

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 20002018 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 20002018

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
A61B 6/14

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date 13.09.2000

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 13.09.2000

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 15.03.2001

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 14.06.2019

(32) (33) (31) Etuoiikeus - Prioritet - Priority

14.09.1999 KR 99-39328P

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • 10DR Co., Ltd., Genoa Building, 839-13, Yoksam-dong, Kangnam-gu, Seoul, KOREAN TASAVALTA, (KR)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Lee, Heu-yeon, Seoul, KOREAN TASAVALTA, (KR)

2 • Lee, Chan-kyung, Seoul, KOREAN TASAVALTA, (KR)

3 • Kong, Chang-hwan, Seoul, KOREAN TASAVALTA, (KR)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Menetelmä hammaskuoppaan liittyvän hermoalueen tunnistamiseksi alaleukaluun kuvassa

Förfarande för identifiering av ett alveolart nervområde i en bild av ett underkäksben

(57) Tiivistelmä - Sammandrag - Abstract

Menetelmä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta hammasimplantoinnin suorittamiseksi. Menetelmä sisältää sen, että (a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksiulotteisiin viipalekuviin; (b) havaitaan yhdestä viipalekuviin kuuluvista kuvista alaleuka-alueen vastaava binäärinen kuvakohte; (c) ryhmitellään alaleuka-alueen binäärisen kuvakohteen kuvapistet klustereihin, jotka kukin sisältävät intensiteettitään samanlaisia kuvapisteitä; (d) määritetään klusterit, jotka sisältävät ennakolta määrättyä kuvapisteen minimimäärää suuremman määrän kuvapisteitä, ja määritetään pienimmäksi merkittävä klusteri, jolla on klusterien joukossa pienin kuvapisteen intensiteettijakautuma; (e) koostetaan uusi binäärinen kuva, joka sisältää kuvapisteitä, jotka kuuluvat sekä alaleuka-alueeseen että klustereihin, joiden intensiteettijakautuma on pienempi kuin pienimmäksi merkityn klusterin intensiteettijakautuma, ehdolla olevan hermokohteen poimimiseksi esiin; ja (f) määritetään, vastaako ehdolla oleva hermokohte todellista hammaskuoppahermoaluetta. Tästä syystä menetelmä antaa hammaslääkärille mahdollisuuden havaita tarkasti hammaskuoppahermoalueen asema automatisoidusti implantoinnin aikana. Kuvio 4A

Förfarandet för identifiering av alveolnervområdet i underkäkbild utsatt för tandimplantering. Förfarandet innehåller: (a) skivning av en 3-dimensionen underkäkbild till flera 2-dimensionella skivbilder; (b) upptäckning av ett binärt objekt motsvarande ett underkäkområde från en av skivbilderna; gruppering av pixlar av det binära objektet av underkäkområdet till klustrar var och en innehållande pixlar av samma intensitet; (d) bestämning av klustrar, vilka innehåller en större mängd av pixlar än ett förutbestämt minimaltantal av pixlar och bestämning av en kluster bärande en minimalmärkning innehållande den lägsta intensitetsfördelningen av pixlar mellan klustrar; (e) sammanställning av en ny binärbild innehållande pixlar som hör både till underkäkområdet och till klustrar innehållande en intensitetsfördelning, som är lägre än i klustern bärande en minimalmärkning, för att plocka fram en nervobjekt kandidat; och bestämning om nervobjekt kandidaten motsvarar ett rejelt alveolnervområde. Sålunda är det möjligt för tandläkaren att upptäcka genom användning av förfarandet den exakta positionen av alveolnervområdet under implantering på automatiserat sätt.

Menetelmä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta – Förfarandet för identifiering av tandhålnervområdet i underkäkbild

Keksinnön tausta

5 1. Keksinnön ala

Esillä oleva keksintö liittyy menetelmään hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta hammasimplantoinnin aikana, ja tarkemmin sanottuna automatisoituun tai puoliautomatisoituun menetelmään hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta, joka on saatu tietokonetomografiaa (CT) käyttäen.

10 2. Tekniikan tason kuvaus

Vaurioituneiden hampaiden korvaaminen hammasproteesin asettamiseksi tehtävällä leikkauksella on yleistynyt tapauksissa, joissa hampaat ovat vaurioituneet niin vakavasti, ettei paikkaaminen tule kysymykseen. Tällaisen leikkauksen kyseessä ollessa leukaluuhun on asetettava kiinnikeruuvi hammasproteesin tukemiseksi.

- 15 Kuviot 1A – 1G kuvaavat implantoinnin kutakin vaihetta. Tapauksessa, jossa hammas poistetaan vaurion johdosta kuviossa 1A esitetyllä tavalla, asetetaan hammasproteesi vauriokohtaan yksityiskohtaisesti seuraavalla tavalla. Vauriokohdassa oleva ien leikataan auki kuvan 1B mukaisesti, kiinnikeruuvien upottamiskohta muotoillaan poraamalla reiäksi, kuten kuviossa 1C on esitetty, ja kiinnikeruuvi asetetaan reikään
- 20 kuviossa 1D esitetyllä tavalla. Tämän jälkeen implantointikohta jätetään rauhaan, jotta kiinnikeruuvien on mahdollista kiinnittyä tukevasti leukaluuhun ja uuden kudoksen mahdollista peittää kiinnikeruuvi, kuten kuviossa 1E on esitetty. Kun kiinnikeruuvi on kiinnittynyt tukevasti leukaluuhun, poistetaan implantointikohdan päällä oleva ien kuviossa 1F esitetyllä tavalla, minkä jälkeen hammasproteesi kiinnitetään kiinnikeruuviin.
- 25

- Jos hammaslääkäri ei kuitenkaan onnistu upottamaan kiinnikeruuvia sopivaan kohtaan oikeaan suuntaan edellä olevan leikkauksen aikana, niin kiinnikeruuvi ei kykene tukemaan hammasproteesia tyydyttävästi tai huonosti asetettu kiinnikeruuvi voi osua hammaskuoppahermoihin, mikä saa aikaan kasvojen halvaantumisen. Siten
- 30 tärkein vaihe implantoinnissa on määrittää tarkasti leukaluun tiheys halutun implantointikohdan läheisyydessä. On erityisesti vältettävä kiinnikeruuvien tuomista kosketukseen pienitiheyksisen alueen kanssa ja sen osumista leukaluussa sijaitseviin her-

moihin. On siten tärkeää, että hammaslääkäri tutkii tarkoin hermojen sijainnin halutun implantointikohdan läheisyydessä.

- Implantoinnin onnistuminen riippuu siitä, miten tarkat tiedot hammaslääkäri saa potilaan leukaluun tiheydestä. Edistynein nykyisistä menetelmistä, jolla leukaluun tiheys on tarkasti määritettävissä, on tietokonetomografia (CT). CT tarkoittaa koh-
- 5 teen lukemista monessa suunnassa kohteen kolmiulotteisen kuvan aikaansaamiseksi. Hammasleikkausta suoritettaessa luetaan CT-luvun aikana joko yläleuka tai alaleuka tyypillisesti 1,0 mm askelin, mikä tuottaa noin 45 viipalekuvaa.

- Kuvio 2 esittää CT:n avulla saatua alaleukakuvaa. Kuten kuviossa 2 esitetään, tuot-
- 10 taa CT-luku ja tietokonesimulaatiomenetelmä hammaslääkärille runsaasti tietoa alaleuasta. Hammaslääkärin ei ole kuitenkaan helppoa tunnistaa CT-kuvista hermojen sijaintia suoraan ja täsmällisesti.

Keksinnön yhteenveto

- Edellä olevien ongelmien ratkaisemiseksi on esillä olevan keksinnön tavoitteena
- 15 saada aikaan automatisoitu menetelmä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta, joka on saatu tietokonetomografialla (CT).

Esillä olevan keksinnön toinen tavoite on saada aikaan menetelmä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi CT:n avulla saadusta alaleukakuvasta käyttäen CT-viipaleessa sijaitsevaa siemenpistettä.

- 20 Esillä olevan keksinnön eräs tavoite on lisäksi saada aikaan hammaskuoppahermon tunnistamismenetelmiin soveltuvia tietokoneella luettavissa olevia tietovälineitä.

- Esillä olevan keksinnön erään näkökohdan mukaiselle menetelmälle hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta on tunnusomaista se, että menetelmä käsittää vaiheet: (a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksi-
- 25 ulotteisiin viipalekuviin; (b) havaitaan yhdestä viipalekuviin kuuluvasta kuvasta alaleuka-alueen vastaava binäärinen kuvakohte; (c) ryhmitellään alaleuka-alueen binäärisen kuvakohteen kuvapisteen klustereihin, jotka kukin sisältävät intensiteetiltään samanlaisia kuvapisteitä; (d) määritetään klusterit, jotka sisältävät ennakolta määrättyä kuvapisteen minimimäärää suuremman määrän kuvapisteitä, ja
- 30 määritetään minimiklusteriksi merkittävä klusteri, jonka kuvapisteen intensiteettijakautuma klusterien joukossa on pienin; (e) koostetaan uusi binäärinen kuva, joka sisältää sekä alaleuka-alueeseen että sellaisiin klustereihin kuuluvia kuvapisteitä, joiden intensiteettijakautuma on pienempi kuin minimiklusteriksi merkityillä kluste-

rilla, ehdolla olevan hermokohteen erottamiseksi; ja (f) määritetään, vastaako ehdolla oleva hermokohde todellista hammaskuoppahermoaluetta.

