

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 616.441: 616-006.03

DOI: 10.17816/pmj39593-103

ЛАЗЕРИНДУЦИРОВАННАЯ ТЕРМОТЕРАПИЯ УЗЛОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С АБЛЯЦИЕЙ СОСУДОВ, ПИТАЮЩИХ УЗЕЛ

В.Г. Петров^{1*}, А.И. Созонов¹, Е.Г. Бакшеев¹, Е.Г. Ивашина², А.А. Ермакова¹, П.А. Ермакова¹

¹ Тюменский государственный медицинский университет,

² Многопрофильный консультативно-диагностический центр, г. Тюмень, Россия

LASER-INDUCED THERMOTHERAPY OF THYROID NODULES WITH ABLATION OF VESSELS FEEDING THE NODULE

V.G. Petrov^{1*}, A.I. Sozonov¹, E.G. Baksheev¹, E.G. Ivashina², A.A. Ermakova¹, P.A. Ermakova¹

¹ Tyumen State Medical University,

² Multidisciplinary Consultative and Diagnostic Center, Tyumen, Russian Federation

Цель. Улучшить результаты лечения пациентов с доброкачественной узловой патологией щитовидной железы (ЩЖ) путем совершенствования методики мини-инвазивного лечения с применением энергии высокоинтенсивного лазера под сонографическим контролем.

© Петров В.Г., Созонов А.И., Бакшеев Е.Г., Ивашина Е.Г., Ермакова А.А., Ермакова П.А., 2022

тел. +7 912 922 97 92

e-mail: v_doc@mail.ru

[Петров В.Г. (*контактное лицо) – доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургических болезней с курсом эндоскопии и офтальмологии; Созонов А.И. – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения; Бакшеев Е.Г. – аспирант кафедры хирургических болезней с курсом эндоскопии и офтальмологии; Ивашина Е.Г. – врач-эндокринолог; Ермакова А.А. – студентка лечебного факультета; Ермакова П.А. – студентка лечебного факультета].

© Petrov V.G., Sozonov A.I., Baksheev E.G., Ivashina E.G., Ermakova A.A., Ermakova P.A., 2022

tel. +7 912 922 97 92

e-mail: v_doc@mail.ru

[Petrov V.G. (*contact person) – MD, PhD, Professor, Department of Surgical Diseases with Course of Endoscopy and Ophthalmology; Sozonov A.I. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Public Health and Healthcare; Baksheev E.G. – postgraduate student, Department of Surgical Diseases with Course of Endoscopy and Ophthalmology; Ivashina E.G. – endocrinologist; Ermakova A.A. – student, Faculty of Medicine; Ermakova P.A. – student, Faculty of Medicine].

Материалы и методы. Предложена оригинальная методика лазериндуцированной термотерапии узла щитовидной железы с абляцией сосудов, питающих узел. Суть ее заключается в том, что перед обработкой узла лазером проводится абляция сосудов, питающих узел. При данном методике кровотоков по периферии узла прекращается, что, с одной стороны, приводит к уменьшению теплоотдачи и снижению количества энергии, необходимой для более полной абляции ткани узла, с другой стороны, ишемия периферии узла ведет к гибели жизнеспособной ткани и препятствует краевому отрастанию и рецидиву заболевания.

Результаты. Эффективность методики подтверждена на 91 пациенте, контрольную группу составили 116 пациентов. Показана эффективность при узлах более крупных размеров (более 6 см³). Если при стандартной ЛИТТ узлы размером от 6 до 8 см³ уменьшились всего на 25,8 %, то при предлагаемой методике уменьшение составило 69,3 %. При узлах размером более 8 см³ уменьшение в контрольной и основной группах составило 28,8 и 33,3 % соответственно.

Выводы. Положительные результаты исследования позволяют включить эту методику в алгоритм лечения крупных доброкачественных узлов щитовидной железы.

Ключевые слова. Узлы щитовидной железы, лазериндуцированная термотерапия, мини-инвазивное лечение.

Objective. To improve the results of treatment in patients with benign nodular pathology of the thyroid gland (TG) by means of perfecting the technique of minimally invasive treatment with a high-intensive laser under the sonographic control.

Materials and methods. An original technique of laser-induced thermotherapy (LITT) of the thyroid nodule with the ablation of the vessels, feeding the nodule was developed and introduced. The procedure was used in the treatment of 91 patients with benign nodular pathology of the thyroid gland, 116 patients underwent laser-induced thermotherapy by the standard technique (comparison group). Three months later, US was used to assess and compare the results of treatment in both groups. The results of thermometry were analyzed depending on the initial volume of the TG nodular neoplasm.

