

© Коллектив авторов, 2015

**ТРИБОХИМИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ РАЗВИТИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА
ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ СУСТАВОВ.
ЧАСТЬ 5. ПРООКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
С АНТИОКСИДАНТАМИ ЧАСТИЦ ИЗНОСА ТИТАНОВЫХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ОРТОПЕДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

В.Г. Булгаков, В.Ф. Татарinov, Н.С. Гаврюшенко

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, РФ

С помощью модельной реакции окисления кумола изучена радикалообразующая способность искусственных частиц износа титанового сплава ВТ6 и неметаллических материалов. Установлено, что частицы сплава инициируют образование радикалов, причем последовательное повторное окисление кумола металлическими частицами протекает с существенно большей скоростью формирования радикалов. Частицы неметаллических материалов (полиэтилен, корундовая керамика, углеродный наноккомпозит) инертны и не обладают радикалообразующей способностью, что обеспечивает их преимущество в плане предупреждения возможного развития у пациентов нежелательных свободнорадикальных реакций в окружающих имплантаты тканях.

Ключевые слова: титановый сплав, инертные материалы, частицы износа, свободные радикалы.

***Tribochemical Component of Oxidative Stress Development at Artificial Joints Implantation.
Part 5. Pro-oxidative Properties and Interrelation of Titanium and Non-Metallic
Orthopaedic Material Wear Particles with Antioxidants***

V.G. Bulgakov, V.F. Tatarinov, N.S. Gavryushenko

Central Institute of Traumatology and Orthopaedics named after N.N. Priorov,
Moscow, Russia

Radical-forming ability of artificial wear particles of BT6 titanium alloy and nonmetallic materials was studied using modelling reaction of cumene oxidation. It was stated that alloy particles initiate formation of radicals and consecutive repeated cumene oxidation by metallic particles took place with significantly higher rate of radicals' formation. Particles of nonmetallic materials (polyethylene, corundum ceramics, carbon nanocomposite) are inert and do not possess radical-forming ability that ensures their advantage in prevention of possible development of adverse free radical reactions in surrounding implant tissues.

Key words: titanium alloy, inert materials, wear particles, free radicals.

Введение. Известно, что при износе и коррозии металлических компонентов ортопедических имплантатов происходит интенсивное генерирование свободных радикалов [1, 2]. Ранее была определена выраженная радикалообразующая способность частиц износа некоторых ортопедических сплавов и рассмотрены вызванные ими негативные эффекты [3]. Несмотря на то что активность частиц износа можно ингибировать посредством использования антиоксидантов, предпочтительным является применение ортопедических сплавов с менее выраженной радикалообразующей способностью.

Наряду с этим разработаны и находят свое применение неметаллические ортопедические материалы. В частности, показаны весьма привлекательные свойства композитов на основе углерода. Отмечаются их отличная биосовместимость, отсутствие в составе способных вызвать нежелатель-

ные реакции металлов, высокая прочность и износостойкость [4]. При изготовлении эндопротезов суставов используются материалы на основе керамики, широко применяется также сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). При разработке и внедрении ортопедических материалов важно определить, наряду со стандартизированными общепринятыми характеристиками, их проокислительные и антиоксидантные свойства. Так, установлено, что выраженность радикалгенерирующей способности частиц износа является одной из причин, определяющих их провоспалительное действие [5].

Целью настоящей работы было сравнить радикалообразующую способность ортопедического сплава на основе титана (сплав ВТ6), ряда неметаллических ортопедических материалов, а также эффективность ингибирующего действия

