

Krzysztof Patyra, Maria Mazurkiewicz

Katedra i Zakład Onkologii Uniwersytetu
Medycznego w Lublinie
Kierownik: Prof. dr hab. n. med.
Maria Mazurkiewicz

Address for correspondence/
Adres do korespondencji:
Dr n. med. Krzysztof Patyra
Katedra i Zakład Onkologii UM
w Lublinie
ul. Jaczewskiego 7, 20-090 Lublin
tel.: 081 747 56 82
e-mail: krzysztopatyra@tenbit.pl

Received: 22.07.2009
Accepted: 10.08.2009
Published: 03.09.2009

Fixing system for water bolus – application in radiotherapeutical practice

System mocujący bolus wodny – zastosowanie w praktyce radioterapeutycznej

Original article/Artykuł oryginalny

Summary

Introduction: The aim of the work was the construction of a fixing system for the water bolus, the evaluation of its application in radiotherapeutical practice or the comparison of the distribution of the dose obtained in the volume of 95% PTV when using the presently applied rubber and gel boluses with the system of water bolus.

Material and method: The first phase of the research was a conceptual work over the creation of a system fixing the water bolus. The graphic project of such system was created, and then the prototype of the device was made that is the frame fixing the water bolus. The evaluation of the distribution of the dose in the PTV volume was carried out on a manikin. The trial localization was the area of the head and the neck. The manikin was situated in the frame fixing the water bolus. Next, the CAT scanning was made for the planning of the treatment for the hypothetical localization of the neoplastic tumour. The CAT scanning for the same localization was made also with the application of gel and rubber bolus.

The symbolic area of PTV was indicated on the obtained cross section, and then it was sent to the system of treatment planning. The evaluation of the distribution of the dose in the volume of PTV for each type of bolus was carried out on the base of histogram analysis.

Results: The use of the water bolus permitted to achieve around 98% of the planned dose in 95% of PTV.

Conclusions: The constructed system of fixing the water bolus allows for its very good stabilization and the reproducibility of the radiation conditions in the following days of irradiation treatment. The obtained distributions of irradiation dose in the volume of 95% PTV weigh in favour of the application of water bolus system.

Key words: water bolus, radiotherapy

Streszczenie

Wstęp: Celem pracy było skonstruowanie mocowania dla bolusa wodnego, ocena jego zastosowania w praktyce radioterapeutycznej oraz porównanie rozkładu dawki uzyskanej w objętości 95% PTV przy użyciu obecnie stosowanych bolusów gumowych i żelowych z systemem bolusa wodnego.

Material i metoda: Pierwszym etapem badania była praca koncepcyjna nad stworzeniem systemu mocującego bolus wodny. Stworzono projekt graficzny takiego systemu, a następnie wykonano prototyp urządzenia tj. ramy mocującej bolus wodny. Ocenę rozkładu dawki w objętości PTV przeprowadzono na fantomie. Próbną lokalizacją był teren głowy i szyi. W ramie mocującej bolus wodny umieszczano fantom. Następnie wykonywano tomografię komputerową do planowania leczenia dla hipotetycznej lokalizacji guza nowotworowego. Badanie tomograficzne dla tej samej lokalizacji wykonywano również stosując bolus żelowy i gumowy. Na otrzymanych przekrojach oznaczano umowny obszar PTV, a następnie przesyłano je do systemu planowania leczenia. Oceny rozkładu dawki w objętości PTV dla każdego rodzaju bolusa dokonywano na podstawie analizy histogramów.

Wyniki: Użycie bolusa wodnego pozwoliło osiągnąć około 98% dawki zaplanowanej w 95% PTV.

Wnioski: Skonstruowany system mocowania bolusa wodnego pozwala na uzyskanie bardzo dobrej jego stabilizacji i odtwarzalności warunków napromieniania w kolejnych dniach leczenia napromienianiem. Osiągnięte rozkłady dawki promieniowania w objętości 95% PTV przemawiają na korzyść stosowania systemu bolusa wodnego.

Słowa kluczowe: Bolus wodny, radioterapia

STATISTIC STATYSTYKA

Word count Liczba słów	2065/1463
Tables Tabele	0
Figures Ryciny	4
References Piśmiennictwo	16

INTRODUCTION

The name 'bolus' defines a tissue-like material, placed directly over the irradiated area, leading to an additional absorption and diffusion of irradiation [1,2]. The bolus causes the compensation of homogeneity in the irradiated environment; it eliminates the effect of oblique entrance of radiation beam and counteracts the increase of the dose on the depth, what considerably influences the improvement of its homogeneity.