Hammaskuoppahermoalueen tunnistamismenetelmä voi lisäksi käsittää todellista hammaskuoppahermoaluetta vastaavien ehdolla olevien hermokohteiden määrittämisen kaikkien viipalekuvien osalta ja kaikkien viipalekuvien koostamisen alaleukakuvaksi, minkä tarkoituksena on tuottaa alaleukakuvan täydellinen hammaskuoppahermoalue ehdolla olevia hermokohteita käyttäen. Tämä menetelmä voi myös lisäksi käsittää sen, että viipaleesta S_i määritettyä hammaskuoppahermoaluetta kasvattamalla tunnistetaan ennen viipalekuvaa S_i tai tämän jälkeen sijaitsevan viereisen viipalekuvan S_{i-1} tai S_{i+1} hammaskuoppahermoalue.

Vaihe (f) käsittää edullisesti sen, että: (f1) suoritetaan ehdolla olevalle hermokohteelle dialaatio-operaatio tämän ulkoreuna-alueen erottamiseksi; (f2) verrataan ulkoreuna-alueeseen kuuluvien kuvapisteen intensiteettiä ulkoreuna-alueen ympäröimien sisempien kuvapisteen intensiteettiin; ja (f3) määritetään uudeksi ehdolla olevaksi hermokohteeksi kohde, joka sisältää ulkoreuna-alueen, jonka kuvapisteen intensiteetti ylittää sisempien kuvapisteen intensiteetin. Vaihtoehtoisesti vaihe (f) voi käsittää sen, että: (f1) lasketaan ehdolla olevaan hermokohteeseen kuuluvien kuvapisteen lukumäärä N_1 ; (f2) lasketaan ehdolla olevan hermokohteen painopiste; (f3) suoritetaan ehdolla olevalle hermokohteelle siemenpisteenä käytettävästä painopisteestä alkaen alueen kasvattamisoperaatio kasvatetun hermokohteen muodostamiseksi; (f4) lasketaan kasvatetun hermokohteen kuvapisteen lukumäärä N_2 ; ja (f5) verrataan N_1 :tä ja N_2 :ta toisiinsa, ja jos N_2 on ennakolta määrätyn luvun tai tätä suuremman luvun verran N_1 :tä suurempi, niin ehdolla oleva hermokohde poistetaan. Vielä yhdessä suoritusmuodossa vaihe (f) voi käsittää sen, että: (f1) lasketaan painopiste viipalekuvan alaleuka-alueeseen kuuluvista kaikista kuvapisteistä; (f2) määritetään alaleuka-alueen ylin ja alin kuvapiste, ja lasketaan ylimmän ja alimman kuvapisteen puoliväli; (f3) määritetään, sijaitseeko painopiste lähellä puoliväliä; ja (f4) jos painopiste sijaitsee lähellä puoliväliä, niin määritetään puolivälin yläpuolella ja lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde, tai tämän alapuolella ja lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde, todelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi, ja jos painopiste ei sijaitse lähellä puoliväliä, määritetään lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde hammaskuoppahermoalueeksi.

Esillä olevan keksinnön erään toisen näkökohdan mukaiselle menetelmälle hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta on tunnusomaista se, että menetelmä käsittää vaiheet: (a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin

- kaksiulotteisiin viipalekuviin, ja valitaan yksi viipalekuvista; (b) näytetään valitun viipalekuvan ehdolla olevat hermokuvapisteen yhden ehdolla olevista hermokuvapisteen ollessa valittuna siemenpisteeksi, jota käytetään viipalekuvan hammaskuoppahermoalueen tunnistamisessa; (c) käyttäjä määrittää ehdolla olevien hermokuvapisteen joukosta siemenpisteen; ja (d) verrataan siemenpisteen intensiteettiä vieressä olevien kuvapisteen intensiteettiin, ja käytetään viipalekuvaan alueen kasvattamismenetelmää perustuen siihen, onko verrattavien intensiteettien välinen ero ennakolta määrättyjen virherajojen sisällä, viipalekuvan hammaskuoppahermoaluetta vastaavien kuvapisteen havaitsemiseksi.
- 5
- 10 Hammaskuoppahermon tunnistusmenetelmä käsittää lisäksi edullisesti sen, että viipalekuvasta S_i määritettyä hammaskuoppahermoaluetta kasvattamalla tunnistetaan hammaskuoppahermoalue ennen viipalekuvaa S_i tai tämän jälkeen sijaitsevaa viereisestä viipalekuvaa S_{i-1} tai S_{i+1} varten. Menetelmä voi myös käsittää sen, että kullekin viipalekuvalla suoritetaan vaiheet (a) – (d) hammaskuoppahermoalueiden
- 15 havaitsemiseksi, ja kaikki viipalekuvat kootaan alaleukakuvaksi alaleukakuvan täydellisen hammaskuoppahermoalueen esiin tuomiseksi kaikkia havaittuja hammaskuoppa-alueita käyttäen.

Piirrosten lyhyt selitys

- Esillä olevan keksinnön edellä olevat tavoitteet ja edulliset piirteet selviävät paremmin kuvaamalla yksityiskohtaisesti sen edullisia suoritusmuotoja käyttäen apuna keksintöön liitettyjä piirroksia, joissa:
- 20

Kuviot 1A – 1G kuvaavat hampaan implantoinnin kutakin vaihetta;

Kuvio 2 esittää kolmiulotteista alaleukakuvaa, joka on saatu tietokonetomografialla (CT);

- 25 Kuviot 3A ja 3B ovat kaavioita, jotka kuvaavat viipaleiden tuottamistekniikkaa alaleuan kolmiulotteisesta CT-kuvasta, jota tekniikkaa käytetään hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen CT-kuvasta esillä olevan keksinnön mukaisesti;

- Kuviot 4A – 4D ovat vuokaavioita, jotka kuvaavat menetelmää hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleuan CT-viipalekuvasta esillä olevan keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisesti;
- 30

Kuviot 5A – 5I kuvaavat kuvioiden 4A – 4D mukaisessa menetelmässä käytettävistä vaiheista peräisin olevia CT-viipaleita esittäviä kuvia;

Kuvio 6 on vuokaavio, joka kuvaa esillä olevan keksinnön mukaista alaleuan CT-kuvan hammaskuoppahermoalueen tunnistamismenetelmän toista suoritustapaa;

Kuviot 7A – 7E kuvaavat kuvion 6 mukaisen menetelmän sisältämistä vaiheista peräisin olevia CT-viipaleita esittäviä kuvia;

- 5 Kuvio 8 kuvaa tilannetta, jossa virtuaalinen kiinnikeruuvi-implantti asetetaan alaleukakuvan implantointikohtaan.

Keksinnön yksityiskohtainen selitys

- 10 Esillä olevassa keksinnössä alaleuka-alue erotetaan CT-viipaleissa alueen intensiteettijakautuman perusteella ja alaleuka-alueesta poimitaan esiin ehdolla olevat hermoalueet, joiden katsotaan olevaan todellisia alaleuan hammaskuoppahermoja. Tämän jälkeen ehdolla oleville hermoalueille suoritetaan sarja peräkkäisiä kuvankäsittelytoimenpiteitä sellaisten ehdolla olevien hammaskuoppahermoalueiden poistamiseksi, joiden mahdollisuudet olla todellisia hammaskuoppahermoja ovat pienet. Käytettyjä kuvankäsittelytoimenpiteiden sarjoja ovat kuvankäsittelyalgoritmit, joita
- 15 ovat morfologiset operaatiot, kontrastin lisääminen, K-means-klusterointi ja alueen kasvattaminen. Lopullinen tulokset saatu kuva esitetään binäärisenä kuvana, joka kuvaa tunnistetun hammaskuoppahermoalueen muotoa, kokoa ja sijaintia.

- Kaikkialla seuraavissa suoritustapaoissa käytetyt termit määritellään seuraavasti. Termi ”kohde” tarkoittaa avaruudellisesti toistensa vieressä sijaitsevien tai toisiinsa
- 20 kytkeytyvien binääristen kuvapisteen ryhmää. Termi ”ulkoreuna” tarkoittaa kohteen uloimpien binääristen kuvapisteen ryhmää, ja uloimmat binääriset kuvapisteen liittyvät toisiinsa ja ne muodostavat suljetun silmukan. Termi ”painopiste” tarkoittaa kohteen muodostavien kaikkien kuvapisteen sijainnin keskiarvoa. Termi ”klusteri” tarkoittaa sellaisten kuvapisteen ryhmää, joiden ominaisuudet ovat sa-
- 25 manlaiset, esimerkiksi joiden tiheys on samanlainen.

- Myös kuvankäsittely, jota on määrää soveltaa seuraavissa suoritustapaoissa, selitetään pääpiirteissään. Ensimmäiseksi ”morfologiset operaatiot” tarkoittavat matemaattista apuvälinettä, joka binäärisen kuvan kyseessä ollessa soveltuu kohde-
- 30 joukon muokkaukseen ja käsittelyyn ja joka sisältää dilaatio-, eroosio-, sulkemis- ja avaamisoperaatiot. Dilaatio-operaatio laajentaa alkuperäisen kuvan kirkkaita alueita ja supistaa tämän tummia alueita, joten kuva näyttää kokonaisuudessaan kirkkaammalta ja suuremmalta. Vastakohtana dilaatio-operaatiolle eroosio-operaatio laajentaa alkuperäisen kuvan tummia alueita ja supistaa tämän kirkkaita alueita, joten kuva näyttää kokonaisuudessaan tummemmalta ja pienemmältä. Dilaatio- eli

dialaatio-operaation aikaansaama alkuperäisen kuvan laajenemis- tai supistumisaste on suuruudeltaan erilainen rakenteelliseksi elementiksi nimitetyn operaattorin koon ja arvon mukaisesti. Avaamis- ja sulkemisoperaatiot suoritetaan dialaatio- ja eroosio-operaatioiden kombinaationa. Tässä avaamisoperaatio on tarkoitettu sellaisen alueen pehmentämiseen, jossa kirkkaus lisääntyy jyrkästi, kun taas sulkemisoperaatio on tarkoitettu sellaisen alueen pehmentämiseen, jossa kirkkaus laskee jyrkästi.