антиоксидантов в присутствии частиц данных материалов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Частицы износа титанового сплава ВТ6, частицы углеродного нанокompозитного материала были получены путем сухого трения соответствующих материалов самих по себе на трибометре Optimol SRV как предложено ранее [6]. Частицы СВМПЭ в форме стружки толщиной 0,2–0,3 мм и длиной 0,3–0,5 мм были получены истиранием образца полиэтилена на металлической терке, а частицы корундовой керамики Biolox — истиранием образца на испытательной машине ЦВИК-1464. Углеродный нанокompозит (УНК, изготовитель ООО «ИнКар») представляет собой пироуглеродный материал, полученный путем совместного пиролиза углеводородов с галогенидами тугоплавких металлоидов (бор треххлористый) [7]. Опыты с использованием частиц износа проводили сразу после их изготовления. В качестве субстрата окисления использовали особо чистый кумол (99,9%) фирмы «Acros Organics» (США). В опытах измеряли скорость поглощения кислорода при добавлении в кумол частиц износа. По этим данным рассчитывали скорость инициирования образования радикалов в присутствии различных частиц, что служило оценкой их радикалообразующей способности [6]. При изучении влияния антиоксидантов применяли раствор ионола в кумоле, а в качестве инициатора окисления — азо-бис-изобутиронитрил (АИБН).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характерные кинетические кривые окисления кумола в опытах по определению радикалообразующей способности частиц износа представлены на рис. 1. Концентрация частиц во всех опытах составляла 1 мг/мл. Видно, что частицы титанового сплава ВТ6 инициировали выраженное окисление кумола. В приведенном опыте скорость

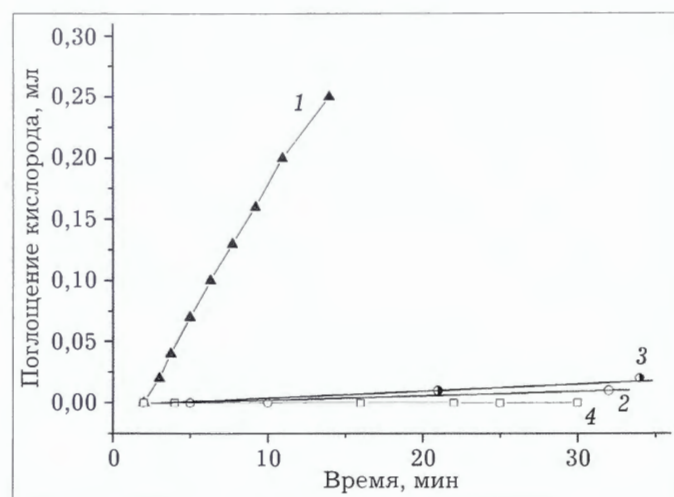


Рис. 1. Кинетика окисления кумола в присутствии частиц износа титанового сплава ВТ6 (1), СВМПЭ (2), керамики (3), УНК (4).

поглощения кислорода в их присутствии составила 11,5 мм³/мл·мин. Частицы керамики, СВМПЭ и УНК, напротив, были инертны, практически не вызывая поглощения кислорода.

По скорости поглощения кислорода в присутствии частиц титанового сплава была рассчитана скорость инициирования ими образования радикалов. В серии опытов данная величина составила в среднем $9,5 \pm 1,6 \cdot 10^{-8}$ моль/л·с для титанового сплава, частицы других испытанных материалов практически не обладали изучаемой активностью.

Функционирование ортопедических имплантатов сопровождается непрерывным образованием частиц износа и их накоплением в окружающих тканях. В связи с этим представляют интерес результаты опытов, моделирующих ситуацию постоянного образования частиц и сопряженные с этим реакции трибохимического окисления. В этих экспериментах использовали частицы износа сплава ВТ6 для инициирования ими последовательного двухкратного окисления кумола при увеличенной концентрации частиц 2 мг/мл в реакционной смеси. По окончании первого окисления взвесь частиц в кумоле центрифугировали, использованные частицы удаляли. К окисленному кумолу добавляли новые частицы в той же концентрации и вновь определяли начальную скорость поглощения кислорода при повторном окислении. На рис. 2 представлены типичные кинетические кривые окисления кумола в этих опытах.

В таблице сведены данные опытов при двухкратном окислении кумола частицами износа. Видно, что повторное последовательное окисление кумола протекает с существенно большей (на 30%) скоростью инициирования.