In the ortovolt X-ray therapy, the role of boluses was performed by bags of rice flour, which are still used in the technique of TBI (Total Body Irradiation) [1,3,4].

In the radiotherapy period, when using the radiation gamma Co60, the most frequently applied boluses were paraffin-waxy boluses [3].

The main localization, in which boluses were and are still applied, are the head, neck, breast and limb tumours.

Presently, 'standard' boluses are applied, of a varied thickness and measurements, made of material of a value of a ionizing radiation absorption coefficient, resembling the coefficient of water absorption. They are most frequently made of paraffin, gel, rubber or thermoplastic material, directly fixed on the mask. They are unfortunately not so functional, as they stick out from the irradiated surface, and sometimes they slip down, except for the thermoplast attached to the mask.

In the modern irradiation techniques, in 3D planning, we use the so-called virtual bolus. It is taken into consideration in the process of computer treatment planning and defined on the sections of CAT scanning as a material of 10mm thickness and density corresponding to the density of soft tissues. The application method of the virtual bolus was described in 2001 by Marini P. et al. [7] and in 2002 among others by Thilmann C. et al. [8]

Despite a big variety of materials fulfilling the role of bolus, many authors underline that water is the best bolus material with a coefficient of irradiation absorption equal to the coefficient of tissue absorption [5,10,11,12,13].

The biggest difficulty of application of water as a bolus are the limiting possibilities of creating its constant and reproducible shape.

AIM OF THE WORK

The aim of the work was:

1. Creating the project, and then the construction of a system of fixing the water bolus.
2. Carrying out the evaluation of the constructed system fixing the water bolus paying special attention to its usefulness in every day radiotherapeutical practice.

WSTĘP

Nazwa „bolus” określa materiał tkankopodobny, umieszczony bezpośrednio nad obszarem napromienianym, powodujący dodatkowe pochłanianie i rozpraszanie promieniowania [1,2]. Bolus powoduje wyrównanie homogeniczności w środowisku napromienianym, eliminuje efekt ukośnego wejścia wiązki promieniowania i przeciwdziała narastaniu dawki na głębokości, co zasadniczo wpływa na poprawę jej jednorodności.

W rentgenoterapii ortovoltowej rolę bolusów spełniały worki wypełnione mąką ryżową, które są nadal używane w technice napromieniania całego ciała – TBI (Total Body Irradiation) [1,3,4].

W okresie radioterapii przy użyciu promieniowania gamma Co60 najczęściej stosowano bolusy parafinowo-woskowe[3].

Główną lokalizacją, w której używano i do dzisiaj używa się bolusów są nowotwory głowy i szyi, piersi i kończyn.

Obecnie stosowane są bolusy „standardowe” o różnej grubości i wymiarach, wykonane z materiału o wartości współczynnika pochłaniania promieniowania jonizującego zbliżonego do współczynnika pochłaniania wody. Najczęściej wykonane są z parafiny, żelu, gumy lub z materiału termoplastycznego, mocowanego bezpośrednio na masce. Są one niestety mało funkcjonalne, ponieważ odstają od powierzchni napromienianej, a czasami się z niej zsuwają, za wyjątkiem termoplastu przytwierdzonego do maski.

W nowoczesnych technikach napromieniania, w planowaniu 3D, wykorzystywany jest tzw. bolus wirtualny. Jest on uwzględniany w procesie komputerowego planowania leczenia i definiowany na przekrojach z tomografii komputerowej jako materiał o grubości 10mm i gęstości odpowiadającej gęstości tkanek miękkich. Metodę zastosowania bolusa wirtualnego opisał w 2001 roku Marini P. i wsp. [7] oraz w 2002 roku m.in. Thilmann C. i wsp. [8]

Mimo dużej różnorodności materiałów pełniących rolę bolusa wielu autorów wskazuje na wodę jako najlepszy materiał bolusowy o współczynniku pochłaniania promieniowania równym współczynnikowi pochłaniania tkankowego[5,10,11,12,13].

Największą trudnością zastosowania wody jako bolusa są ograniczone możliwości formowania jej stałego i powtarzalnego kształtu.

