee joint thermoregulation.

KEYWORDS: thermography, knee joint temperature, professional athletes, sports medicine.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

Измерение температуры коленного сустава в медицинских целях проводится давно, однако до сих пор не существует общепринятого стандарта ее регистрации и согласованных значений для нормы и патологии.

Цель исследования

Изучить температуру передней поверхности коленного сустава у действующих спортсменов сборных команд РФ при помощи инфракрасной термографии.

Материалы и методы

В исследование было включено 160 профессиональных спортсменов, членов сборных команд РФ (73 мужчины (45,6%) и 87 женщин (54,4%)). У всех пациентов по данным углубленного медицинского обследования не было указаний на патологию коленных суставов. Распределение пациентов по возрасту было ненормальным ($p < 0,001$, медиана возраста 21 год, половина включенных пациентов была в интервале от 20 до 25 лет, минимальный возраст 18 лет, максимальный – 41 год). Распределение

Таблица 1
Характеристика обследованных спортсменов

Параметр	N	p	m±σ	Q1	Me-	Q3
Возраст, лет	160	<0,001	22,53±4,10	20,00	21,00	25,00
Рост, см	160	0,018	176,55±10,13	169,00	175,50	184,00
Вес, кг	160	<0,001	73,48±17,20	60,63	69,50	83,75
ИМТ, кг/м ²	160	<0,001	23,44±4,64	20,80	22,50	24,62

n – объем группы, m – среднее значение, σ – стандартное отклонение, Me – медиана, Q1 – нижняя квартиль значений, Q3 – верхняя квартиль значений, p – уровень значимости по Колмогорову – Смирнову (нормальное распределение при p>0,05).

пациентов по росту было ненормальным (p=0,018, медиана роста 175,5 см, половина включенных пациентов была в интервале от 169 до 184 см, минимальный рост 156 см, максимальный – 205 см). Распределение пациентов по весу было ненормальным (p<0,001, медиана веса 69,5 кг, половина включенных пациентов была в интервале от 60,6 до 83,8 кг, минимальный вес 46 кг, максимальный – 159 кг). ИМТ пациентов также был ненормально распределенным (p<0,001, медиана ИМТ 22,5 кг/м², половина включенных пациентов была в интервале от 20,8 до 24,62 кг/м², минимальный ИМТ 17,63 кг/м², максимальный – 56,3 кг/м² (таблица 1).

Термографическое исследование выполняли с помощью камеры NEC Thermo Tracer TH9100 (NEC Corporation Ltd., Япония) с чувствительностью 1 лк, с ошибкой считывания ±2% в градусах Цельсия (°C) на весь диапазон от -40 до 1500 °C с разрешением 320 × 240 пикс.

Для обработки полученных результатов применяли «Комплекс медицинский программной обработки и анализа термограмм «TVision» (ООО «Дигносис», Москва, Регистрационное удостоверение Росздравнадзора № РЗН 2021/15932 от 02.08.2022).

Спортсмены во время исследования стояли на специальной платформе из вспененного полиуретана, возвышающейся над полом на 5 см, чтобы нивелировать воздействие его температуры. Съемка проводилась на фоне безбликового гомогенно белого экрана размером 100 × 200 см. Данные температуры, влажности и атмосферного давления в помещении, где проводилась съемка, фиксировали при помощи переносной метеостанции RSTQ779. Площадь помещения, где велась съемка, составляет приблизительно 70 м², со средней температурой 21 ± 1,5 °C. Этот диапазон считается оптимальным для термографических исследований у людей [1, 2, 3].

Расстояние от камеры до пациента составляло 2,5 м [1, 2, 3]. В связи с тем, что влажность воздуха и атмосферное давление могут влиять на точность замеров [4], эти параметры также оставались постоянными в течение всех исследований и не превышали рекомендованные для медицинских учреждений 60% для влажности, при атмосферном давлении 764 мм рт. ст.

Исследование проводилось в течение 3 дней всегда в одно и то же время между 10:00 и 11:00 часами утра. Во время каждого исследования исключалось воздействие других факторов [2, 3], а именно: нанесение кремов перед исследованием, проведение массажа, принятие солнечных ванн в течение 8 часов перед исследованием, ровно как обильный прием пищи, прием кофе, курение или алкоголь в течение 6 часов перед исследованием. Перед прове-

дением исследования использовался промежуток времени 15 минут для адаптации [1, 5]. При проведении исследования спортсмены были одеты в короткие шорты. Во время исследования выполняли съемку коленного сустава общим планом с захватом всей нижней конечности спереди, снаружи, изнутри и сзади. На каждой конечности анализировали несколько зон интереса, в частности область коленного сустава спереди и контур надколенника (см. рисунок).

