

- (11) Patento numeris: **6838** (51) Int. Cl. (2021.01): **A61B 6/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2019 538**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2019-12-18**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-06-25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2021-08-10**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Diana ADLIENĖ, LT
Benas URBONAVIČIUS, LT
Neringa ŠEPERIENĖ, LT
Jurgita LAURIKAITIENĖ, LT
Evelina JASELSKĖ, LT
- (73) Patento savininkas:
Kauno technologijos universitetas, K.Donelaičio 73, 44029 Kaunas, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
**Otilija KLIMAITIENĖ, AAA Law, A. Goštauto g. 40B, Verslo centras „Dvyniai”,
LT-03163 Vilnius, LT**

- (54) Pavadinimas:
**Spinduliuotės dozių, tenkančių pacientui išorinės spindulinės terapijos
procedūrų metu, vizualizacijos sistema ir jos gamybos būdas**

- (57) Referatas:

Išradimas susijęs su išorinės spindulinės terapijos procedūros metu paciento galvos apatinės dalies su vidinėmis struktūromis tenkančių apšvitos dozių 3D atvaizdavimu ir verifikacija, bei parengto spindulinės terapijos plano tikslinimu. Išradimas sprendžia problemą: universalaus galvos fantomo konstrukcijos neatitikimą paciento galvos individualiems parametrams, apšvitos dozių matavimo ir modeliavimo netikslumą dėl oro ertmių fantomo viduje. Išradimo esminis uždavinys: tikslus paciento galvos su žandikauliu ir kitomis struktūromis sričiai tenkančių jonizuojančios spinduliuotės dozių pasiskirstymo tūryje planavimas. Individualizuotas fantomas naudojamas vertinant jonizuojančios spinduliuotės sąveikas su polimeriniais geliais bei kitomis medžiagomis procesus, bei spinduliuotės poveikį medžiagų savybėms. Taip pat, fantomas taikytinas odontologijoje kaip modelis atvaizduoti tikslus paciento žandikaulio bei dantų parametrus. Individualių fantomų dėka spindulinėje terapijoje gyvendinamas labiau personalizuotas pacientų gydymas, geresnė gydymo procedūros kontrolė, numatomas greitesnis sveikatos pagerėjimas bei trumpesnis gydymo įstaigoje praleistas laikas, nes pacientui parengiamas ir taikomas individualus ir tikslingas gydymo planas, prieš gydymą patikrintas ir patikslintas su fantomu.

IŠRADIMO SRITIS

Šio išradimo sritis yra medicinos prietaisai, skirti išorinei spindulinei terapijai, konkrečiau, tai yra išorinės spindulinės terapijos dozių verifikavimo įrenginiai bei sistemos.

TECHNIKOS LYGIS

Šis išradimas yra susijęs su išorinės spindulinės terapijos gydymo metu paciento organams tenkančių apšvitos dozių atvaizdavimu ir verifikacija, būtent, jonizuojančios spinduliuotės (fotonų) dozių, tenkančių paciento apatinei galvos sričiai registravimu ir atvaizdavimu, suplanuoto apšvitos plano tikslinimu ir dozių verifikavimu.

Paciento galvos ir kaklo srityse aptikti vėžiniai dariniai dažnai yra gydomi išorinės spindulinės terapijos būdu. Pirmiausia, paciento problematinė sritis yra nuskenuojama kompiuteriniu tomografu. Išanalizavus gautus tomografinius vaizdus ir identifikavus vėžinius darinius, atitinkamai, standartine gydymo įrangos planavimo sistema suplanuojamas spindulinis gydymas. Tačiau, apatinėje paciento galvos srityje (žandikaulyje) nuolatinais esančios metalinės/keraminės struktūros (pavyzdžiui, implantai, dantų vainikėliai, protezai) dėl didesnės fotonų sugerties, o ypač dėl antrinių sąveikos produktų sklaidos, kompiuteriniu tomografu trukdo tiksliai atvaizduoti šalia tiriamoje galvos srityje išsidėsčiusius organus bei audinius. Todėl gaunami išplaukę ir neapibrėžtos struktūros vaizdai, kurie neleidžia pakankamai tiksliai suplanuoti spindulinį gydymą, tai yra, reikiamą apšvitos dozių pasiskirstymą taikinyje (auglys, vėžio pažeista sritis) bei kituose apatinės galvos dalies tūryje esančiuose organuose bei audiniuose. Netiksliai įvertintas apšvitos dozių pasiskirstymas atitinkamai sąlygoja netikslų gydymo planą. Todėl ir gydymas gali būti netikslus ir neefektyvus, nes jonizuojančioji spinduliuotė nesunaikins visų vėžinių ląstelių, o taip pat bus nepagrįstai apšvitinti sveiki audiniai. Apšvitos dozių atvaizdavimo ir verifikavimo sistema spindulinėje terapijoje sprendžia netikslaus dozių paskirstymo ir atvaizdavimo problemą, ypač kai kompiuteriniu tomografu gaunami paciento apatinės galvos ir kaklo srities vaizdai negali tiksliai vizualizuoti dantų ir metalinių darinių burnoje, žandikaulio srityje.