Results. A decrease in the nodules with the initial volume up to 2 cm³ in both groups was statistically significant and took place practically similarly – 78.7 % in the main group and 71.7 % in the comparison group. When exposing the nodules of larger sizes, the efficiency of standard LITT method fell. In the comparison group, patients with the nodular sizes of 6–8 cm³ had a decrease in the volume only by 25.8 % (from 6.74 cm³ to 5.0 cm³). When using an original method of thermoablation (TA), a decrease in the nodules of the same size was 69.3 % (from 6.98 cm³ to 2.14 cm³). The difference was statistically significant ($p = 0.003$) that proves the efficiency of this technique. In the subgroup with the nodules > 8 cm³, a nodular volume decrease was 33.3 % (from 11.05 to 7.36 cm³) in the main group and 28.8 % (from 14.07 to 10.02 cm³) in the comparison group. The difference was not statistically significant ($p = 279$).

Conclusions. Laser-induced thermotherapy of the thyroid gland with the ablation of the vessel, feeding the nodule, leads to a statistically significant reduction of the benign colloid nodular neoplasms of any size. The original technique indicated higher efficiency compared with standard LITT in relation to the nodules sized from 6 to 8 cm.

Keywords. Thyroid nodules, laser-induced thermotherapy, minimally invasive treatment.

ВВЕДЕНИЕ

Последние годы в литературе появляются все больше доказательств эффективности и безопасности минимально инвазивных методов термоабляции (ТА) доброкачественной узловой патологии щитовидной железы (ЩЖ) – узлового коллоидного зоба. В настоящее время наибольшее распростра-

нение получили такие методики ТА, как лазерная ТА, которая в российской литературе получила название лазериндуцированной термотерапии (ЛИТТ) [1] и радиочастотной абляции (РЧА) под визуальным сонографическим контролем [2, 3].

Краткосрочные исследования (менее 1–2 лет) показали, что ТА приводит к уменьшению объема узлов ЩЖ от 50 до 80 % [4].

Стратегия первого применения процедуры ТА в 2000-х гг. была направлена на пациентов, которые отказывались от проведения им оперативного вмешательства или выполнение такового было невозможно. В качестве альтернативы хирургическому вмешательству ТА служила краткосрочным паллиативным лечением при тяжелых коморбидных заболеваниях, препятствующих проведению оперативного вмешательства, или когда исходный объем узла был относительно небольшим. Целью этого вида лечения было сокращения объема узла ШЖ не менее чем на 50 % в течение года [5–8].

Безопасность и эффективность ТА привела к широкому ее применению при лечении доброкачественной узловой патологии ЩЖ, что позволяло избежать выполнения операций, имеющих целый ряд отрицательных последствий, начиная от наличия послеоперационных рубцов на передней поверхности шеи, вызывающих неприятный косметический эффект, заканчивая специфическими осложнениями, такими как парез гортани и послеоперационный гипотиреоз, способными значительно снизить качество жизни пациента [9–12].

Исследования с длительным периодом наблюдения после проведенной ТА показали, что узлы ЩЖ могут увеличиваться в размерах через 2–3 года [13–15]. Чаще всего возобновление роста происходит в результате роста клеток по периферии узла, которое в зарубежной литературе получило название «краевого отрастания». Если край узла недостаточно обработан тепловой энергией, возникает эффект «отрастания». Н.К. Lim et al. (2013) при длительном, более четырех лет, наблюдении за пациентами, которым выполнена РЧА, указывают что солидные узлы ЩЖ имеют тенденцию к повторному росту уже через 2 года [13]. J.S. Sim et al. (2017) также указывают, что после одного сеанса ТА возобновление роста происходит в 24,1 % случаев, в среднем через 39 месяцев [15].

Наиболее частым фактором риска «краевого отрастания» является большой изначальный объем узлов [16]. В. Wang et al. (2017) [17] показали, что у 110 пациентов с рецидивом через 12 месяцев после однократного сеанса РЧА средний объем узлов был значительно больше, чем объем узлов у пациентов без рецидива.

Многие авторы считают, что обработка именно периферической зоны узла, в которой находятся живые, способные к пролиферации тиреоциты, в отличие от центральной области, характеризующейся выраженными дистрофическими изменениями, является важным фактором предотвращения рецидива [13]. Когда объем узла слишком велик для его полной абляции за один сеанс, необходима подача большего количества энергии. Часто именно крупные узлы ЩЖ располагаются вблизи от возвратного гортанного нерва или сонной артерии, поэтому подача большого количества энергии в зоне их прилегания может привести к осложнениям. Из-за боязни повредить эти структуры возможна неполная абляция края узла в этой зоне, что может служить фактором риска возникновения рецидива [18, 19].

