

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ ДЛЯ
ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ХОЛОДОВОЙ ТРАВМЫ**

Валентюкевич А.Л., Колоцей В.Н., Меламед В.Д.

*УО «Гродненский государственный медицинский университет»,
Гродно, Республика Беларусь*

**EXPERIMENTAL RATIONALE FOR THE APPLICATION OF
DYNAMIC THERMAL IMAGING THERMOMETRY TO ASSESS THE
SEVERITY OF COLD INJURY**

Valentyukevich A.L., Kolotsey V.N., Melamed V.D.

Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

Введение. Диагностика глубины поражения при холодовой травме является одним из актуальных вопросов комбустиологии, так как определяет дальнейшую тактику лечения. Визуальная оценка жизнеспособности и глубины поражения в ранние сроки после холодовой травмы затруднительна и, как правило, основывается лишь на опыте хирурга.

Многие рекомендованные методы диагностики достаточно трудоёмкие и имеют ограниченное применение. Информативными являются различные методы исследования температуры пораженных тканей при отморожениях. Использование тепловизора позволяет изучить динамику температурного показателя в зоне отморожения. Однако экспериментального обоснования применения температурной визуализации тканей при отморожениях в доступной нам литературе не найдено.

Цель. Обосновать применение динамической тепловизорной термометрии для оценки тяжести холодовой травмы в эксперименте.

Материалы и методы. Исследование было проведено на 30 белых лабораторных крысах в возрасте 5-6 месяцев массой тела $210,2 \pm 20,3$ грамм, которым моделировали отморожения различной степени тяжести в межлопаточной области. Лабораторные животные были разделены на 2 группы по 15 крыс. В первой группе моделировали поверхностные, во 2-й группе глубокие контактные отморожения.

При воспроизведении холодовой травмы для динамической фиксации температуры и ее визуального отображения использовали профессиональный тепловизор Seek Thermal Shot Pro (модель KIT FB0110, США). Полученные тепловизионные показатели сопоставляли с морфогистологическими данными.

Результаты и обсуждение. Интактная температура планируемой зоны отморожения составляла $36 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

При моделировании поверхностного отморожения происходило резкое снижение температуры в зоне контакта со скоростью $7,6 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в секунду, а в перифокальных тканях – $5,2 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ в секунду. Температурные показатели при этом распределялись равномерно в области криоповреждения и

регистрировались не ниже $-2\pm 0,4^{\circ}\text{C}$. При этом температурный режим в пограничной области был минимальным, и к 5-й секунде моделирования снизился до $10\pm 0,6^{\circ}\text{C}$. После удаления устройства с поверхности кожи температурные показатели в пораженной области и пограничных тканях вернулись к исходному значению в $36\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в течение 60 секунд.

Макроскопически после 5-секундной холодовой экспозиции отмечались признаки поверхностного отморожения: кожа приобрела умеренно выраженный белый цвет, который через 1 час постепенно сменился незначительной гиперемией, ограниченной зоной воздействия (синий цвет на термограмме). При гистологическом исследовании роговой слой эпидермиса был разрыхлен, местами частично отслоен от эпителия. В подкожной клетчатке на границе с дермой определялось умеренно выраженное венозное полнокровие. Признаки некротических и воспалительных изменений в эпидермисе, дерме, подкожной клетчатке и мышечной ткани отсутствовали.

На 3-и сутки в месте нанесения поверхностного отморожения визуализировалась незначительная гиперемия и пастозность тканей. При микроскопическом исследовании роговой слой эпидермиса в исследуемой зоне подвергся десквамации. Местами он сохранился в виде истонченной, частично отслоенной от эпидермиса, полоски. В дерме и подкожной клетчатке определялось умеренно выраженное венозное полнокровие и слабо выраженный диффузный отек.

На протяжении 5-ти суток после моделирования в зоне холодового воздействия наблюдалась слабо выраженная воспалительная реакция и шелушение эпидермиса. К 7-м суткам кожные покровы макроскопически и гистологически не отличались от интактных тканей. При интерпретации термограмм температура кожных покровов сохраняла исходное значение, что подтверждало воспроизведение поверхностного отморожения.

