

تعیین توزیع دز یک پلاک رادیواکتیو مورد کاربرد در درمان ملانوما چشمی با استفاده از روش مونته کارلو

چکیده:

مقدمه و هدف: براکی تراپی با پلاک چشمی حاوی دانه‌های رادیواکتیو ید ۱۲۵، در درمان تومورهای بدخیم چشمی مانند ملانوما به کار برده می‌شود. تعدادی دانه رادیواکتیو درون پلاکی از جنس طلا که قسمتی از یک پوسته کرومی است قرار می‌گیرد و سپس پلاک با توجه به محل قاعده تومور به صلیبه بخیه زده می‌شود. کاربرد این درمان، پوشش حجم تومور با دز حداقل ۸۵ گری است. هدف از انجام این تحقیق تعیین توزیع دز یک پلاک چشمی مدل COMS به روش شبیه‌سازی مونته کارلو و با استفاده از کد MCNP4C بود.

مواد و روش‌ها: این یک مطالعه نیمه تجربی است که در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. از شبیه‌سازی مونته کارلو، کد MCNP4C برای محاسبه درصد دز عمقی و دز خارج از محور مرکزی (پروفایل دز) یک پلاک چشمی مدل COMS با قطر دهانه ۲۰ میلی‌متر حاوی ۳ چشمه دانه‌ای ید ۱۲۵ مدل ۶۷۱۱ در فانتوم آب استفاده شد. در این تحقیق، ساختمان پلاک با کمک کارت‌های هندسه و کارت‌های اطلاعاتی شبیه‌سازی گردید و محاسبه‌های توزیع دز پلاک شامل درصد دز عمقی و پروفایل دز، در فانتومی کرومی با شعاع ۱۲ میلی‌متر و حاوی آب انجام شد. نتایج حاصل از محاسبات کد MCNP4C با نتایج دزیمتری تجربی که به وسیله کنتاسین و همکاران برای همین پلاک انجام شده است، مقایسه گردید.

یافته‌ها: با توجه به نتایج درصد دز عمقی محاسبه شده پلاک COMS با قطر دهانه ۲۰ میلی‌متر، حاوی ۳ چشمه دانه‌ای ید ۱۲۵ مدل ۶۷۱۱، مشاهده گردید که افت دز این پلاک سریع رخ می‌دهد و یک عامل مهم در انتخاب پلاک جهت درمان توموری با ابعاد مشخص می‌باشد. در مورد نتایج درصد دز خارج از محور مرکزی پلاک (پروفایل دز) مشاهده گردید که یکنواختی دز در فواصل نزدیک به چشمه کم‌تر است و با فاصله گرفتن از پلاک این یکنواختی افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: محاسبه‌های دز پلاک‌های براکی تراپی چشم می‌تواند در طراحی بهینه این پلاک‌ها در درمان تومورهای با اندازه، شکل و موقعیت مختلف مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: براکی تراپی، شبیه مونته کارلو، توزیع دز

دکتر پروانه شکرانی*

دکتر غلامرضا رئیس‌علی**

اعظم جنتی اصفهانی***

*دکترای فیزیک پزشکی، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی

**دکترای مهندسی هسته‌ای، دانشیار پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران

***کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی

تاریخ وصول: ۱۳۸۸/۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۱۳

نویسنده مسئول: پروانه شکرانی

پست الکترونیک: shokrani14@yahoo.com

مقدمه

ملانوما چشم، بدخیمی نادری است که در رنگدانه‌های لایه میانی کره چشم شامل؛ مشیمیه، جسم مژگانی و عنبیه ایجاد می‌شود و باعث ایجاد تومور در این ناحیه می‌شود (۱). پرتو درمانی از روش‌های متداول درمان این بدخیمی است که به منظور کنترل رشد تومور، حفظ دید و حفظ ساختارهای چشمی انجام می‌گردد. تا کنون رادیوایزوتوپ‌های گوناگونی مانند؛ رادون ۲۲۲، طلای ۱۹۸، کبالت ۶۰، ایریدیم ۱۹۲، ید ۱۲۵، پالادیم ۱۰۳ و روتنیم ۱۰۶ در پلاک‌های چشمی مورد استفاده قرار گرفته است (۷-۲).

