

# ПОДГОТВИТЕЛНИ ТЕСТОВИ ЗА ВОВЕДУВАЊЕ НА ИМРТ ТЕХНИКАТА ВО ИРО СКОПЈЕ

Душко Лукарски<sup>1</sup>, Соња Петковска<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт за радиотерапија и онкологија, Водњанска 17, 1000 Скопје, [duskol@yahoo.com](mailto:duskol@yahoo.com)

<sup>2</sup> Институт за радиотерапија и онкологија, Водњанска 17, 1000 Скопје, [s5\\_sonja@mt.net.mk](mailto:s5_sonja@mt.net.mk)

**Анстракт** – При премин од тридимензионална конформална радиотерапија на радиотерапијата со модулиран интензитет неопходно е воспоставување на поинакви и во најголем дел построги тестови за контрола на квалитетот. Еден од најзначајните делови на опремата за радиотерапија со модулиран интензитет е многулистниот колиimator (MLC - Multi Leaf Colimator). Утврдено е дека класичните тестови за контрола на квалитет не се доволни и потребни е подетално испитување на неговото функционирање. Во овој труд се презентирани некои почетни тестови направени во Институтот за радиотерапија и онкологија, во Скопје, чија цел е утврдување дали постоечкиот многулистен колиimator ги задоволува барањата за оваа нова техника на радиотераписки третман.

**Клучни зборови** – РТМИ, IMRT, MLC.

## 1. ВОВЕД

Радиотерапијата со модулиран интензитет претставува следен чекор во развојот на радиотерапијата со надворешно зрачење во однос на сега веќе класичната тридимензионална конформална радиотерапија. Користењето на зрачни снопови со модулиран интензитет овозможува озрачување на целиот волумен до повисоки дози и истовремено намалување на дозата на околните органи од ризик и околното здраво ткиво. Комерцијалните системи кои имаат можност за радиотерапија со модулиран интензитет се базираат на една од следните две методи: сегментална или динамичка метода. Кај сегменталната метода обликот на колиimatorот се менува меѓу одделните емисии, додека за време на самата емисија обликот на зрачното поле не се менува. За разлика од сегменталната метода, кај динамичката метода, модулирањето на интензитетот се постигнува со промени на обликот на зрачното поле за време на емисијата. Институтот за радиотерапија и онкологија во Скопје располага со линеарни акцелератори од производителот Varian кои ја користат динамичката метода за радиотерапија со модулиран интензитет. Тие се опремени со многулистен колиimator (Multi Leaf Colimator - MLC) чии ливчиња, поточно нивното движење, овозможува модулирање на интензитетот на зрачењето. Самиот факт што ливчињата се движат за време на емисијата и на тој начин се

постигнува модулирање на интензитетот ја наметнува потребата за построга контрола на позиционирањето и механичкото движење на истите. За таа цел, а во рамките на проектот за воведување на радиотерапија со модулиран интензитет на Институтот за радиотерапија и онкологија во Скопје, е започнато со серија на тестови кои ќе ја потврдат можноста за безбедно користење на многулистниот колиimator за зрачни полиња со динамички модулиран интензитет.