Ранее [3] отмечалось, что при проведении ортопедических операций возникают условия для усиления в пораженных тканях свободнорадикальных

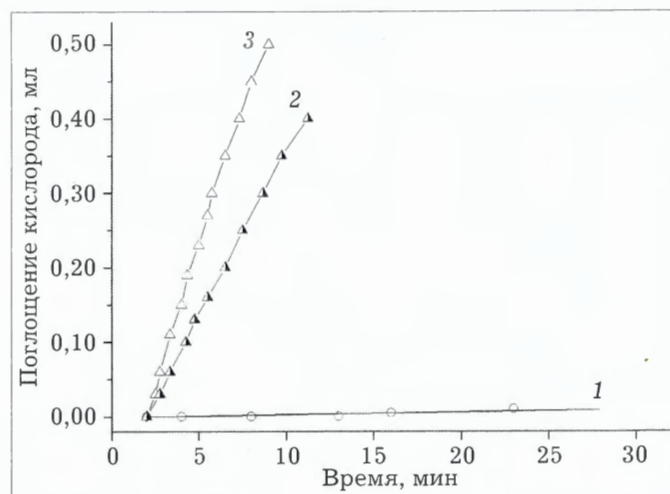


Рис. 2. Типичные кинетические кривые окисления кумола в присутствии частиц износа сплава ВТ6.

1 — окисление без частиц (контроль); 2 — кинетика первого окисления кумола; 3 — кинетика повторного окисления кумола.

Изменение скорости поглощения кислорода и инициирования при двухкратном окислении кумола частицами износа титанового сплава ВТ6

Показатель	Спонтанное окисление (без частиц) (n=3)	Окисление частицами износа	
		первое (n=6)	второе (n=6)
Скорость поглощения кислорода, мм ³ /мл·мин	1,0±0,1	20,6±1,4	23,4±1,2
Скорость инициирования, моль/л·с	(0,06±0,01) · 10 ⁻⁸	(25,1±3,5) · 10 ⁻⁸	(32,3±3,3) · 10 ⁻⁸

реакций, что требует применения эффективных антиоксидантов. В связи с этим представляло интерес оценить эффективность применения данных препаратов при использовании активных и инертных материалов. В модельных опытах, характерные кинетические кривые поглощения кислорода в которых представлены на рис. 3, оценивали продолжительность ингибирующего эффекта антиоксиданта на окисление кумола в присутствии инертных и активных частиц.

При проведении опытов поддерживали определенную интенсивность окисления кумола с помощью инициатора АИБН (прямая 1). Внесение антиоксиданта ионола в условиях опытов обеспечивало ингибирование окисления в среднем в течение 42 мин (кривая 2). При внесении в реакционный сосуд инертных частиц СВМПЭ (кривая 3) или керамики (кривая 4) в концентрации 2 мг/мл реакционной смеси период ингибирования существенно не изменялся, и составлял в среднем 38 и 41 мин соответственно. При внесении в кумол в той же концентрации частиц титанового сплава (кривая 5), усиливающих интенсивность окисления углеводорода, период ингибирования значительно уменьшался и составил в среднем 14 мин, т.е. стал короче в 3 раза. При использовании же частиц УНК (кривая 6) наблюдалось длительное ингибирование окисления кумола, существенно превышающее таковое при внесении частиц керамики или СВМПЭ.