Совершенствование технологии ТА должно быть направлено, во-первых, на тщательную обработку именно периферической зоны узла, во-вторых, на уменьшение количества энергии, с одной стороны, достаточной для гибели ткани узла, с другой – позволяющей избежать повреждения тканей и структур, прилегающих к узлу. В 2017 г. H.S. Park et al. [20] при проведении РЧА узла ЩЖ предложили перед непосредственным воздействием на ткань узла проводить ТА артерии, питающей узел, и его краевых вен. Термическое воздействие на сосуды приводит к снижению или полному исчезновению кровотока в узле и минимизации эффекта теплоотдачи. Все это приводит к уменьшению количества тепловой энергии, необходимой для полной ТА

узла, что повышает эффективности процедуры, с одной стороны, с другой – уменьшает вероятность повреждения прилежащих к узлу органов и тканей. При ТА вены наполняются пузырьками горячего воздуха, и венозный кровоток в конечном счете прекращается, сохраняя белые пузырьки воздуха в просвете краевых вен. Всё это создает условия для гибели краевых структур узла и предотвращает рецидив за счет «краевого отрастания» после сеанса ТА.

Цель исследования – улучшение результатов лечения пациентов с доброкачественной узловой патологией ЩЖ путем совершенствования методики мини-инвазивного лечения с применением энергии высокоинтенсивного лазера под сонографическим контролем.

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ЛИТТ С АБЛЯЦИЕЙ СОСУДОВ, ПИТАЮЩИХ УЗЕЛ

Для достижения вышеуказанной цели нами предложена методика, которая получила название ЛИТТ узла ЩЖ с абляцией сосудов, питающих узел. Под контролем УЗИ с применением режима доплера визуализируются артериальные сосуды, питающие узел (их может быть несколько), а также маргинальные вены, через которые кровь отводится от узла. Далее под сонографической навигацией выбирается сосуд, подлежащий абляции, и к нему вместе с пункционной иглой подводится кварцевый световод, через который в последующем осуществляется подача энергии. Правильность введения световода контролируется исчезновением доплеровского сигнала в интересующем нас сосуде. Мощность луча, необходимого для абляции сосуда, составляет 4–5 Вт. При проведении абляции сосуда по его ходу визуализируются пузырьки воздуха, которые постепенно исчезают при прекращении кровотока в обрабатываемом сосуде. На месте абляции по

краю узла визуализируется гиперэхогенная зона коагуляции. Аналогично проводится абляция сосудов с другой стороны узла до полного исчезновения перинодулярного кровотока. После лазерной абляции сосудов преступают к абляции ткани узла, для которой требуется меньший уровень энергии (2,5–3,0 Вт).

Исчезновение кровотока по периферии узлового образования ЩЖ уменьшает теплоотдачу. Тепловая энергия, образующаяся при лазерном излучении, распределяется более равномерно по ткани узла, включая его периферическую зону. Благодаря этому возникает более обширная зона некробиотических изменений, что позволяет добиться более полного эффекта ЛА.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За период с декабря 2019 г. по октябрь 2020 г. на базе ГАУЗ ТО «МКДЦ» г. Тюмени данная методика применена у 91 пациента с доброкачественной узловой патологией ЩЖ. Эти пациенты составили основную группу. Для сравнения результатов лечения и доказательства эффективности предлагаемой нами методики проведен ретроспективный анализ результатов мини-инвазивного лечения у 116 пациентов (контрольная группа), пролеченных нами за период с января по ноябрь 2019 г. с применением стандартной методики ЛИТТ. В обеих группах узлы по данным тонкоигольной аспирационной биопсии (ТАБ) имели морфологическую структуру коллоидного зоба (доброкачественное узловое образование – II категория по системе Bethesda). Критерием исключения являлось наличие подозрительных сонографических признаков. Проводилась ЛИТТ узлов ЩЖ, имеющих сонографическую характеристику TIRAD ≤ 3 , что исключало вероятность ложноотрицательных результатов

ТАБ. Обе группы пациентов были сопоставимы по полу и возрасту (табл. 1).

Операции выполняли под УЗ-навигацией в режиме реального времени. При проведении ЛИТТ применяли диодный лазер со средой кристаллов Nd: YAG (иттрий-алюминиевого граната), работающий на длине волны 1060 нм и рабочей мощностью 2–9 Вт. Обычно использовали среднюю мощность 2,5–3,5 Вт для абляции ткани узла и 4–5 Вт для абляции сосудов, питающих узел.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью пакета компьютерных программ Statistica. Проверка типа распределения данных выявила его отличие от нормального. В связи с этим в ка-

честве распределения в описании данных использовались значения медианы, 25-й и 75-й перцентили (верхняя и нижняя квартиль). Для оценки статистической значимости изменения объема узлов после проведения ЛИТТ использовали критерий Вилкоксона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Для изучения эффективности процедуры нами в обеих группах проведен анализ результатов лечения в зависимости от исходного объема узлового образования ШЖ. Выделено пять подгрупп пациентов в зависимости от исходного объема узла – до 2 см³, 2–4; 4–6; 6–8 и более 8 см³ (табл. 2).

