

## Оглядові статті

УДК 616.832+616.711]-006-089.166:615.849.03

### Кибер-нож-радиохирургия в лечении опухолей спинного мозга и позвоночника

Педаченко Ю.Е.

Национальная медицинская академия последипломного образования  
имени П.Л. Шупика МЗ Украины, г. Киев

Радиохирургические методы лечения приобретают все большее распространение в лечении многих нейрохирургических заболеваний. В некоторых ситуациях они фактически вытеснили хирургические методы лечения и стали стандартом в лечении метастазов рака в головном мозгу; в других — их используют в дополнение к хирургическому вмешательству при невозможности во время операции радикально удалить опухоль; и, наконец, они являются альтернативой в лечении многих опухолей и сосудистых заболеваний головного и спинного мозга, а также позвоночника, избавляя пациента от многих осложнений открытого хирургического вмешательства [3].

При этом используют ионизирующее излучение высокой мощности, собранное в узкий направленный пучок. Доза облучения достаточна для необходимого эффекта при однократном воздействии. Поэтому данный вид лучевого воздействия называют *радиохирургией* в отличие от *радиотерапии*, при которой лучевое воздействие осуществляют многофракционно, небольшими дозами. И в этом отношении радиохирургию также используют в качестве альтернативы общепринятой многонедельной лучевой терапии [7].

В классическом понимании «хирургии» как направления медицины, предполагающего инвазивное вмешательство и требующее особых навыков, радиохирургия ею не является. Этот термин также не укладывается в понятие «лучевой терапии», которая предполагает многократное (фракционированное) облучение пораженных анатомических структур. В то же время, термин «радиохирургия» имеет ряд общих черт как с хирургией, так и лучевой терапией. С одной стороны, используется мощная лучевая нагрузка, с другой, осуществляется радикальное воздействие на патологический очаг. В этом плане радиохирургия представляет особое направление хирургии и радиологии, в котором сочетаются исключительная точность и высокая радикальность воздействия.

Радиохирургия является одним из новейших направлений современной медицины, в том числе нейрохирургии.

В настоящее время в нейрохирургии в основном используют радиохирургические установки «Gamma Knife» (фирмы Elekta, Швеция), «Cyber Knife» (фирмы Accuray, США), «Novalis» (фирмы BrainLab, Германия), «Trilogy» (фирмы Varian Medical System, США) [1, 2, 4].

Концепция стереотаксической радиохирургии предложена L. Leksell в начале 50-х годов XX столетия [18], однако на подготовку первого вмешательства

ушло почти 20 лет. Совместно с радиобиологом В. Larsson разработана стереотаксическая рамка и после длительных экспериментов с источниками излучения ученые выбрали кобальт-60 (период полураспада 5,271 года). Первая установка «Гамма-нож» (содержащая 179 источников кобальта-60) смонтирована в 1968 г. в Стокгольме. Тогда же произведена первая операция больному по поводу краниофарингиомы. И только спустя почти 20 лет был налажен серийный выпуск аппаратов. В 1987 г. Гамма-нож установлен в клинике в Питтсбурге (США) при активном содействии профессора D. Lunsford [20].

После внедрения в клиническую практику Гамма-ножа начались поиски возможности выполнять радиохирургические вмешательства с помощью линейных акселераторов, в которых не использовались радиоактивные вещества в качестве источника облучения. Поиски увенчались успехом, в 1994 г. создан линейный акселератор (LINAC) Varian 600SR, который впоследствии был усовершенствован и назван Novalis [4, 5, 7].

Следующим поколением линейных акселераторов, а в целом и радиохирургических установок, является Cyber Knife (Кибер-нож), созданный под руководством J. Adler (США) — ученика L. Leksell. Было найдено решение, позволившее отказаться от стереотаксических рамок, являвшихся обязательным атрибутом радиохирургии в нейрохирургической практике. Кибер-нож — одна из последних разработок в области высоких медицинских технологий (Hi-Tech) на основе самых современных достижений научно-технического прогресса в области робототехники, компьютерной навигации и лучевой хирургии.

Первая установка Кибер-нож внедрена в клиническую практику в медицинском центре Stanford University (США) в 1994 г. В 2001 г. Food and Drug Administration (FDA) разрешила использовать Кибер-нож для лечения онкологических заболеваний различной локализации [25].