ОБСУЖДЕНИЕ

Использованная в настоящей работе модельная реакция окисления кумола позволила оценить радикалообразующую способность испытанных материалов и их взаимодействие с добавленным антиоксидантом. Что касается результатов с использованием частиц титанового сплава, то их радикалообразующая способность менее выражена, чем у частиц износа ортопедических сплавов на основе кобальта и железа [6]. Вместе с тем опыты с повторным окислением кумола свидетельствуют о том, что при постоянном износе титановых сплавов происходит усиление образования свободных радикалов. Частицы износа титановых сплавов, как и другие металлические частицы, способны вызывать распад органических перекисей, увеличивая образование свободных радикалов [8]. Известно, что в тканях, окружающих искусственные суставы, происходит интенсификация свободнорадикальных реакций, усиление перекисного окисления липи-

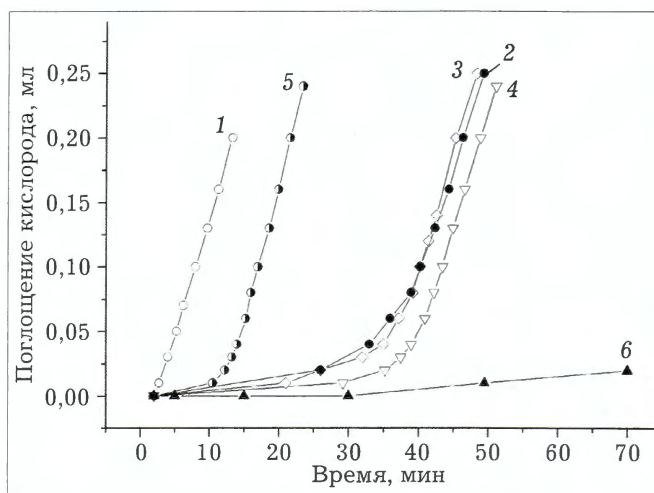


Рис. 3. Влияние различных частиц износа на продолжительность ингибирования окисления кумола антиоксидантом ионолом.

Объяснения в тексте.

дов [9, 10]. В этих условиях следствием постоянного образования и накопления металлических частиц износа в биологических тканях будет также распад ранее образованных перекисей с появлением свободных радикалов, инициирующих новые цепи окисления.

Выявлено, что частицы керамики не инициируют окисления кумола и являются в этом плане неактивными, что согласуется с мнением о корундовой керамике как инертном материале. Так, при изучении биологического эффекта различных частиц в животной модели установлено, что частицы керамики наименее активны в развитии резорбции кости (остеолиза) и стимулировании выхода провоспалительных цитокинов [11]. В настоящее время предложено использовать цирконий-алюминиевую и алюминий-циркониевую керамику повышенной прочности, отличающуюся значительно большей износостойкостью [12]. В модельных опытах на симуляторе суставов при усложнении условий испытания циклическими микроразъединениями трущихся частей их износ был в 5–12 раз меньше, чем таковой обычной корундовой керамики. Подобное существенное улучшение износостойкости и биологическая инертность частиц керамики лишней раз свидетельствуют в пользу применения данного материала в парах трения искусственных суставов.

Поперечносплитный СВМПЭ содержит остаточные свободные радикалы, образовавшиеся при обработке материала γ -излучением. Даже незначи-

тельное содержание радикалов негативно влияет на механические свойства полимера. Предложены методы специальной термической обработки поперечно-сшитого СВМПЭ, позволяющие заметно снизить содержание свободных радикалов без ухудшения его механических свойств [13]. Важность сведений об окислительных характеристиках используемых полимеров диктует необходимость применять для их оценки методы, далекие от повседневной практики клиницистов. В работе [14] степень окисленности и содержание свободных радикалов в полимерных компонентах искусственных суставов предложено измерять с использованием методов инфракрасной спектроскопии и электронного спинового резонанса. Авторы полагают, что определение этих показателей поможет клиницистам в выборе качественного полимера, чтобы избежать ранней ревизионной операции из-за ускоренного износа имплантатов.

Подверженность полимера свободнорадикальным реакциям и низкая износостойкость могут быть преодолены включением в состав полимера при его изготовлении стабилизаторов-антиоксидантов. При этом необходимо принимать во внимание возможный цитотоксический эффект тех концентраций антиоксидантов, которые обеспечивают окислительную стабильность полимера. В исследовании [15] на клеточных культурах изучено цитотоксическое и противовоспалительное действие ряда антиоксидантов, которые могут быть использованы при изготовлении ортопедического полиэтилена. Обнаружено, что многие антиоксиданты являются токсичными для клеток при весьма низких (микромольных) концентрациях.