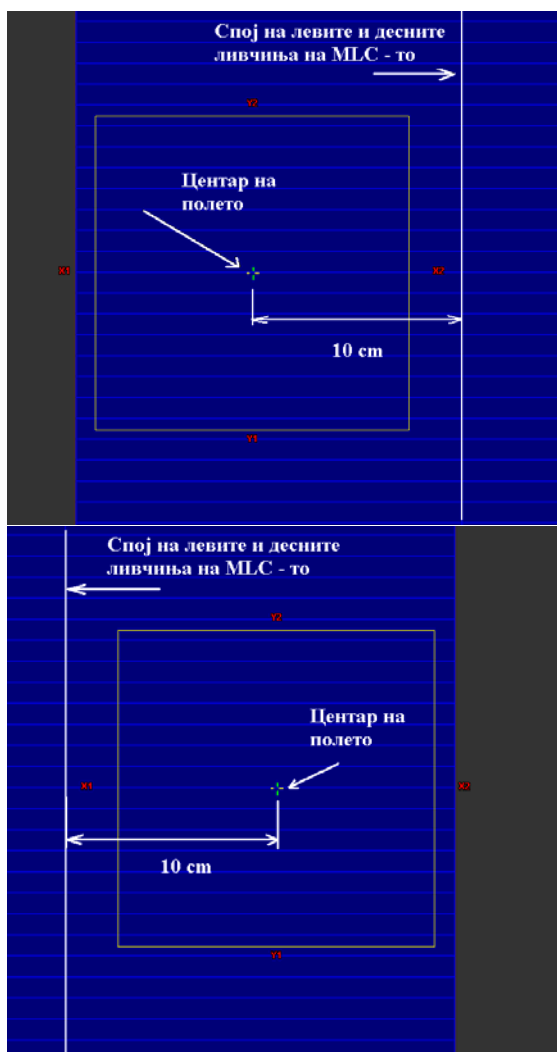
## 2. МЕТОДИ

Движењето на секое од ливчињата на многулистниот колиimator е контролирано од компјутерска датотека која ги содржи координатите на секое ливче во одредени временски индекси. Оваа компјутерска датотека ја генерира системот за планирање на третманот врз основа на флуенсот однапред зададен од физичарот кој го изработува третманскиот план. Ваквиот дедуктивен начин на пресметување се нарекува инверзно планирање.

За да го разграничиме влијанието на многулистниот колиimator од останатите влијанија (на алгоритмот за оптимализација, на алгоритмот за пресметување на движењето на ливчињата и т.н.), во понатамошното испитување на поведението на многулистниот колиimator користиме рачно направени датотеки за контролирање на движењата на ливчињата, во кои ги задаваме саканите позиции на различните ливчиња во одредено време.

## 2.1. Трансмисија низ многулистниот колиматор

Средната трансмисија низ многулистниот колиматор е одредена со јонизациона комора со паралелни плочи (PPC40) во фантом од полиметилметаакрилат (PMMA). Комората е поставена на растојание 10 cm од изворот, на централната оска на зрачниот сноп. Бидејќи дијаметарот на комората опфаќа неколку ливчиња од многулистниот колиматор, добиените резултати се усреднета вредност од трансмисијата низ ливчињата и низ просторот меѓу нив. Трансмисијата е дефинирана како однос од добиените отчитувања со затворен и со отворен многулистен колиматор. За да се избегне влијанието на заоблениот крај на ливчињата при мерењата, многулистниот колиматор е така поставен така што комората се наоѓа на 10 cm од спојот на двете банки. Мерењата се прават под двете банки и потоа резултатите се усреднуваат (Сл.1).



Сл. 1 - Положби на многулистниот колиматор при мерење на трансмисијата

Мерењата се направени за квадратни полиња со димензии 6x6, 10x10 и 15x15 cm<sup>2</sup>, на длабини од

$d_{max}$ , 5, 10, 15 и 20 cm, при номинален забрзувачки потенцијал од 6 MV и 15 MV.

## 2.2. Стабилноста на брзината на ливчињата

За да се испита стабилноста на брзината на ливчињата се прави следниот тест. Паровите на спротивните ливчиња се наведуваат на движење со иста брзина со одредена временска разлика меѓу нив. На тој начин, при идеална стабилност на брзината на ливчињата и при идеална израмнетост на дозниот профил за отворено поле, тој пар ливчиња би требало да формира зрачно поле со униформен интензитет. Бидејќи идеална израмнетост на дозниот профил на отворено поле е реално невозможно да се добие, а препорачаната прифатлива вредност е до 5%, таа вредност и ќе ни биде гранична прифатлива вредност за израмнетоста на дозниот профил на полето формирано со ливчињата во движење.