Технология Кибер-нож не является экспериментальной, стоимость лечения с его использованием в США компенсируют Medicare и крупные страховые компании. Эти расходы на 20–45% меньше стоимости открытых операций. Использование технологии Кибер-нож в амбулаторном режиме делает ее еще более привлекательной как для пациентов, так и для страховых компаний. Если к 2003 г. в мире с использованием технологии Кибер-нож лечили 6500 больных, к началу 2007 г. — более 40 000 [7].

Управление Кибер-ножом осуществляется с помощью компьютеризированной навигационной системы, улавливающей малейшие изменения положения пациента при дыхании, движении брюшной стенки и т.п. Подобная система управления исключает необходимость фиксации тела пациента, использования наркоза, нет необходимости в специальной подготовке пациента. Сеанс радиохирургического лечения осуществляется в амбулаторном режиме, бескровно, не нарушается привычный ритм жизни пациента, в том числе прием пищи, лекарственных средств.

Продолжительность лечения с использованием технологии Кибер-нож от 30 до 90 мин.

Особенностью технологии является возможность ее применения у детей (нет необходимости фиксировать ребенка), при опухолях спинного мозга, что качественно отличает Кибер-нож от других радиохирургических технологий [17].

Возможности технологии Кибер-нож существенно превышают таковые всех существующих в настоящее время радиохирургических методов. Малейшие изменения положения тела пациента во время сеанса компенсируются компьютеризированной навигационной системой [2].

Уникальными технологическими особенностями системы Кибер-нож являются [1–3, 7, 17, 25, 30]:

- миниатюрный линейный ускоритель, установленный на мобильной руке-роботе, обеспечивает не имеющие аналогов маневренность и 6 степеней свободы направленного излучения;
- особая система получения изображения исключает необходимость наложения фиксирующей стереотаксической рамки на голову пациента во время выполнения радионейрохирургических вмешательств, а также устраняет ограничения, обусловленные использованием рамки у детей;
- система отслеживания изображения, работающая в режиме реального времени, позволяет делать поправку на движения пациента во время лечения, удерживая и обеспечивая заданную локализацию опухоли;
- повышенная гибкость руки-робота позволяет проводить неизоцентрическое лечение с исключительной точностью и однородностью дозы для поражения цели неправильной формы;
- система отслеживания изображения и гибкая рука-робот позволяют использовать Кибер-нож для лечения заболеваний многих органов, в том числе недоступных для других радиохирургических систем (опухоли спинного мозга и др.).

### **Особенности лечения опухолей спинного мозга и позвоночника**

Спинальная радиохирургия имеет ряд особенностей. Следует отметить, что радиохирургия как новое направление медицины изначально разрабатывалась для лечения интракраниальных новообразований [18].

В отличие от опухолей головного мозга, лечение опухолей позвоночника осложняется наличием произвольных движений вследствие дыхания, незначительных изменений положения тела больного.

С внедрением радиохирургии предпринимались попытки обеспечить доставку необходимой дозы облучения в изначально подвижные новообразования, не повреждая интактные органы и ткани. Способы

жесткой фиксации грудного отдела позвоночника с помощью разнообразных рамок, надуваемых мешков были слишком громоздкими, неудобными для больного и, в конечном итоге, не обеспечивали поставленных задач [29].

Необходимость перенаправления луча во время сеанса лечения стала движущей идеей в развитии радиохирургии. Этой задаче соответствуют принципы работы линейных акселераторов и Кибер-ножа. Следует вовремя зафиксировать произвольные движения больного и, соответственно облучаемой структуры, практически мгновенно перенаправить луч. Вначале это достигали путем применения специальных маркеров, т.н. «золотых семечек».

Маркеры устанавливали во время операции, которую выполняли за 1 нед до сеанса радиохирургии, максимально близко к патологическому очагу. Непосредственно после операции сеанс радиохирургии не проводят, поскольку вследствие воспалительных изменений, нежесткой фиксации маркеры могут незначительно смещаться, что обуславливает неточности облучения и, соответственно, поражение интактных тканей. Через 1 нед, когда положение маркеров становится постоянным, производят компьютерную томографию, результаты которой заносят в компьютерную систему. По данным рентгенологического контроля, проводимого во время лечения, фиксируют изменение положения маркеров, и с их помощью обеспечивают необходимую точность облучения [23]. Первое сообщение о применении спинальной радиохирургии было опубликовано в 2001 г. [27].

