

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРИОТЕРАПИИ

**САКОВЕЦ ТАТЬЯНА ГЕННАДЬЕВНА**, канд. мед. наук, доцент кафедры неврологии и реабилитации ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 420012, Казань, ул. Бутлерова, 49, e-mail: tsakovets@yandex.ru

**БАРЫШЕВА ЕЛЕНА НИКОЛАЕВНА**, зав. отделением физиотерапии Клинического госпиталя ФКУЗ «МСЧ МВД России по Республике Татарстан», Россия, 420012, Казань, ул. Оренбургский тракт, 32, e-mail: e.barysheva@mail.ru

**Реферат.** Криотерапия – использование низких температур для охлаждения тканей с терапевтическими целями. Широкое применение как локальной, так и общей криотерапии с использованием различных хладагентов относится к современному периоду времени. Криофакторы представлены различными газообразными химическими веществами (хлорэтил, нитрат аммония, двуокись углерода, азот, лед), температура которых может достигать  $-180^{\circ}\text{C}$ . Действие криотерапии реализуется через центральные и сегментарно-рефлекторные уровни воздействия физиотерапевтического фактора. **Цель исследования** – изучение особенностей применения криотерапии в лечении больных различного профиля. **Материал и методы.** Проведен обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященной изучению применения криотерапии. **Результаты и их обсуждение.** Локальная криотерапия нашла свое клиническое применение в терапии повреждений мягких тканей и кожи, опорно-двигательного аппарата, заболеваний суставов различного генеза, последствий травм, в лечении спастического синдрома у больных с инсультом, рассеянным склерозом, а также с дегенеративно-дистрофической патологией позвоночника. В настоящее время общая криотерапия используется для лечения заболеваний и последствий травм опорно-двигательного аппарата, психосоматической патологии, неврозов, депрессивных и стрессовых состояний, профессиональной реабилитации больных, работа которых связана с повышенным риском для жизни, экстремальными условиями. У спортсменов криосауна не показала своей эффективности в качестве лечебного физического фактора, способствующего улучшению предстартовой подготовки, однако доказана целесообразность применения локальной криотерапии при спортивных травмах. **Выводы.** Таким образом, криотерапия эффективна в лечении широкого спектра заболеваний, показана целесообразность ее использования в спортивной медицине.

**Ключевые слова:** криотерапия, термические факторы, методики применения криотерапии.

**Для ссылки:** Саковец, Т.Г. Особенности применения криотерапии / Т.Г. Саковец, Е.Н. Барышева // Вестник современной клинической медицины. – 2020. – Т. 13, вып. 6. – С.57–61. DOI: 10.20969/VSKM.2020.13(6).57-61.

## CRYOTHERAPY APPLICATION SPECIFICS

**SAKOVETS TATIANA G.**, C. Med. Sci., associate professor of the Department of neurology and rehabilitation of Kazan State Medical University, Russia, 420012, Kazan, Butlerov str., 49, e-mail: tsakovets@yandex.ru

**BARYSHEVA ELENA N.**, the Head of the Department of physiotherapy of Clinical Hospital of Medical Care unit of the Ministry of Internal Affairs of Russia for the Republic of Tatarstan, Russia, 420012, Kazan, Orenburgskiy trakt str., 132, e-mail: e.barysheva@mail.ru