Toiseksi "kontrastin lisääminen" tarkoittaa kuvan lineaarista skaalausta kuvan intensiteetin asettamiseksi ennakolta määritettyjen maksimi- ja minimiarvojen väliin. Kolmanneksi "K-means-klusterointi" tarkoittaa käsiteltävänä olevan kuvan kuvapisteiden jakamista useisiin K-ryhmiin (klustereihin) intensiteetin samanlaisuuden mukaisesti. Yksityiskohtaisemmin tarkasteltuna käyttäjä määrittää K-klustereille K-mean-intensiteettiä, minkä jälkeen kuvan kukin kuvapiste osoitetaan siihen klusteriin, jonka intensiteetin keskiarvo on lähinnä kuvapisteen intensiteettiä. Kun tämä klusterointi on suoritettu kaikkien kuvapisteiden osalta, lasketaan kuhunkin klusteriin kuuluvien kuvapisteiden intensiteettien keskiarvo. Tämän jälkeen tulokset määritetään kunkin klusterin uudeksi intensiteettikeskiarvoksi. Tämän jälkeen kuvan kuvapisteet osoitetaan uudelleen niitä vastaaviin klustereihin klustereiden uuden intensiteettikeskiarvojen perusteella. Näitä toimenpidesarjoja iteroidaan siihen asti, että kunkin klusterin intensiteetin keskiarvo muuttuu merkityksettömän vähän.

Neljänneksi "alueen kasvattaminen" tarkoittaa sitä, että määritetään siemenkuvapiste kullekin klusterille ja ryhmitellään vastaavaan klusteriin ne vieressä sijaitsevat kuvapisteet, joiden intensiteetti on ennakolta määrätyn toleranssin rajoissa siemenkuvapisteen intensiteetin suhteen. Kunkin klusterin sisältämien kuvapisteiden intensiteetin keskiarvo lasketaan uudelleen ennakolta määrätyn pituisen ajan kuluttua umpeen ja kuvan kukin kuvapiste osoitetaan uudelleen sitä vastaavaan klusteriin intensiteettikeskiarvojen perusteella.

Kuviot 3A ja 3B ovat kaavioita, jotka kuvaavat tekniikkaa, jolla on tarkoitus saada aikaan viipaleita alaleuan kolmiulotteisesta CT-kuvasta ja jota käytetään hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen CT-kuvasta esillä olevan keksinnön mukaisesti.

Kuviota 3A tarkastellen alaleukakuva viipaloidaan alaleuan "leikkausten" muodostamiseksi selkärangan pituussuunnassa (alaleuan yläpäästä alapäähän kuviossa 3A esitetyllä tavalla), toisin sanoen viivoja A-A', B-B' ja C-C' pitkin. Tästä käytetään nimitystä leikkauskuva, jota tarkastellaan viipalekuvana nuolen 31 esittämästä suunnasta. Tässä kahden leikkauksen väli on tavallisesti riippuvainen CT-kuvan erotuskyvystä. Välin kaventuessa voidaan hammaskuoppahermoalueet havaita tar-

kemmin. Toimenpidesarjoja, joita kuvataan kuvioiden 4A - 4D avulla, on kuitenkin iteroitava niin monta kertaa kuin on viipaloitujen leikkausten lukumäärä, joten hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen tarvittava aika pitenee. Saadut leikkaukuvat otetaan käyttöön kuviossa 5A esitettynä "syötekuvana".

- 5 Kuvio 3B esittää tapausta, jossa alaleukakuva viipaloidaan alaleuan "leikkausten" aikaansaamiseksi kohtisuoraan katkoviivalla esitetyn alaleuan keskilinjan 38 suhteen, toisin sanoen viivoja A-A' ja B-B' pitkin. Tässä siitä käytetään nimitystä leikkauskuva, jota tarkastellaan viipalekuvana nuolien 35 tai 36 esittämistä suunnista. Hammaskuoppahermot sijaitsevat alaleuanluun keskiviivalla. Siten jos hammas-
- 10 kuoppahermoalueet tunnistetaan kustakin niistä leikkauksista, jotka on leikattu kuviossa 3B esitetyssä suunnassa, ja yhdistetään sitten täydelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi, voidaan saada tulos, joka on edullisempi kuin kuviossa 3A kuvatulla viipalointimenetelmällä saatu tulos. Vaikka hammaskuoppahermoalue tunnistetaan kuviossa 3A esitetyllä tavalla yhdensuuntaisesti tehdyistä leikkeistä,
- 15 jotka eivät sijaitse kohtisuoraan alaleuanluun keskilinjan suhteen, ei kuitenkaan havaita huomattavaa eroa eri viipalointimenetelmistä saatujen tulosten kesken, koska viipalointiväli on huomattavan kapea. Tästä syystä voidaan tehdä se johtopäätös, että alaleukakuvan viipalointi, sellaisena kuin tämä on esitetty kuviossa 3A, on yksinkertaisempaa verrattuna kuviossa 3B kuvattuun menetelmään.
- 20 Esillä olevassa suoritusmuodossa viipaloidaan CT:n avulla saatu kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksiulotteisiin viipaleisiin kuvioissa 3A tai 3B kuvatulla tavalla ja alaleuan hammaskuoppahermoalue tunnistetaan kustakin viipalekuvasta kuvioissa 4A - 4D kuvatulla menetelmällä. Hermoalue havaitaan ensin kustakin viipalekuvasta, minkä jälkeen kaikkien viipaleiden kuva yhdistetään alaleuan täydellisen hammaskuoppahermoalueen muodostamiseksi käyttäen viipalekuvien hermo-
- 25 alueita.

- Kuviot 4A - 4D ovat vuokaavioita, jotka kuvaavat menetelmää hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta esillä olevan keksinnön mukaisesti. Kuviot 5A - 5I kuvaavat kuvioissa 4A - 4D kuvatun menetelmän vaiheista saatuja
- 30 viipalekuvia.

Vaiheessa 41 muodostetaan CT:n avulla alaleukakuva, joka sitten viipaloidaan kaksiulotteisiksi viipaleiksi kuvioissa 3A tai 3B on kuvattu. Kuvio 5A esittää kuvaa yhdestä näistä viipaleista, josta kuvasta käytetään nimitystä "syötekuva". Viipaleen kunkin kuvapisteen intensiteetin arvo on arvojen 0 ja 2^N-1 välillä, jossa N on kunkin

kuvapisteen esittämiseen käytettyjen bittien lukumäärä. Jos $N = 16$, niin kuvapisteen maksimi-intensiteetti on 65 535.

CT-viipalekuvat sisältävät tavallisesti tietokoneen lisäämiä selitetietoja, esimerkiksi viipaleen numeron ja viipaleen korkeuden ja leveyden. Nämä selitetiedot sijaitsevat viipaleen laidoilla ja niiden intensiteetillä on vakiotaso ja tämä on paljon suurempi kuin niiden vieressä sijaitsevien kuvapisteen intensiteettien intensiteettitaso. Vaiheessa 42 havaitaan intensiteetiltään suurimmat kuvapisteen, joihin sisältyvät selitetietoa sisältävät kuvapisteen, minkä jälkeen havaittujen kuvapisteen intensiteetti asetetaan nolaksi tai pienimpään arvoon. Toisin sanoen viipalekuvan kaikki kuvapisteen luetaan ensin kuvapisteen maksimi-intensiteetin havaitsemiseksi, minkä jälkeen kaikkien niiden kuvapisteen intensiteetti, jotka ovat intensiteetiltään samanlaisia tai hieman pienempiä kuin kuvapisteen maksimi-intensiteetti, asetetaan nolaksi (mustaksi).

Tapauksessa, jossa potilaalla on yksi tai useampi amalgaamilla hoidettu hammas, tällaiset keinotekoiset rakenteet absorboivat röntgensäteilyä ja näkyvät erittäin kirkkaina viipalekuvassa ja ne sijaitsevat tavallisesti alaleukakuvan yläosassa. Siten tällaisiin kirkkaisiin alueisiin kuuluvien kuvapisteen intensiteetti täytyy asettaa nolaksi tai kuvapisteen intensiteetin minimiarvoon. Tarkemmin sanottuna alaleuka-kohteesta lasketaan painopiste ja ylimmät koordinaatit ja näiden kahden koordinaatin väliin jäävien kuvapisteen intensiteetin keskiarvo lasketaan. Tämän jälkeen intensiteetiltään kuvapisteen intensiteetin keskiarvoa suurempien kuvapisteen intensiteetti asetetaan nolaksi. Kuvio 5B esittää vaiheen 42 jälkeen saatua viipalekuvaa, josta selitetiedot ja keinotekoinen rakenne ovat poistettu.