Использование специальных маркеров создает определенные неудобства:

- подготовка к неинвазивному лечению является инвазивной;
- увеличение продолжительности предрадиохирургической подготовки.

Это неудобно как для больных, так и для врачебного персонала. В связи с этим, вскоре было найдено решение — применение программы XSight. Принцип ее работы предусматривает оценку по данным рентгенографии положения не специальных маркеров, а определенных костных структур, в частности, внутренней поверхности тела позвонка, дуг, суставных отростков и т.п. На основе полученной во время радиохирургического вмешательства информации происходит перенаправление луча и, соответственно, достигается необходимая точность [21].

Особенностью спинальной радиохирургии является необходимость учитывать радиочувствительность спинного мозга. Допустимая доза облучения, которую может получить спинной мозг однократно без риска возникновения острых и отдаленных осложнений, 8 Гр. При наличии чрезмерно близко расположенных к нему опухолей может возникнуть ситуация, когда невозможно спланировать облучение так, чтобы одновременно вся ткань опухоли получила дозу 17,5–25 Гр (наиболее часто применяемая лучевая нагрузка для спинальных новообразований при радиохирургии). В таких ситуациях радиохирургическое лечение проводят в несколько (2–5) приемов (фракций) [6, 8–16].

Кибер-нож разрешен FDA для клинического использования в 2001 г. Внедрение Кибер-ножа в клиническую практику потребовало еще несколь-

ких лет. В связи с этим, к сожалению, отсутствуют работы с катамнезом 5–10 лет и более. Однако представленные в зарубежных публикациях результаты весьма обнадеживают.

В приведенном нами аналитическом обзоре описаны результаты наблюдения за 971 больным со спинальными опухолями, которых лечили с использованием Кибер-ножа.

Впервые опубликовали результаты лечения 16 больных по поводу спинальных опухолей S.I. Ryu и соавторы [27].

Затем А. Муасевич и соавторы [22] опубликовали данные о лечении 42 больных, J.W. Degen и соавторы [6] — 51 больного, R.I. Dodd и соавторы [8] — 51 больного с первичными спинальными опухолями, G.J. Gagnon и соавторы [9] — 18 больных с метастазами, I.C. Gibbs и соавторы [16] — 53 больных с опухолями крестца. Наибольший клинический материал представлен в работах P.C. Gerszten и соавторов [10–15], которые опубликовали результаты лечения 625 больных с метастазами и 15 — с первичными опухолями позвоночника.

Анализ данных литературы свидетельствует о достаточно широком использовании Кибер-ножа при лечении новообразований позвоночника, в частности, его метастатического поражения. Этому можно найти несколько объяснений. Во-первых, высокая частота распространения метастазов в позвоночник (возникновение спинальных метастазов характерно для большинства больных со злокачественными опухолями внутренних органов, количество ежегодно выявляемых спинальных метастазов достигает 100 000 [23, 24]. Во-вторых, пациенты, у которых выявляют метастатическое поражение, часто неоперабельны вследствие сопутствующих заболеваний. В то же время, интенсивная боль, которая может достигать 3 баллов (в соответствии с Pain Score Scale) требует поиска альтернативных способов лечения и устранения боли. Радиохирurgia в таких ситуациях может быть методом выбора, поскольку ее применение способствует не только значительному уменьшению интенсивности боли, но и непосредственно воздействует на патологический очаг.

Авторы [6–16, 23, 24, 26] отмечают значительное снижение интенсивности боли у 84–93% больных со спинальными метастазами после проведения радиохирургического лечения.

Существуют несколько гипотез относительно механизмов анальгического эффекта радиохирургического лечения. Боль при наличии спинальных метастазов в отсутствие компрессионных переломов возникает вследствие инвазии клеток опухоли в периост, а также выделения медиаторов боли, раздражения и воспалительной реакции корешка [8]. Анталгический эффект радиохирургии может быть обусловлен уменьшением опухоли вследствие замещения ее соединительной тканью, подавления высвобождения медиаторов боли из-за гибели клеток опухоли. Если боль регрессирует в ранние сроки после применения радиохирургии, без соответствующих радиологических изменений, такой механизм является основным [19, 28, 31].

Большинство пациентов отмечают исчезновение боли в первые несколько недель после облучения, у некоторых ее интенсивность значительно уменьшается уже через несколько суток.