За да испитаме што се случува при различни брзини на ливчињата, различните парови спротивни ливчиња се наведени да се движат со различни брзини и на тој начин, на радиографскиот филм ќе добиеме ленти со различен интензитет. Ако израмнетоста на дозниот профил долж соодветниот пар ливчиња (долж соодветната лента на радиографскиот филм) е помала од 5%, сметаме дека стабилноста на брзината е прифатлива.

## 2.3. Влијание на забрзувањето на ливчињата

При реален третман на пациент, кај третманските полиниња ливчињата на многулистниот колиматор ретко се движат со константна брзина. Најчесто нивното движење е со променлива брзина. За да се испита влијанието на забрзувањето и забавувањето при движењето на ливчињата, може да се искористи погоре опишаниот тест за стабилноста на брзината на ливчињата. Имено, ако за време на тестот за стабилноста на брзината на ливчињата ја прекинеме емисијата, ливчињата мораат нагло да забават до брзина нула и да застанат. При продолжување на емисијата, тие ќе мора да забрзаат до постигнувањето на планираната брзина. Ако снимиме радиографски филм со неколку вакви прекини и ако има некакво влијание на забрзувањето и забавувањето на ливчињата, тоа повторно ќе се види на дозните профили долж лентите формирани од различните ливчиња.

## 2.4. Влијание на точноста на позиционирањето на ливчињата и на нивниот заоблен завршеток

За разлика од класичните третмани, при кои многулистниот колиматор е неподвижен и каде грешка во позиционирањето на ливчето од 1 па дури и 2 mm нема да има преголемо влијание врз

дозата што ја абсорбира целниот волумен (затоа што ливчињата се на неколку милиметри надвор од целниот волумен), кај третмани со модулиран интензитет ливчињата во голем дел од времето го покриваат целниот волумен. Поради тоа, влијанието на точното позиционирање на ливчињата е многу поголемо кај динамичките третмани и затоа е неопходно да се намали толеранцијата во грешката на позиционирањето на ливчињата.

За тестирање на точноста во позиционирањето на ливчињата го правиме следниот тест:

Во овој тест ливчињата се движат од лево кон десно со постојана брзина, но со временска разлика меѓу левите и десните ливчиња. Притоа, најнапред десните ливчиња застануваат во одредена положба извесно време и, потоа продолжуваат со движењето (кон десниот крај на полето). Потоа, левите ливчиња застануваат во истата положба во која претходно беа десните и се задржуваат исто толку време колку и десните, за потоа да продолжат и тие кон десната страна. На ваков начин, кога калибрацијата на ливчињата би била добра и кога не би постоел ефектот на заоблен крај на ливчињата, на снимениот радиографски филм би добиле рамномерно поцрнување. Ако десното ливче застане во подесна позиција од планираната, или ако левото ливче застане во полева позиција од планираната, појавениот процеп (gap) меѓу ливчињата ќе доведе до појава на зголемена доза и поцрнување на тоа место (hot spot). Ако пак, десното ливче застане во полева позиција или левото застане во подесна позиција од планираната, ќе дојде до препокривање кое ќе доведе до намалена доза и поцрнување на филмот (cold spot).

Меѓутоа, во изведбата на многулистниот колиimator на Varian (како и кај други производители), за да се избегне полусенка зависна од големината на полето, краевите на ливчињата се заоблени. Тоа доведува да при совршено точно позиционирање се појави зголемено поцрнување на филмот поради помалата дебелина на ливчињата на краевите. Бидејќи овој ефект неможе да се елиминира, единствен начин за евалуирање на добиените резултати е споредбата со податоците од литературата кои даваат вредности од 5% за дозното отстапување и 4 mm полуширина [1].