Tämän jälkeen syötekuvasta, josta selitetiedot poistettiin, erotetaan likimääräisesti alaleuka-alueen binäärinen kuva (tämä koostuu "0":ista ja "1":istä), josta käytetään nimitystä alaleukakohde. Alaleukakohteen keskimääräinen intensiteetti on tausta-alueen keskimääräistä intensiteettiä suurempi, joten intensiteetiltään kynnysarvoa pienempien kuvapisteen poistamiseksi asetetaan ennakolta määrätty kynnysarvo, niin että alaleuka-alue voidaan erottaa muista alueista. Jos kuvapisteen intensiteetti on kynnysarvoa suurempi, niin kuvapisteen intensiteetti asetetaan 1:ksi (valkeaksi). Jos kuvapisteen intensiteetti taas on kynnysarvoa pienempi, asetetaan kuvapisteen intensiteetti 0:ksi (mustaksi). Tämän tuloksena saadaan binäärinen kuva, sellaisena kuin tämä on esitetty kuviossa 5C, joka on niin kutsuttu alaleukakohde (vaihe 43). Kynnysarvoksi voidaan asettaa CT-viipaleiden kuvapisteen intensiteetin keskiarvo.

- Kun binäärinen kuva saadaan käyttämällä kynnsarvoa, kuten kuviossa 5C on esitetty, voi alaleukakohteen lisäksi esiintyä kuitenkin monia tarpeettomia pienehköjä kohteita. Jotta tällaisten tarpeettomien kohteiden esiintymistä voidaan vähentää, kerrotaan kynnsarvo tässä tapauksessa ennakolta määrättyllä kertoimella, esimerkiksi "Mean_Multiplier"-kertoimella. Vaiheessa 42 asetetaan selitekuvapisteid
- 5 den intensiteetti nollassi, joten kaikkien kuvapisteid keskimääräinen intensiteetti pienenee. Siten selitteiden määrä on otettava huomioon "Mean_Multiplier"-kerrointa määritettäessä. Tässä keksinnössä tehtyjen kokeilujen tulokset viittaavat siihen, että kertoimen arvona on edullista käyttää arvoa noin 1,25.
- 10 Kuviossa 5C esitettyihin alaleukakohteisiin, jotka on määritetty vaiheessa 43 kynnsarvoa käyttäen, voi sisältyä alaleuka-alue ja alaleuan ulkopuolisia alueita. Tavallisesti alaleuka-alueen vastaava binäärinen kohde on suurin ja suurin kohde katsotaan siten alaleuka-alueeksi. Siten vaiheessa 44 suurin binäärinen kohde seulotaan esiin alaleukakohteena. Toisin sanoen alaleukakohteen määrittämiseksi tutkitaan
- 15 kaikkien kuvaan sisältyvien kohteiden koko ja suurimman kohteen kuvapistee asetetaan "1":ksi kun taas jäljellä olevat kuvapistee asetetaan 0:ksi. Alaleukakohteen kuva esitetään kuviossa 5D.
- Binäärisessä alaleukakohteessa esiintyy useita onteloita, koska alaleuanluun tiheys ei ole tasainen koko alueella. Toisin sanoen alaleuanluun kovan reunan tiheys on
- 20 suuri kun taas kovan reunan ympäröimä luuydin tai rasvakudos on suhteellisen pientitiheyksistä. Suurimman yhtäjaksoisen kohteen aikaansaamiseksi suoritetaan sulkemisoperaatio pienten onteloiden eliminoinemiseksi alaleukakohteesta (vaihe 45). Tämän jälkeen voidaan suorittaa eroosio-operaatio binäärisen kohdekuvan suhteen binäärisen kohteen reunan pehmentämiseksi. Kuvio 5E kuvaa vaiheesta 45 saatua
- 25 alaleukakohteen binääristä kuvaa, jota kutsutaan "bm-kuvaksi".
- Tämän jälkeen vaiheessa 46 käytetään alkuperäisen "syötekuvan" alaleukakohteen kontrastin lisäysmenetelmää (tätä on käsitelty kuviossa 5A). Tässä vaiheessa ei tiedetä tarkasti alaleukakuvan intensiteetin ylä- ja alarajoja eikä varsinkaan alaleuan hermojen ja luurakenteen intensiteetin ylä- ja alarajoja. Luualueen ja hammaskuop
- 30 pahermoalueen intensiteetin ylä- ja alarajat voidaan kuitenkin määrittää likimääräisesti käyttämällä alaleukakohteeseen kontrastinlisäystekniikkaa.
- Ensimmäiseksi alaleuka-alueen intensiteetin ylä- ja alarajojen kyseessä ollessa poimitaan esille kuvion 5A mukaisesta "syötekuvasta" ne alaleuka-alueiden kuvapistee, jotka vastaavat kuvion 5E mukaista binääristä alaleukakohdetta. Tämän jälkeen esille poimittujen kuvapisteid maksimi-intensiteetti sijoitetaan "MAX":n ar
- 35

voksi ja kuvapisteiden minimi-intensiteetti sijoitetaan "MIN":n arvoksi. Kontrastilta lisätyn kuvan aikaansaamiseksi lasketaan kontrastilta lisätty intensiteetti kullekin alaleukakohteeseen kuuluvalla kuvapisteelle käyttäen kaavaa (1). Kuvio 5F esittää kontrastilta lisätyn alaleukakohteen kuvaa.

$$5 \quad ENH_DEN = (Max_T - Min_T) \times \frac{PIX_DEN - MIN}{MAX - MIN} + Min_T \quad (1)$$

Kaavassa 1 ENH_DEN on kontrastilta lisätyn kuvapisteen intensiteetti, Max_T on alaleukakohteen suurin kuvapisteintensiteetti, Min_T on alaleukakohteen pienin kuvapisteintensiteetti ja PIX_DEN on alkuperäisen kuvapisteen intensiteetti ennen kontrastin lisäämistä.

- 10 Alaleukakohdetta vastaavalle syötekuvalle suoritettua kontrastin lisäyksen jälkeen alaleukakohteeseen kuuluviin kuvapisteisiin käytetään K-means-klusterointialgoritmia useiden sellaisten klustereiden aikaansaamiseksi, jotka kukin sisältävät kuvapisteitä, joiden kuvapisteintensiteetit ovat samanlaiset (vaihe 47). Klustereiden kuvapisteiden intensiteettien keskiarvot voidaan asettaa arvoiksi 0, 10×10^3 , 15×10^3 ,
 15 20×10^3 , 25×10^3 , 45×10^3 ja 500×10^3 . Kukin kuvapisteistä osoitetaan intensiteettinsä perusteella yhteen 7 klusterista.

- Intensiteettikeskiarvoltaan suurin klusteri sisältää kuvapisteitä, joiden intensiteetti on muita suurempi, minkä syynä voi olla keinotekoinen metalli-implantti, ja intensiteettikeskiarvoltaan suhteellisen pieni klusteri sisältää kuvapisteitä, jotka vastaavat
 20 taustaa ja hermokudoksia. Myös intensiteettikeskiarvoltaan keskitasoa olevat klusterit sisältävät kuvapisteitä, jotka vastaavat kovaa luurakennetta ja hammaskuoppahermoja ympäröivää kanavaa. Kun kuvan kuvapisteet on ryhmitelty klustereihin, havaitaan hammaskuoppahermoalueet myöhemmin klustereiden perusteella. Kuvio 5G esittää alaleukakohdetta koskevaa 7-tasoisia klusterikuvaa, joka saadaan käyttämällä kuvapisteiden intensiteetteihin perustuvaa K-means-klusterointialgoritmia ja
 25 josta käytetään nimitystä "klusterikuva".

Seuraavaksi kuvataan vaihetta, jolla ehdolla olevat hammaskuoppahermokuvapisteet saadaan esille "klusterikuvasta" ja "bm-kuvasta".

- Alaleukakohteen kaikki kuvapisteet jaetaan ensin klustereihin sen ehdolla olevan
 30 hammaskuoppahermokohteen havaitsemiseksi, joka erittäin suurella todennäköisyydellä on hammaskuoppahermoalue, minkä jälkeen määritetään klusterit, jotka sisältävät ennakolta määrättyä pienintä kuvapisteiden lukumäärää enemmän kuvapisteitä, esimerkiksi yli 10 kuvapistettä, ja järjestysnumeroltaan pienin klusteri, toi-

sin sanoen intensiteettikeskiarvoltaan pienin klusteri, sijoitetaan sitten "K_Min":ksi. Toisin sanoen sellaisen klusterin kyseessä ollessa, joka sisältää ehdolla olevia hammaskuoppahermokuvapisteitä, on klusterin sisällettävä vähintään 10 kuvapistettä ja klusterin järjestysnumeron on oltava mahdollisimman pieni. Asianlaita on näin siitä syystä, että hammaskuoppahermon kuvapisteiden tiedetään olevan intensiteetiltään pieniä ja intensiteetiltään pienet kuvapistet kuuluvat klusteriin, jonka järjestysnumeroksi on merkitty suhteellisen pieni luku.

Tämän jälkeen järjestysnumeroltaan "K_Min":ksi tai tätä pienemmäksi merkittyjen klusterien kuvapisteiden, jotka kuuluvat "bm-kuva"-binäärikuvan kuvapisteisiin, joiden arvoksi on jo valmiiksi asetettu "1" (alaleuka-alueet), arvoksi asetetaan "1" ja muiden kuvapisteiden arvoksi asetetaan "0", mistä saadaan uusi binäärikuva (vaihe 48).

Vaiheesta 48 saadun binäärikuvan sisältämät monet kohteet numeroidaan järjestyksessä alkaen numerosta "1". Muutamia kuvapisteitä sisältävien kohteiden katsotaan olevan kohinakomponentteja, joten ne on poistettava kuvasta. Siten pienimmän kuvapistemäärän "Min_number" sisältävien kohteiden kuvapisteiden arvoksi asetetaan "0", minkä jälkeen ne poistetaan (vaihe 49). "Min_number" on edullisesti 5. Kun pienet kohteet on poistettu "Min_number" -arvoa käyttäen, merkitään jäljelle jäävät "ehdolla olevat" hammaskuoppahermokohteet uudelleen ja niille suoritetaan seuraavat toimenpidesarjat. Kuvio 5H esittää ehdolla olevia hammaskuoppahermokohteita, kun vaihe 49 on suoritettu loppuun.