Отсутствие продолженного роста опухоли в катамнезе либо ее уменьшение отмечают у 75–100% больных, в зависимости от гистологической структуры опухоли.

На основании собственного опыта, P.C. Gerszten и соавторы [10–15] приводят следующие результаты радиохирургии в зависимости от источника метастазов в позвоночнике (*см. таблицу*).

**Таблица.** Результаты Кибер-нож-радиохирургии в зависимости от первичного очага

Локализация первичной опухоли	Частота выявления, %	
	регресс боли	подавление роста опухоли
Все больные	86	88
Рак почки	94	87
Рак груди	96	100
Рак легких	93	100
Меланома	96	75

Необходимая доза облучения при метастатическом поражении позвоночника составляет от 17,5 до 25 Гр. Если доза облучения не превышает 17,5 Гр, возможен продолженный рост опухоли [30].

В то же время, при планировании лечения следует учитывать близость расположения спинного мозга, являющегося весьма радиочувствительной структурой. Однократная доза воздействия на спинной мозг более 8 Гр токсична для него и обуславливает возникновение пострадикационной миелопатии.

В связи с этим при наличии первичных опухолей позвоночного канала, в частности, менингиомы, шванномы, нейрофибромы, применяют не один, а 2, 3 или даже 5 сеансов облучения. Это обусловлено тем, что, располагаясь в позвоночном канале, а не в телах позвонков (как большинство метастатических опухолей), они тесно прилежат к спинному мозгу. Необходимая доза облучения по краям опухоли для достижения цели лечения является сверхпороговой для спинного мозга. Таким образом, для предотвращения его повреждения лечение проводят за несколько сеансов [8].

Проведение радиохирургического лечения по поводу опухолей позвоночника и спинного мозга показано больным при наличии следующих критериев.

– Хорошо отграниченные опухоли при отсутствии или минимально выраженном сдавлении спинного мозга.

– Наличие остатков опухоли после нерадикального хирургического вмешательства.

– Продолженный рост опухоли.

– Опухоли, для удаления которых требуются сложные хирургические доступы при относительно короткой предполагаемой продолжительности жизни.

– Наличие противопоказаний (чаще соматических) к выполнению открытого хирургического вмешательства.

Противопоказаниями к проведению Кибер-нож-радиохирургии по поводу спинальных опухолей являются:

– психические нарушения, из-за которых пациент не может неподвижно лежать на столе в течение 30–60 мин;

– острые респираторные инфекции или заболевания легких, сопровождающиеся кашлем; во время кашля положение тела больного изменяется, что обуславливает неточности распределения лучевой нагрузки;

– нестабильность позвоночника, что способствует возникновению дополнительного нейрокомпрессионного синдрома;

– неврологический дефицит вследствие грубого сдавления спинного мозга;

– предшествовавшее облучение по поводу опухолей спинного мозга в дозах, близких к максимально допустимым (не более 8 Гр).

### Осложнения и неудачи лечения

Осложнения и неудачи Кибер-нож-радиохирургии подразделяют на три группы [30]:

1. неудачи, обусловленные продолженным ростом опухоли;
2. неврологические;
3. общие осложнения, не связанные с поражением нервной ткани.

В зависимости от характера продолженного роста опухоли выделяют рост самой опухоли или появление новых очагов (метастазов) на отдалении от облученного очага. Первый вид продолженного роста обусловлен недостатками планирования лечения, а именно малой дозой облучения опухоли вследствие либо неправильного определения его дозы, либо недостаточной «аккуратности» облучения подвижных опухолей. При недостаточной «аккуратности» доставки дозы ткань опухоли не получит необходимую дозу облучения и, соответственно, лечебный эффект не будет достигнут [6, 9–15, 22, 30].

Появление новых очагов (метастазов) на отдалении от облученной опухоли следует расценивать не как неудачу Кибер-нож-радиохирургии, а как следствие распространенного системного онкологического процесса и недостаток предоперационной диагностики (если не проведена позитронно-эмиссионная томография).

Для предотвращения продолженного роста опухоли необходимо учитывать радиочувствительность ее определенных гистологических типов. Так, продолженный рост при меланоме и почечноклеточной карциноме отмечен при облучении таких опухолей дозами менее 17,5 Гр [10–15, 30].