CEL PRACY

Celem pracy było:

1. Zaprojektowanie, a następnie skonstruowanie systemu mocowania bolusa wodnego.
2. Przeprowadzenie oceny skonstruowanego systemu mocującego bolus wodny pod kątem jego przydatności w codziennej praktyce radioterapeutycznej.

MATERIAL AND METHODS OF RESEARCH

The first stage of the research was the conceptual work on the creation of a system fixing the water bolus. A system easy to operate, guaranteeing that the bolus fits tight to the irradiated bolus and the reproducibility of irradiation conditions. A graphic project of such a system was created, and then the prototype of the appliance was made, that is the frame fixing the water bolus.

The next stage was carrying out the evaluation of the system fixing the water bolus in the radiotherapeutical practice.

The analysis of the distribution of doses in the irradiated area was carried out with the use of the constructed system of water bolus. PTV was the volume under evaluation. In accordance with the ICRU guidelines [14,15], the evaluation of the dose homogeneity in 95% of the PTV volume was considered as a criteria of treatment planning correctness.

The research was carried out on a manikin. The area of the head and the neck was the trial localization. The manikin was placed in the frame fixing the water bolus.

The space between the frame and the manikin was filled with an appropriate volume of water placed in a latex bag, so that the bag could fit tight to the irradiated surface and the fixing frame. Then, a CAT scanning was made for the treatment planning for the hypothetical localization of the neoplastic tumour.

On the obtained sections, symbolic PTV areas were determined, and then they were sent to the system of treatment planning. The evaluation of dose distribution in the PTV volume was carried out on the base of histogram analysis.

In order to check the irradiation conditions reproducibility when using the constructed system of fixing the water bolus, the research was repeated twice.

RESULTS

Appliance stabilizing the water bolus

The primal assumption was the performance of a proper handgrip for the water bolus, allowing to fix it in the systems used for the stabilization of patients. It is how the fixing prototype was created. Its basic element is the frame of an open rectangle shape, in the experimental version it is made of perspex (photograph1).

The measurements of the appliance were established during the experiments on the manikin, taking into consideration the measurements of systems applied in standard for the immobilization of the patient (Photograph 2).

In the trial version, the frame has no possibility to be adjustable in height and width. However, it is possible to move it sideways. The frame is fixed to the typical systems immobilizing by means of fast connectors.

For the sake of the tests, a plate of a hard styrofoam with perspex insertions, to which a frame is fixed. Between the frame and the patient (the immobilizing mask), a latex water bolus is placed.

MATERIAŁ I METODY BADANIA

Pierwszym etapem badania była praca koncepcyjna nad stworzeniem systemu mocującego bolus wodny. Systemu prostego w obsłudze, zapewniającego szczelne przyleganie bolusa do powierzchni napromienianej oraz odtwarzalność warunków napromieniania. Stworzono projekt graficzny takiego systemu, a następnie wykonano prototyp urządzenia tj. ramy mocującej bolus wodny.

Kolejnym etapem było przeprowadzenie oceny systemu mocującego bolus wodny w praktyce radioterapeutycznej.

Dokonano analizy rozkładu dawek w obszarze napromienianym z użyciem skonstruowanego systemu bolusa wodnego. Za objętość podlegającą ocenie przyjęto PTV. Zgodnie z zaleceniami ICRU [14,15] jako kryterium poprawności planu leczenia uznano ocenę jednorodności dawki w 95% objętości PTV.

Badanie przeprowadzono na fantomie. Próbną lokalizacją był teren głowy i szyi. W ramie mocującej bolus wodny umieszczano fantom.

Przestrzeń między ramą a fantomem wypełniano odpowiednią objętością wody umieszczonej w lateksowym worku, tak aby worek szczelnie przylegał do powierzchni napromienianej i ramy mocującej. Następnie wykonywano tomografię komputerową do planowania leczenia dla hipotetycznej lokalizacji guza nowotworowego.

Na otrzymanych przekrojach oznaczano umowne obszary PTV, a następnie przesyłano je do systemu planowania leczenia. Oceny rozkładu dawki w objętości PTV dokonywano na podstawie analizy histogramów

Celem weryfikacji odtwarzalności warunków napromieniania przy użyciu skonstruowanego systemu mocowania bolusa wodnego badanie powtórzono 2-krotnie.

WYNIKI

Urządzenie stabilizujące bolus wodny

Pierwotnym założeniem było wykonanie odpowiedniego uchwytu dla bolusa wodnego, umożliwiającego zamocowanie go w systemach używanych do stabilizacji pacjentów. Tak powstał pierwowzór mocowania. Jego podstawowym elementem jest rama o kształcie otwartego prostokąta, w wersji doświadczalnej wykonana z pleksi (Fot.1).