Оценивались следующие термографические показатели в областях интереса (см. рисунок). Минимальная температура для правой ноги (право min), максимальная температура для правой ноги (право max), средняя температура для правой ноги (право средняя), минимальная температура надколенника для правой ноги (Patellar право min), максимальная температура надколенника для правой ноги (Patellar право max), средняя температура надколенника для правой ноги (Patellar право средняя), аналогичные параметры для левой ноги (лево min, лево max, лево средняя, Patellar лево min, Patellar лево max, Patellar лево средняя соответственно). Кроме этого, оценивались разница минимальной, максимальной и средней температур между правой и левой ногой отдельно для всей области коленного сустава спереди и надколенника (Delta min, Delta max, Delta средняя, Patellar Delta min, Patellar Delta max, Patellar Delta средняя соответственно).

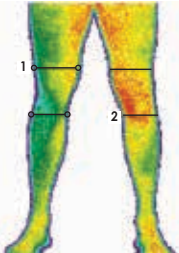
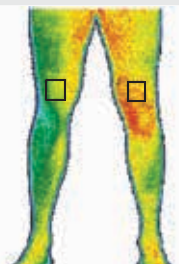
Результаты

По результатам измерений 4 из 18 указанных выше показателей имели ненормальное распределение: право средняя, Delta max, patellar право min, patellar право средняя (p<0,05). Поэтому для однообразия представления и удобства применения данные описывались с использованием непараметрических критериев: как медиана, верхняя и нижняя квартили (таблица 2).

Для сравнения с данными других исследователей, наибольшее значение имеют медианные средние значения со всей передней поверхности коленного сустава, и средние показатели для области надколенника.

Сравнение правой и левой ног у здоровых спортсменов по показателям термографии не выявило статистически значимых различий при использовании параметрических критериев (p>0,05 для t-критерия в таблице 3). Для сравнения с литературными данными использовались средние показатели и стандартные отклонения. Определялась разница между значениями термометрии правой и левой ног (таблица 3).

Сравнение температуры передней поверхности правой и левой ног у здоровых пациентов по показателям термографии с использованием непараметрических

Область	Измеренные параметры	
	Правая нога	Левая нога
Область коленного сустава спереди (regio genu anterior) А. Согласно гломорганскому протоколу (код ВКА)* 	Право min – минимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в области коленного сустава спереди. Право max – максимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в области коленного сустава спереди. Право средняя – усредненное значение температуры в области коленного сустава спереди Вычисленные параметры Delta min – разница между минимальными значениями для данной зоны интереса между оперированной и не оперированной ногой. Delta max – разница между максимальными значениями для данной зоны интереса между оперированной и не оперированной ногой. Delta средняя – разница между средними значениями для данной зоны интереса между оперированной и не оперированной ногой	Лево min – аналогичное правому коленному суставу минимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в зоне интереса контрлатеральной конечности. Лево max – аналогичное правому коленному суставу максимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в зоне интереса контрлатеральной конечности. Лево средняя – аналогичное правому коленному суставу среднее значение температуры в зоне интереса контрлатеральной конечности
Область коленного сустава спереди Б. Снимок надколенника по DeNoble 	Patellar право min – минимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в зоне интереса «надколенник». Patellar право max – максимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в зоне интереса «надколенник». Patellar право средняя – среднее значение температуры в зоне интереса «надколенник» Вычисленные параметры Patellar Delta min – разница между минимальными значениями для данной зоны интереса между оперированной и не оперированной ногой. Patellar Delta max – разница между максимальными значениями для данной зоны интереса между оперированной и не оперированной ногой. Patellar Delta средняя – разница между средними значениями для данной зоны интереса между оперированной и не оперированной ногой	Patellar лево min – аналогичное правому коленному суставу минимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в зоне интереса «надколенник» контрлатерального сустава. Patellar лево max – аналогичное правому коленному суставу максимальное значение кожной температуры, зафиксированное камерой в зоне интереса «надколенник» контрлатерального коленного сустава. Patellar лево средняя – аналогичное правому коленному суставу среднее значение температуры в зоне интереса «надколенник» контрлатерального коленного сустава

* Согласно гломорганскому протоколу верхняя граница фронтальной зоны коленного сустава проходит на 1 дюйм (т. е. примерно на 2,5 см) выше верхнего края надколенника. Однако в воспаленном коленном суставе после операции граница верхнего заворота хорошо видна и укладывается скорее в ориентиры анатомической передней области коленного сустава с границей сверху на 2 поперечных пальца (примерно 5 см) выше верхнего края надколенника.