### Неврологические осложнения

Потенциально возможным и самым тяжелым осложнением спинальной радиохирургии является радиационное поражение спинного мозга. Природа и патогенез радиационной миелопатии не отличаются от таковых при поражении головного мозга. В его основе лежит сверхпороговое радиационное воздействие [6, 9, 10–15, 21, 30].

В зависимости от сроков возникновения неврологические осложнения подразделяют на острые (возникают в первый месяц после радиохирургии и быстро исчезают), подострые (возникают через 3–6 мес после облучения) и отдаленные.

К острым осложнениям относят увеличение интенсивности боли и прогрессирование неврологического дефицита. Подострые осложнения характеризуются преходящим усугублением имеющихся симптомов. Отдаленными осложнениями считают

возникновение радиационного некроза, проявляющегося стойкой миелопатией.

Острые осложнения отмечены у 2–3% больных. Боль возникает через 2 сут после сеанса радиохирургии и при применении кортикостероидов и противовоспалительных препаратов исчезает в течение 1–2 сут [30].

Особенностью отдаленных осложнений является возникновение миелопатии через 5–13 мес после проведения радиохирургического лечения. Они более вероятны, если при планировании лечения и его проведении доза облучения вещества спинного мозга превышала 8–10 Гр [30].

### Общие осложнения

Возможны разнообразные реакции окружающих органов и тканей на лучевое воздействие [30]: кожные реакции, фарингит, ларингит, трахеит, эзофагит, гастрит, проктит.

Наиболее часты кожные реакции. Они возникают при поверхностном расположении новообразования. Таким образом, в определенных участках кожи, получающих большую лучевую нагрузку вследствие большей плотности посылаемых лучей, возникают определенные реакции в виде сыпи, воспаления, покраснения и т.п.

При проведении Кибер-нож-радиохирургии следует учитывать высокую радиочувствительность не только спинного мозга и других невральных структур, но и кишечника. Особая осторожность необходима при облучении верхнего поясничного и нижнего грудного отделов позвоночника в связи с высокой радиочувствительностью ткани почки.

### Список литературы

1. Adler J.R. Jr., Chang S.D., Murphy M.J. et al. The Cyberknife: A frameless robotic system for radiosurgery // *Stereotactic & Functional Neurosurgery*. — 1997. — V.69. — P.124–128.
2. Adler J.R. Jr., Colombo F., Heilbrun M.P. et al. Toward an expanded view of radiosurgery // *Neurosurgery*. — 2004. — V.55. — P.1374–1376.
3. Andrews D.W., Bednarz G., Evans J.J. et al. A review of 3 current radiosurgery systems // *Surg. Neurol.* — 2006. — V.66. — P.559–564.
4. Colombo F., Benedetti A., Pozza F. et al. Extremal stereotactic irradiation by linear accelerator // *Neurosurgery*. — 1985. — V.16. — P.154–160.
5. Das I.J., Downes M.B., Corn B.W. et al. Characteristics of a dedicated linear accelerator-based stereotactic radiosurgery-radiotherapy unit // *Radiother. Oncol.* — 1996. — V.38. — P.61–68.
6. Degen J.W., Gagnon G.J., Voyadzis J.M. et al. CyberKnife stereotactic radiosurgical treatment of spinal tumors for pain control and quality of life // *J. Neurosurg. Spine*. — 2005. — V.2, N5. — P.540–549.
7. Dieterich S., Rodgers J., Chan R. *Radiosurgery Image-Guided Interventions* / Eds. T. Peters, K. Cleary. — N.Y.: Springer Science; Business Media, LLC, 2008. — Chapter 16. — P.461–500.
8. Dodd R.I., Ryu M.-R., Kamnerdsupaphon P. et al. CyberKnife radiosurgery for benign intradural extramedullary spinal tumors // *Neurosurgery*. — 2006. — V.58, N4. — P.674–685.
9. Gagnon G.J., Henderson F.G., Gehan E.A. et al. CyberKnife radiosurgery for breast cancer spine metastases: a matched-pair analysis // *Cancer*. — 2007. — V.110, N8. — P.1796–1802.