JAV patento paraiškoje US20130006035A1 aprašytas spindulinės terapijos simuliacijai skirtas žmogaus galvos fantomas, kurį sudaro galvos ir kaklo parametrus

atitinkanti konstrukcija ir į ją įmontuojamas bent vienas jonizuojančiosios spinduliuotės matavimo modulis. Matavimo modulis įdedamas į tą galvos fantomo konstrukcijos sritį, kuri bus apšvitinama jonizuojančia spinduliuote. Spinduliuotės sąlygota dozė matuojama bent vieną organą atitinkančioje galvos fantomo srityje.

Kitame, Korėjos patente KR101406630B1 aprašytas daugiafunkcinis trimatis (3D) galvos fantomas, skirtas matuoti galvos ir kaklo sričių apšvitos dozes išorinėje radioterapijoje. Fantome įmontuojamas apšvitos dozės matavimo įrenginys. Fantomas padalintas į viršutinę ir apatinę dalis naudojant pozicionavimui skirtą fantomo dalį. Šis fantomas skirtas absoliutinei apšvitos dozimetrijai, dvimačio (2D) matavimo būdu dozės matuojamos su filmais, o trimatis (3D) dozės pasiskirstymas matuojamas naudojant gelinį dozimetą.

Ankstesniuose išradimuose yra pastebėti šie esminiai trūkumai:

- ribota galimybė matuoti paciento galvai ir (arba) kaklui tenkančią dozę tik viename galvos fantomo taške ar srityje, tai yra, ten, kur įstatytas apšvitos dozės matavimo modulis (dozimetras);
- negalima atvaizduoti tikslaus apšvitos dozių pasiskirstymo visame fantome dėl nehomogeniškos fantomo sudėties ir konstrukcinės struktūros, tai yra, fantome yra paliktos tuščios oro ertmės;
- nėra tiksliai matuojamas ir atvaizduojamas apšvitos dozių pasiskirstymas žandikaulio ir dantų srityje, kai joje esama metalinių detalių ar struktūrų ir jų sukeltų artefaktų.

Tam, kad efektyviai vykdyti išorinę radioterapiją išvengiant išvardintų trūkumų, šiuo išradimu sukuriamas paciento galvos ir kaklo išorinės apšvitos dozių vizualizacijos ir verifikacijos sistema - specialus paciento galvos fantomas ir efektyvus jo gamybos būdas. Šis fantomas yra suprojektuotas taip, kad gali būti gaminamas panaudojant trimačio (3D) spausdinimo technologiją.

IŠRADIMO ESMĖ

Šis išradimas atskleidžia naujos konstrukcijos išorinėje spindulinėje terapijoje naudojamą paciento galvos fantomą, kuris gaminamas trimačio (3D) spausdinimo būdu. Fantomas paruošiamas individualus kiekvienam pacientui rekonstruojant

paciento kompiuterinės tomografijos vaizdus. Fantomo tūriniai parametrai artimai atitinka originalius paciento galvos parametrus. Fantomo vidinei ertmei užpildyti naudojamas apšvita polimerizuojamas gelis. Išradimo esmė - speciali fantomo konstrukcija ir veikimo bei gamybos būdas. Skirtingai nuo kitų žinomų radioterapijoje naudojamų paciento galvos fantomų, šiame išradime įgyvendinti tokie esminiai patobulinimai:

- homogeniškas fantomo vidinės struktūros ir ertmių užpildymas jonizuojančiai spinduliuotei jautriu polimeriniu geliu;
- unikalių parametrų žandikaulio bei dantų modeliai montuojami į žmogaus galvos parametrus atitinkantį išorinį fantomo korpusą ir visas korpuso tūris užpildomas geliu, kuris nesudaro sąlygų atsirasti tuščioms ertmėms;
- apšvitos dozių pasiskirstymas galvos apatinės dalies fantomo srityje registruojamas ir atvaizduojamas, fantome įmontavus paciento žandikaulio ir dantų modelį, pagamintą trimačio (3D) spausdinimo būdu pagal to individualaus paciento žandikaulio ir dantų parametrus, gautus kompiuterinio tomografo tyrimo metu.

Apšvitos dozių vizualizavimo ir verifikavimo sistema simuliuoja parengtą išorinės spindulinės terapijos gydymo planą, atkartodama konkretaus paciento galvos, žandikaulio ir dantų geometrinius parametrus. Panaudojus individualius paciento tyrimo kompiuteriniu tomografu vaizdus, kitame žingsnyje atkuriamas atitinkamos formos galvos geometrija, žandikaulis ir dantys. Trimačio (3D) spausdinimo būdu pagaminti paciento žandikaulio ir dantų 3D modeliai įdedami į galvos geometriją atitinkantį 3D pagamintą išorinį korpusą, ir pritvirtinami jo viduje.

Likusios tuščios fantomo korpuse ertmės užpildomos spinduliuotei jautriu polimerizuojamuoju geliu. Paveikus jonizuojančiąja spinduliuote (fotonais), šis gelis polimerizuojasi ir atitinkamai atvaizduoja jonizuojančios spinduliuotės dozių pasiskirstymą apatinėje galvos fantomo su įmontuotu žandikauliu srityje.

Kiekvienam pacientui individualiai paruoštas gydymo planas yra simuliuojamas su šiam pacientui individualiai pagaminta dozių vizualizacijos sistema - jo galvos fantomu. Po atliktos pagal gydymo planą apšvitos, t. y., gydymo plano simuliacijos, paciento galvos fantomas užpildytas jau polimerizuotu geliu toliau skenuojamas magnetinio rezonanso įrenginiu arba ultragarsinio tyrimo įrenginiu ir sudaromas trimatis gautų spinduliuotės dozių pasiskirstymo vaizdas bei įvertinamos

dozes. Gauta 3D apšvitos vizualizacija toliau naudojama tikslinti gydymo planą. Tam pačiam pacientui naudojamas tas pats (jo galvos) fantomas, o polimerizuojamas gelis fantomo viduje keičiamas nauju prieš kiekvieną gydymo plano simuliaciją (suplanuotą apšvitą). Tiksliam gydymo planui parengti gali būti atliekama daugiau nei viena jo simuliacija.

BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Priedamos schemos ir brėžiniai yra išradimo aprašymo sudedamoji dalis ir pateikti kaip nuoroda į galimą išradimo įgyvendinimą, bet neturi riboti išradimo apimtį. Brėžiniai ir schemos nebūtinai atitinka išradimo detalių mastelį. Detalės, kurios nėra būtinos aiškinant išradimo veikimą ir neturi ryšio, nėra pateikiamos.

Pav. 1 a-d Paciento galvos fantomas, skirtas spindulinės terapijos metu gaunamų apšvitos dozių simuliacijai: a) šoninis išorinis fantomo korpuso vaizdas (pavaizduota apatinė fantomo korpuso dalis); b) fantomo korpuso horizontalaus pjūvio vaizdas iš viršaus, vaizde matyti į korpusą įdėtas apatinio žandikaulio modelis su dantų modeliais; c) fantomo korpuso pjūvio trimačio vaizdo ir korpuse esančio žandikaulio modelio atvaizdavimas kompiuterinės vizualizacijos programoje; d) fantomo horizontalus skersinis pjūvis.