Таблица 1

Распределение пациентов в основной и контрольной группах по полу и возрасту, Me [0,25; 0,75]

Показатель	Основная группа, n = 91	Контрольная группа, n = 116	t	p
Доля мужчин, абс. (%)	5 (5,5)	6 (5,2)	0,1	0,23
Доля женщин, абс. (%)	86 (94,5)	110 (94,8)	0,1	0,245
Средний возраст группы, лет	48 [24; 72]	55 [47; 66]	1,4	0,145
Средний возраст мужчин, лет	46 [23; 69]	52 [40; 61]	0,7	0,176
Средний возраст женщин, лет	48 [45; 55]	55 [50; 57]	1,2	0,156

Таблица 2

Распределение пациентов основной и контрольной групп в зависимости от исходного объема узла, Me [0,25; 0,75]

Объем узла, см ³		Основная группа, n = 91	Контрольная группа, n = 116	t	p
До 2	Количество узлов данного объема в подгруппе, абс. (%)	39 (42,9)	58 (50,0)		
	Исходный объем, см ³	1,27 [0,56; 1,6]	0,53 [0,32; 0,99]	1,99	0,05
2–4	Количество узлов данного объема в подгруппе, абс. (%)	17 (18,7)	18 (15,5)		
	Исходный объем, см ³	2,60 [2,45; 3,4]	2,73 [2,5; 3,23]	0,1	0,24
4–6	Количество узлов данного объема в подгруппе, абс. (%)	10 (11,0)	15 (12,9)		
	Исходный объем, см ³	5,24 [4,9; 5,93]	4,92 [4,77; 4,98]	0,2	0,275
6–8	Количество узлов данного объема в подгруппе, абс. (%)	11 (12,1)	13 (11,2)		
	Исходный объем, см ³	6,98 [6,89; 7,2]	6,74 [6,63; 7,3]	0,1	0,243
Более 8	Количество узлов данного объема в подгруппе, абс. (%)	14 (15,4)	12 (10,3)		
	Исходный объем, см ³	11,05 [9,69; 20,8]	14,07 [12,67; 15,1]	1,2	0,365

Динамика уменьшения объема узлов после сеанса ЛИТТ в основной и контрольной группах, Me [0,25; 0,75]

Объем узла, см ³		Основная группа, n = 91		Контрольная группа, n = 116	
До 2	Исходный объем узла	1,27 [0,56; 1,6]	<i>p</i> = 0,01	0,53 [0,32; 0,99]	<i>p</i> = 0,01
	Объем узла через 3 месяца	0,27 [0,12; 0,42]		0,15 [0,08; 0,31]	
	Темп уменьшения объема, %	-78,7		-71,7	
2–4	Исходный объем узла	2,60 [2,45; 3,4]	<i>p</i> = 0,017	2,73 [2,5; 3,23]	<i>p</i> = 0,01
	Объем узла через 3 месяца	1,10 [0,6; 1,75]		1,47 [1,24; 2,1]	
	Темп уменьшения объема, %	-57,7		-46,2	
4–6	Исходный объем узла	5,24 [4,9; 5,93]	<i>p</i> = 0,01	4,92 [4,77; 4,98]	<i>p</i> = 0,01
	Объем узла через 3 месяца	1,43 [1,25; 1,74]		3,10 [2,54; 3,55]	
	Темп уменьшения объема, %	-72,7		-37,0	
6–8	Исходный объем узла	6,98 [6,89; 7,20]	<i>p</i> = 0,01	6,74 [6,63; 7,30]	<i>p</i> = 0,003
	Объем узла через 3 месяца	2,14 [1,78; 3,10]		5,0 [4,40; 5,80]	
	Темп уменьшения объема, %	-69,3		-25,8	
Более 8	Исходный объем узла	11,05 [9,69; 20,80]	<i>p</i> = 0,01	14,07 [12,67; 15,10]	<i>p</i> = 279
	Объем узла через 3 месяца	7,36 [4,4; 9,3]		10,02 [8,66; 14,30]	
	Темп уменьшения объема, %	-33,3		-28,8	

Распределение по объему узловых образований в обеих группах было репрезентативным, что позволило с высокой долей достоверности сравнивать исходы лечения. Применение статистического анализа с использованием критерия Манни – Уитни показало отсутствие статистически значимой разницы объема узловых образований в обеих группах пациентов с узлами ЩЖ объемом более 2 см³. В то же время средний объем в подгруппе пациентов с объемом узлов до 2 см³ был больше в основной группе, чем в контрольной, что является вполне логичным, поскольку при ЛИТТ небольших узлов происходит достаточный прогрев периферии узла, даже при введении световода в его центр, поэтому ЛИТТ узла ЩЖ с абляцией сосудов, питающих узел, при небольших размерах узлового образования нами не применялось. Однако использование предлагаемой нами методики позволило с большей уверенностью прибегать к лечению достаточно крупных узлов (объемом более 8 см³).