ید ۱۲۵ با نیمه عمر ۵۹/۴ روز و متوسط انرژی ۲۸ کیلو الکترون ولت، معمول‌ترین رادیوایزوتوپ مورد استفاده در پلاک‌های چشمی است. در به کارگیری ید ۱۲۵، علاوه بر عمق نفوذ و نیمه عمر مناسب، در مقایسه با رادیوایزوتوپ‌هایی که انرژی در گستره مگا الکترون ولت دارند، حفاظت پرسنل درمان آسان‌تر انجام می‌گیرد (۹ و ۸).

پلاک‌های چشمی معمولاً از جنس طلا ساخته می‌شود و دانه‌های رادیواکتیو درون پلاک‌ها قرار داده می‌شود. جهت درمان، پلاک به پشت صلیبیه چشم، مقابل تومور بخیه زده می‌شود و با توجه به اندازه تومور، مدت ۳ تا ۷ روز جهت تابش به تومور، پشت چشم باقی می‌ماند (۱۰).

دزی‌متری پلاک‌های چشمی به منظور بررسی دز رسیده به ساختارهای چشمی و نهایتاً کاهش عوارض درمانی با اهمیت است (۱۱). توزیع دز حاصل از پلاک‌های چشمی را می‌توان با روش‌های دزی‌متری تجربی یا شبیه‌سازی مونته کارلو اندازه‌گیری و محاسبه کرد. مقالات متعددی در زمینه دزی‌متری پلاک‌های چشمی به روش تجربی و شبیه‌سازی مونته کارلو به منظور تعیین دز در امتداد محور مرکزی پلاک و در امتداد عمود بر آن منتشر شده است (۱۳ و ۱۲، ۱۰، ۶). نتایج پژوهش‌های فوق نشان داد که دزی‌متری‌های تجربی، جهت به دست آوردن دز رسیده به ساختارهای چشمی در درمان با پلاک چشمی، با محدودیت‌هایی نظیر؛ اندازه کوچک پلاک‌های چشمی، وابستگی به نحوه قرارگیری آشکارساز، آرتیفکت‌ها و عدم دقت زیاد در پاسخ آشکارساز روبه روست. همچنین مقادیر تجربی در فواصل کوچکتر از ۱ سانتی‌متر دارای اشکال هستند، در صورتی که محاسبات مقادیر دز به وسیله روش مونته‌کارلو، دارای محدودیت‌های ذکر شده نیست. هدف از انجام این مطالعه محاسبات توزیع دز یک پلاک چشمی، با کمک شبیه‌سازی مونته کارلو بود. نتایج این تحقیق جهت طراحی درمان تومورهای چشمی قابل استفاده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این یک مطالعه نیمه تجربی است که در سال ۱۳۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان با همکاری پژوهشکده کاربرد پرتوهای سازمان انرژی اتمی ایران انجام شد. از شبیه‌سازی مونتِه کارلو، به وسیله کد MCNP4C محاسبه‌های توزیع دز ناشی از پلاک مدل COMS با قطر داخلی ۲۰ میلی‌متر حاوی ۳ چشمه دانه‌ای ید ۱۲۵ مدل ۶۷۱۱، انجام شد (۱۲). بدین منظور ابتدا هندسه پلاک و دانه‌های ید ۱۲۵ فانتوم شبیه‌سازی گردید. سپس محاسبه‌های توزیع دز پلاک، با کمک آشکارسازهای شبیه‌سازی شده در فانتوم چشم، کره‌ای با شعاع ۱۲ میلی‌متر حاوی آب معمولی انجام شد.

ابتدا جهت اعتبار سنجی نتایج شبیه‌سازی، توزیع دز در امتداد محور مرکزی پلاک (منحنی درصد دز عمقی) و توزیع دز در خارج از محور مرکزی و عمود بر آن (پروفایل دز) در عمق ۱۰ میلی‌متری فانتوم محاسبه گردید و با نتایج دزی‌متری تجربی کناتسین و همکاران مقایسه گردید.

درصد انحراف برابر با اختلاف دز اندازه‌گیری شده از دز محاسبه شده تقسیم بر دز اندازه‌گیری شده ضرب در ۱۰۰ می‌باشد.