Wymiary urządzenia ustalono podczas doświadczeń na fantomie uwzględniając wymiary systemów standardowo stosowanych do unieruchamiania pacjenta (Fot.2).

W wersji testowej rama nie ma możliwości regulacji wysokości i szerokości. Natomiast możliwe jest jej przemieszczanie w pozycjach bocznych. Rama mocowana jest do typowych systemów unieruchamiających za pomocą sztybkozłączek.

Do testów przygotowano płytę z twardego styroduru (styropianu) z wstawkami z pleksi, do której mocuje się ramę. Między ramą a pacjentem (maską unieruchamiającą) umieszcza się lateksowy bolus wodny.

The water volume in the bolus is being defined during the first setting up of the patient in the pattern-shop, just after the making up of the immobilizing mask.

The one selected volume of water remains in the signed for each patient latex bag, up to the irradiation end.

The pressure on the frame causes the filling of all anatomical curvatures on the surface of the mask, and from the side of the frame – a tight adhesiveness of the bolus to the plane. The frame fixed to the standard stabilization systems allows for a precise positioning of the

Objętość wody w bolusie określana jest podczas pierwszego ułożenia pacjenta w modelarni, tuż po wykonaniu maski unieruchamiającej.

Raz dobrana objętość wody pozostaje w podpisanym dla konkretnego pacjenta worku lateksowym, do czasu zakończenia napromieniania.

Docisk ramy powoduje wypełnienie wszystkich krzywizn anatomicznych na powierzchni maski, a od strony ramy ściśle przyleganie bolusa do płaszczyzny. Rama mocowana do standardowych systemów stabilizacyjnych

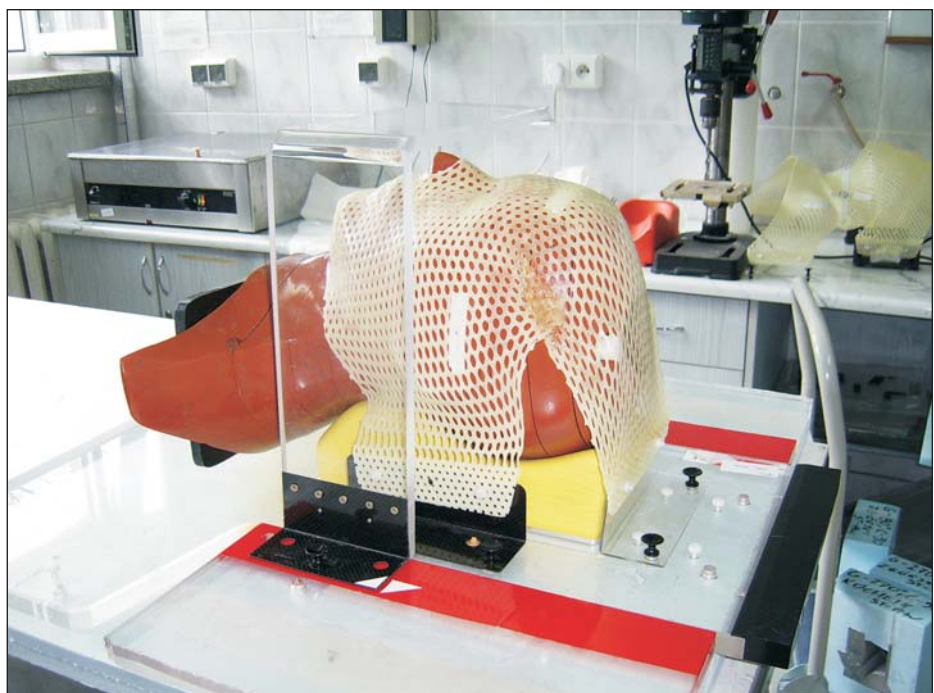
Phot. 1. Frame from perspex, fixed to the plate

Fot. 1. Rama z pleksi, mocowana do płyty



Phot. 2. Mankin with stabilizing mask, fixed to the plate

Fot. 2. Fantom z maską stabilizującą, zamocowaną do płyty



bolus. Thanks to the latex and water elasticity, it is possible to form any shape, whose reproducibility ensures the above presented system.