**Abstract.** Cryotherapy is the application of low temperatures to cool tissues for therapeutic purposes. Wide use of both local and general cryotherapy with the help of various refrigerants refers to the modern period of time. Cryofactors are represented by various gaseous chemical substances (chloroethyl, ammonium nitrate, carbon dioxide, nitrogen, ice) the temperature of which can reach  $-180^{\circ}\text{C}$ . The action of cryotherapy is exercised through central and segmentary-reflexive levels of exposure to physiotherapeutic factor. **Aim.** The aim of the study is to investigate the specifics of cryotherapy application in the treatment of various profile patients. **Material and methods.** Review of the domestic and foreign literature devoted to the application of cryotherapy is carried out. **Results and discussion.** Local cryotherapy has found its clinical application in the treatment of soft tissue and skin injuries, musculoskeletal system, joint diseases of various origins, the consequences of trauma, the treatment of spastic syndrome in patients with stroke, multiple sclerosis, and degenerative-dystrophic conditions of the spine. At present, general cryotherapy is used to treat diseases and consequences of injuries of the musculoskeletal system, psychosomatic disorders, neuroses, depression and stress, professional rehabilitation of patients whose occupations are associated with increased risk to life, and extreme conditions. In athletes, cryosauna has not shown its effectiveness as a therapeutic physical factor contributing to the improvement of pre-start training, but it has been proved expedient to use local cryotherapy for sports injuries. **Conclusion.** Thus, cryotherapy is effective in treatment of a wide range of diseases. Its' application has been shown feasible in sports medicine.

**Key word:** cryotherapy, thermal factors, methods of cryotherapy application.

**For reference:** Sakovets TG, Barysheva EN. Cryotherapy application specifics. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2020; 13 (6): 57-61. DOI: 10.20969/VSKM.2020.13(6).57-61.

Термические (холодовые и тепловые) факторы применялась еще Гиппократом. Попытка систематизации многовекового опыта использования холодowych факторов была предпринята в Германии Father Sebastian Kneipp, проработавшим гидротерапевтом 42 года (1821–1897), им было предложено использование термина «криотерапия» (КТ), его поддержали коллеги-натуропаты Johann Siegmund Hahn и Vincenz Prießnitz [1].

Криотерапия – это использование низких температур для охлаждения тканей с терапевтическими целями. Широкое применение как локальной, так и общей криотерапии (КТ) с использованием различных хладагентов относится к современному периоду времени. Криофакторы представлены различными газообразными химическими веществами (хлорэтил, нитрат аммония, двуокись углерода, азот, лед), температура которых может достигать  $-180^{\circ}\text{C}$ . Важная роль в детальном изучении и научном обосновании механизма действия КТ принадлежит японскому ученому Тосиро Ямаучи, впервые сконструировавшему в 1979 г. криокамеру для лечения больных ревматологического профиля [2]. Его идеи были поддержаны профессором Рейнхардом Фрике (Германия), который через 5 лет разработал физиотерапевтический модуль, позволяющий успешно применять как общую, так и местную КТ [3].

**Цель исследования** – изучение особенностей применения криотерапии в лечении больных различного профиля.

Лечебное применение термических факторов, включающее применение криофакторов, парафина, озокерита, искусственных термоносителей различного химического состава, подразумевает различные механизмы теплопередачи. Путем прямой теплопередачи происходит поглощение тепла/холода поверхностными тканями на глубине 2 см в случае использования парафинотерапии, озокеритотерапии, криотерапии, пакетной теплотерапии, флюидотерапии. Изменение температуры тканей на разной глубине зависит от выбора термических агентов, различной продолжительности процедур и длительности курса терапии. КТ снижает температуру тканей за счет повышения теплоотдачи от тканей, находящейся в прямом контакте с холодowym агентом. Этот метод лечения следует использовать в качестве дополнения к другим терапевтическим вмешательствам.

Физиологические эффекты при применении крионосителей, преимущественно прямо противоположны терапевтическим эффектам, связанным с использованием теплотечения [4] (таблица).

Одним из основных противопоказаний использования КТ является, в частности, нарушение чувствительности или нарушение кровообращения вследствие ограниченных возможностей терморегуляции в зонах поражения. *Vasa nervosum* и *nervi vasorum*, контролирующие вазомоторную реакцию в артериях в случае повреждения нерва, оказываются не в состоянии обеспечить взаимодействие с симпатическими вегетативными эфферентными нервными волокнами ближайших артерий и, соответственно, адекватную вазомоторную реакцию на изменение температуры окружающей среды, что может привести к повреждению ткани. Лимитировать применение КТ у больного может возникновение гистаминовой реакции – холодовой аллергии. Необходимо соблюдать крайнюю осторожность при назначении КТ больным с болезнью/синдромом Рейно, криоглобулинемией, пароксизмальной холодовой гемоглобинурией, ревматоидном артритом [5], сахарным диабетом.