## 2.5. Тест - Решетка

Овој тест се користи во рутинската контрола на квалитет на динамичките третмани и се базира на претходниот тест за точноста на позиционирањето на ливчињата, со таа разлика што ливчињата не застануваат во иста позиција, туку на 1 mm едно од друго и тоа на неколку различни места. На тој начин на радиографскиот филм ќе се добијат ленти со зголемен интензитет, но со иста дебелина, на еднакви растојанија.

Постојат неколку варијанти на овој тест, а ние се одлучивме за следната:

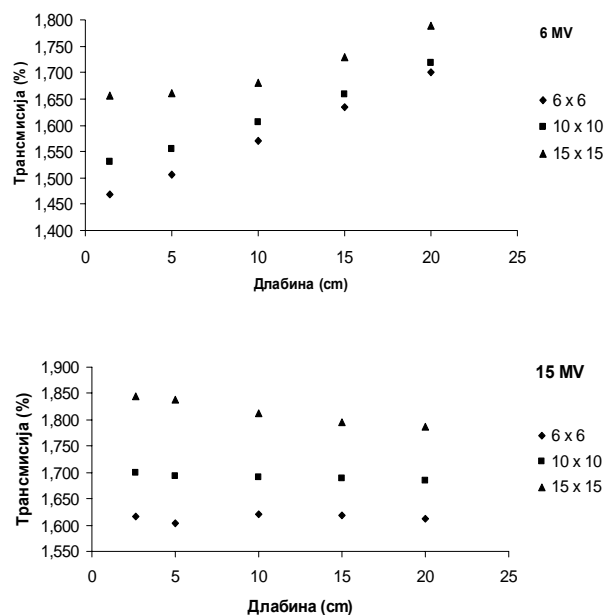
Ливчињата се движат од лево кон десно со постојана брзина, на ист начин, при што растојанието меѓу нив е 3 mm. На одредени растојанија ливчињата застануваат и мируваат извесно време, така што растојанието меѓу нив е 1 mm. Растојанието меѓу местата на запирањето на ливчињата е 2 cm. На тој начин на радиографскиот филм добиваме вертикални црни ленти на растојанија 2 cm една од друга.

Ако некое ливче застане во подесна или полева позиција од планираната, тоа ќе се види на филмот како проширување или стеснување на вертикалната лента на тоа место. Исто така, може да се види и ако двете ливчиња се поместени кон иста страна. Во тој случај, на тоа место ќе се види поместување на лентата кон едната страна.

## 3. РЕЗУЛТАТИ

### 3.1. Трансмисија низ многулистниот колиimator

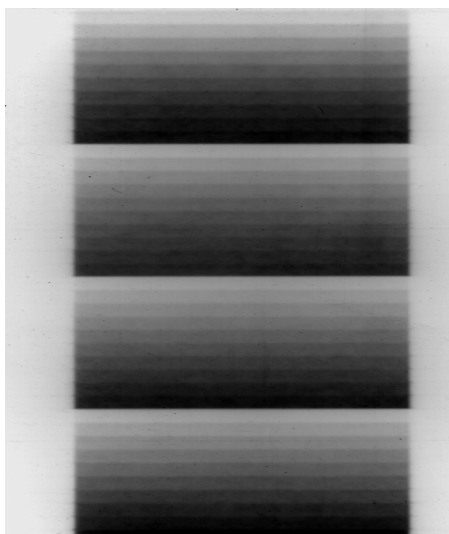
На сл.2 е дадена трансмисијата низ многулистниот колиimator. Средната трансмисија за 6 MV е околу 1,6 %, додека за 15 MV е околу 1,7 %. За двете номинални енергии е евидентно зголемувањето на трансмисијата со зголемување на полето. За 6 MV со зголемување на длабината се зголемува и трансмисијата, што се објаснува со појавата стврднување на снопот (beam hardening) при поминување низ многулистниот колиimator. Поради поголемата енергија, при 15 MV, истото не се набљудува.