10. Gerszten P.C., Burton S.A., Ozhasoglu C. et al. Radiosurgery for spinal metastases. Clinical experience in 500 cases from a single institution // *Spine*. — 2007. — V.32, N2. — P.193–199.
11. Gerszten P.C., Burton S.A., Welch W.C. et al. CyberKnife single-fraction radiosurgery for the treatment of spinal breast metastases // *Cancer*. — 2005. — V.104. — P.2244–2254.
12. Gerszten P.C., Germanwala A., Burton S.A. et al. Combination kyphoplasty and spinal radiosurgery: a new treatment paradigm for pathological fractures // *Neurosurg. Focus*. — 2005. — V.18. — Art.8.
13. Gerszten P.C., Ozhasoglu C., Burton S.A. et al. Feasibility of frameless single-fraction stereotactic radiosurgery for spinal lesions // *Neurosurg. Focus*. — 2002. — V.13, N4. — Art.2.
14. Gerszten P.C., Ozhasoglu C., Burton S.A. et al. CyberKnife frameless single-fraction stereotactic radiosurgery for benign tumors of the spine // *Neurosurg. Focus*. — 2003. — V.14, N5. — Art.16.
15. Gerszten P.C., Ozhasoglu C., Burton S.A. et al. CyberKnife frameless single-fraction stereotactic radiosurgery for tumors of the sacrum // *Neurosurg. Focus*. — 2003. — V.15, N2. — Art.7.
16. Gibbs I.C., Chang S.D. Radiosurgery and radiotherapy for sacral tumors // *Neurosurg. Focus*. — 2003. — V.15. — Art.8.
17. Kuo J.S., Yu C., Petrovich Z. et al. The Cyberknife stereotactic radiosurgery system: Description, installation, and an initial evaluation of use and functionality // *Neurosurgery*. — 2003. — V.53, N5. — P.1235–1239.
18. Leksell L. The stereotaxic method and radiosurgery of the brain // *Acta Chir. Scand*. — 1951. — V.102, N4. — P.316–319.
19. Li G., Patil C., Adler J.R. et al. CyberKnife rhizotomy for facetogenic back pain: a pilot study // *Neurosurg Focus*. — 2007. — V.23, N6. — E2.
20. Lunsford L.D., Maitz A., Lindner G. First United States 201 source cobalt-60 gamma unit for radiosurgery // *Appl. Neurophysiol*. — 1987. — V.50. — P.253–256.
21. Muacevic A., Wowra B., Reiser M. CyberKnife: review of first 1000 cases at a dedicated therapy center // *Int. J. CARS*. — 2008. — Vol. 3. — P. 447–456.
22. Muacevic A., Staehler M., Drexler C. et al. Technical description, phantom accuracy, and clinical feasibility for fiducial-free frameless real-time image-guided spinal radiosurgery // *J. Neurosurg. Spine*. — 2006. — V.5, N4. — P.303–312.
23. Murphy M.J., Adler J.R. Jr., Bodduluri M. et al. Image-guided radiosurgery for the spine and pancreas // *Comp. Aid. Surg*. — 2000. — V.5, N4. — P.278–288.
24. Murphy M.J., Chang S., Gibbs I. et al. Image-guided radiosurgery in the treatment of spinal metastases // *Neurosurg. Focus*. — 2001. — V.11, N6. — Art.6.
25. Quinn A.M. CyberKnife: A robotic radiosurgery system // *Clin. J. Oncol. Nurs*. — 2002. — V.6, N3. — P.149–156.
26. Rock J.P., Ryu S.I., Yin F.-F. et al. The evolving role of stereotactic radiosurgery and stereotactic radiation therapy for patients with spine tumors // *J. Neuro-Oncol*. — 2004. — V.69. — P.319–334.
27. Ryu S.I., Chang S.D., Kim D.H. et al. Image-guided hypofractionated stereotactic radiosurgery to spinal lesions // *Neurosurgery*. — 2001. — V.49, N4. — P.838–846.
28. Sheehan J.P., Jagannathan J. Review of spinal radiosurgery: a minimally invasive approach for the treatment of spinal and paraspinal metastases // *Neurosurg. Focus*. — 2008. — V.25, N2. — Art.18.
29. Steffey-Stacy E.C. Frameless, Image-guided stereotactic radiosurgery // *Seminars Oncol. Nurs*. — 2006. — V.22, N4. — P.221–232.
30. *Spine radiosurgery* / Eds. P.C. Gerszten, S. Ryu. — New York; Stuttgart: Thieme Med. Publ. Inc., 2008. — 158 p.
31. Wowra B., Zausinger S., Drexler C. et al. CyberKnife radiosurgery for malignant spinal tumors. Characterization of well-suited patients // *Spine*. — 2008. — V.33, N26. — P.2929–2934.