Vaiheen 49 jälkeen on tavallisesti jäljellä yksi tai useampi ehdolla oleva hammaskuoppahermokohde. Siten todennäköisin ehdolla oleva hammaskuoppahermokohde valitaan hammaskuoppahermon ominaisuuksien perusteella, jotka ovat seuraavat. Hammaskuoppahermoalue on intensiteetiltään ulkoreunan, joka on hammaskuoppahermoaluetta ympäröivä kanava-alue, intensiteettiä pienempi. Alaleuan hammaskuoppahermoalue ilmenee rengasmaisena tummana alueena (tämän intensiteetti on pienehkö), jota ympäröi rengasmainen kanava-alue, joka koostuu kuvapisteistä, joiden intensiteetti on hammaskuoppahermoalueen intensiteettiin verrattuna hieman suurempi. Kanava-aluetta ympäröi myös valkea luualue (tämän intensiteetti on paljon suurempi). Siten todennäköisimmän ehdolla olevan hammaskuoppahermokohteen kyseessä ollessa on ehdolla olevan hammaskuoppahermokohteen ulkoreunan intensiteetin oltava hieman tämän sisemmän hermoalueen intensiteettiä suurempi.

Vaiheessa 50 verrataan ehdolla olevien kohteiden sisällä sijaitsevien kuvapisteen intensiteettejä kohteen ulkoreuna-alueen kuvapisteen intensiteetteihin sen määrittämiseksi, vastaako ehdolla oleva hammaskuoppahermokohde todellista hammaskuoppahermoaluetta. Tämä vaihe kuvataan seuraavaksi yksityiskohtaisemmin kuviota 4B apuna käyttäen.

Klusterin järjestysnumeron määrittämiseksi ehdolla olevien hermokohteiden ulkoreunan kuvapisteen osalta suoritetaan kuvion 5H mukaisten binääristen kohteiden morfologinen dialaatio-operaatio tämän ulkoreuna-alueiden erottamiseksi (vaihe 502). Kunkin kohteen ulkoreuna-alue muodostaa kapean rengasmaisen alueen. Sen määrittämiseksi, vastaako rengasmaisen alue alaleuan hammaskuoppahermo ympäröivää kanavaa, on rengasmaisilla alueilla esiintyvistä ulkoreunan kuvapisteistä laskettava klusterin järjestysnumerot.

Todennäköisimmän ehdolla olevan hammaskuoppahermokohteen kyseessä ollessa on niiden ulkoreunan kuvapisteen, jotka muodostavat ehdolla olevaa hermokohdetta ympäröivän rengasmaisen alueen, klusterin järjestysnumeron oltava hieman suurempi kuin klusterin järjestysnumero niillä ehdolla olevan hermokohteen sisällä olevilla kuvapisteillä, joita rengasmaisen kanava-alue ympäröi.

Siten, ulkoreunan kuvapisteistä lasketaan ulkoreunan kuvapisteen lukumäärä (P_1) ja sen klusterin kuvapisteen lukumäärä (P_2), joka on merkitty "K_Min+1":ksi tai "K_Min+2":ksi (vaihe 504). Sen määrittämiseksi, sisältääkö ehdolla oleva hermokohde ulkoreunan kuvapisteitä, joiden intensiteetti on jonkin verran tämän ympäröimien sisään jäävien kuvapisteen intensiteettiä suurempi, lasketaan klusterin "K_Min+1" tai "K_Min+2" sisältämien kuvapisteen osuus ulkoreunan kuvapisteistä (vaihe 506). Jos laskettu osuus on esimerkiksi alle 80 %, mikä voidaan katsoa arvoksi, joka ei vastaa hammaskuoppahermo ominaisuuksille asetettuja vaatimuksia, niin ehdolla oleva hermokohde poistetaan binäärisestä kuvasta (vaihe 508).

Vaiheita 502 - 508 toistetaan kaikkien ehdolla olevien hermokohteiden osalta todennäköisempien ehdolla olevien kohteiden seulomiseksi esiin. Kuvio 5I esittää esimerkkiä binäärisestä kuvasta, joka sisältää todennäköisimmän ehdolla olevan hermokohteen, joka on saatu käyttäen edellä olevia vaiheita.

Seuraavaksi vaiheessa 51 poistetaan jäljellä olevista hermokohteista kohteet, jotka vastaavat alueita, joiden katsotaan olevan hammaskuoppahermoalueen vieressä sijaitsevia alaleuanluun rasvapitoisia luuydinkudoksia. Ainoastaan rasvapitoista luu-

ydinkudosta sisältävän kohteen piirteenä on se, että kohdetta ympäröi useita intensiteetiltään lähes samanlaisia kuvapisteitä. Siten luuydinkudoksiin liittyvät ehdolla olevat kohteet voidaan poistaa vertaamalla kohteen kuvapisteiden intensiteettiä sen vieressä olevien kuvapisteiden intensiteettiin. Seuraavaksi kuvataan vaihetta 51 käyttäen apuna kuviota 4C.

Ensimmäiseksi lasketaan ehdolla olevan hermokohteen kuvapisteiden lukumäärä ja tätä merkitään N_1 :llä (vaihe 511). Tämän jälkeen lasketaan ehdolla olevan hermokohteen painopiste ja se määritetään "siemen"pisteeksi (vaihe 512). Tämän jälkeen käytetään alueenkasvattamisalgoritmia siemenpisteestä alkaen (vaihe 513). Tässä alueenkasvattamisprosessin leikkausraja asetetaan arvoon 0,085 ja alueen kasvattamista siemenpisteestä jatketaan, kunnes kaikki kuvapisteet, joiden intensiteetti on ennakolta määritettyjen ylä- ja alarajojen välillä, ovat kasvatetun alueen sisällä. Toisin sanoen, jos kasvatetun alueen vieressä olevan kuvapisteen intensiteetti on 8,5 % sisällä kasvatetun alueen kaikkien kuvapisteiden intensiteetin keskiarvoon verrattuna, niin vieressä oleva kuvapiste liitetään kasvatettuun alueeseen. Kun alueen kasvattaminen on suoritettu loppuun, niin kasvatetun hermokohteen kuvapisteiden lukumäärä lasketaan ja tätä merkitään N_2 :llä (vaihe 514).

Tämän jälkeen verrataan toisiinsa alkuperäisen hermokohteen kuvapisteiden lukumäärää (N_1) ja kasvatetun hermokohteen kuvapisteiden lukumäärää (N_2) (vaihe 515). Erityisesti jos N_2 on paljon N_1 :tä suurempi, niin on erittäin todennäköistä, että ehdolla oleva hermokohde on luuydinkudosalue pikemminkin kuin hammaskuoppahermoalue. Jos N_2 on noin 3 kertaa suurempi kuin N_1 , niin todennäköisyys sille, että ehdolla oleva hermokohde on hammaskuoppahermoalue, on hyvin pieni, ja siten ehdolla oleva hermokohde poistetaan kuvasta (vaihe 516). Vaiheita 511 - 516 toistetaan kaikkien ehdolla olevien hermokohteiden osalta ja menetelmässä siirrytään vaiheeseen 52.

Vaiheessa 52 määritetään, sijaitseeko ehdolla oleva hermokohde avaruudellisesti alaleuka-alueen reunan vieressä. Hammaskuoppahermot sijaitsevat tavallisesti alaleuka-alueen reunalla ja näin on asianlaita varsinkin alueella, jossa hammaskuoppahermot tunkeutuvat alaleukaan. Siten jos varmistetaan, että ehdolla oleva hermokohde koskettaa alaleuan reunaa (vaihe 53), niin ehdolla oleva hermokohde määritetään todelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi ja menetelmän käyttö lopetetaan. Muussa tapauksessa menetelmän käyttöä jatketaan seuraavilla vaiheilla.

Sen määrittämiseksi, koskettaako ehdolla oleva hermokohde alaleuka-alueen reunaa, suoritetaan aluksi ehdolla olevalle hermokohteelle morfologinen dialaatio-

operaatio, minkä jälkeen tarkastetaan, ulottuuko dilaatio-operaatiolla käsitelty ehdolla oleva hermokohde alaleuka-alueen reunaan. Jos asianlaita on näin, niin tämä tarkoittaa sitä, että alkuperäinen ehdolla oleva hermokohde ennen dilaatiota koskettaa alaleuka-alueen reunaa ja on siten erittäin todennäköistä, että ehdolla oleva
5 hermokohde on todellinen hammaskuoppahermoalue.

Vaiheessa 54 määritetään seuraavaksi, onko ehdolla oleva hermokohde hammaskuoppahermoalue sillä perusteella, miltä alaleuka-alueelta CT-viipale on otettu. Potilaan alaleukaleikkausten kesken esiintyy vaihtelua. Tämä tarkoittaa sitä, että alaleuan ylä- ja alaosien leikkausten leveys on sama tai alaleuan yläosa on leveämpi
10 kuin tämän alaosa. Anatomiaa ajatellen hammaskuoppahermojen sijainti määräytyy suhteessa alaleuan leikkauksen muotoon. Toisin sanoen se alaleuan alue, josta CT-viipale on otettu, on otettava huomioon määritettäessä sitä, vastaako ehdolla oleva hermokohde hammaskuoppahermoaluetta. Vaihetta 54 kuvataan seuraavaksi käyttäen apuna kuviota 4D.