Pav. 2 a-c Paciento galvos apatinės dalies tikslaus fantomo trimatis vaizdas, a) iš priekio, b) iš viršaus, c) iš viršaus, ir vaizde parodytas apatinio žandikaulio modelis bei jo tvirtinimo išoriniame korpuse laikiklis.

BRĖŽINIAI - pažymėtų objektų aprašymas

- 1 - Fantomas skirtas spindulinės terapijos procedūros simuliacijai;
- 2 - Fantomo išorinis korpusas, atitinkantis individualaus paciento galvos išorinę geometrinę formą;
- 3 - Apatinio žandikaulio modelis, atitinkantis individualaus paciento apatinio žandikaulio geometrinę formą;
- 4 - Dantų modeliai, atitinkantys individualaus paciento dantų geometrinę formą ir sudėtinės medžiagos;
- 5 - Spinduliuotei jautrus polimerizuojamas gelis, užpildantis visa vidinę fantomo korpuso ertmę, nepaliekant tuščių ertmių su oru;

6 - Laikiklis, skirtas tvirtinti apatinio žandikaulio modelį fantomo korpuse.

DETALUS IŠRADIMO IR JO ĮGYVENDINIMO VARIANTŲ APRAŠYMAS

Išradimas apibūdinamas kaip žmogaus galvos apatinę dalį su žandikauliu geometriją atkartojantis fantomas, sudarytas iš tuščiavidurio išorinio galvos formos korpuso pagaminto 3D spausdinimo būdu bei trimačio (3D) spausdinimo būdu pagamintų individualių geometrinių parametrų žandikaulio ir dantų modelių, kurie tvirtinami galvos korpuso viduje moduliniu būdu. Minėtų objektų trimatis spausdinimas atliekamas ekstruzijos nusodinimo būdu iš PLA ir PETG termoplastikų. Apatinio žandikaulio modulyje gali būti paciento dantų implantus atkartojančios detalės, pagamintos iš dantų implantų keramikos.

Medžiagos, kurios 3D-spausdinimo būdu gali būti naudojamos gaminti spindulinio gydymo testavimui ir simuliacijai skirtus paciento galvos fantomas, savo jautrumo radiacijai savybėmis artimus paciento galvos savybėms, išsamiau yra aprašytos šaltinyje "Investigation of X-Ray Attenuation Properties in 3D Printing Materials Used for Development of Head and Neck Phantom" INTER-ACADEMIA 2018: Recent Advances in Technology Research and Education, pp. 137-143.

Fantomas sudarytas iš paciento galvos apatinės dalies formą imituojančio išorinio korpuso, spausdinamų žandikaulio ir dantų, laikiklių 6 pozicijuojančių žandikaulio modulį galvos korpuse.

Žmogaus galvą imituojantis išorinis korpusas (galvos modelis) pagamintas iš PLA ir PETG termoplastikų 1:1 santykiu pagal individualų kiekvieno paciento galvos dydį, rekonstruotą iš kompiuterinės tomografijos vaizdų. Pradedant nuo 200×200 mm, bet beapsiribojant šiuo dydžiu. Išorinio korpuso dydis (ir forma) individualus kiekvienam pacientui.

Individualių geometrinių parametrų apatinio žandikaulio modelis gaminamas 3D spausdinimo būdu iš PLA ir PETG termoplastikų 1:1 santykiu, pagal kiekvieno paciento žandikaulio individualų dydį ir formą, rekonstruotą iš paciento kompiuterinės tomografijos vaizdų. Pradedant nuo 180×180 mm, bet neapsiribojant šiuo dydžiu. Modelio dydis yra individualus kiekvienam pacientui.

Individualių geometrinių parametrų dantų modeliai gaminami 3D-spausdinimo būdu 1:1 santykiu pagal kiekvieno paciento individualų jo dantų dydį,

formą ir medžiagą (jei dantys plombuoti, sutvirtinti, su vainikėliais, kabėmis ir pan.). Gaminami iš PLA ir PETG termoplastikų 3D spausdinimo būdu, taip pat dantų implantų keramikos, taip pat dantų modeliuose gali būti naudojami metalai ir kitos medžiagos, taikomos odontologijoje rekonstruojant dantis. Dantų modelių dydžiai gali būti nuo 10×10 mm, tačiau neapsiribojama šiuo dydžiu.