## Кибер-нож-радиохирургия в лечении опухолей спинного мозга та хребта

*Педаченко Ю.Є.*

Национальная медицинская академия последиplomной освіти  
имени П.Л. Шупика МОЗ Украины, м. Київ

Радиохирургия є новым напрямком в лікуванні різноманітних, переважно онкологічних, захворювань. Після клінічного впровадження Гамма-ножа для лікування інтракраніальних процесів почався пошук можливостей виконання радіохірургічних втручань на екстракраніальних відділах, зокрема, хребті та спинному мозку. Наведені основні принципи Кибер-нож-радиохирургії у лікуванні пухлин спинного мозку та хребта, аналіз даних літератури, що включає 971 хворого з спінальними пухлинами.

Зважаючи на новизну методу (FDA дозволила клінічне використання Кибер-ножа у 2001 р.), достатні катамнестичні дані відсутні, проте, перші отримані результати досить обнадійливі. Так, значне зниження інтенсивності болю відзначено у 84–96% хворих з спінальними пухлинами, пригнічення росту — у 75–100% (залежно від гістологічного типу пухлини).

Ускладнення та невдачі Кибер-нож-радиохирургії зумовлені продовженням ростом пухлини, неврологічними та загальними радіаційними порушеннями.

Наведені дані свідчать про перспективність застосування Кибер-нож-радиохирургії у лікуванні спінальних пухлин.

**Ключові слова:** *пухлини спинного мозку, пухлини хребта, радіо хірургія, Кибер-нож.*

## Кибер-нож-радиохирургия в лечении опухолей спинного мозга и позвоночника

*Педаченко Ю.Є.*

Национальная медицинская академия последиplomного образования  
имени П.Л. Шупика МЗ Украины, г. Киев

Радиохирургия является новым направлением в лечении различных, преимущественно онкологических, заболеваний. После клинического внедрения Гамма-ножа для лечения интракраниальных процессов начался поиск возможностей выполнения радиохирургических вмешательств на экстракраниальных отделах, в том числе позвоночника и спинного мозга. Представлено описание основных принципов применения Кибер-нож-радиохирургии в лечении опухолей спинного мозга и позвоночника, анализ данных литературы, охватывающих 971 больного со спинальными опухолями.

Учитывая новизну метода (FDA разрешила клиническое использование Кибер-ножа в 2001 г.), достаточных катамнестических данных нет, однако первые результаты являются весьма обнадеживающими. Так, значительное снижение интенсивности боли отмечено у 84–96% пациентов со спинальными опухолями, подавление роста опухоли — у 75–100% (в зависимости от гистологического типа опухоли).

Осложнения и неудачи Кибер-нож-радиохирургии обусловлены продолженным ростом опухоли, неврологическими и общими радиационными нарушениями.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективности применения Кибер-нож-радиохирургии в лечении спинальных опухолей.

**Ключевые слова:** *опухоли спинного мозга, опухоли позвоночника, радиохирургия, Кибер-нож.*

## Cyber-knife radiosurgery for spine and spinal cord tumors treatment

*Pedachenko Yu.E.*

National medical academy of postgraduate education  
named after P.L. Shupik of Ministry of Health of Ukraine, Kyiv

Radiosurgery is a new direction in treatment of different diseases, mainly oncology. After Gamma-knife clinical introduction the search of possibilities for radiosurgical interventions, performing in extracranial areas, including spine and spinal cord, has begun. Basic principles of Cyber-knife-radiosurgery in treatment of spine and spinal cord tumors are described. Also an analysis of literature data was made, where results of 971 patients with spinal tumors using Cyber-knife were described.

Taking into consideration novelty of this method (FDA permitted to use Cyber-knife in clinic only in 2001) sufficient follow-up information is absent, but first results are hopeful. Decrease of pain intensity was marked at 84–96% of patients with spinal tumors, local depression of tumor growth — at 75–100% (depending on tumor histological type).

Complications and failures of Cyber-knife radiosurgery are conditioned by continuing tumor growth, neurological and common postradiation disorders.

This review shows that Cyber-knife-radiosurgery is a perspective method for spinal and spinal cord tumors treatment.

**Key words:** *tumors of spine, tumors of spinal cord, radiosurgery, Cyber-knife.*