Рисунок. Области коленного сустава, исследованные при помощи термографии

Таблица 2

Характеристика показателей термометрии для здоровых пациентов с определением нормальности их распределения

Параметр	n	p	m	σ	Температура, °C		
					Q1	Me	Q3
Право min	160	0,090	29,05	1,18	28,35	29,08	29,85
Право max	160	0,200	32,04	1,00	31,33	32,07	32,73
Право средняя	160	0,045	30,49	1,06	29,83	30,58	31,18
Лево min	160	0,200	28,98	1,19	28,21	28,98	29,85
Лево max	160	0,200	32,06	1,05	31,41	32,06	32,78
Лево средняя	160	0,200	30,47	1,07	29,80	30,54	31,23
Delta min	160	0,200	0,061	0,430	-0,217	0,075	0,348
Delta max	160	0,007	-0,014	0,619	-0,290	-0,005	0,315
Delta средняя	160	0,200	0,021	0,427	-0,240	0,045	0,327
Patellar право min	160	0,003	29,45	1,20	28,79	29,52	30,19
Patellar право max	160	0,200	30,92	1,18	30,19	30,91	31,77
Patellar право средняя	160	0,003	30,15	1,18	29,45	30,28	30,94
Patellar лево min	160	0,200	29,46	1,22	28,76	29,47	30,33
Patellar лево max	160	0,200	30,90	1,23	30,16	31,00	31,65
Patellar лево средняя	160	0,075	30,14	1,22	29,49	30,12	31,03
Patellar Delta min	160	0,200	-0,009	0,552	-0,403	0,025	0,385
Patellar Delta max	160	0,090	0,019	0,769	-0,390	0,075	0,458
Patellar Delta средняя	160	0,200	0,003	0,605	-0,375	0,065	0,400

n – объем группы, m – среднее значение, σ – стандартное отклонение, Me – медиана, Q1 – нижняя квартиль значений, Q3 – верхняя квартиль значений, p – уровень значимости по Колмагорову – Смирнову (нормальное распределение при p>0,05).

Таблица 3
Сравнение температуры правой и левой ног у здоровых спортсменов по показателям термометрии, t-критерий

Параметры сравнения	n	Температура, °C		δ	p
		Право $m \pm \sigma$	Лево $m \pm \sigma$		
Право min – лево min	160	29,05 $\pm$ 1,18	28,98 $\pm$ 1,19	0,07	0,077
Право max – лево max	160	32,04 $\pm$ 1,00	32,06 $\pm$ 1,05	0,02	0,769
Право средняя – лево средняя	160	30,49 $\pm$ 1,06	30,47 $\pm$ 1,07	0,02	0,531
Patellar лево min – Patellar право min	160	29,45 $\pm$ 1,20	29,46 $\pm$ 1,22	0,01	0,845
Patellar лево max – Patellar право max	160	30,92 $\pm$ 1,18	30,90 $\pm$ 1,23	0,02	0,757
Patellar лево средняя – Patellar право средняя	160	30,15 $\pm$ 1,158	30,14 $\pm$ 1,22	0,01	0,945

n – объем группы, p – уровень значимости, t-критерий (различие при $p < 0,05$), m – среднее значение, σ – стандартное отклонение, δ – дельта между правой и левой ногой.