Применение холодowych агентов приводит к снижению кровотока и вазоконстрикции в ответ на снижение температуры тканей [6], также происходит уменьшение вязкости крови. Продолжительное общее воздействие криоагентов (пребывание при температуре ниже  $10^{\circ}\text{C}$ ) может привести к рефлекторному расширению сосудов не только кожных покровов, но и в более глубоких тканях [7].

Приспособляемость человеческой кожи к тепловым воздействиям выражена лучше, чем ее адаптация к холодowym агентам. Базальный кожный кровоток реагирует на тепловые лечебные факторы возрастанием в 35 раз, тогда как криоагенты вызывают его снижение в 10 раз. Адаптивная реакция на температуру ниже  $15^{\circ}\text{C}$  именуется *hunting reaction*, или рефлекс Левиса [7], и представляет собой чередующиеся циклы сужения кровеносных сосудов с последующей вазодилатацией, которые повторяются каждые 5–10 мин. Указанная реакция на термические лечебные факторы реализуется не у всех индивидуумов [8]. У пациентов в ходе процедур КТ фиксируется подъем артериального давления, увеличение частоты сердечных сокращений и дыхания. Отмечается активизация гипоталамо-гипофизарной системы с выбросом в кровь адренкортикотропного и тиреотропного гормонов. В случае длительной экспозиции криоагентов на обширной площади тела у больного возникает централизация кровообращения с перераспределением крови, основной объем которой направляется к жизненно важным органам, что вызывает постепенное снижение температуры

Сравнение физиологических эффектов при применении криотерапии и теплотечения

	Криотерапия	Теплотечение
Боль	↓	↓
Регионарное кровообращение и метаболическая активность тканей	↓	↑
Скорость проведения по нервному волокну	↓	↑
Мышечный спазм	↓	↓
Эластичность и растяжимость соединительной и мышечной ткани	↓	↑
Заживление тканей	↑	↑
Частота сердечных сокращений	↑	↑
Артериальное давление	↑	↓

в тканях конечностей вплоть до точки замерзания тканей (-2°C) [9, 10].

Действие КТ реализуется через центральные и сегментарно-рефлекторные уровни воздействия физиотерапевтического фактора.

Общая воздушная КТ заключается в помещении пациента в физиотерапевтический модуль, где он подвергается действию воздуха температурой до -200°C, что приводит к снижению температура тела, не достигающего экстремальных значений при сохранении адекватной терморегуляции у больного. В настоящее время этот метод используется для лечения заболеваний и последствий травм опорно-двигательного аппарата, психосоматической патологии, неврозов, депрессивных и стрессовых состояний [11], а также профессиональной реабилитации больных, работа которых связана с повышенным риском для жизни, экстремальными условиями [12, 13, 14]. У спортсменов криосауна не показала своей эффективности в качестве лечебного физического фактора, способствующего улучшению предстартовой подготовки, однако доказана целесообразность применения локальной КТ при спортивных травмах.