Расчёт темпа уменьшения объема проводился по формуле

$$T_{\text{ум}} = \frac{b-a}{a} \cdot 100 \%,$$

где *b* – средний объём узлов через 3 месяца после ЛИТТ, *a* – средний объем узлов до ЛИТТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В основной и контрольной группах эффект от термического воздействия оценен через 3 месяца. Всем пациентам проведено контрольное УЗИ ЩЖ. В табл. 3 представлена динамика уменьшения объема узловых образований в основной и контрольной группах

Уменьшение объема небольших узлов (до 2 см³) как в обследуемой, так и в контрольной группах было статистически значимым и происходило практически одинаково. У пациентов с исходным объемом узлов до 2 см³ темп уменьшения составил 78,7 и 71,7 % в основной и контрольной группах.

При выполнении стандартной ЛИТТ узлов ЩЖ небольших размеров, даже без дополнительной абляции питающих сосудов, энергия лазера достаточно хорошо проникает в его периферические отделы, что вызывает гибель тиреоцитов. При воздействии на узлы более крупных размеров эффективность стандартной методики ЛИТТ снижается. Так, в подгруппе с узлами 6–8 см³ и более 8 см³ контрольной группы отмечалось уменьшение объема узлов всего на 25,8 и 28,9 % соответственно (см. табл. 3). Данное наблюдение подтверждает исследования других авторов, которые указывают, что эффективность ЛИТТ отмечается при воздействии на узловое образование небольших размеров [21–23].

Предлагаемая нами методика – ЛИТТ узлов ЩЖ с абляцией сосудов, питающих узел, – показала лучшие результаты. Как уже отмечено выше, статистически значимой разницы в уменьшении объема небольших

узловых образований как в обследуемой, так и в контрольной группах не отмечено, что является логичным. Однако в подгруппах пациентов с более крупными узлами эта разница была существенной и статистически значимой. Так, при применении стандартной методики ЛИТТ узлов 6–8 см³ отмечено уменьшение объема с 6,74 до 5,0 см³, т.е. всего на 25,8 %. Уменьшение узлов такого же размера при применении предлагаемой нами методики составило 69,3 % (с 6,98 до 2,14 см³) (рис. 1). Аналогичная картина отмечена в подгруппах с более крупными узлами (более 8 см³). Если в контрольной группе узлы данного размера уменьшились всего на 28,8 %, то в основной группе отмечено их достоверное уменьшение на 33,3 % (рис. 2). Всё это подтверждает эффективность предлагаемой нами методики при мини-инвазивном лечении узлов ЩЖ крупного размера, которые чаще всего и являются клинической проблемой для пациентов.

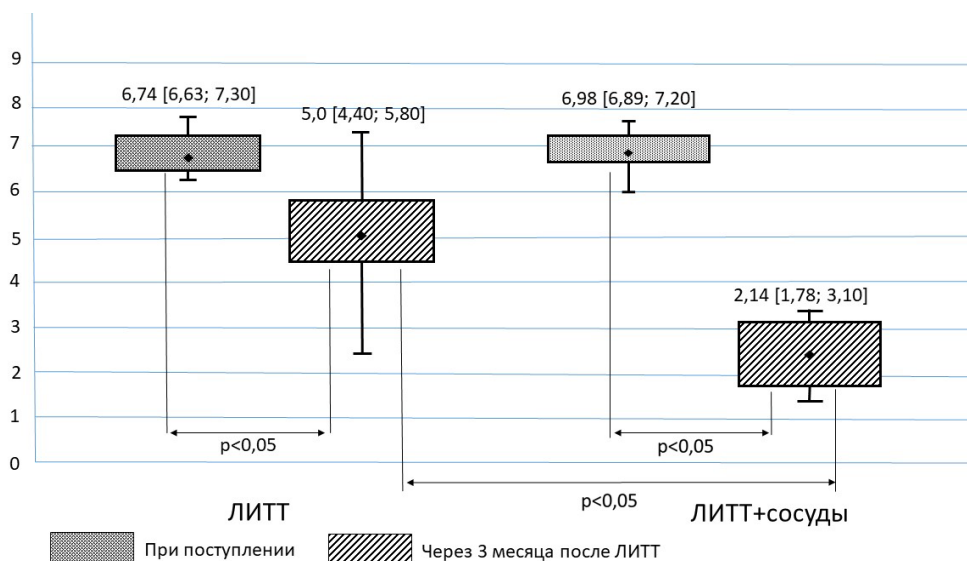


Рис. 1. Динамика уменьшения объема узлов размером от 6 до 8 см³ в основной (ЛИТТ + сосуды) и контрольной (ЛИТТ) группах