Сл. 2 - Трансмисија низ многулистниот колиimator

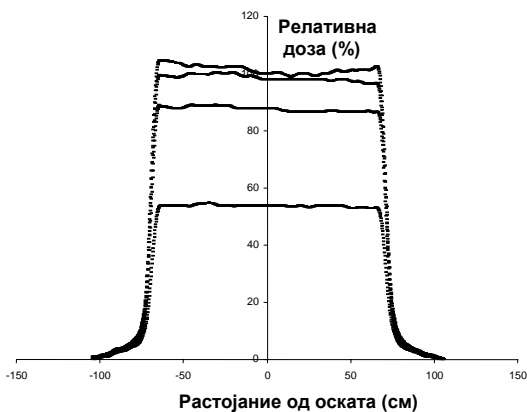
### 3.2. Стабилност на брзината на ливчињата

На сл.3 е прикажан радиографскиот филм добиен од тестот за стабилност на брзината на ливчињата. Брзините на ливчињата при овој тест се движат од 0,08 cm/MU до 0.5 cm/MU во рамнината на изоцентарот.



Сл. 3 - Тест за стабилност на брзината на ливчињата

На сл.4 се прикажани профилите долж средината на некои од лентите добиени од некои од ливчињата.



Сл. 4 - Некои дозни профили од тестот за стабилност на брзината

Кај ливчињата кои се движат со најмала брзина (најмало поцрнување на сл.3) израмнетоста е нешто поголема од 5%. Главна причина за тоа е нивната мала брзина на движење. За останатите ливчиња израмнетоста е помала од 5%. Притоа, за ливчињата кои се движат со мали брзини (помали од 0,14 cm/MU), израмнетоста е поголема од 3%, додека за останатите е помала од 3%. Иако прифатливото ниво е 5%, сепак сметаме дека како добра пракса израмнетоста кај динамичкото поле треба да е помала од 3%. Поради тоа се јавува потреба од дополнително испитување на системот. Прв чекор е да се елиминира влијанието на неопределеноста што ја внесува самиот филм.

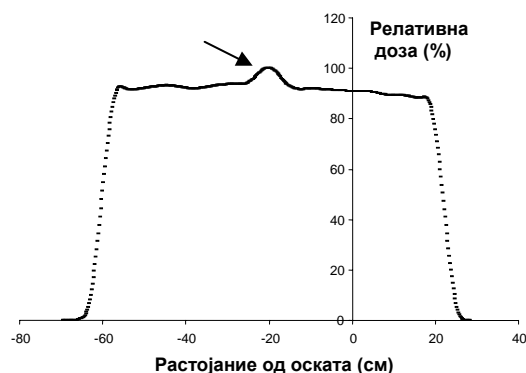
За таа цел озрачивме неколку филмови од истата серија со отворено поле. Кај дел од нив израмнетоста беше околу 2%, што е во согласност со нашите редовни дозиметриски контроли со јонизациона комора. Меѓутоа, некои филмови даваа израмнетост поголема од 3%, слична како онаа од динамичките мерења. Значи, иако на прв поглед изгледа дека израмнетоста на профилите од тестот за стабилност на брзината на ливчињата е полоша отколку кај отвореното поле, неопходни се дополнителни тестови, по можност од поинаков карактер, за изведување на конечен заклучок.

### 3.3. Влијание на забрзувањето на ливчињата

Анализата на одделните ленти од тестот за влијанието на забрзувањето и забавувањето на ливчињата кои соодветствуваат на одделните ливчиња укажува на тоа дека израмнетоста на профилите е слична со израмнетоста на профилите од тестот за стабилност на брзината. Врз основа на тоа заклучуваме дека забрзувањето и забавувањето на ливчињата нема да доведе до некакви мерливи отстапувања во дозната распределба во целиот волумен, при третмански полиња со модулиран интензитет.