Таблица 4
Сравнение правой и левой ног у здоровых пациентов по показателям термографии

Параметры сравнения	n	Температура, °C		δ	p
		Право Me (Q1;Q3)	Лево Me (Q1;Q3)		
Право min – лево min	160	29,08 (28,35;29,85)	28,98 (28,21;29,85)	0,10	0,064
Право max – лево max	160	32,07 (31,33;32,73)	32,06 (31,41;32,78)	0,01	0,950
Право средняя – лево средняя	160	30,58 (29,83;31,18)	30,54 (29,8;31,23)	0,04	0,303
Patellar лево min – Patellar право min	160	29,52 (28,79;30,19)	29,47 (28,76;30,33)	0,05	0,989
Patellar лево max – Patellar право max	160	30,91 (30,19;31,77)	31,00 (30,16;31,65)	0,09	0,534
Patellar лево средняя – Patellar право средняя	160	30,28 (29,45;30,94)	30,12 (29,49;31,03)	0,16	0,564

n – объем группы, Me – медиана, Q1 – нижняя квартиль значений, Q3 – верхняя квартиль значений, p – уровень значимости Вилкоксона (различие при $p < 0,05$), δ – дельта между правой и левой ногой.

критериев также не выявило статистически значимых различий ($p > 0,05$, t-критерий Вилкоксона в таблице 4). Для сравнения с литературными данными в этом случае использовались средние показатели и стандартные отклонения и определялась разница между значениями правой и левой ног.

Обсуждение

Травмы являются одной из основных проблем в карьере профессиональных спортсменов. Диагностика, лечение, восстановление и реабилитация спортсменов, перенесших травмы подразумевает большие экономические затраты. К примеру, в Испанской профессиональной футбольной лиге каждый клуб первого дивизиона тратит в среднем более 7,5 миллионов евро за сезон только на оплату в дни отпуска по болезни и без учета косвенных расходов [6]. Таким образом, должно быть использовано любое разумное средство для предотвращения травматизма. В этом смысле инфракрасная термография – инструмент с огромным потенциалом, который сулит выгоды как индивидуально спортсменам, так и всей команде. С помощью нее врачи могут получить быструю и объективную информацию о физическом состоянии спортсмена и возможных свидетельствах травмы или перегрузки, которые могут ухудшить его спортивную результативность [7]. Это одно из главных достоинств, которые поддерживают использование термографии в спорте.

Травмы коленного сустава, в том числе разрывы передней крестообразной связки, являются одними из самых распространенных спортивных травм в мире [8].

Таким образом, знание нормальных значений температуры коленного сустава, вероятно, позволило бы вовремя выявлять начало патологического процесса, а также определять возврат к рабочему состоянию.

Однако до сих пор, несмотря на попытки внедрения стандартов проведения термографических исследований, таких, например, как Гламорганский протокол, нормальные температуры для коленного сустава не определены. Тем более это касается профессиональных спортсменов, у которых, вероятно, параметры могут отличаться в зависимости от вида спорта.

На сегодняшний момент, самое крупное обзорное исследование нормальных температур области коленного сустава в общей группе пациентов (не профессиональные спортсмены) выполнено Kurt Ammer с соавт. [9]. В обзор вошли измерения температуры 3463 коленных суставов, включающие данные 876 здоровых субъектов, 629 пациентов с остеоартритом (ОА), 512 пациентов с ревматоидным артритом (РА), 67 пациентов с неревматоидным и другим неспецифическим воспалительным артритом, 86 пациентов страдали воспалением суставов, вызванных травмой, и 96 пациентов имели различные повреждения связок и других фиброзно-хрящевых тканей колена. 131 измерение температуры было проведено во время операции и 285 после операции. 33 пациента страдали альгодистрофией, 200 пациентов были обследованы во время или после различных методов криотерапии и 50 субъектов во время термической обработки.

По результатам указанного исследования, на основании контактных измерений температуры средняя температура передней области коленного сустава у здоровых субъектов составила $30,5 \pm 1,1$ °C. Определенная с помощью радиометров, соответствующая средняя температура составила $28,7 \pm 0,6$ °C (95% доверительный интервал: от 27,9 до 29,5). На термограммах здоровых людей средняя температура переднего отдела коленного сустава составила $29,5 \pm 1,6$ °C (95% доверительный интервал:

от $28,5$ до $30,5$ °C) и $33,1 \pm 0,0$ °C для заднего отдела коленного сустава. Разница температуры по сторонам составила $0,2 \pm 1$ °C как для переднего, так и для заднего отдела колена. Средняя внутрисуставная температура варьировалась между измерениями, зарегистрированными во время операции на колене ($29,9 \pm 4,4$ °C; 95% доверительный интервал: от $23,0$ до $36,8$), у пациентов с ревматоидным артритом ($35,1 \pm 0,7$ °C; 95% доверительный интервал: от $34,2$ до $36,0$ °C) или остеоартритом ($33,5 \pm 2,7$ °C; 95% доверительный интервал: от $30,1$ до $36,9$) и у здоровых лиц ($32,6 \pm 0,9$ °C; 95% доверительный интервал: от $31,5$ до $33,7$). Измерения с помощью контактных термометров выявили у пациентов с ревматоидным артритом среднюю температуру $32,5 \pm 0,9$ °C (95% доверительный интервал: от $31,4$ до $33,9$ °C) для передней части колена, в то время как соответствующая температура, зарегистрированная с помощью инфракрасных тепловых изображений, составила $30,5 \pm 0,8$ °C (95% доверительный интервал: от $27,8$ до $33,1$ °C). У пациентов с остеоартритом контактные термометры получили среднюю температуру передней части коленного сустава $31,3 \pm 1,3$ °C, а измерения температуры с помощью инфракрасных термограмм показали среднюю температуру $30,7 \pm 1,3$ °C (95% доверительный интервал: от $29,4$ до $32,0$ °C).

Основными выводами данного исследования было то, что температура коленного сустава варьируется в зависимости от метода ее определения и состояния сустава. Более того, средняя температура колена описывает состояние колена не полностью и должна быть дополнена описанием распределения температуры в привязке к конкретным областям.

В контексте вышеописанного, интересны обнаруженные нами данные о медианных значениях средней температуры коленного сустава, которая не отличалась в зависимости от стороны и составляла $30,58$ и $30,54$ °C для правого и левого коленных суставов соответственно. То есть, у спортсменов несмотря на отсутствие патологии коленных суставов в анамнезе и по данным доступных на момент исследования методов температура была сходна с такой у пациентов с остеоартрозом. В этом смысле, интересна еще одна работа. Так, Denoble с соавт. [10] провели исследование у пациентов с ОА коленного сустава с использованием инфракрасной термографии. Участники были поделены на группы в соответствии с рентгенографическими критериями Келлгрена – Лоуренса. Температура колена, измеренная над надколенником, была выше для случаев остеоартроза III ст. по Келлгрону ($30,5$ °C), чем для случаев II ст. ($30,1$ °C).

Хотя результаты не были статистически значимыми, связь между температурой колена и тяжестью патологии была обнаружена, как и в предыдущем исследовании.

В нашем случае, медианные значения температуры надколенника составили $30,28$ и $30,12$ °C для правой и левой ног соответственно.

Некоторые авторы предлагают формировать тепловой индивидуальный профиль как для конкретного спортсмена, так и спортивной дисциплины или команды в целом. То есть «карту» с нормальными тепловыми

характеристиками каждой области интереса, такими как, например, передняя и задняя поверхность ног футболиста. Таким образом, любое ненормальное повышение температуры в обеих ногах или одной конкретной области [11, 12], а также длительные изменения или более интенсивно выраженные, чем обычно у спортсмена аномалии кожной температуры, могут быть связаны с патологическим процессом [13]. Такая ситуация может возникать в результате нагрузки, превышающей ассимиляционные способности спортсмена. Другими словами, той, которая способна вызвать повреждение от перегрузки. Также температурные аномалии могут быть связаны с неправильным течением процесса восстановления, например, недоучетом сбалансированного питания, часов отдыха или специальных физиотерапевтических процедур. В любом случае, необходимо будет оценить причину теплового изменения до того, как произойдет травма.

Учитывая концепцию анатомической пропорциональности, тепловой отклик между двумя контралатеральными частями тела, как ожидается, будет симметричным [12]. Тепловой мониторинг, сравнивающий двусторонние части тела, показывает, что различия до $0,25$ °C [14]; $0,4$ °C [15]; $0,5$ °C [16, 17] или $0,62$ °C [18] считаются приемлемыми. Однако разница выше этих значений может указывать на то, что регион с более высокой или более низкой температурой, может содержать источник воспалительных (гипертермия) [19, 20, 21, 22] процессов или дегенерации (гипотермия) [1, 12, 15, 23, 24].