3D ekstruzijos nusodinimo būdu atspausdinami laikikliai 6, pozicionuojantys žandikaulio modulį 3 galvos korpuse 2. Dantų modeliai 4 pozicionuojami ir pritvirtinami prie žandikaulio modulio 3 ant jame suformuotų tam skirtų laikiklių 6.

Išorinis galvos fantomo korpusas 2, jame įtvirtinus žandikaulio modulį 3, pripildomas polimerizuojamuoju geliu 5, kuriame dėl apšvitos įvykusi polimerizacija atvaizduoja dozių pasiskirstymą fantomo 1 visame tūryje.

Polimerizuojamąjį hidrogelį, nPAG, 5 sudaro akrilamido ir bis-akrilamido mišinys, ištirpintas želatinos vandeniniame tirpale. yra sudarytas poliakrilamido gelio (nPAG) pagrindu.

Šis išradimas yra dozių, tenkančių apatinei galvos daliai su žandikauliu, spindulinės terapijos metu vizualizacijos sistema (fantomas) ir jos gamybos būdas. Fantomas yra taip suprojektuotas ir gaminamas iš tokių medžiagų, kad jį būtų galima efektyviai pagaminti individualiai kiekvienam pacientui, panaudojant trimačio (3D) spausdinimo technologijas.

Tinkamiausiame išradimo variante fantomas yra sudarytas iš išorinio korpuso 2, kuriame yra talpinamos vidinės struktūros: žandikaulio modelis 3 su dantų modeliais 4, kurie gali būti skirtingi kiekvienam dantui, jei dantyse yra metalinės plombos, vainikėliai, implantai ir pan. Fantomo korpusas 2 pripildomas polimerizuojamuoju hidrogeliu 5. Toks fantomo 1 dizainas leidžia tiksliai vizualizuoti ir verifikuoti apšvitos dozes, tenkančias paciento galvos ir (arba) kaklo sritims išorinės radioterapijos metu.

Tinkamiausiame išradimo variante išorinio korpuso 2 pagrindiniai geometriniai parametrai yra skersmuo, aukštis, individuali forma. Skersmuo gali varijuoti pradedant nuo 200×200 mm ir iki dydžio, kuris gali būti realus individualaus paciento galvos skersmuo.

Tinkamiausiame išradimo variante žandikaulio modelio 3 dydis gali būti

pradedant nuo 180×180 mm, tačiau naudojamas nebūtinai tik šis dydis: modelio dydis gali būti individualus ir atkartojamas 1:1 kiekvienam pacientui. Dantų modelių 4 dydžiai gali būti nuo 10×10 mm, tačiau nebūtinai apsiribojama šiuo dydžiu ir dantys modeliuojami individualiai pacientui ir kiekvienam jo dančiui pagal jo dydį ir medžiagas.

Pacientui individualūs 3D-spausdinti fantomai gaminami naudojant įvairių technologijų ir paciento audiniams lygiavertes 3D-spausdinimo medžiagas. 3D-spausdinimo medžiagos, turinčios fizines ir spinduliuotės slopinimo savybes, artimas žmogaus galvos anatominių struktūrų ir (arba) audinių atitinkamoms savybėms, yra pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. 3D-spausdinimo medžiagų ir atitinkamų biologinių audinių masių tankiai

Kūno audinys	q, g/cm ³	3D-spausdinimo medžiaga	q, g/cm ³
Raumuo	1.04	Polistirenas (HIPS)	1.04-1.05
Smegenys	1.05	Akrilnitrilo butadieno stirenas (ABS)	1.06-1.08
Kaulas	1.92	Politetrafluoretilenas (PTFE)	2.12-2.19
Skydliaukė	1.05	Polilaktinė rūgštis (PLA)	1.06-1.43
Dantys	2.20	Politetrafluoretilenas (PTFE)	2.12-2.19
Oda	1.09	Polilaktinė rūgštis (PLA)	1.06-1.46

Taip pat, 3D-spausdinimo medžiagų ir galvos audinių savybių atitikimas (lygiavertiškumas) vertinamas pagal spinduliuotės slopinimą spinduliuotės energijų diapazone nuo 1,0 iki 10,0 MeV.