From the side of the beam entry, the water bolus creates a flat surface thanks to the use of a stabilizing frame, which eliminates the effect of its oblique entry (Photograph 3).

pozwala na dokładne ułożenie bolusa. Dzięki elastyczności lateksu i wody możliwe jest formowanie dowolnego kształtu, którego odtwarzalność zapewnia przedstawiony wyżej system.

Od strony wlotu wiązki bolus wodny formuje płaską powierzchnię dzięki użyciu ramy stabilizującej, co eliminuje efekt jej ukośnego wejścia (Fot.3).

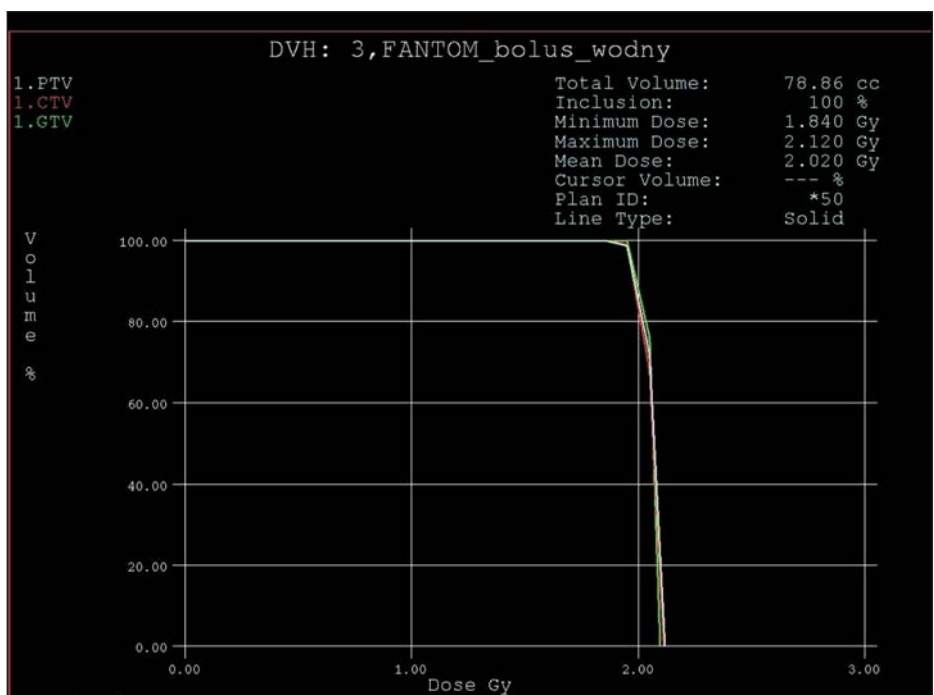
Phot. 3. Mankin with fixed water bolus

Fot. 3. Fantom z zamocowanym bolusem wodnym



Fig. 1. DVH for the system of water bolus

Ryc. 1. DVH dla systemu bolusa wodnego



RESULTS OF THE RESEARCH

The application of the water bolus together with using the constructed system fixing this bolus, allowed to obtain a high homogeneity of the dose in the area planned for the irradiation. The irradiation dose in the volume of 95% PTV amounted to around 98% of the planned dose (Figure 1).

It has to be underlined that the results of the repeated research (in accordance with the same scheme) on the following day, were comparable to those which were obtained in the first measure. It was very important, especially when considering the evaluation of the system fixing the water bolus, displaying the recurrence of the irradiation conditions in the following days of the treatment.

DISCUSSION

The first attempts to apply boluses in radiotherapy began in the fifties of the 20th century. They are made of a varied type of tissue-like material. Despite the fact that they have been applied in radiotherapy for almost 50 years, researches are still going on on the quest of ideal bolus material.

According to Moyera et al. [16], for the high-energetic (above 1 MV) proton and electron irradiation, the ideal bolus material should fulfill precise criteria. This material should be flexible, and so easy to form different shapes. It should have a density equivalent to the density of soft tissues. It should be stable in the conditions of therapy, tightly and durably fit to the irradiated surface. And so ensuring the reproducibility of irradiation conditions in the following days of the treatment and eliminating the aerial spaces in the anatomical curvatures, from the presence of which depends the dose distribution in the irradiated volume and the value of the dose on the surface.

The main component of human organism is water. Its content in children reaches about 90% , and in the adult oscillates between 60 and 70%. Thus the soft tissues have a density close to the density of water amounting to about 1g/cm³. That is why water seems to be the best bolus material.