15 Ensimmäiseksi CT-viipaleen alaleukakuvas kaikkien kuvapistesten lasketaan painopiste (vaihe 541). Määritetään alaleuka-alueen ylimmät ja alimmat kuvapistet ja lasketaan näiden kahden kuvapisteen puoliväli (vaihe 542). Tämän jälkeen määritetään, onko painopiste lähellä puoliväliä (vaihe 543). Jos painopiste sijaitsee lähellä puoliväliä, mikä tarkoittaa sitä, että alaleuka on poikkileikkauksensa suhteen ylä- ja
20 alaosiltaan yhtä leveä, niin menetelmässä edetään vaiheeseen 545. Muussa tapauksessa suoritetaan vaihe 544. Vaiheessa 543 on edullista katsoa painopisteen olevan lähellä puoliväliä silloin, kun painopisteen ja puolivälin etäisyys on ylimmän ja alimman kuvapisteen välisestä etäisyydestä lasketun ennakoita määrätyn prosenttimäärän sisällä (esimerkiksi 10 % tästä).

25 Vaihe 545 suoritetaan siinä tapauksessa, että alaleuka-alueen leveys ylhäältä alas on lähes vakio. Koetulosten perusteella tiedetään, että hammaskuoppahermot sijaitsevat puolivälin yläpuolella ja painopisteen lähellä. Siten vaiheessa 545 määritetään, sijaitseeko ehdolla oleva hermokohde puolivälin yläpuolella. Jos kuvassa esiintyy tällaisia ehdolla olevia hermokohteita, niin valitaan lähinnä painopistettä sijaitseva
30 ehdolla oleva hermokohde ja se määritetään todelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi. Myös jos puolivälin yläpuolelta ei löydy yhtään ehdolla olevaa hermokohdetta, niin painopisteen alapuolella lähinnä painopistettä oleva ehdolla oleva hermokohde valitaan käyttöön ja se määritetään todelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi (vaihe 547).

Tällä välin suoritetaan vaihe 544 siinä tapauksessa, että alaleuka-alueen leveys ei ole vakio pystysuunnassa, kuten edellä on kuvattu. Vaiheessa 544 valitaan lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde ja se määritetään todelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi.

- 5 Edellä olevien menetelmien avulla saadaan alaleuan yhdestä CT-viipalekuvasta todennäköisin ehdolla oleva hammaskuoppahermokohde. Edellä olevia vaiheita, vaiheesta 42 vaiheeseen 54, toistetaan alaleukakuvasta peräisin olevien kaikkien CT-viipaleiden osalta kunkin viipalekuvan ehdolla olevan hermokohteen esille saamiseksi. Tämän jälkeen kustakin CT-viipalekuvasta saaduista todennäköisimmistä ehdolla olevista hermokohteista tehdään täydellinen hammaskuoppahermokuva.

Kuvio 6 on vuokaavio, joka kuvaa toista menetelmää hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta esillä olevan keksinnön mukaisesti. Kuviot 7A - 7E esittävät kuviossa 6 kuvatun menetelmän mukaisella prosessilla aikaansaatuja kuvia.

- 15 Verrattuna menetelmään, jota on kuvattu kuvioita 4A - 4D apuna käyttäen ja joissa sarja vaiheita, joita käytetään hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen, on automatisoitu, voidaan kuvion 6 mukainen menetelmä luokitella tietäntyyppiseksi puoliautomaattiseksi menetelmäksi, koska kunkin CT-viipalekuvan osalta käyttäjä valitsee siemenpisteen manuaalisesti. Toisin sanoen käyttäjä (hammaslääkäri) osoittaa CT-viipalekuvan aluetta tai pistettä, jonka katsotaan olevan hammaskuoppahermoalue, ja käytetään alueen kasvattamisalgoritmia, jossa siemenpisteenä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen alaleuan CT-viipalekuvan alueelta käytetään käyttäjän osoittamaa aluetta. Kun käyttäjä valitsee siemenpisteen kokemukseensa perustuen, on mahdollista jättää suorittamatta sarja aikaa vieviä vaiheita, joita suoritettiin ehdolla olevien hermokohteiden esille saamiseksi menetelmässä, jota oli kuvattu kuvioita 4A - 4D apuna käyttäen, mikä säästää paljon aikaa. Näin menetellen voidaan kuvankäsittelynopeutta parantaa.

- Sen hammaskuoppahermon tunnistusmenetelmän mukaan, jota on kuvattu käyttäen apuna kuvioita 4A - 4D, määritetään kaikista CT-viipaleista ehdolla olevat hermokohteet ja niistä tehdään täydellinen hammaskuoppahermokuva. Kuvioiden 4A - 4D mukaiseen menetelmään verrattuna kuvion 6 mukaisessa hammaskuoppahermon tunnistusmenetelmässä havaitaan osoitetun siemenpisteen perusteella alaleuan yhdestä CT-viipalekuvasta hammaskuoppahermoalue ja siinä käytetään alueen kasvattamismenetelmää havaitusta hermoalueesta käsin tämän vieressä sijaitsevan CT-viipaleen hammaskuoppahermokuvan aikaansaamiseksi. Näin menetellen voidaan

kokonaiskäsittelynopeutta silmiinpistävästi parantaa. Kuvion 6 mukaista menetelmää, jossa hammaskuoppahermokuva tuotetaan vieressä sijaitsevista CT-viipaleista alueen kasvattamista käyttäen, voidaan käyttää kuvioiden 4A - 4D mukaiseen menetelmään. Esimerkiksi sen jälkeen kun alaleuan yhdestä CT-viipalekuvasta on havaittu todennäköisin ehdolla oleva hermokohde, voidaan samaa alueen kasvattamis-

5

Kuviota 6 tarkastellen otetaan alaleukakuvasta ensin esille yksi CT-viipale S_i (vaihe 61). Kolmiulotteinen alaleukakuva viipaloidaan kaksiulotteisiksi viipalekuviksi käyttäen kuvion 3A tai 3B mukaista menetelmää, ja yksi kaksiulotteisista viipalekuvista valitaan käsiteltäväksi. Tämän jälkeen menetellen samoin kuin kuvion 4A vaiheessa 42 viipalekuvasta poistetaan selitteet ja viipalekuvaan käytetään kuvanmuokkausmenetelmää, kuten kontrastin lisäämistä alaleuka-alueen kuvan esittämiseksi näytöllä.

10

15

Esillä olevassa suoritusmuodossa määritetään yksi viipalekuvaan kuuluvista kuvapisteteistä siemenpisteeksi ja viipalekuvalle suoritetaan alueen kasvattaminen siemenpisteestä lähtien. Jotta alueen kasvattamismenetelmä olisi vaivatta ymmärrettävissä, kuvataan seuraavaksi lyhyesti hammaskuoppahermojen ominaisuuksia.

20

(1) Hammaskuoppahermoja ympäröi kanava, joka muodostaa yhtäjaksoisen putkimaisen rakenteen, eivätkä ne ole haaroittuneet.

(2) Hammaskuoppahermot etenevät alaleuassa yhtäjaksoisesti.

(3) Hammaskuoppahermojen pöikkileikkauksen pinta-alat ovat lähes samansuuruiset.

25

(4) Yhdessä CT-viipaleessa esiintyvän hammaskuoppahermoalueen on jatkuttava sen vieressä sijaitsevaan CT-viipaleeseen.

(5) Hammaskuoppahermoalueen kuvapisteiden intensiteetti CT-kuvassa on tietyllä alueella (esimerkiksi 1100:sta 1700:aan).

30

(6) Hammaskuoppahermoalueen kuvapisteiden intensiteetti on ennakolta määrättyjen virherajojen sisällä.

(7) Yhdestä kaksiulotteisesta CT-viipalekuvasta saatu hammaskuoppahermoalue ilmenee tavallisesti suljettuna kuviona. Ainoastaan ne kaksi alaleuan hammas-

kuoppa-aluetta, jossa hermot tulevat alaleukaan ja tästä ulos, esitetään CT-kuvassa avoimina kuvioina.

Vaiheessa 62 esitetään näytöllä CT-viipalekuvassa esiintyvät ehdolla olevat hermokuvapisteet, jotka olisivat siemenpisteinä hammaskuoppahermoalueen selville saamiseksi suoritettavalle alueen kasvattamismenetelmälle. Koska hammaskuoppahermoaluetta vastaavien kuvapisteiden kuvapisteintensiteetti on alueella 1100 - 1700, niin tällaiset kuvapisteet, joiden kuvapisteintensiteetti on tällä alueella, esitetään ehdolla olevina hermokuvapisteinä. Tämän jälkeen käyttäjä osoittaa siemenpisteeksi yhden ehdolla olevan kuvapisteen (vaihe 63).

10 Kuvio 7A esittää esimerkkiä siemenpisteestä, jonka käyttäjä on valinnut CT-viipalekuvasta. Hammaslääkärin ei ole vaikeaa löytää hammaskuoppahermoaluetta CT-viipalekuvasta kokemuksen perusteella.