Neseniai sukurta ir patentuota 3D-spausdinimo medžiaga iš poli-tetra-fluor-etileno (PTFE), leidžianti pagaminti labiau realistiškus kaulų ir dantų modelius 3D-spausdintuose fantomuose. Dantų audiniui modeliuoti taip pat naudojamas Akrilnitrilo

butadieno stirenas (ABS) su 60% W užpildymu.

Kadangi kaulo ir danties audinius atitinkančios 3D-spausdinimo medžiagos dar komerciškai neprieinamos, todėl tenka rinktis iš kitų fantomams spausdinti tinkamų medžiagų (HIPS, ABS ir PLA). Šiuo tikslu įvertintos medžiagų rentgeno slopinimo savybės naudojant XCOM duomenų bazę. Įvertinus medžiagų masės tankio skirtumus (1 lentelė), HIPS parodė geriausią masės ir slopinimo atitikimą kaulų audiniui spinduliuotės energijų diapazone nuo 1,0 iki 10,0 MeV. Ši medžiaga pasirinkta 3D būdu spausdinant kaulinį ir dantų audinį pacientų individualizuotuose fantomuose.

Pagrindiniai fantomų 3D-spausdinimo technologijos pasirinkimo kriterijai yra 3D-spausdinimo medžiagų įvairovė ir pakankami spausdinamų objektų dydžiai/išmatavimai. Pacientui individualizuotų 3D fantomų gamybai pasirinktas 3D-spausdintuvas Zortrax M300, leidžiantis spausdinti pakankamai didelių gabaritų objektus (300 × 300 × 300 mm) bei panaudota Fused Deposition Modeling (FDM) technologija.

Išradimo įgyvendinimo etapuose 3D būdu gali būti spausdinamas ne tik paciento galvos, bet ir tam tikros jos anatomicinės srities fantomas, pavyzdžiui, gaminamas apatinio žandikaulio 3D-modelis su kartu dantų modeliais, kuris talpinamas į uždarą tūrį (pavyzdžiui, korpusą 2), po to tūris užpildomas polimerizuojamu geliu ir toks fantomas naudojamas atlikti apšvitos dozės matavimus.

Dar kituose išradimo įgyvendinimo variantuose fantomo dantų modeliai 4 gali būti padengiami metalo sluoksniu - taip fantome imituojami metaliniai/metalo keraminiai vainikėliai.

Fantomo paruošimas. Tinkamiausiame išradimo variante būdas pagaminti fantomo sistemą 1 apima mažiausiai šiuos žingsnius:

- a. Fantomo korpusas 2, atitinkantis paciento galvos apatinės dalies geometriją, rekonstruotą iš individo kompiuterinės tomografijos vaizdų, sukuriamas panaudojus modeliavimui pritaikytą kompiuterinę programą, leidžiančią konvertuoti DICOM vaizdus į 3D printeriui charakteringą algoritmą;

- b. Pacientui individualūs žandikaulio modelis (3) ir dantų modeliai (4) sukuriami panaudojus branduolių magnetinio rezonanso metodu gautus trimačius

vaizdus (DICOM failuose);

c. Fantomo sudedamosios dalys (korpusas 2, žandikaulio modelis 3 ir dantų modeliai) pagaminami naudojant trimačio spausdinimo technologiją;

d. Žandikaulio modelis 3 ir dantų modeliai 4 įtvirtinami korpuso 2 viduje;

e. Korpuso 2 vidus užpildomas hidrogeliu 5, nepaliekant tuščių ertmių.

Fantomo naudojimas. Tinkamiausiame išradimo variante fantomas 1

naudojamas mažiausiai šiais žingsniais:

a. Pagal parengtą išorinės spindulinės terapijos planą atliekama fantomo 1 apšvita jonizuojančia spinduliuote (sukeliant spinduliuotei jautraus gelio 5 polimerizaciją fantomo viduje);

b. Magnetinio rezonanso ir (arba) ultragarsinio skenavimo būdu jau polimerizuotu geliu užpildytas fantomas 1 yra skenuojamas ir sudaromi jo 3D vaizdai;

c. Fantomo su polimerizuotu geliu 3D vaizdai naudojami švitinimo įrangos standartine dozių planavimo sistema sukurtų dozių planų verifikavimui;

d. Naujai to paties paciento apšvitos dozių simuliacijai atlikti, to paties fantomo korpuso 2 viduje esantis polimerizuotas gelis 5 keičiamas nauju spinduliuotei jautriu geliu.