Локальная КТ нашла свое клиническое применение в терапии поврежденных мягких тканей и кожи, опорно-двигательного аппарата, заболеваний суставов различного генеза, последствий травм, лечении спастического синдрома у больных с инсультом, рассеянным склерозом, а также дегенеративно-дистрофической патологии позвоночника. В случае травмы целесообразно незамедлительное применение криоагентов, что обеспечивает быстрое снижение скорости развития воспалительного процесса [15, 16, 17]. Вследствие замедления локального кровотока при травматическом повреждении тканей уменьшается циркуляция провоспалительных химических медиаторов, таких как гистамин и простагландины. Временное обеднение местного кровотока нивелирует метаболическую активность в мягких тканях, включая синтез простагландинов, опосредующих воспаление. Под действием холодových лечебных факторов происходит снижение скорости потребления кислорода клетками, вызванное уменьшением метаболических потребностей тканей организма. Необходимо учитывать, что длительное воздействие крионосителей может привести к гипоксии и повреждению тканей, как это наблюдается при обморожении [16]. Механизмы модуляции боли при использовании локальной криотерапии и теплоносителей идентичны. Снижение кровотока может уменьшить воспалительную реакцию и, соответственно, болевые ощущения. Элиминирование отека тканей определяет меньшее растяжение тканей и, следовательно, уменьшение боли. Снижение циркулирующих химических медиаторов, которые способствуют воспалению и активируют и/или сенсибилизируют ноцицепторы, также будет модулировать боль. Анальгетическое действие крионосителей потенцируется замедлением скорости проведения импульса по нервному волокну [18] и снижением активности мышечных веретен, сухожильного органа Гольджи. Необходимо учитывать, что уменьшение мышечного дефанса, спастичности при криоген-

ном стрессе может сопровождаться уменьшением объема движений в суставах и их ригидностью [19, 20] вследствие увеличения вязкости экстрацеллюлярного матрикса под воздействием криоагентов. Показана эффективность сочетанного применения транскраниальной электроанальгезии и КТ в купировании болевого синдрома [21].

КТ преимущественно используется после острой травмы или хирургического вмешательства в качестве лечебного физического фактора, обладающего анальгетическим и противоотечным действием. Локальное использование холодного компресса (криопакет) характеризуется выраженным противовоспалительным эффектом при травмах мягких тканей вследствие элиминирования отека, улучшения локального кровообращения [16]. Местное применение крионосителей оказалось эффективным в терапии больных дерматологического профиля, страдающих розацеа, себореей, псориазом, акне [22, 23, 24, 25].

КТ локально активно используется у пациентов с поверхностными ожогами для достижения как анальгетического, так и противоотечного действия и рекомендуется в первую очередь как патогенетически обоснованная лечебная процедура [26, 27, 28]. Обезболивающий эффект КТ у больных ожоговых отделений не может быть объяснен только замедлением проведения импульсов по нервному волокну. Вероятнее всего, обеспечение анальгетического действия криофакторов при ожогах базируется также на модуляции ключевых патофизиологических механизмов воспалительной реактивности и изменении вазоконстрикции, адгезии лейкоцитов, скорости формирования отека и размножения клеток эпидермиса и дермы [29]. КТ при ожогах благоприятно влияет на микроциркуляцию, уменьшает образование отека в краткосрочной перспективе [30].

Таким образом, перспективы применения КТ в клинической практике и спортивной медицине очевидны. КТ – новый физиотерапевтический метод с доказанной эффективностью в лечении широкого спектра заболеваний, который требует активного клинического внедрения в России.

*Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.*

*Декларация о финансовых и других взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Frexinos, J.* The cold water cure of the parish priest Kneipp and the development of natural medicine in the nineteenth century / J. Frexinos // *Rev. Soc. Fr. Hist. Hop.* – 2006. – № 124. – P.64–67.
2. *Fricke, R.* Ganzkörperkältetherapie in einer Kältekammer mit Temperaturen um -110°C / R. Fricke // *Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim.* – 1989. – Vol. 18, № 1. – P.1–10.
3. *Yamauchi, T.* Whole-body cryotherapy is a method of extreme cold -175°C treatment initially used for rheumatoid