### 3.4. Влијание на точноста на позиционирањето на ливчињата и на нивниот заоблен завршеток

На сл. 5 е прикажан дозен профил кој се добива од тестот за утврдување на точноста на позиционирањето и влијанието на заоблениот завршеток на ливчињата.



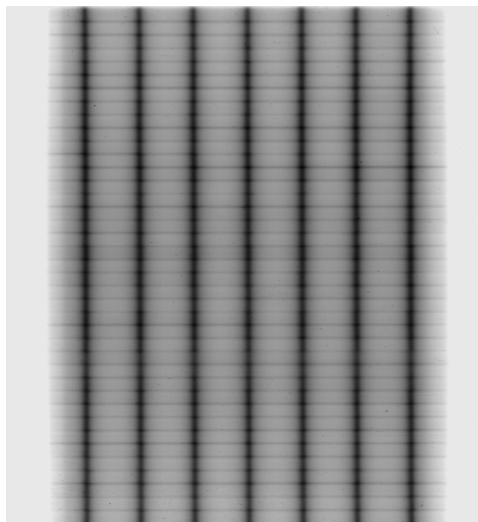
Сл. 5 - Влијание на заоблениот крај на ливчињата и точноста на нивното позиционирање

За влијанието на овие два фактора судиме врз основа на пикот означен на сл. 5. Правејќи вакво испитување долж целиот филм, добиваме дека релативната висина на пикот е секако помала од 6%, а полуширината на максимумот е помала од 6 mm, што е во делумна согласност со податоците од литературата. Ваквото поведење сметаме дека во најголема мерка се должи на заобленоста на краевите на ливчињата. Ваквото поведење е очекувано и системот за планирање на третманот

би требало соодветно да го моделира и вклучи во пресметките. Тоа ќе биде проверено во некоја подоцнежна фаза кога ќе се испитува поведението на системот за планирање и изведување на радиотерапија со модулиран интензитет како целина.

### 3.5. Тест - Решетка

На сл. 6 е прикажан филм добиен врз основа на тестот - решетка кој е погоре опишан.



Сл. 6 - Тест - решетка

Во литературата [1, 2, 7] е укажано дека со користење на ваков тест, со визуелна проверка на самиот радиографски филм, може да се детектира грешка во позиционирањето од 0,2 mm. Ние, како и други автори [3], не сме во можност тоа да го потврдиме. При правење на ваков тест со намерно внесување на отстапувања кај некои парови ливчиња (од 0,2 mm до 0,5 mm), утврдиме дека визуелно може да се регистрира отстапување поголемо од 0,5 mm. Меѓутоа, со скенирање на филмот и со користење на апликацијата OmniPro, која овозможува правење на напречни профили, може да се детектираат отстапувања до 0,3 mm.

### 4. ЗАКЛУЧОК

Во овој труд се презентирани почетните мерења кои се прават на Институтот за радиотерапија и онкологија во Скопје во насока за воведување на нова техника на радиотераписки третман - третман со модулиран интензитет. Во овој прв чекор од работата, нашето внимание е сконцентрирано на испитувањето на поведението на многулистниот колimatorски систем, како една од најзначајните и основни компоненти за радиотерапијата со модулиран интензитет (во динамички мод). Ова се сеуште главно тестови кои се прават со филм. Во исправноста на резултатите од тестовите со филм кои даваат геометриски информации (пр. тестот - решетка), можеме да бидеме недво-смислено сигурни. Тие

покажуваат дека калибрацијата на многулистниот колimator во однос на позиционирањето на ливчињата е задоволувачка. Тестовите, исто така, укажуваат на фактот дека влијанието на ефектите на забрзувањето и забавувањето е занемарливо.

На прв поглед изгледа дека има простор за подобрување во делот на стабилноста на брзината на ливчињата, особено за мали брзини на движење на ливчињата. Меѓутоа, бидејќи ова се темели на користење на радиографскиот филм за релативна дозиметрија, сметаме дека се неопходни дополнителни тестови за проверка на стабилноста на брзината на ливчињата кои би се извеле со јонизациона комора. Ваквите тестови се планирани за периодот што ни претстои.

### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] C. S. Chui, S. Spirou, T. LoSasso: *Testing of dynamic multileaf collimation*, Med. Phys., Vol. 23, No. 5, May 1996, p. 635
- [2] T. LoSasso, C. S. Chui, C. C. Ling: *Physical and dosimetric aspects of a multileaf collimation system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy*, Med. Phys., Vol. 25, No. 10, October 1998, p. 1919
- [3] M. Essers, M. de Langen, M. L. P. Dirkx, B. J. M. Heijmen: *Commissioning of a commercially available system for intensity-modulated radiotherapy dose delivery with dynamic multileaf collimation*, Radiotherapy and Oncology, Vol. 60, No. 2, 2001, p. 215
- [4] D. A. Low, J. W. Sohn, E. E. Klein, J. Markman, S. Mutic, J. F. Dempsey: *Characterization of a commercial multileaf collimator used for intensity modulated radiation therapy*, Med. Phys., Vol. 28, No. 5, May 2001, p. 752
- [5] G. A. Ezzell, J. M. Galvin, D. Low, J. R. Palta, I. Rosen, M. B. Sharpe, P. Xia, I. Xiao, L. Xing, C. X. Yu: *Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: Report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy committee*, Med. Phys., Vol. 30, No. 8, August 2003, p. 2089
- [6] T. LoSasso, C. S. Chui, C. C. Ling: *Comprehensive quality assurance for the delivery of intensity modulated radiotherapy with a multileaf collimator used in dynamic mode*, Med. Phys., Vol. 28, No. 11, November 2001, p. 2209
- [7] A. V. Esch, J. Bohsung, P. Sorvari, M. Tenhunen, M. Paiusco, M. Iori, P. Engstrom, H. Nystrom, D. P. Huyskens: *Acceptance tests and quality control (QC) procedures for the clinical implementation of intensity modulated radiotherapy (IMRT) using inverse planning*

*and the sliding window technique: experience from five radiotherapy departments, Radiotherapy and Oncology, Vol. 65, 2002, p. 53*

- [8] M. N. Graves, A. V. Thompson, M. K. Martel, D. L. McShanMartin, B. A. Fraass: *Calibration and quality assurance for rounded leaf-end*

*MLC systems, Med. Phys., Vol. 28, No. 11, November 2001, p. 2227*

- [9] J. Deng, T. Pawlicki, Y. Chen, J. Li, S. B. Jiang, C. M. Ma: *The MLC tongue-and-groove effect on IMRT dose distributions, Phys. Med. Biol. 46 (2001), p. 1039*

-----  
Summary

## PREPARATION TESTS FOR INTRODUCTION OF THE IMRT TECHNIQUE AT THE IRO - SKOPJE

Dushko Lukarski<sup>1</sup>, Sonja Petkovska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Radiotherapy and Oncology, Vodnjanska 17, 1000 Skopje, [duskol@yahoo.com](mailto:duskol@yahoo.com)

<sup>2</sup> Institute of Radiotherapy and Oncology, Vodnjanska 17, 1000 Skopje, [s5\\_sonja@mt.net.mk](mailto:s5_sonja@mt.net.mk)

***Abstract*** – The transition from 3D conformal radiation therapy to intensity modulated radiation therapy requires introduction of somewhat different and mostly more stringent quality control tests. One of the key parts of the equipment employed in dynamic intensity modulated radiotherapy is the multileaf collimator (MLC). The static quality control tests that are performed in the QA/QC programme for the classical 3D CRT cannot provide sufficient assurance of the MLC performance. In this work we present the results of some introductory dynamic tests, performed at the Institute of Radiotherapy and Oncology in Skopje with aim of determining whether the MLC of the accelerator can be safely commissioned for IMRT treatments.

***Keywords*** – IMRT, MLC