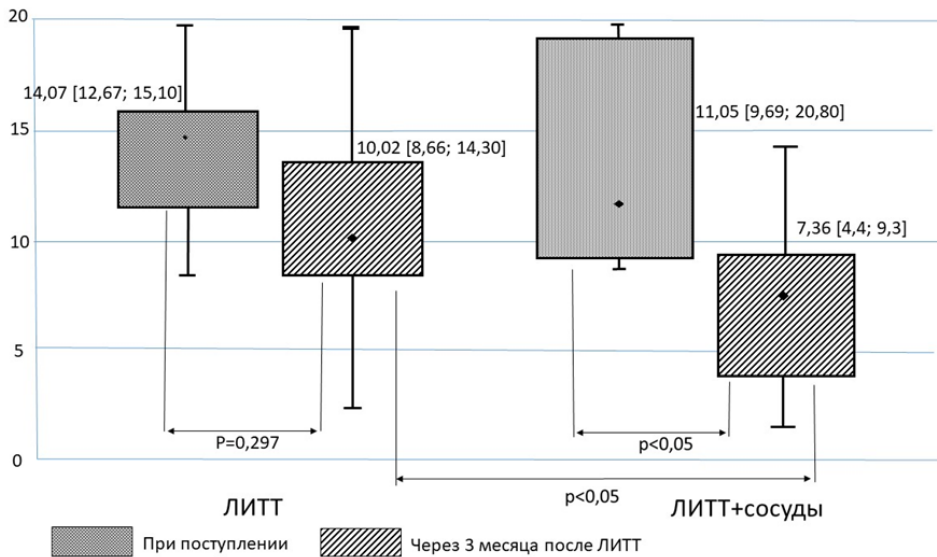


Рис. 2. Динамика уменьшения объема узлов размером более 8 см³ в основной (ЛИТТ + сосуды) и контрольной (ЛИТТ) группах

Выводы

Предлагаемая нами методика миниинвазивного лечения с применением энергии высокоинтенсивного лазера под УЗ-навигацией – ЛИТТ узлов ЩЖ с абляцией сосудов, питающих узел, – приводит к статистически значимому уменьшению доброкачественных коллоидных узловых образований любого размера. Но ценность ее заключается в том, что, в отличие от стандартной методики ЛИТТ, она показала большую эффективность при ЛА крупных узлов ЩЖ. Так, при узлах с исходным объемом 6–8 см³ она приводит к уменьшению среднего объема узла через 3 месяца – с 6,98 до 2,14 см³, т.е. более чем на 69,3%. И даже при узлах с исходным объемом более 8 см³ отмечается пусть меньшее, но статистически значимое уменьшение объема с 11,05 до 7,36 см³, то есть на 28,8%.

Данное наблюдение подтверждает эффективность предлагаемой методики, что позволяет рекомендовать ее к применению

в общеклинической практике для лечения доброкачественной узловой патологии ЩЖ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Привалов В.А., Селиверстов О.В., Ревель-Муроз Ж.А. и др. Чрескожная лазериндуцированная термотерапия узлового зоба. Хирургия 2001; 1: 10–13.
2. Achille G., Zizzi S., Di Stasio E. et al. 18solid benign thyroid nodules: Our experience in 45 patients. Head Neck 2014.
3. Gharib H., Papini E., Garber J.R. et al. American Association of Clinical Endocrinologists, American College of Endocrinologists, Associazione Medici Endocrinologi medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and management of thyroid nodules – 2016 update appendix. Endocr Pract. 2016; 22 (1): 1–60.
4. Cesareo R., Palermo A., Pasqualini V. et al. Radiofrequency ablation for the management of thyroid nodules: a critical appraisal of the literature. Clin Endocrinol (Oxf) 2017; 87: 639–648.