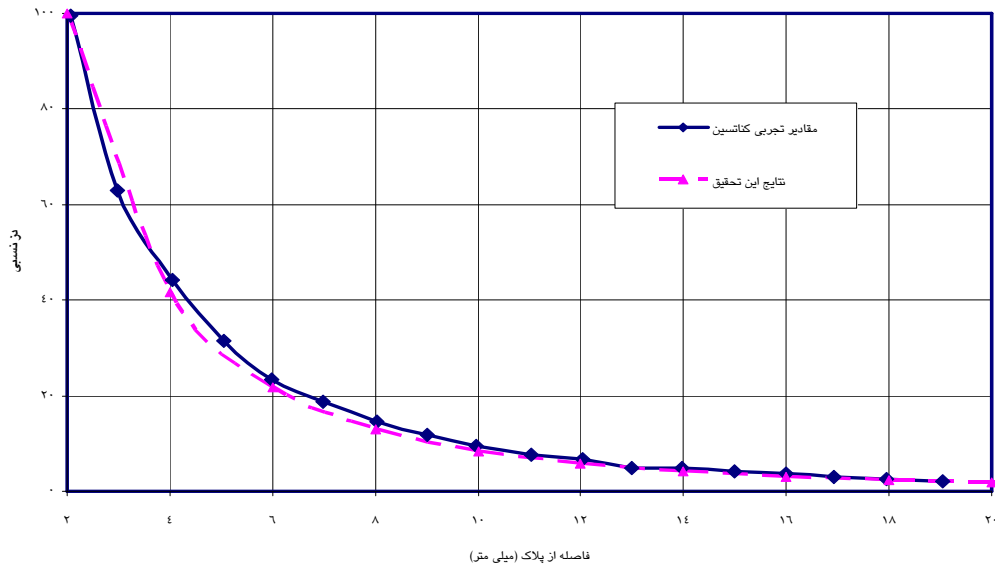
جهت به دست آوردن توزیع دز در کلیه حجم فانتوم، مقادیر دز جذبی در فاصله ۲ تا ۲۲ میلی‌متری از پلاک درون فانتوم آب محاسبه شد. سپس دز در امتداد محور مرکزی پلاک نسبت به دز عمق ۲ میلی‌متری که محل پایه تومور ملانومای چشمی است، بهنجار شد. مقادیر دز در خارج از محور مرکزی پلاک نیز در فاصله ۱۰- تا ۱۰+ میلی‌متر در دو

طرف محور مرکزی پلاک و در عمق‌های ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌متری فانتوم محاسبه گردید. سپس مقادیر محاسبه شده در هر عمق به مقدار محاسبه شده دز روی محور مرکزی پلاک در همان عمق بهنجار شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار مونتِه کارلو تجزیه و تحلیل شدند.