Aikaisemmin mainittuihin hammaskuoppahermojen ominaisuuksiin perustuen käytetään alueen kasvattamismenetelmää siemenpisteestä lähtien sen vieressä sijaitseviin kuvapisteisiin tämän viipalekuvan hammaskuoppahermoalueen aikaansaamiseksi (vaihe 64). Alueen kasvattamismenetelmää käytetään seuraavalla tavalla. Ensimmäiseksi siemenpisteen kuvapisteintensiteettiä verrataan sen vieressä sijaitsevan kuvapisteen kuvapisteintensiteettiin sen määrittämiseksi, onko näiden kahden kuvapisteen intensiteettiarvojen välinen ero alla olevan kaavan (2) esittämän virhealueen sisällä. Jos viereisen kuvapisteen kuvapisteintensiteetti on virhealueen sisällä, niin kuvapisteen määritetään osaksi hammaskuoppahermoaluetta. Kuvio 7B esittää hammaskuoppahermoaluetta, jota on kasvatettu CT-viipalekuvan siemenpisteestä. Tumma alue kuviossa 7B esittää kasvatettua hermoaluetta.

$$d = (DV_{\max} - DV_{\min}) * 0,05 \quad (2)$$

25 Kaavassa (2) $DV_{\max}$ ja $DV_{\min}$ esittävät kuvapisteiden tiheyksien maksimi- ja minimiarvoja, vastaavassa järjestyksessä ilmoitettuna, alaleuka-alueella. Kerrointa 0,05 voidaan muuttaa asiaankuuluvalla tavalla CT-viipalekuvien erotuskyvyn mukaan.

30 Hammaskuoppahermoaluetta vastaavat kuvapisteet tunnistetaan ensin yhdestä CT-viipaleesta S_i , minkä jälkeen käytetään alueen kasvattamismenetelmää CT-viipaleen S_i hermoalueen perusteella ennen viipalekuvaa S_i tai tämän jälkeen sijaitsevaan viereiseen CT-viipaleeseen S_{i-1} tai S_{i+1} viipaleen S_i sisältämän hermoalueen laajentamiseksi tämän vieressä sijaitseviin CT-viipaleisiin S_{i-1} ja S_{i+1} (vaiheet 65 - 67).

Yksityiskohtaisesti esitettynä vaiheessa 65 asetetaan kuvapistettä ympäröivästä 8 kuvapisteestä koostuvaksi templaattialueeksi alue, joka perustuu CT-viipaleen S_i hammaskuoppahermoalueeseen ja sisältää aikaansaadun hermoalueen ja kaikkien hermoalueeseen kuuluvien kuvapisteidien osalta kunkin kuvapistettä ympäröivästä 8 kuvapisteestä. Hammaskuoppahermoaluetta kasvatetaan ennen viipaletta S_i tai tämän jälkeen sijaitsevan viereisen viipaleen S_{i-1} tai S_{i+1} suhteen siten, ettei se ulotu CT-viipaleesta S_i saatua templaattialuetta kauemmaksi.

Vaiheessa 66 määritetään siemenpisteeksi alueen kasvattamiselle kyseessä olevan viipaleen vieressä sijaitsevan viipaleen S_{i-1} tai S_{i+1} suhteen kuvapiste, jonka kuvapistetensiteetti on pienin niiden kuvapisteidien joukossa, jotka kuuluvat kyseessä olevan viipaleen vieressä sijaitsevan viipaleen S_{i-1} tai S_{i+1} templaattialuetta vastaavaan alueeseen. Syynä pienimmän intensiteetin sisältävän kuvapisteen määrittämiselle siemenpisteeksi on se, että hammaskuoppahermon sisälle jäävän alueen tiheys on tavallisesti tämän kanavan tiheyttä pienempi. Tämän jälkeen suoritetaan viipaleen S_{i-1} tai S_{i+1} hammaskuoppahermoalueen aikaansaamiseksi alueen kasvattaminen siemenpisteestä CT-viipaleen S_{i-1} tai S_{i+1} suhteen menetellen samalla tavoin kuin vaiheessa 64 (vaihe 67). Kuvio 7C esittää tapausta, jossa hammaskuoppahermoalue sijaitsee lähellä alaleuan puoliväliä ja kuvio 7D esittää tapausta, jossa hammaskuoppahermoalue sijaitsee lähellä alaleuan yläosaa.

Aikaisemmin mainitut vaiheet suoritetaan kaikkien CT-viipaleiden suhteen (vaihe 68) ja kaikista CT-viipaleista saaduista hammaskuoppahermoalueista tehdään alaleuan täydellinen hammaskuoppahermoalue (vaihe 69).

Kuvio 7E on alaleukakuvan poikkileikkaus, joka on otettu alaleuan puolivälissä sijaitsevaa viivaa myöten ja joka esittää hammaskuoppahermoaluetta, joka on havaittu aikaisemmin mainittujen vaiheiden avulla. Hammaslääkäri voi tunnistaa hammaskuoppahermoalueen potilaan alaleukakuvasta käyttäen edellä mainittua menetelmää, jonka avulla hammaslääkärin on mahdollista simuloida ennen implantointia, voiko kiinnikeruuvi mahdollisesti osua hammaskuoppahermoihin.

Kuvio 8 esittää tilannetta, jossa kiinnikeruuvi asetetaan potilaan alaleukakuvan implantointikohtaan, mikä kuvaa implantointia varten käytettävää simulointia. Kuviossa 8 edustaa viitenumero 81 alaleukaa esittävää kolmiulotteista kuvaa ja viitenumero 82 edustaa virtuaalista kiinnikeruuvia.

Implantoinnin simuloimiseksi virtuaalinen kiinnikeruuvi sijoitetaan alaleuan implantoitikohtaan niiden kuvapisteidien määrittämiseksi, jotka tulevat kosketukseen

paikoilleen sijoitetun virtuaalisen kiinnikeruuvien kanssa. Tämän jälkeen määritetään, koskettaako ruuvi kuvapistettä, jotka kuuluvat tämän keksinnön mukaisella menetelmällä havaittuun hammaskuoppahermoalueeseen. Tämä merkitsee sitä, että hammaslääkäri voi määrittää mielivaltaisesti virtuaalisen kiinnikeruuvien aseman, suunnan ja syvyyden niin, että kiinnikeruuvi ei kosketa hammaskuoppahermoja, minkä avulla on mahdollista suorittaa implantointi turvallisesti.

Keksinnön suoritusmuoto voi myös olla tietokoneella luettavissa oleva tietokonekoodi, joka sijaitsee tietokoneella luettavissa olevalla tietovälineellä. Tietokoneella luettavissa oleva tietoväline on mikä tahansa tiedon tallennusväline, johon voidaan tallentaa tietoja, jotka voidaan tämän jälkeen lukea tietokonejärjestelmällä. Esimerkkejä tietokoneella luettavissa olevasta tietovälineestä ovat lukumuistit, hajasaantimuistit, CD-ROM-levyt, magneettinauhut, levykkeet ja optiset tiedon tallennusvälineet. Tietokoneella luettavissa oleva tietoväline voidaan myös jakaa verkkoon kytkettyjen tietokonejärjestelmien kautta niin, että tietokoneella luettavissa oleva ohjelma tallennetaan ja sitä käytetään hajautetusti.

Kuten edellä on kuvattu, on hammaslääkärin mahdollista havaita automatisoidulla tavalla hammaskuoppahermoalue täsmällisesti, jotta implantointi voidaan tehdä turvallisesti, käyttämällä esillä olevan keksinnön mukaista alaleukakuvan hammaskuoppahermoalueen tunnistamismenetelmää. Myös mahdollinen hammaskuoppahermoalue, jonka hammaslääkäri määrittää oman CT-kuvantamista koskevan kokemuksensa perusteella, varmistetaan vertaamalla sitä tämän keksinnön mukaisella menetelmällä määritettyyn hammaskuoppahermoalueeseen, joten varsinainen implantointi voidaan suorittaa normaalia huolellisemmin.

Kuten esillä olevan keksinnön yhdessä suoritusmuodossa aikaisemmin mainittiin, voi käyttäjä (hammaslääkäri) määrittää itse siemenpisteen, joka on hammaskuoppahermon tunnistamiseen käytettävän alueen kasvattamismenetelmän lähtöpiste, ja tätä voidaan käyttää perustana alueen kasvattamiselle yhdessä CT-viipaleessa tai vierekkäisten CT-viipaleiden välillä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi, minkä avulla parannetaan hermon havaitsemisnopeutta.