- arthritis / T. Yamauchi // Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. – 1989. – № 15. – P.311.
4. Fedorczyk, J.M. The use of physical agents in hand rehabilitation. In book: Rehabilitation of the hand and upper extremity / J.M. Fedorczyk, C.M. Read // Seventh Edition. Elsevier. – 2020. – P.1431–1415.
  5. Hardy, M. Therapeutic effects of heat, cold, and stretch on connective tissue / M. Hardy, W. Woodall // J. Hand Ther. – 1998. – № 11. – P.148.
  6. Michlovitz, S.L. Heat therapy modalities: frozen peas and more / S.L. Michlovitz. – Modalities for Therapeutic Intervention. FA Davis Philadelphia. – 2005. – P.43–60.
  7. Dana, A.S. The hunting reaction / A.S. Dana, I.H. Rex, M.H. Samitz // Arch. Dermatol. – 1969. – № 99. – P.441–450.
  8. Cold exposure injuries to the extremities / A. Golant, R. Nord, N. Paksima [et al.] // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2008. – № 16. – P.704–716.
  9. Jurkovich, G.J. Environmental cold-induced injury / G.J. Jurkovich // Surg. Clin. North. Am. – 2007. – № 87. – P.247–267.
  10. Gonzalez, R. Acute care and rehabilitation of the hand after cold injury / R. Gonzalez, C.M. Read // Rehabilitation of the hand and upper extremity. – 7 th ed. – Elsevier, 2020. – P.812–817.
  11. Агаджанян, Н.А. Проблемы криотерапии и состояние психоэмоциональной сферы / Н.А. Агаджанян, А.Т. Быков, Р.Х. Медалиева // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. XVII, № 3. – С. 129.
  12. Агаджанян, Н.А. Теоретические основы и практическое применение общей воздушной криотерапии в восстановительной медицине / Н.А. Агаджанян, Р.Х. Медалиева // Вестник восстановительной медицины. – 2008. – Т. 26, № 4. – С. 4–7.
  13. Портнов В.В. Воздушная криотерапия общая и локальная: сборник статей и пособий для врачей / В.В. Портнов. – М., 2007. – 51 с.
  14. Буренина, И.А. Современные методики криотерапии в клинической практике / И.А. Буренина // Вестник современной клинической медицины. – 2014. – Т. 7, № 1. – С.57–61.
  15. Solt tissue thermodynamics before, during, and alter cold pack therapy / C.S. Enwemeka, C. Allen, P. Avila [et al.] // Med. Sci. Sports. Exerc. – 2002. – Vol. 34, № 1. – P.45–50.
  16. Swenson, C. Cryotherapy in sports medicine / C. Swenson, L. Swärd, J. Karlsson // Scand J. Med. Sci. – 1996. – Vol. 14, № 6. – P.193–200.
  17. Daniel, D.M. The effect of cold therapy on pain, swelling, and range of motion alter anterior cruciate ligament reconstructive surgery / D.M. Daniel, M.L. Stone, D.L. Arendt // Arthroscopy. – 1994. – № 10. – P.530–533.
  18. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion / E. Herrera, M.C. Sandoval, D.M. Camargo [et al.] // Phys. Ther. – 2010. – Vol. 90, № 4. – P.581–591.
  19. Knuttsson, E. Effects of local cooling on monosynaptic reflexes in man/ E. Knuttsson, E. Mattsson // Scand. J. Rehabil. Med. – 1969. – № 1. – P.126–132.
  20. Eldred, E. Effects of cooling on mammalian muscle spindles / E. Eldred, D.F. Linsley, J.S. Buchwald // Exp. Neurol. – 1960. – № 2. – P.144.
  21. Effect of burst TENS and conventional TENS combined with cryotherapy on pressure pain threshold: randomized, controlled, clinical trial / L.B. Macedo, Am. Josué, P.H.B. Maia [et al.] // Physiotherapy. – 2015. – № 101. – P.155–160.
  22. Treatment Modalities for Acne / L. Fox, C.Csongradi, M. Aucamp [et al.] // Molecules. – 2016. – Vol. 21, № 8. – P.1063.
  23. Lanoue, J. Acne scarring: a review of cosmetic therapies / J. Lanoue, G. Goldenberg // Cutis. – 2015. – Vol. 95, № 5. – P.276–281.
  24. Тарасенко, Г.Н. Криотерапия в комплексном лечении себореи и акне / Г.Н. Тарасенко, Ю.Г. Тарасенко // Российский журнал кожных и венерических болезней. – 2009. – Т. 12, № 3. – С.66–68.
  25. Олисова, О.Ю. Роль фактора роста сосудистого эндотелия в патогенезе розацеа и его медикаментозная коррекция / О.Ю. Олисова, М.И. Додина, Н.Е. Кушлинский // Клиническая дерматология и венерология. – 2012. – Т. 10, № 1. – С.49–55.
  26. Davies, J.W. Prompt cooling of burned areas: a review of benefits and the effector mechanisms / J.W. Davies // Burns. Incl. Therm. Inj. – 1982. – Vol. 19, № 1. – P.1–6.
  27. Prehospital treatment of burns: a qualitative study of experiences, perceptions and reactions of victims / S.H. Bazargani, N. Fouladi, H. Alimohammadi [et al.] // Burns. – 2013. – Vol. 39, № 5. – P.860–865.
  28. Local cooling does not prevent hyperalgesia following burn injury in humans / M.U. Werner, B. Lassen, J.L. Pedersen [et al.] // Pain. – 2002. – Vol. 98, № 3. – P.297–303.
  29. First-aid with warm water delays burn progression and increases skin survival / M. Tobalem, Y. Harder, E. Tschanz [et al.] // J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg. – 2013. – Vol. 66, № 2. – P.260–266.
  30. Acute effects of local cold therapy in superficial burns on pain, in vivo microcirculation, edema formation and histomorphology / B. Altintas, A.A. Altintas, A. Kraemer [et al.] // Burns. – 2014. – № 40. – P.915–921.