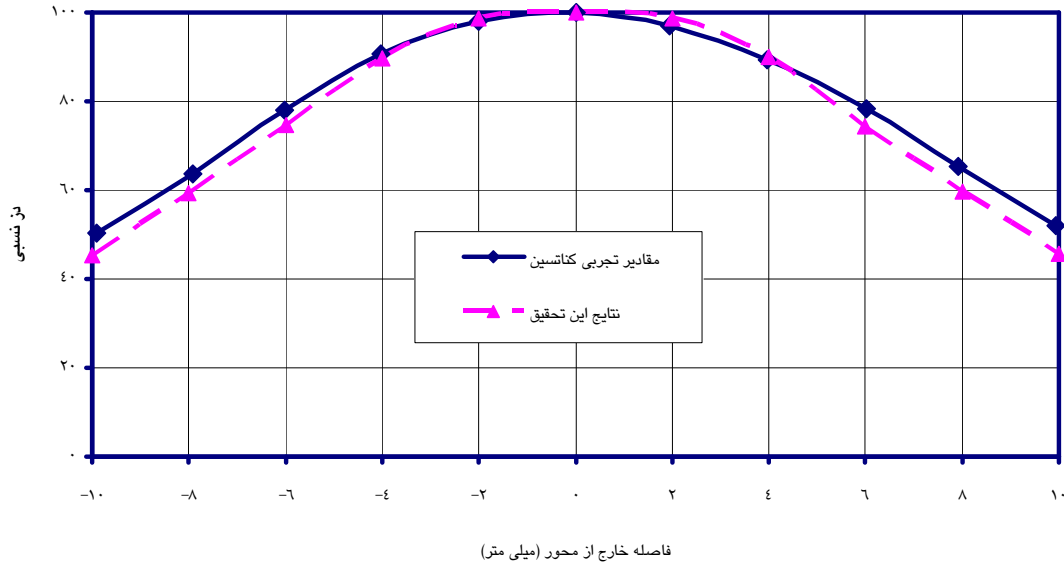
یافته‌ها

نمودارهای ۱ و ۲ نتایج اعتبارسنجی محاسبات مونتِه کارلو انجام شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. حداکثر درصد انحراف مقادیر محاسبه شده از مقادیر اندازه‌گیری شده درصد دز عمقی در امتداد محور مرکزی پلاک برابر ۳ درصد و برای پروفایل دز در عمق ۱۰ میلی‌متر برابر ۵ درصد بود. این درصد انحراف در مقایسه با عدم قطعیت‌های گزارش شده موجود در اندازه‌گیری تجربی دز در مجاورت پلاک‌های چشمی قابل قبول می‌باشد (۱۰).

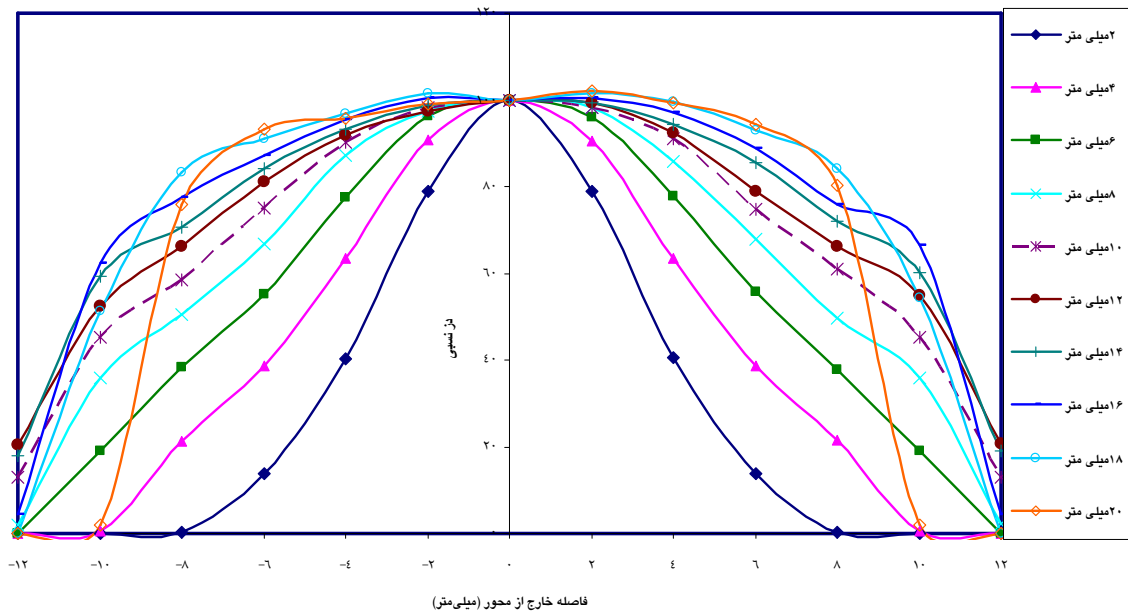
نتایج توزیع دز در حجم فانتوم در نمودار ۳ نشان داده شده است. کاهش سریع نمودار در صد دز عمقی این پلاک که با اندکی فاصله گرفتن از پلاک روی می‌دهد، قابل توجه است. لازم است این نکته در انتخاب این پلاک جهت درمان تومورهایی با گسترش طولی زیاد جهت دستیابی به توزیع یکنواخت به حجم تومور در نظر گرفته شود. نتایج محاسبه پروفایل‌های دز ناشی از پلاک نشان می‌دهد که در فواصل نزدیک به پلاک یکنواختی دز کم می‌باشد، در حالی که با فاصله گرفتن از پلاک، یکنواختی دز در نقاط دور از محور مرکزی پلاک افزایش می‌یابد.