Отдельного внимания заслуживает УНК. Это консолидированный наноматериал, размеры кристаллитов турбостратного углерода в котором в среднем составляют 10 x 10 нм; он имеет однородную, изотропную, нанокристаллическую структуру и многократно превосходит по своим свойствам материалы аналогичного химического состава, полученные по традиционным технологиям. Материал обладает хорошими трибологическими свойствами и высокой износостойкостью. В частности, при трении УНК на воздухе без смазки в паре со сталью и титановым сплавом ВТ1 коэффициент трения составляет 0,08–0,1. В начальной точке движения его коэффициент трения в 1,5–2 раза меньше, чем у других углеродных материалов. Антифрикционные свойства УНК в 4–6 раз выше, чем у других углеродных материалов, так что его износостойкость составляет $(1,01–2,27) \cdot 10^{-9}$ г/км [7].

Проведенные опыты с использованием инертных частиц керамики, СВМПЭ и УНК выявили важные свойства указанных материалов. Их частицы не способны интенсифицировать образование радикалов, подобно частицам износа ортопедических сплавов. Это обстоятельство обеспечивает преимущество инертных ортопедических материалов в плане предупреждения развития у пациентов нежелательных свободнорадикальных реакций в окружающих имплантаты тканях. Наряду с этим следует отметить и другие положительные моменты примене-

ния таких материалов. Так, не формируются условия для интенсификации радикальных процессов за счет распада в присутствии инертных частиц уже имеющихся в биологических тканях органических перекисей. Еще одним благоприятным моментом использования инертных материалов является повышение эффективности применения антиоксидантов, которые в этом случае не расходуются на ингибирование собственной радикальной активности их частиц износа. В частности, при использовании частиц УНК период подавления окисления кумола превышает продолжительность ингибирования, обеспечиваемую добавленным антиоксидантом. Причина такой кинетики окисления кумола в присутствии частиц УНК требует дальнейшого изучения, этот эффект может стать дополнительным преимуществом композитов на основе углерода.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что применение в различных ортопедических имплантатах углеродных, керамических и других инертных материалов устраняет трибохимический компонент развития нежелательных свободнорадикальных реакций в окружающих имплантаты тканях.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Niki Y., Matsumoto H., Suda Y., Otani T., Fujikawa K., Toyama Y., Hisamori N., Nozue A. Metal ions induce bone-resorbing cytokine production through the redox pathway in synoviocytes and bone marrow macrophages. *Biomaterials*. 2003; 24 (8): 1447–57.
2. Soloviev A., Schwarz E.M., Darowish M., O'keefe R.J. Sphingomyelinase mediates macrophage activation by titanium particles independent of phagocytosis: A role for free radicals, NFκB, and TNFα. *J. Orthop. Res.* 2005; 23 (6): 1258–65.
3. Булгаков В.Г., Ильина В.К., Гаврюшенко Н.С., Шальнев А.Н., Омеляненко Н.П., Цепалов В.Ф. Трибохимический компонент развития окислительного стресса при имплантации искусственных суставов. Часть 3. Ингибирование радикалообразующей и антипролиферативной способности частиц износа антиоксидантами и костным жиром. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2012; 2: 56–60 [Bulgakov V.G., Il'ina V.K., Gavryushenko N.S., Shal'nev A.N., Omel'yanenko N.P., Tsepalov V.F. Tribochemical component of oxidative stress development at artificial joints implantation. Part 3. Inhibition of radical-forming and antiproliferative ability of wear particles by antioxidants and bone fat. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2012; 2: 56–60 (in Russian)].
4. Волков Г.М., Татаринцов В.Ф. Бионженерный потенциал углерода. *Нанотехника*. 2007; 10: 52–6 [Vol'kov G.M., Tatarinov V.F. Carbon bioengineering potential. *Nanotekhnika*. 2007; 10: 52–6 (in Russian)].
5. Zhang Q., Kusaka Y., Sato K., Nakakuki K., Kohyama N., Donaldson K. Differences in the extent of inflammation caused by intratracheal exposure to three ultrafine metals: role of free radicals. *J. Toxicol. Environ. Health*. A 1998; 53 (6): 423–38.
6. Булгаков В.Г., Гаврюшенко Н.С., Цепалов В.Ф., Шальнев А.Н. Трибохимический компонент развития окислительного стресса при имплантации искусственных суставов. Часть 1. Определение радикалообразующей способности частиц износа различных ортопедических материалов. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2010; 1: 44–8 [Bulgakov V.G., Gavryushenko N.S., Shal'nev A.N., Tsepalov V.F. Tribochemical component of oxidizing stress development at joint replacement. Part I. Determination of radical-forming ability of wear particles from various orthopaedic materials. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2010; 1: 44–8 (in Russian)].