## REFERENCES

1. Frexinos J. The cold water cure of the parish priest Kneipp and the development of natural medicine in the nineteenth century. Rev Soc Fr Hist Hop. 2006; 124: 64–67.
2. Fricke R. Ganzkörperkältetherapie in einer Kältekammer mit Temperaturen um -110°C. Z Phys Med Baln Med Klim. 1989; 18 (1): 1–10.
3. Yamauchi T. Whole-body cryotherapy is a method of extreme cold -175°C treatment initially used for rheumatoid arthritis. Z Phys Med Baln Med Klim. 1989; 15: 311.
4. Fedorczyk JM, Read CM. The use of physical agents in hand rehabilitation. In book: Rehabilitation of the hand and upper extremity. Seventh Edition. Elsevier. 2020: 1431-1415.
5. Hardy M, Woodall W. Therapeutic effects of heat, cold, and stretch on connective tissue. J Hand Ther. 1998; 11: 148.
6. Michlovitz SL. Heat therapy modalities: frozen peas and more. In book: Modalities for Therapeutic Intervention. FA Davis Philadelphia. 2005; 43-60.
7. Dana AS, Rex IH, Samitz MH. The hunting reaction. Arch Dermatol. 1969; 99: 441-450.
8. Golant A, Nord R, Paksima N, Posner M. Cold exposure injuries to the extremities. J Am Acad Orthop Surg. 2008; 16: 704-716.
9. Jurkovich GJ. Environmental cold-induced injury. Surg Clin North Am. 2007; 87: 247-267.
10. Gonzalez R, Read CM. Acute care and rehabilitation of the hand after cold injury. In book: Rehabilitation of the hand and upper extremity. Seventh Edition. Elsevier. 2020; 812-817.
11. Agadzhanian NA, By'kov AT, Medalieva RX. Problemy` krioterapii i sostoyanie psixoe`mocional`noj sfery` [Problems of cryotherapy and the state of the psychoemotional sphere]. Vestnik novy`x medicinskix texnologij [Bulletin of new medical technologies]. 2010; XVII (3): 129.
12. Agadzhanian NA., Medalieva RX. Teoreticheskie osnovy` i prakticheskoe primenenie obshhej vozduшной