У спортсменов часто встречаются изменения, связанные с дегенерацией, например, случаи тендинита ахиллова сухожилия у прыгунов; рецидивирующий эпикондилит у теннисистов, более известный как теннисный локоть; или типичный бурсит плеча у пловцов. Эти поражения могут вызывать изменения температуры кожи, поэтому термография со своей особой чувствительностью к этим паттернам может помочь в мониторинге процесса их лечения и развития [1]. Согласно исследованиям и практическому опыту, авторы предлагали шкалу «уровня внимания», которую следует практически применять в зависимости от зарегистрированных двухсторонних разностей температур (таблица 5).

Таблица 5
Уровень значимости повреждения тканей в сопоставлении с разницей температур между поврежденной и контралатеральной конечностью или по результатам измерений одной зоны в динамике

Разница температур, °C	Уровень значимости
0,4	Норма
0,5–0,7	Требует мониторинга
0,8–1,0	Требует использования стратегии предупреждения травм
1,1–1,5	Тревога
1,6	Значительное повреждение

В нашем исследовании, разница температур между правым и левым коленными суставами никогда не и превышала статистически значимых величин (таблицы 3 и 4).

Перспективы дальнейших исследований

В некоторых недавних исследованиях есть указания на зависимость температуры передней поверхности коленного сустава от вида спорта. Так, [25] в исследовании выборки из 89 спортсменов, включая 57 мужчин и 32 женщины, все с не менее чем пятилетним опытом в своем виде спорта и активно соревнующиеся на национальном и международном уровнях разницы температуры, превышающей 0,3 °C между правым и левым коленными суставами обнаружено не было. Однако у баскетболистов температура передней поверхности коленного сустава была на 1,2 °C выше, чем у игроков в футбол и на 0,8 °C выше, чем у дзюдоистов. Дополнительно, температура задней поверхности коленного сустава у баскетболистов также была на 1,1 °C выше, чем у дзюдоистов и на 0,7 °C выше, чем у волейболистов.

С точки зрения авторов, эта информация перспективна для специалистов по спортивной медицине, физиотерапевтов, тренеров и других смежных специалистов, поскольку нормальные данные о температуре кожи могут использоваться для эффективного мониторинга состояния здоровья спортсменов, тренировочной нагрузки или последующего наблюдения за травмами. Обнаружение тепловой асимметрии более 0,3 °C может указывать на ненормальную нагрузку на коленный сустав, требующую корректировки тренировочной нагрузки или внедрения различных вмешательств (например, физиотерапии). Различия между спортивными дисциплинами подчеркивают важность адаптации стратегий тренировок и профилактики травм к конкретным требованиям каждого вида спорта.

Выводы

1. Температура передней поверхности коленного сустава, измеренная по всей области колена или по надколеннику у профессиональных спортсменов не различается между правым и левым коленными суставами.
2. Медианные значения температур, полученные со всей области коленного сустава, спереди составляют Me [Q1; Q3]: 30,58 [29,83; 31,18] и 30,54 [29,8; 31,23] для правого и левого суставов соответственно.
3. Медианные значения температур, полученные с области надколенника, составляют Me [Q1; Q3]: 30, 28 [29,45; 30,94] и 30,12 [18,28; 34,35] для правого и левого суставов соответственно.
4. Указанные параметры близки к таковым, полученным у пациентов с остеоартрозом и ранними стадиями ревматических болезней. Данный факт требует дальнейших исследований, как и разница температуры в зависимости от видов спорта.