7. Татаринов В.Ф., Золкин П.И. Новые достижения в технологии получения углесталла для искусственных клапанов сердца. Огнеупоры и техническая керамика. 1999; 3: 37–8 [Tatarinov V.F., Zolkin P.I. New achievements in technology of obtaining carbon cyttal for artificial cardiac valves. Ogneupory i tekhnicheskaya keramika. 1999; 3: 37–8 (in Russian)].
8. Феклисова Т.Г., Харитонова А.А., Пирогов О.Н., Цепалов В.Ф., Олейник Э.Ф. Некоторые особенности трибохимического окисления углеводородов. Трение и износ. 1985; 6 (2): 339–46 [Feklisova T.G., Kharitonova A.A., Pirogova O.N., Tsepalov V.F., Oleynik E.F. Some peculiarities of carbon tribochemical oxidation. Trenie i iznos. 1985; 6 (2): 339–346 (in Russian)].
9. Cheng Y.J., Chien C.T., Chen C.F. Oxidative stress in bilateral total knee replacement, under ischaemic tourniquet. J. Bone Joint. Surg. Br. 2003; 85 (5): 679–82.
10. Ozmen I., Naziroglu M., Okutan R. Comparative study of antioxidant enzymes in tissues surrounding implant in rabbits. Cell. Biochem. Funct. 2006; 24 (3): 275–81.
11. Warashina H., Sakano S., Kitamura S., Yamauchi K.I., Yamaguchi J., Ishiguro N., Hasegawa Y. Biological reac-

- tion to alumina, zirconia, titanium and polyethylene particles implanted onto murine calvaria. Biomaterials. 2003; 24 (21): 3655–61.
12. Al-Hajjar M., Jennings L.M., Begand S., Oberbach T., Delfosse D., Fisher J. Wear of novel ceramic-on-ceramic bearings under adverse and clinically relevant hip simulator conditions. J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater. 2013; 101 (8): 1456–62.
13. Oral E., Ghali B.W., Muratoglu O.K. The elimination of free radicals in irradiated UHMWPEs with and without vitamin E stabilization by annealing under pressure. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater. 2011; 97 (1): 167–74.
14. Fulin P., Pokorny D., Slouf M., Nevalova M., Vackova T., Dybal J., Pilar J. Quantification of structural changes of UHMWPE components in total joint replacements. BMC Musculoskelet. Disord. 2014; 15: 109.
15. Bladen C.L., Tzu-Yin L., Fisher J., Tipper J.L. In vitro analysis of the cytotoxic and anti-inflammatory effects of antioxidant compounds used as additives in ultra high-molecular weight polyethylene in total joint replacement components. J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater. 2013; 101 (3): 407–13.

Сведения об авторах: Булгаков В.Г. — канд. биол. наук, старший науч. сотр. ОЭТО ЦИТО; Татаринов В.Ф. — канд. техн. наук, ген. директор ООО «ИнКар»; Гаврюшенко Н.С. — доктор техн. наук, профессор, рук. испытательной лаборатории ЦИТО.