APIBRĖŽTIS

1. Išorinės spindulinės terapijos procedūrai simuliuoti naudojamas paciento galvos fantomas (1), sudarytas iš tuščiavidurio žmogaus galvos apatinės dalies formos korpuso (2) su viduje esančiomis struktūromis, užpildytas spindulinei apšvitai jautriu polimerizuojamu geliu (5), skirtas registruoti simuliacijos metu taikytų dozių pasiskirstymą turįje besiskiriantis tuo, kad

- fantomo korpuso (2) parametrai atitinka paciento galvos individualią geometrinę formą, o paciento individualių parametrų žandikaulio (3) ir dantų (4) modeliai pritvirtinami fantomo korpuso (2) viduje;

- fantomo korpuso (2) su viduje esančiomis struktūromis turis yra homogeniškai užpildytas jonizuojančiai spinduliutei jautriu geliu (5), nepaliekant korpuso (2) viduje tuščių ertmių.

2. Fantomas pagal 1, besiskiriantis tuo, kad medžiagos, skirtos gaminti pacientui individualų fantomą ir jo komponentus yra medžiagos, tinkamos gaminti trimačio (3D) spausdinimo būdu.

3. Fantomas pagal 1 -2 punktus, besiskiriantis tuo, kad fantomo korpusas (2) yra gaminamas iš PLA ir PETG termoplastikų.

4. Fantomas pagal 1 -2 punktus, besiskiriantis tuo, kad žandikaulio modelis (3) yra gaminamas iš PLA ir PETG termoplastikų.

5. Fantomas pagal 1-2 punktus, besiskiriantis tuo, kad dantų modeliai (4) gaminami iš PLA ir PETG termoplastikų, dantų implantų keramikos ir bet kitų medžiagų, skirtų dantų protezams, implantams ir plomboms.

6. Fantomas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad apšvitai jautrus polimerizuojamas gelis (5), kuriuo užpildomas fantomo korpuso (2) vidus, yra poliakrilamido gelis (nPAG).

7. Fantomo pagal 1 punktą gamybos būdas, besiskiriantis tuo, kad fantomas (1) gaminamas individualiai kiekvienam pacientui, ir apima mažiausiai šiuos etapus:

- a. Magnetinio rezonanso ir (arba) kompiuterinio tomografo būdu skenuojami

paciento galvos ir kaklo 3D vaizdai;

b. Pagal trimačius vaizdus, 3D-spausdinimo būdu gaminami: fantomo korpusas (galvos apatinės dalies modelis) (2), žandikaulio modelis (3) ir dantų modeliai (4);

c. Žandikaulio modelis (3) ir dantų modeliai (4) pritvirtinami fantomo korpuso (2) viduje.

8. Fantomo pagal 1 punktą naudojimo išorinės spindulinės terapijos dozėms simuliuoti būdas, besiskiriantis tuo, kad apima mažiausiai šiuos žingsnius:

e. Fantomo korpuso (2) su viduje esančiomis struktūromis turis homogeniškai užpildomi jonizuojančiai spinduliuotei jautriu geliu (5), nepaliekant tuščių ertmių;

f. Pagal parengtą išorinės spindulinės terapijos planą atliekama fantomo (1) apšvita jonizuojančia spinduliuote (sukeliant spinduliuotei jautraus gelio (5) polimerizaciją fantomo viduje);

g. Branduolių magnetinio rezonanso ir (arba) ultragarsinio skenavimo būdu skenuojamas fantomas (1) ir sudaromi fantomo bei jautraus gelio su įvykusia polimerizacija 3D vaizdai;

h. Fantomo su polimerizuoto geliu 3D vaizdai naudojami 3D dozių verifikacijai spindulinės terapijos procedūrų metu;

i. Naujai to paties paciento spindulinės terapijos procedūros simuliacijai atlikti, fantomo korpuso (2) viduje esantis polimerizuotas gelis (5) keičiamas nauju spinduliuotei jautriu geliu