In the available literature, only some works present the ways and possibilities of applying water boluses in the radiotherapy of malignant tumours. They refer to such localizations of the tumour, which allow, thanks to a characteristic anatomical structure, for example auditory canal, for the placement of water without the need of use of special fixing systems. In 1995, Morrison et al. [9] described this type of solution. He placed, during the irradiation, the warm water in the external auditory canal, treating it as a bolus.

Haselow et al. [10], Cheng et al. [11], Weshler et al. [12] or Jones [13] described the attempts to use, during the irradiation, the Kaposi's sarcoma in the limb localization of bags filled with water in order to even out the homogeneity in the treated area.

WYNIKI BADANIA

Zastosowanie bolusa wodnego z wykorzystaniem skonstruowanego systemu mocującego ten bolus pozwoliło uzyskać wysoką jednorodność dawki w obszarze zaplanowanym do napromieniania. Dawka promieniowania w objętości 95% PTV wyniosła około 98% dawki zaplanowanej (Ryc.1).

Należy podkreślić, że wyniki badania powtórnego (wg tego samego schematu) kolejnego dnia były porównywalne z tymi, które uzyskano w pomiarze pierwszym. Było to istotne, zwłaszcza pod kątem oceny systemu mocującego bolus wodny wskazując na powtarzalność warunków napromieniania w kolejnych dniach leczenia.

DYSKUSJA

Pierwsze próby stosowania bolusów w radioterapii rozpoczęły się w latach pięćdziesiątych XX wieku. Wykonywane są one z różnego rodzaju materiałów tkankopodobnych. Mimo, że stosowane są w radioterapii od blisko pięćdziesięciu lat nadal trwają badania nad poszukiwaniem idealnego materiału bolusowego.

Według Moyera i wsp. [16], dla wysokoenergetycznego (powyżej 1 MV) promieniowania fotonowego i elektronowego idealny materiał bolusowy powinien spełniać określone kryteria. Materiał ten powinien być elastyczny, a zatem łatwy do formowania różnych kształtów. Powinien posiadać gęstość równoważną gęstości tkanek miękkich. Powinien być stabilny w warunkach terapii, szczelnie i trwale przylegając do powierzchni napromienianej. Tym samym zapewniając odtwarzalność warunków napromieniania w kolejnych dniach leczenia oraz eliminując przestrzenie powietrzne w krzywiznach anatomicznych, od obecności których zależy rozkład dawki w objętości napromienianej i wartość dawki na powierzchni.

Głównym składnikiem organizmu ludzkiego jest woda. Jej zawartość u dzieci sięga ok. 90% , a u człowieka dorosłego waha się w granicach między 60 a 70%. Stąd też tkanki miękkie mają gęstość zbliżoną do gęstości wody wynoszącej ok. 1g/cm³. Dlatego też woda wydaje się być najlepszym materiałem bolusowym.

W dostępnej literaturze tylko nieliczne prace przedstawiają sposoby i możliwości stosowania bolusów wodnych w radioterapii nowotworów złośliwych. Odnoszą się do takich lokalizacji nowotworu, które pozwalają dzięki charakterystycznej budowie anatomicznej, np. przewód słuchowy, na umieszczenie wody bez potrzeby użycia specjalnych systemów mocujących. W 1995 roku Morrison i wsp. [9] opisał tego typu rozwiązanie. Umieścił podczas napromieniania ciepłą wodę w kanale słuchowym zewnętrznym, traktując ją jako bolus.

Haselow i wsp. [10], Cheng i wsp. [11], Weshler i wsp. [12] czy Jones [13] opisali natomiast próby użycia podczas napromieniania mięsaka Kaposiego w lokalizacji kończynowej worków wypełnionych wodą celem wyrównania homogeniczności w obszarze leczonym.

The applied still in the seventies of the 20th century, the system ‘Super Staff’, performing the role of tissue equivalent of the irradiated density, is a subsequent attempt to use water as a bolus.

This system, however, did not possess any special fixing, the only one was constituted by a bag being a limitation for the water-colloid mixture. That is why it could have been used only on flat surfaces of the patient’s body in order to raise the dose under the skin [5].

The constructed frame fixing the water bolus partially solves these problems. The water is placed in the latex bag. The once selected volume of water remains in the bag until the end of the irradiation. The pressure on the frame causes the filling of all the anatomical curvatures on the surface of the mask, and from the frame side (the surface of entry of the irradiation beam) a tight adhesiveness of the bolus to the surface.