5. *Pacella C.M., Bizzarri G., Guglielmi R. et al.* Thyroid tissue: US-guided percutaneous interstitial laser ablation—a feasibility study. *Radiology* 2000; 217: 673–677.
6. *Jeong W.K., Baek J.H., Rhim H. et al.* Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: safety and imaging follow-up in 236 patients. *Eur Radiol* 2008; 18: 1244–1250.
7. *Papini E., Guglielmi R., Bizzarri G. et al.* Treatment of benign cold thyroid nodules: a randomized clinical trial of percutaneous laser ablation versus levothyroxine therapy or follow-up. *Thyroid* 2007; 17: 229–235.
8. *Deandrea M., Limone P., Basso E. et al.* US-guided percutaneous radiofrequency thermal ablation for the treatment of solid benign hyperfunctioning or compressive thyroid nodules. *Ultrasound Med Biol* 2008; 34: 784–791
9. *Bernardi S., Dobrinja C., Fabris B. et al.* Radiofrequency ablation compared to surgery for the treatment of benign thyroid nodules. *Int J Endocrinol* 2014; 2014: 934595.
10. *Radzina M., Cantisani V., Rauda M. et al.* Update on the role of ultrasound guided radiofrequency ablation for thyroid nodule treatment. *Int J Surg* 2017; 41 (1): 82–93.
11. *Mauri G., Pacella C.M., Papini E. et al.* Proceedings of the first Italian conference on thyroid minimally invasive treatments and foundation of the Italian research group for thyroid minimally invasive procedures. *Int J Hyperthermia* 2018; 34: 603–605.
12. *Ha E.J., Baek J.H., Kim K.W. et al.* Comparative efficacy of radiofrequency and laser ablation for the treatment of benign thyroid nodules: systematic review including traditional pooling and bayesian network meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab* 2015; 100: 1903–1911.
13. *Lim H.K., Lee J.H., Ha E.J. et al.* Radiofrequency ablation of benign non-functioning thyroid nodules: 4-year follow-up results for 111 patients. *Eur Radiol* 2013; 23: 1044–1049.
14. *Baek J.H., Lee J.H., Valcavi R. et al.* Thermal ablation for benign thyroid nodules: radiofrequency and laser. *Korean J Radiol* 2011; 12: 525–540.
15. *Sim J.S., Baek J.H., Lee J. et al.* Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: depicting early sign of regrowth by calculating vital volume. *Int J Hyperthermia* 2017 33: 905–910.
16. *Døssing H., Bennebaek F.N., Hegedüs L.* Long-term outcome following interstitial laser photocoagulation of benign cold thyroid nodules. *Eur J Endocrin.* 2011; 165 (1): 123–128.
17. *Wang B., Han Z.Y., Yu J. et al.* Factors related to recurrence of the benign non-functioning thyroid nodules after percutaneous microwave ablation. *Int J Hyperthermia* 2017; 33: 459–464.
18. *Baek J.H., Lee J.H., Sung J.Y. et al.* Complications encountered in the treatment of benign thyroid nodules with US-guided radiofrequency ablation: a multicenter study. *Radiology* 2012; 262: 335–242.
19. *Kim C., Lee J.H., Choi Y.J. et al.* Complications encountered in ultrasonography-guided radiofrequency ablation of benign thyroid nodules and recurrent thyroid cancers. *Eur Radiol* 2017; 27: 3128–3137.
20. *Park H.S., Baek J.H., Park A.W. et al.* Thyroid radiofrequency ablation: updates on innovative devices and techniques. *Korean J Radiol* 2017; 18: 615–623.
21. *Александров Ю.К., Семенов Е.И., Яновская М.Е. и др.* Возможности интерстициальной лазерной фотокоагуляции в лечении пациентов с субсантимитровыми узлами щитовидной железы. Современные аспекты хирургической эндокринологии: материалы XIX Российского симпозиума с международным участием. Челябинск 2010; 15–17.
22. *Cesareo R., Pasqualini V., Simeoni C. et al. nni*, Prospective Study of Effectiveness of Ultrasound-Guided Radiofrequency Ablation Versus Control Group in Patients Affected by Benign Thyroid Nodules, *J Clin Endocrinol Metab.* 2015; 100 (2): 460–466.

23. Deandrea M., Trimboli P., Garino F. et al. Long-Term Efficacy of a Single Session of RFA for Benign Thyroid Nodules: A Longitudinal 5-Year Observational Study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019, 104 (9): 3751–3756.

REFERENCES

1. Privalov V.A., Seliverstov O.V., Revel-Muroz Zh.A. et al. Percutaneous laser-induced thermotherapy of nodular goiter. *Hirurgija* 2001; 1: 10–13 (in Russian).

2. Achille G., Zizzi S., Di Stasio E. et al. 18 solid benign thyroid nodules: Our experience in 45 patients. *Head Neck.* 2014.

3. Gharib H., Papini E., Garber J.R. et al. American Association of Clinical Endocrinologists, American College of Endocrinologists, Associazione Medici Endocrinologi medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and management of thyroid nodules – 2016 update appendix. *Endocr Pract.* 2016; 22 (1): 1–60.

4. Cesareo R., Palermo A., Pasqualini V. et al. Radiofrequency ablation for the management of thyroid nodules: a critical appraisal of the literature. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2017; 87: 639–648.

5. Pacella C.M., Bizzarri G., Guglielmi R. et al. Thyroid tissue: US-guided percutaneous interstitial laser ablation—a feasibility study. *Radiology* 2000; 217: 673–677.

6. Jeong W.K., Baek J.H., Rhim H. et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: safety and imaging follow-up in 236 patients. *Eur Radiol* 2008; 18: 1244–1250.