نمودار ۱: نمودار مقایسه بین تغییرات درصد دز در امتداد محور مرکزی پلاک COMS ۲۰ میلی‌متر بر حسب فاصله از پلاک در این تحقیق و نتایج تجربی کناستسین



نمودار ۲: نمودار مقایسه بین پروفایل دز پلاک COMS ۲۰ میلی‌متر محاسبه شده در عمق ۱۰ میلی‌متری در این تحقیق با نتایج تجربی کناستسین



نمودار ۳: پروفایل‌های دز رسم شده پلاک COMS ۲۰ میلی‌متر در فواصل مختلف از پلاک، درون فانتوم چشم

بحث و نتیجه‌گیری

پرتو درمانی از روش‌های متداول درمان ملانومای چشمی است و براکی‌تراپی در مقایسه با تله‌تراپی برتری دارد (۱ و ۲)، لذا هدف از انجام این تحقیق تعیین توزیع دز یک پلاک چشمی مدل COMS به روش شبیه‌سازی مونت کارلو و با استفاده از کد MCNP4C بود.

توزیع دز ایجاد شده از یک پلاک چشمی باید قادر به پوشش کامل و یکنواخت تومور باشد، به صورتی که حداکثر دز تجویز شده به حجم درمان منتقل شود و در عین حال حداقل دز به ساختارهای سالم برسد. نظر به محدودیت‌هایی که انجام دزی متری تجربی توزیع دز در مجاورت پلاک‌های چشمی را مشکل می‌سازد، شبیه‌سازی این پلاک‌ها و

محاسبه توزیع دز در تمامی حجم چشم دارای اهمیت می‌باشد (۱۳ و ۱۲ و ۱۰). در پژوهش حاضر توزیع دز ناشی از پلاک مدل COMS با قطر داخلی ۲۰ میلی‌متر حاوی ۳ چشمه دانه‌ای ۱۲۵ به روش مونت کارلو محاسبه گردید. نتایج محاسبه‌های این تحقیق جهت طراحی درمان ملانومای چشمی با این نوع پلاک مورد استفاده می‌باشد. توجه به افت سریع دز در فاصله بسیار کم از پلاک و همچنین تغییرات یکنواختی توزیع دز در نقاط خارج از محور مرکزی پلاک با افزایش عمق، امکان انتخاب بهینه این پلاک را با توجه به عمق و قطر تومور و گسترش طولی و عرضی آن امکان پذیر می‌سازد.

همخوانی نتایج حاصل از شبیه‌سازی با مقادیر تجربی، نشان می‌دهد که شبیه‌سازی

محاسبه‌های دز پلاک COMS معتبر بوده و کد MCNP4C به همراه کد هندسی تهیه شده در این تحقیق می‌تواند در دزی‌متری این پلاک مکمل روش‌های دزی‌متری تجربی گردد. در پرتو درمانی تومورهای چشمی به منظور پوشش مناسب تومور، پارامترهای متعددی جهت طراحی پلاک‌های چشمی، باید در نظر گرفته شود و تعیین همه پارامترها با روش‌های تجربی بسیار وقت‌گیر و مشکل است (۱۳). روش مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند روشی مناسب جهت ارزیابی طراحی پلاک‌های چشمی و پیش‌بینی فاکتورهای مؤثر در تعیین پوشش دز مناسب برای تومورهای چشمی با اندازه و شکل‌های مختلف باشد.

به علت در دسترس نبودن این پلاک، شبیه‌سازی هندسه آن با مشکلاتی همراه بود. امید است ساخت این پلاک، در آینده‌ای نزدیک در ایران نیز انجام شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از بخش پژوهشکده کاربرد پرتوها در سازمان انرژی اتمی ایران به دلیل پشتیبانی نرم‌افزاری تشکر و قدردانی می‌کنند.