That is why, from the side of the entry of the beam, the water bolus forms a flat surface, which eliminates the effect of its oblique entry. Whereas from the mask side, it levels the aerial spaces.

It should be underlined that in the presented appliance stabilizing the water bolus, the frame is being fixed to the standard stabilizing systems, which allows for a precise placement of the bolus. Thanks to the flexibility of the latex and the water, it is possible to form any shape, whose reproducibility allows for a system of fixing frame.

The trial localization, selected for research, was the area of the head and neck. This choice was not accidental. It is known that it is the area within which the natural irregularities and the concentration of many critical organs in a small amount, create extremely difficult conditions for a proper and optimal planning of treatment by means of irradiation.

Nevertheless, the form of the presented water fixing may be adjusted to anatomical conditions. The frame is compatible with the applied in radiotherapy systems of stabilization and allows for a regulation of its measurements, thanks to movable construction elements. It may so constitute a fixing for a water bolus in each territory and keep its shape steadily, fulfilling the assumptions of reproducibility of irradiation conditions.

What is more, the adjustment of bolus volume takes place on the stage of selection of method of stabilizing the patient in the pattern-shop. So, it does not require additional actions, and so does not prolong the time of preparing the patient for the irradiation. The fixing frame is in practice easy to be fixed, it is integrated with the standard types of stabilization systems.

The application of water bolus allowed to obtain a high homogeneity of irradiation dose in the volume of 95% PTV.

The two times carried out research on the mankin with the use of water bolus confirmed the stability of the system, allowing the reproducibility of irradiation conditions.

Stosowany jeszcze w latach 70-tych XX wieku system „Super Staff”, pełniący funkcję ekwiwalentu tkankowego napromienianej objętości jest kolejną próbą użycia wody jako bolusa.

System ten nie posiadał jednak specjalnego mocowania, jedynym był worek stanowiący ograniczenie dla mieszanki wodno-koloidowej. Dlatego też mógł być używany tylko na płaskich powierzchniach ciała pacjenta w celu podniesienia dawki pod skórą [5].

Skonstruowana rama mocująca bolus wodny częściowo rozwiązuje te problemy. Wodę umieszcza się w worku lateksowym. Raz dobrana objętość wody pozostaje w worku do czasu zakończenia napromieniania. Docisk ramy powoduje wypełnienie wszystkich krzywizn anatomicznych na powierzchni maski, a od strony ramy (powierzchni wejścia wiązki promieniowania) ściśle przyleganie bolusa do płaszczyzny.

Dlatego też od strony wlotu wiązki bolus wodny formuje płaską powierzchnię, co eliminuje efekt ukośnego jej wejścia. Zaś od strony maski niweluje przestrzenne powietrzne.

Należy podkreślić, że w prezentowanym urządzeniu stabilizującym bolus wodny, rama mocowana jest do standardowych systemów stabilizacyjnych, co pozwala na precyzyjne ułożenie bolusa. Dzięki elastyczności lateksu i wody możliwe jest formowanie dowolnego kształtu, którego odtwarzalność umożliwia system ramy mocującej.

Próbną lokalizacją wybraną do badania był teren głowy i szyi. Wybór ten nie był przypadkowy, wiadomo bowiem, że jest to obszar w obrębie którego naturalne nierówności powierzchni oraz nagromadzenie wielu narządów krytycznych w niewielkiej objętości stwarzają wybitnie trudne warunki do poprawnego i optymalnego zaplanowania leczenia napromienianiem.

Nie mniej jednak forma prezentowanego mocowania wody może być dostosowana do warunków anatomicznych. Rama jest bowiem kompatybilna ze stosowanymi w radioterapii systemami stabilizacji i pozwala na regulację swoich wymiarów, dzięki ruchomym elementom konstrukcji. Może zatem stanowić mocowanie dla bolusa wodnego w każdym terenie i stabilnie utrzymywać jego kształt, spełniając założenia odtwarzalności warunków napromieniania.

Co więcej dopasowanie objętości bolusa odbywa się na etapie doboru sposobu stabilizacji pacjenta w modelarni, nie wymaga zatem dodatkowych czynności, a więc nie wydłuża czasu przygotowania chorego do napromieniania. Rama mocująca w praktyce cechuje się łatwością mocowania, jest bowiem zintegrowana ze standardowymi typami systemów stabilizacyjnych.