7. Papini E., Guglielmi R., Bizzarri G. et al. Treatment of benign cold thyroid nodules: a randomized clinical trial of percutaneous laser ablation versus levothyroxine therapy or follow-up. *Thyroid* 2007; 17: 229–235.

8. Deandrea M., Limone P., Basso E. et al. US-guided percutaneous radiofrequency thermal ablation for the treatment of solid benign hyperfunctioning or compressive thy-

roid nodules. *Ultrasound Med Biol* 2008; 34: 784–791.

9. Bernardi S., Dobrinja C., Fabris B. et al. Radiofrequency ablation compared to surgery for the treatment of benign thyroid nodules. *Int J Endocrinol* 2014; 2014: 934595.

10. Radzina M., Cantisani V., Rauda M. et al. Update on the role of ultrasound guided radiofrequency ablation for thyroid nodule treatment. *Int J Surg* 2017; 41 Suppl 1: 82–93.

11. Mauri G., Pacella C.M., Papini E. et al. Proceedings of the first Italian conference on thyroid minimally invasive treatments and foundation of the Italian research group for thyroid minimally invasive procedures. *Int J Hyperthermia* 2018; 34: 603–605.

12. Ha E.J., Baek J.H., Kim K.W. et al. Comparative efficacy of radiofrequency and laser ablation for the treatment of benign thyroid nodules: systematic review including traditional pooling and bayesian network meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab* 2015; 100: 1903–1911.

13. Lim H.K., Lee J.H., Ha E.J. et al. Radiofrequency ablation of benign non-functioning thyroid nodules: 4-year follow-up results for 111 patients. *Eur Radiol* 2013; 23: 1044–1049.

14. Baek J.H., Lee J.H., Valcavi R. et al. Thermal ablation for benign thyroid nodules: radiofrequency and laser. *Korean J Radiol* 2011; 12: 525–540.

15. Sim J.S., Baek J.H., Lee J. et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: depicting early sign of regrowth by calculating vital volume. *Int J Hyperthermia* 2017 33: 905–910.

16. Døssing H., Bennedbaek F.N., Hege-düs L. Long-term outcome following interstitial laser photocoagulation of benign cold thyroid nodules. *Eur J Endocrin.* 2011; 165 (1): 123–128.

17. Wang B., Han Z.Y., Yu J. et al. Factors related to recurrence of the benign non-functioning thyroid nodules after percutaneous

microwave ablation. *Int J Hyperthermia* 2017; 33: 459–464.

18. Baek J.H., Lee J.H., Sung J.Y. et al. Complications encountered in the treatment of benign thyroid nodules with US-guided radiofrequency ablation: a multicenter study. *Radiology* 2012; 262: 335–242.

19. Kim C., Lee J.H., Choi Y.J. et al. Complications encountered in ultrasonography-guided radiofrequency ablation of benign thyroid nodules and recurrent thyroid cancers. *Eur Radiol* 2017; 27: 3128–3137.

20. Park H.S., Baek J.H., Park A.W. et al. Thyroid radiofrequency ablation: updates on innovative devices and techniques. *Korean J Radiol* 2017; 18: 615–623.

21. Aleksandrov Yu.K., Sevenko E.I., Yanovskaya M.E. Possibilities of interstitial laser photocoagulation in the treatment of patients with subcentimeter thyroid nodules. Modern aspects of surgical endocrinology. Proceedings of the XIX Russian Symposium with Interna-

tional Participation. Chelyabinsk 2010; 15–17 (in Russian).

22. Cesareo R., Pasqualini V., Simeoni C. et al. *mi*, Prospective Study of Effectiveness of Ultrasound-Guided Radiofrequency Ablation Versus Control Group in Patients Affected by Benign Thyroid Nodules, *J Clin Endocrinol Metab.* 2015; 100 (2): 460–466.

23. Deandrea M., Trimboli P., Garino F. et al. Long-Term Efficacy of a Single Session of RFA for Benign Thyroid Nodules: A Longitudinal 5-Year Observational Study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019, 104 (9): 3751–3756.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 04.07.2022

Одобрена: 20.07.2022

Принята к публикации: 01.09.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Лазериндуцированная термотерапия узлов щитовидной железы с абляцией сосудов, питающих узел / В.Г. Петров, А.И. Созонов, Е.Г. Бакшеев, Е.Г. Ивашина, А.А. Ермакова, П.А. Ермакова // Пермский медицинский журнал. – 2022. – Т. 39, № 5. – С. 93–103. DOI: 10.17816/pmj39593-103

Please cite this article in English as: Petrov V.G., Sozonov A.I., Baksheev E.G., Ivashina E.G., Ermakova A.A., Ermakova P.A. Laser-induced thermotherapy of thyroid nodules with ablation of vessels feeding the nodule. *Perm Medical Journal*, 2022, vol. 39, no. 5, pp. 93-103. DOI: 10.17816/pmj39593-103