Dosimetric Calculations of a Radioactive Eye Plaque used in Management of Ocular Melanoma Using Monte Carlo Simulations

Shokrani P^{*},
Raisali Gh^{*},
Janati A^{***}

^{*}Associate Professor of Medical Physics, Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, Esfahan University of Medical Sciences, Esfahan, Iran

^{**}Associate Professor of Radiation, Application Research Institute, Institute of Nuclear Science and Technology, Tehran, Iran

^{***}MSc in Medical Physics, Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, Esfahan University of Medical Sciences, Esfahan, Iran

Received:05/08/2009
Accepted:05/10/2009

Corresponding Author: Shokrani P
Email: shokrani14@yahoo.com

ABSTRACT:

Introduction & Objective: Brachytherapy using I-125 radioactive seeds in removable episcleral plaques (EP) is often used in treatment of ocular malignant melanoma. Some radioactive seeds are fixed in a gold bowl-shaped plaque. The plaque is sutured to the sclera surface corresponding to the base of the intraocular tumor, allowing for a localized radiation dose delivery to the tumor. Minimum target doses as high as 85Gy are directed at malignant tumor. The aim of this study was to develop a Monte Carlo simulation of an ocular plaque in order to calculate the resulting isodose distributions.

Materials & Methods: The MCNP-4C Monte Carlo code is used to simulate the plan of an episcleral plaque treatment. A 20-mm Collaborative Ocular Melanoma Study (COMS) plaque with 3, I-125 seed of model 6711 was used. Resulting dose distributions, including central axis dose and off-axis dose profiles, were calculated in a water phantom with 12mm radius. The calculated dose distributions were compared to the corresponding dose measured by Knuten et al., 2001.

Results: Central axis dose calculations represent a rapid dose fall off, which is an important factor in selection of appropriate eye plaque for management of tumors with known dimension. Calculated off-axis dose profiles show decreased dose uniformity at distances close to the plaque. Increasing of distance from the plaque resulted in increasing of the dose uniformity.

Conclusion: Monte Carlo simulation of eye plaques can be used as a useful tool in process of design, development and treatment planning of ocular radioactive plaques.

Keywords: Brachytherapy, Dosimetric Calculation, Monte Carlo.

REFERENCES

1. Kincaid MC. Uveal Melanoma. *Cancer Control J* 1998; 5(4): 299-309.
2. Stallard HB. Radiobiology for malignant melanoma of the choroids. *Br J Ophthalmol* 1996; 50: 147-55.
3. Finger PT, Berson A, Ng T. Palladium-103 plaque radiotherapy for choroidal melanoma. An 11-year study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 54:1438-45.
4. The collaborative ocular melanoma study group. The COMS randomized trial of Iodine-125 brachytherapy for choroidal melanoma, III: Initial mortality findings. *Arch Ophthalmol* 2001; 119: 969-82.
5. Lommatsch PK, Werschnik C, Schuster E. Long-term follow-up of Ru-106/Rh-106 brachytherapy for posterior uveal melanoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000; 238: 129-37.
6. Luxton G, Astrahan MA, Petrovich Z. Dosimetric calculations and measurements of gold plaque ophthalmic irradiators using Ir-192 and I-125 seeds. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1988; 15: 167-76.
7. Chenery SGA, Japp B, Fitzpatrick PJ. Dosimetry of radioactive gold grains for the treatment of choroidal melanoma. *Brit J Radiat* 1983; 56: 415-20.
8. Yap-Veloso MI, Simmons RB, Simmons RJ. Iris melanomas: diagnosis and management. *Int Ophthalmol Clin* 1997; 37: 87-100.
9. Mclean IW. Prognostic features of uveal melanoma. *Ophthalmol Clin North Am* 1995; 8:143-53.
10. Nag S, Quivey JM, Earle JD, Finger PT, Followill D. The American brachytherapy society recommendations for brachytherapy of uveal melanomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 544-55.
11. Chalkey T. Ocular melanoma task force report. *Am J ophthalmol* 1980; 90: 728-33.
12. Knutsen S, Hafslund R, Monge OR. Dosimetric verification of dedicated 3-Dtreatment planning system for episcleral plaque therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 51: 1159-66.
13. Astrahan MA, Szechter A, Finger PT. Design and dosimetric considerations of a modified COMS plaque: The reusable "seed-guide" insert. *Med Phys* 2005; 32: 2706-16.