Список литературы / References

1. Garagiola U, Giani E. Use of telethermography in the management of sports injuries. *Sports Med.* 1990;10(4):267–72.
2. IACT, Thermology guidelines, standards and protocols in clinical thermography imaging, in: International Academy of Clinical Thermology IACT, 2002, pp.
3. Ring EFJ, Ammer K. The technique of infra red imaging in medicine. *Thermology International* 2000; 10(1):7–14.
4. Reinikainen & Jaakkola, Effect of humidity and temperature on skin and upper airway symptoms. *Indoor Air* 2003; 13:344–352.
5. Zontak, A., Sideman, S., Verbitsky, O., & Beyar, R. Dynamic thermography: Analysis of hand temperature during exercise. *Annals of Biomedical Engineering*, 1998; 26(6):988–993.
6. Fernández-Cuevas I, Gómez-Carmona PM, Sillero-Quintana M, Noya-Salces J, Arnaiz-Lastras J, Pastor-Barrón A. Economic costs estimation of soccer injuries in first and second spanish division professional teams. Paper presented at the 15th Annual Congress of the European College of Sport Sciences ECSS, 2010; Antalya, Turkey.
7. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *J Vis Exp.* 2012; 22;(59). pii: 3551. <http://dx.doi.org/doi:10.3791/3551>.
8. Neeraj S. International Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Ortho Res Online J.* 1(5). OPROJ.000525.2018. DOI: 10.31031/OPROJ.2018.01.000525.
9. Kurt Ammer, Temperature of the human knee - A review, October 2012. *Thermology International* 22(4):137–151.
10. Denoble AE, Hall N, Pieper CF, Kraus VB. Patellar skin surface temperature by thermography reflects knee osteoarthritis severity. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord* 2010;3:69–75.
11. Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. F. J., & Raschner, C. The application of medical Infrared Thermography in sports medicine. In K. R. Zaslav (Ed.), *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (pp. 534): Intech, 2012.
12. Brisoschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vas Bras.* 2003; 2 (2):151–60.
13. Hildebrandt C., Raschner C., Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors* 2010; 10: 4700 – 15. <http://dx.doi.org/10.3390/s100504700>.
14. Verdasca R. Symmetry of temperature distribution in the upper and the lower extremities. *Thermology International.* 2008;18(4):154.
15. Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. *Rev. Soc. Esp. Dolor.* 2001; 8 supl. 2:43–47.
16. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, Liu L, Lee TY. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei).* 2001;64(8):459–68.
17. Uematsu S. Symmetric of skin temperature comparing one side of the body to the other. *Thermology.* 1985;1 4–7.
18. Feldman F, Nickoloff EL. Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. *Skeletal Radiol.* 1984;12(4):235–49.
19. Albert S. M. Thermography in orthopedics. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1964;121:157–170.
20. Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2011; 27:1697–1705.
21. Bernard V, Staffa E, Mornstein V, Bourek A (2013) Infrared camera assessment of skin surface temperature – effect of emissivity. *Phys Med* 29:583–591.
22. Claes S, Verdonk P, Forsyth R, et al. The “ligamentization” process in anterior cruciate ligament reconstruction what happens to the human graft? a systematic review of the literature. *Am J Sports Med.* 2011 Nov; 39(11):2476–83.
23. Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. F. J., & Raschner, C. The application of medical Infrared Thermography in sports medicine. In K. R. Zaslav (Ed.), *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (pp. 534): Intech, 2012.
24. Hildebrandt C., Raschner C., Amme, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors* 2010; 10: 4700–15.
25. Julio Ceniza Villacastín, Patterns of thermal normality of the knee joint in professional athletes of different sports October 2024, *Journal of Thermal Biology* 125(5):103991.

Статья поступила / Received 21.02.2025
Получена после рецензирования / Revised 21.02.2025
Принята в печать / Accepted 21.02.2025

Информация об авторах

Величко Максим Николаевич¹, заведующий отделением спортивной травматологии, спортивной медицины и артроскопической хирургии
E-mail: maxveldoc@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857>

Александр Сергеевич Самойлов¹, профессор РАН, член-корреспондент РАН, д.м.н., генеральный директор
E-mail: docshurygin.a@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238>

Умников Алексей Сергеевич¹, к.м.н., руководитель центра комбинированных поражений
E-mail: dr.umnikov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4170-6934>

Долгов Игорь Маратович², д.м.н., зам. генерального директора
E-mail: dolgov@dnosys.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-5679>

Светлана Павловна Щелькалина³, к.м.н., доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики
E-mail: svetlanath@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>

Белякова Анна Михайловна⁴, к.м.н., ассистент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации
E-mail: md.belyakova@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578>

Штурмин Антон Валерьевич¹, врач по лечебной физкультуре отделения спортивной травматологии, спортивной медицины и артроскопической хирургии
E-mail: shurmav@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2948-7188>

Ирина Витальевна Васильева¹, к.м.н., заведующая центрального организационного методического отдела
E-mail: irinablack2719@mail.ru

¹ Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Российская Федерация

² ООО «Дигнозис», Москва, Российская Федерация

³ ФГАУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Российская Федерация

⁴ ПМГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

Контактная информация:

Белякова Анна Михайловна. E-mail: md.belyakova@gmail.com

Author information

Maxim N. Velichko¹, Head of the Department of Sports Traumatology, Sports Medicine and Arthroscopic Surgery
E-mail: maxveldoc@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1859-0857>

Alexander A. Samoylov¹, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, General Director
E-mail: docshurygin.a@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238>

Alexei S. Umnikov¹, PhD, Head of the Center for Combined Lesions
E-mail: dr.umnikov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4170-6934>

Igor' M. Dolgov², DM Sci, deputy general director

E-mail: dolgov@dnosys.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5511-5679>

Svetlana P. Shchelykalina³, PhD, docent of the Department of Medical Cybernetics and Informatics Medicobiologic Faculty

E-mail: svetlanath@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-8949>

Anna M. Belyakova⁴, PhD, Assistant at the Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation

E-mail: md.belyakova@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-1746-0578>

Anton V. Shturmin¹, physical therapy doctor Department of Sports Traumatology, Sports Medicine and Arthroscopic Surgery

E-mail: shurmav@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2948-7188>

Irina V. Vasil'eva¹, PhD, Head of the Central Organizational Methodological Department
E-mail: irinablack2719@mail.ru

¹ Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

² LLC «Dignosis», Moscow, Russian Federation

³ The Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

Contact information

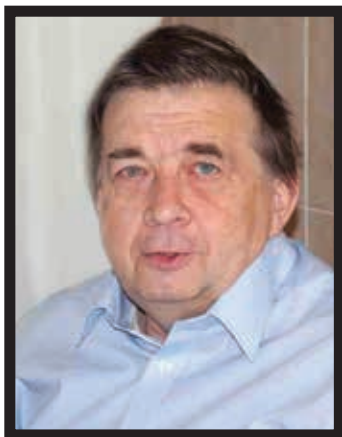
Anna M. Belyakova. E-mail: md.belyakova@gmail.com

Для цитирования: Величко М.Н., Самойлов А.С., Умников А.С., Долгов И.М., Щелькалина С.П., Белякова А.М., Штурмин А.В., Васильева И.В. Нормальные значения температуры коленного сустава у профессиональных спортсменов. Медицинский алфавит. 2025;(4):52–58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-4-52-58>

For citation: Velichko M.N., Samoylov A.S., Umnikov A.S., Dolgov I.M., Shchelykalina S.P., Belyakova A.M., Shturmin A.V., Vasil'eva I.V. Normal Temperature Values of the Knee Joint in Professional Athletes. Medical alphabet. 2025;(4):52–58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-4-52-58>



Памяти Соболева Александра Владимировича (11.09.1950–22.02.2025)



Ушел из жизни наш коллега, российский ученый, внесший большой вклад в разработку новых математических методов изучения электрического поля сердца и новых методов функциональной диагностики, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ЭКГ, Соболев Александр Владимирович.

В 1972 году он окончил Воронежский государственный университет по специальности «математика». В 1976 году окончил аспирантуру Института проблем управления АН СССР. С декабря 1976 года работает в НМИЦ кардиологии. В 1979 году защитил диссертацию на тему «Некоторые вопросы теории линейных положительных операторов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В 2001 году защитил диссертацию «Методология построения эффективных параметров компьютерной электрокардиографической диагностики, базирующаяся на долевым принципе» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «системный анализ, управление и обработка информации». До последних дней Александр Владимирович успешно работал в должности

ведущего научного сотрудника Лаборатории ЭКГ Отдела новых методов диагностики.

Им предложен ряд новых подходов к компьютерному анализу ЭКГ в покое и в динамике, что позволило существенно повысить информативность ЭКГ-диагностики, а также получить новые возможности анализа холтеровских записей ЭКГ в плане анализа вариабельности ритма сердца. Александр Владимирович имел талант применять к решению сложных задач относительно простые и элегантные математические методы.

Под руководством А.В. Соболева и при его непосредственном участии созданы комплексы алгоритмов и компьютерных программ, позволяющие осуществлять математический анализ параметров ВКГ и картограмм множественных отведений ЭКГ и предложенных им показателей вариабельности ритма сердца.

А.В. Соболев являлся автором более 200 научных работ, в том числе шести монографий, четырех патентов на изобретения. Результаты его работ неоднократно докладывались на международных конгрессах, всесоюзных съездах и конференциях.

Вечная память нашему коллеге!