- krioterapii v vosstanovitel'noj medicine [Theoretical foundations and practical application of General air cryotherapy in restorative medicine]. Vestnik vosstanovitel'noj mediciny` [Bulletin of restorative medicine]. 2008; 26 (4): 4-7.
13. Portnov VV. Vozdushnaya krioterapiya obshhaya i lokal'naya. [Air cryotherapy is General and local]. Sbornik statej i posobij dlya vrachej [Collection of articles and manuals for doctors]. Moskva [Moscow]. 2007; 51 p.
  14. Burenina IA. Sovremennyy'e metodiki krioterapii v klinicheskoy praktike. [Modern methods of cryotherapy in clinical practice] Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny [The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine]. 2014; 7 (1): 57-61.
  15. Enwemeka CS, Allen C, Avila P, Bina J, Konrade J, Munns S. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34 (1): 45–50.
  16. Swenson C, Swärd L, Karlsson J. Cryotherapy in sports medicine. *Scand J Med Sci Sports.* 1996; 4 (6): 193–200.
  17. Daniel DM, Stone ML, Arendt DL. The effect of cold therapy on pain, swelling, and range of motion after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Arthroscopy.* 1994; 10: 530–533.
  18. Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Phys Ther.* 2010; 90 (4): 581–591.
  19. Knuttsson E, Mattsson E. Effects of local cooling on monosynaptic reflexes in man. *Scand J Rehabil Med.* 1969; 1: 126–132.
  20. Eldred E, Linsley DF, Buchwald JS. Effects of cooling on mammalian muscle spindles. *Exp Neurol.* 1960; 2: 144.
  21. Macedo LB, Josué Am, Maia PHB, Câmara AE, Brasileiro JS. Effect of burst TENS and conventional TENS combined with cryotherapy on pressure pain threshold: randomized, controlled, clinical trial. *Physiotherapy.* 2015; 101: 155–160.
  22. Fox L, Csongradi C, Aucamp M, du Plessis J, Gerber M. Treatment modalities for acne. *Molecules.* 2016; 21 (8): 1063.
  23. Lanoue J, Goldenberg G. Acne scarring: a review of cosmetic therapies. *Cutis.* 2015; 95 (5): 276–281.
  24. Tarasenko GN, Tarasenko YuG. Krioterapiya v kompleksnom lechenii seborei i akne [Cryotherapy in complex treatment for seborrhea and acne]. *Russian Journal of skin and venereal diseases [Rossiyskii zhurnal kozhnykh i venericheskikh boleznei].* 2009; 12 (3): 66–68.
  25. Olisova OYu, Dodina MI, Kushlinskiy NE. Rol' faktora rosta sosudistogo e`ndoteliya v patogeneze rozacea i ego medikamentoznaya korrekciya [The role of vascular endothelial growth factor in the pathogenesis of rosacea and drug correction]. *Clinical Dermatology and Venereology [Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya].* 2012; 1: 49–55.
  26. Davies JW. Prompt cooling of burned areas: a review of benefits and the effector mechanisms. *Burns Incl Therm Inj.* 1982; 9 (1): 1–6.
  27. Bazargani SH, Fouladi N, Alimohammadi H, Sadeghieh S, Agamohammadi M, Mohamadi R. Prehospital treatment of burns: a qualitative study of experiences, perceptions and reactions of victims. *Burns.* 2013; 39 (5): 860-865.
  28. Werner MU, Lassen B, Pedersen JL, Kehlet H. Local cooling does not prevent hyperalgesia following burn injury in humans. *Pain.* 2002; 98 (3): 297–303.
  29. Tobalem M, Harder Y, Tschanz E, Speidel, V, Pittet-Cuénod B, Wettstein R. First-aid with warm water delays burn progression and increases skin survival. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2013; 66 (2): 260–266.
  30. Altintas B, Altintas AA, Kraemer R, Sorg H, Vogt PM, Mehmet AA. Acute effects of local cold therapy in superficial burns on pain, in vivo microcirculation, edema formation and histomorphology. *Burns.* 2014; 40: 915–921.