Таким образом, пятисекундное холодовое воздействие не привело к значительному повреждению тканей, вызвав локальную сосудистую реакцию, которая была зарегистрирована при температурной визуализации. Быстрое восстановление температурного режима пораженных тканей не позволило развиваться необратимым изменениям в зоне контактного отморожения, что сопоставимо с морфогистологическими результатами.

При моделировании глубоких отморожений на термограммах область криоповреждения была представлена черным цветом, окруженным синей ареолой по периферии. Вокруг тканей, соприкасавшихся с устройством, визуализировался фиолетовый и ярко-красный ободок перифокальной зоны толщиной 2 мм. Кожная температура в зоне холодового воздействия снизилась до $-23\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Температура пограничных контактного воздействию тканей (ярко-красная перифокальная зона на представленной ниже термограмме) снизилась до $-5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и восстановилась до исходного значения ($36\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) в течение 60 секунд. Эти показатели сопоставимы с ранее описанными при моделировании поверхностных отморожений и свидетельствуют о возможности обратимости происходящих изменений в

тканях.

При завершении моделирования глубокого отморожения макроскопически зона криоповреждения представляла собой четко отграниченную гомогенную белую поверхность с диффузно расположенными петехиями различного размера и ярко-белым окрасом перифокальной области.

Через 30 минут в зоне контактного воздействия белое пятно сменилось гиперемией. Через 1 час зона отморожения стала синюшного цвета, кожа практически на всем протяжении плотная, в складку не собиралась. Гистологически - роговой слой эпидермиса сильно разрыхлен, повсеместно отслоен от эпителия за счет отека, ядра клеток базального и зернистого слоев местами с признаками кариопикноза. Дерма, подкожная клетчатка и подлежащая мышечная ткань с признаками отека и, преимущественно в подкожной клетчатке, определялась слабо выраженная очаговая нейтрофильно-клеточная инфильтрация.

На 3-и сутки на термограммах зона криовоздействия была представлена оранжевым цветом и соответствовала температуре 32 (31; 32)°C. Вокруг области холодового воздействия определялся светло-желтый ободок толщиной до 2 мм, который соответствовал перифокальной зоне с температурой тканей 36 (35; 36)°C. Макроскопически в зоне отморожения кожные покровы были резко утолщены, не смещаемы, в складку не собирались, бурого цвета с четкими границами. Микроскопически эпидермис и дерма разрушены, дно дефекта представлено подкожно-жировой клетчаткой и мышечной тканью. Перифокальная зона бледнее интактной кожи на расстоянии 2 мм от места криоповреждения, эпидермис истончен, с выраженными дистрофическими изменениями.

На термограммах к 5-м суткам определялась зона оранжевого цвета в месте непосредственного контактного воздействия на кожу, температура составляла 35 (34; 35)°C. Визуализировался сформированный струп, вокруг которого определялась ореола ярко-желтого цвета – перифокальная зона (температурой 36 (35; 37)°C). Гистологически – грануляционная ткань в местах отслоения струпа.

Через 7 суток температура в области криовоздействия нормализовалась, что обусловлено адаптационными реакциями к температуре окружающей среды, и составляла 36 (35; 36)°C. В области отморожения определялся темно-бурый плотный сухой струп. В перифокальной зоне визуальных изменений не наблюдалось, однако микроскопически ещё обнаруживалась незначительная инфильтрация, представленная нейтрофилами, макрофагами и плазмócитами. При этом в области холодового воздействия выявлялся глубокий очаг некроза с вовлечением в процесс кожи, подкожной клетчатки и мышечной ткани и наличием неравномерно выраженной лейкоцитарной инфильтрации.

Таким образом, аргументирована корреляция между полученными результатами температурной визуализации тканей и морфогистологической

картиной контактного отморожения.

Выводы. Экспериментально обоснована целесообразность применения динамической тепловизорной термометрии для оценки тяжести холодовой травмы, однако результаты температурной визуализации имеют значение в ранние сроки после отморожения.