Zastosowanie bolusa wodnego pozwoliło uzyskać wysoką jednorodność dawki promieniowania w objętości 95% PTV.

Przeprowadzone dwukrotnie badanie na fantomie z użyciem bolusa wodnego potwierdziło stabilność układu zapewniającą odtwarzalność warunków napromieniania.

RESULTS

1. The constructed system of fixing the water bolus allows to obtain its very good stabilization and reproducibility of irradiation conditions in the following days of treatment with irradiation.
 - It may be applied on an individual basis for each patient, in different tumour localizations.
 - The adjustment of bolus volume takes place on the stage of the selection of patient's stabilization in the pattern-shop. So, it does not require additional actions, and thus it does not extend the time of preparing the patient for the irradiation.
 - The frame stabilizing the water bolus in practice is easy to be fixed, as it is integrated with standard types of stabilizing systems.

WNIOSKI

1. Skonstruowany system mocowania bolusa wodnego pozwala na uzyskanie bardzo dobrej jego stabilizacji i odtwarzalności warunków napromieniania w kolejnych dniach leczenia napromienianiem.
 - Może być stosowany indywidualnie dla każdego pacjenta, w różnych lokalizacjach nowotworu.
 - Dopasowanie objętości bolusa odbywa się na etapie doboru sposobu stabilizacji pacjenta w modelarni, nie wymaga zatem dodatkowych czynności, a więc nie wydłuża czasu przygotowania chorego do napromieniania.
 - Rama stabilizująca bolus wodny w praktyce cechuje się łatwością mocowania, jest bowiem zintegrowana ze standardowymi typami systemów stabilizujących.

References/Piśmiennictwo:

1. Łobodziec W: Dozymetria promieniowania jonizującego w radioterapii. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999
2. Khan F. The physics of radiation therapy, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins 2003
3. Jasiński W. Kliniczne zastosowania izotopów radioaktywnych. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1965
4. Kim TH, Kersey J, Serchand W. et al. Total body irradiation with a high-dose-rate linear accelerator for bone-marrow transplantation in aplastic anemia and neoplastic disease. *Radiology* 1977; 122: 523
5. Binder W, Karcher KH. "Super Stuff" as bolus in radiotherapy. *Strahlentherapie* 1977; 153 (11): 754-757
6. Hendee WR. Radiation Therapy Physics. Chicago, Year Book Medical Publishers 1979
7. Marini P, Guiot C, Baiotto B, Gabriele P. Measures of specific absorption rate (SAR) in microwave hyperthermic oncology and the influence of the dynamic bolus on clinical practice. *Radiol Med* 2001; 102(3): 159-167
8. Thilmann C, Grosser KH, Rhein B, Zabel A, Wannemacher M, Debus J. Virtual bolus for inversion radiotherapy planning in intensity-modulated radiotherapy of breast carcinoma within the scope of adjuvant therapy. *Strahlenther Oncol* 2002; 178 (3): 139-146
9. Morrison WH, Wong PF, Starkschall G, Garden AS, Childress C, Hogstrom KR, Peters LJ. Water bolus for electron irradiation of the ear canal. *Int Radiat Oncol Biol Phys* 1995; 30; 33 (2): 479-483
10. Haselov RE, Khan FM, Sharma SC, Williamson J. Water bag bolus in external air cavities to produce dose homogeneity. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1982; 8 (1): 137-139
11. Cheng B, B-Chen W, Anderson K, Pennington E, Hussey D. Dosimetric considerations of water-based bolus for irradiation of extremities. *Med Dosim* 1998; Vol. 23; No. 4: 292-295
12. Weshler Z, Loewinger E, Loewenthal E, Levinson R, Fuks Z. Megavoltage radiotherapy using water bolus in the treatment of Kaposi's sarcoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1986; 12(11): 2029-2032
13. Jones KS. The conversion of air splints to provide build-up bolus in the treatment of extremities with skin involvement. *Med Dosim* 2000 Winter; 25 (4): 197-200
14. International Commission on Radiation Units (ICRU). ICRU Report No. 50. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. ICRU, Bethesda 1993
15. International Commission on Radiation Units (ICRU). ICRU Report No. 62. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. Supplement to ICRU, Report 50. ICRU, Bethesda 1999
16. Moyer RF, McElroy WR, O'Brien JE, Chamberlain CL. A surface bolus material for high-energy photon and electron therapy. *Radiology* 1983 Feb; 146 (2): 531-532