Для контактов: Булгаков Валерий Георгиевич. 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10. Тел.: 8 (495) 450–09–38. E-mail: testlabcito@mail.ru

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛАРА !

ВЕНИАМИН МИХАЙЛОВИЧ ЛИРЦМАН

О жизни человека судят по ее плодам. Плоды, приннесенные заслуженным врачом РФ, доктором медицинских наук, профессором В.М. Лирцманом за десятилетия его творческой научной работы, — полновесны и значимы. В первую очередь — это его огромный личный вклад в развитие травматологии. Благодаря разработанным Вениамином Михайловичем методам оперативного лечения переломов и повреждений сухожилий и связок было восстановлено здоровье тысяч и тысяч людей. Им воспитаны десятки учеников, специалистов в области травматологии и ортопедии.

В.М. Лирцман родился 29 сентября 1925 г. В 1943 г., окончив военно-медицинское училище им. Щорса, ушел на фронт. Командовал медицинским взводом, был на передовой, вынося раненых с поля боя. За участие в Великой Отечественной войне он награжден 3 боевыми орденами и 12 медалями.

В 1953 г. с отличием окончил Рязанский медицинский институт и по 1956 г. работал главным врачом и хирургом Путятинской районной больницы Рязанской области. Поступив в 1956 г. в клиническую ординатуру ЦИТО, Вениамин Михайлович учился и работал в травматологическом отделении под руководством выдающегося травматолога нашего столетия А.В. Каплана, где осваивал все передовые методики оперативного и консервативного лечения. После окончания ординатуры он стал первым аспирантом ЦИТО у А.В. Каплана и начал изучать, а впоследствии успешно развивать, одно из сложных направлений специальности — гериатрическую травматологию — науку о диагностике и особенностях лечения травм у лиц пожилого и старческого возраста. По этой теме им защищены кандидатская (1962 г.) и докторская (1972 г.) диссертации, получены авторские свидетельства на изобретения, написана монография «Предоперационная подготовка и послеоперационное лечение больных пожилого и старческого возраста с переломами костей», разработаны и опубликованы методические рекомендации для врачей-травматологов.

За 27 лет работы в ЦИТО им. Н.Н. Приорова, Вениамин Михайлович прошел все ступени клинического и научного становления высококласного хирурга и

ученого: клиническая ординатура, аспирантура, младший научный сотрудник, старший научный сотрудник. Он неоднократно выступал с докладами на международных и Республиканских съездах травматологов-ортопедов, научно-практических конференциях, симпозиумах.

С 1983 г. Вениамин Михайлович являлся профессором кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии Московского государственного медицинского стоматологического университета.

Опытный клиницист, ученый и искусный хирург, владеющий современными методиками оперативного и консервативного лечения травматолого-ортопедических больных, В.М. Лирцман продолжает консультировать специалистов травматологов-ортопедов из различных лечебных учреждений.

До недавнего времени, используя богатый клинический и научный опыт, В.М. Лирцман читал курс лекций по травматологии и ортопедии, проводил практические занятия с врачами факультета последипломного образования, клиническими ординаторами, аспирантами, врачами-интернами. Под его руководством защищены 9 кандидатских и 1 докторская диссертации.

Творческая и трудовая активность Вениамина Михайловича продолжает удивлять людей, знающих его и работавших с ним. И сегодня мы видим его в школах, рассказывающим ученикам о тяготах фронтовой жизни, делящимся воспоминаниями о жизни медиков в годы Великой Отечественной войны.

90-летний юбилей профессора В.М. Лирцмана — это праздник его многочисленных учеников, это праздник всех тех, кому Вениамин Михайлович подарил самое главное, что есть у человека, — здоровье, а значит, и жизнь.



Коллектив кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ МГМСУ им. Н.А.Евдокимова, ЦИТО им. Н.Н. Приорова, редколлегия журнала «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» от всей души поздравляют юбиляра и желают доброго здоровья, счастья, благополучия