Vaikkakin tämä keksintö on esitetty ja kuvattu erityisesti sen edullisten suoritusmuotojen avulla, on alan ammattikokemuksen perusteella selvää, että sen muotoon ja yksityiskohtiin voidaan tehdä useita erilaisia muutoksia keksintöön liitettyjen patenttivaatimusten rajoittamasta hengestä ja suojapiiristä poikkeamatta.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta, joka menetelmä käsittää vaiheet, jotka ovat:
 - (a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksiulotteisiin viipalekuviin;
 - 5 (b) havaitaan yhdestä viipalekuviin kuuluvasta kuvasta alaleuka-alueen vastaava binäärinen kuvakohde;
 - (c) ryhmitellään alaleuka-alueen binäärisen kuvakohteen kuvapisteen klustereihin, jotka kukin sisältävät intensiteetiltään samanlaisia kuvapisteitä;
 - 10 (d) määritetään klusterit, jotka sisältävät ennakolta määrättyä kuvapisteiden minimimäärää suuremman määrän kuvapisteitä, ja määritetään minimiklusteriksi merkittävä klusteri, jonka kuvapisteiden intensiteettijakautuma klustereiden joukossa on pienin;
 - (e) koostetaan uusi binäärinen kuva, joka sisältää kuvapisteen, jotka kuuluvat sekä
 - 15 alaleuka-alueeseen että klustereihin, joiden intensiteettijakautuma on pienempi kuin minimiklusteriksi merkityn klusterin intensiteettijakautuma, ehdolla olevan hermokohteen poimimiseksi esille; ja
 - (f) määritetään, vastaako ehdolla oleva hermokohta todellista hammaskuoppahermoaluetta.
 - 20 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se lisäksi käsittää sen, että (g) määritetään kaikkien viipalekuvien osalta todellista hammaskuoppahermoaluetta vastaavat ehdolla olevat hermokohteet, ja kootaan kaikki alaleukakuvan viipalekuvat alaleukakuvan täydellisen hammaskuoppahermoalueen tuottamiseksi ehdolla olevia hermokohteita käyttäen.
 - 25 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se lisäksi käsittää sen, että (g) tunnistetaan ennen viipalekuvaa S_i tai tämän jälkeen sijaitsevaa viereistä viipalekuvaa S_{i-1} tai S_{i+1} vastaava hammaskuoppahermoalue kasvattamalla viipaleesta S_i määritettyä hammaskuoppahermoaluetta.
 - 30 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (a) käsittää lisäksi sen, että viipalekuvasta poistetaan selitetietoa ja keinotekoisia rakennetta vastaavat kuvapisteen.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheessa (b) viipalekuvan kaikkien kuvapisteen intensiteetin keskiarvoa tai sellaista ennakolta määrättyä kynnsarvoa, joka on saatu kertomalla intensiteetin keskiarvo ennakolta määrättyllä kertoimella, verrataan kunkin viipalekuvaan kuuluvan kuvapisteen intensiteettiin ja muodostetaan vertailun tuloksen perusteella alaleuka-aluetta vastaava binäärinen kuvakohde.
6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se vaiheen (b) jälkeen käsittää lisäksi sen, että lisätään kontrastia interpoloimalla kunkin kuvapisteen intensiteetti käyttäen viipalekuvan alaleuka-aluetta vastaaville kuvapisteille sovellettavia kuvapisteen intensiteetin maksimi- ja minimiarvoja.
7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (f) käsittää sen, että:
- (f1) suoritetaan ehdolla olevalle hermokohteelle dialaatio-operaatio tämän ulkoreuna-alueen erottamiseksi;
- (f2) verrataan ulkoreuna-alueeseen kuuluvien kuvapisteen intensiteettiä ulkoreuna-alueen ympäröimien sisälle jäävien kuvapisteen intensiteettiin;
- (f3) määritetään uudeksi ehdolla olevaksi hermokohteeksi kohde, joka sisältää ulkoreuna-alueen, jonka kuvapisteen intensiteetti on suurempi kuin sisälle jäävien kuvapisteen intensiteetti.
8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (f) käsittää sen, että:
- (f1) lasketaan ehdolla olevaan hermokohteeseen kuuluvien kuvapisteen lukumäärä N_1 ;
- (f2) lasketaan ehdolla olevan hermokohteen painopiste;
- (f3) suoritetaan ehdolla olevalle hermokohteelle siemenpisteenä käytettävästä painopisteestä alkaen alueen kasvattamisoperaatio kasvatetun hermokohteen muodostamiseksi;
- (f4) lasketaan kasvatetun hermokohteen kuvapisteen lukumäärä N_2 ; ja

(f5) verrataan N_1 :tä ja N_2 :ta toisiinsa, ja jos N_2 on ennakolta määrätyn suuruisen luvun tai tätä suuremman luvun verran suurempi kuin N_1 , niin ehdolla oleva hermokohde poistetaan.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (f) käsittää sen, että

(f1) lasketaan painopiste viipalekuvan alaleuka-alueeseen kuuluvista kaikista kuvapististä;

(f2) määritetään alaleuka-alueen ylin ja alin kuvapiste ja lasketaan ylimmän ja alimman kuvapisteen puoliväli;

10 (f3) määritetään, sijaitseeko painopiste lähellä puoliväliä; ja

(f4) jos painopiste sijaitsee lähellä puoliväliä, niin määritetään puolivälin yläpuolella ja lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde, tai puolivälin alapuolella ja lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde, todelliseksi hammaskuoppahermoalueeksi, ja jos painopiste ei sijaitse lähellä puoliväliä, määritetään lähinnä painopistettä sijaitseva ehdolla oleva hermokohde hammaskuoppahermoalueeksi.

10. Menetelmä hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseksi alaleukakuvasta, joka menetelmä käsittää vaiheet, jotka ovat:

(a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksiulotteisiin viipalekuviin, ja valitaan yksi viipalekuvista;

(b) esitetään valitun viipalekuvan ehdolla olevat hermokuvapistet, ja valitaan yksi ehdolla olevista hermokuvapisteistä siemenpisteeksi, jota on määrä käyttää viipalekuvan hammaskuoppahermoalueen tunnistamisessa;

(c) käyttäjä määrittää ehdolla olevien hermokuvapisteiden joukosta siemenpisteen; ja

(d) verrataan siemenpisteen intensiteettiä vieressä olevien kuvapisteiden intensiteettiin, ja käytetään viipalekuvaan alueen kasvattamismenetelmää perustuen siihen, onko verrattavien intensiteettien välinen ero ennakolta määrättyjen virherajojen sisällä, viipalekuvan hammaskuoppahermoaluetta vastaavien kuvapisteiden havaitsemiseksi.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se lisäksi käsittää sen, että (e) tunnistetaan hammaskuoppahermoalue ennen viipalekuvaa S_i tai tämän jälkeen sijaitsevasta viereisestä viipalekuvasta S_{i-1} tai S_{i+1} kasvattamalla viipalekuvasta S_i määritettyä hammaskuoppahermoaluetta.
- 5 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (e) käsittää sen, että:
- (e1) asetetaan templaattialue, joka käsittää kuvapisteen, jotka vastaavat viipalekuvasta saatua hammaskuoppahermoaluetta ja tämän vieressä olevia kuvapisteitä;
- (e2) määritetään kuvapiste, jonka kuvapisteintensiteetti on pienin viereisen viipalekuvan S_{i-1} tai S_{i+1} alueeseen kuuluvien kuvapisteiden joukossa ja joka vastaa vaiheessa (e1) saatua templaattialuetta, siemenpisteeksi viereiselle viipalekuvalla S_{i-1} tai S_{i+1} ; ja
- 10 (e3) verrataan viereisen viipalekuvan S_{i-1} tai S_{i+1} siemenpisteen intensiteettiä tämän vieressä olevien kuvapisteiden intensiteettiin ja käytetään alueen kasvattamismenetelmää viereisiin viipalekuviin perustuen siihen, onko verrattavien intensiteettien välinen ero ennakolta määritettyjen virherajojen sisällä, niiden kuvapisteiden havaitsemiseksi, jotka vastaavat viereisen viipalekuvan S_{i-1} tai S_{i+1} hammaskuoppahermoaluetta.
- 15 13. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se lisäksi käsittää sen, että (e) suoritetaan vaiheet (a) - (d) kustakin viipalekuvasta hammaskuoppahermoalueiden havaitsemiseksi, ja kootaan kaikki viipalekuvat alaleukakuvaksi alaleukakuvan täydellisen hammaskuoppahermoalueen tuottamiseksi havaittuja hammaskuoppa-alueita käyttäen.
- 20 14. Tietokoneella luettavissa oleva tietoväline, joka käsittää sillä olevana suoritustuotona tietokoneohjelman, hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen alaleukakuvasta, **tunnettu** siitä, että hammaskuoppahermoalueen tunnistaminen käsittää vaiheet, jotka ovat:
- (a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksiulotteisiin viipalekuviin;
- 25 (b) havaitaan yhdestä viipalekuviin kuuluvasta kuvasta alaleuka-aluetta vastaava binaärinen kuvakohde;
- 30

- (c) ryhmitellään alaleuka-alueen binäärisen kuvakohteen kuvapisteet klustereihin, jotka kukin sisältävät intensiteetiltään samanlaisia kuvapisteitä;
- (d) määritetään klusterit, jotka sisältävät ennakolta määrättyä kuvapisteiden minimimäärää suuremman määrän kuvapisteitä, ja määritetään minimiklusteriksi merkittävä klusteri, jonka kuvapisteiden intensiteettijakautuma klustereiden joukossa on pienin;
- 5 (e) koostetaan uusi binäärinen kuva, joka sisältää kuvapisteet, jotka kuuluvat sekä alaleuka-alueeseen että klustereihin, joiden intensiteettijakautuma on pienempi kuin minimiklusteriksi merkityn klusterin intensiteettijakautuma, ehdolla olevan hermo-
- 10 kohteen poimimiseksi esiin; ja
- (f) määritetään, vastaako ehdolla oleva hermokohde todellista hammaskuoppahermoaluetta.
- 15 15. Tietokoneella luettavissa oleva tietoväline, joka käsittää sillä olevana suoritusmuotona tietokoneohjelman hammaskuoppahermoalueen tunnistamiseen alaleukakuvasta, **tunnettu** siitä, että hammaskuoppahermoalueen tunnistaminen käsittää vaiheet, jotka ovat:
- (a) viipaloidaan kolmiulotteinen alaleukakuva useisiin kaksiulotteisiin viipalekuviin, ja valitaan yksi viipalekuvista;
- (b) esitetään valitun viipalekuvan ehdolla olevat hermokuvapisteet, ja valitaan yksi
- 20 ehdolla olevista hermokuvapisteistä siemenpisteeksi, jota on määrä käyttää viipalekuvan hammaskuoppahermoalueen tunnistamisessa;
- (c) käyttäjä määrittää ehdolla olevien hermokuvapisteiden joukosta siemenpisteen; ja
- (d) verrataan siemenpisteen intensiteettiä vieressä olevien kuvapisteiden intensiteettiin ja käytetään viipalekuvaan alueen kasvattamismenetelmää perustuen siihen,
- 25 onko verrattavien intensiteettien välinen ero ennakolta määrättyjen virherajojen sisällä, viipalekuvan hammaskuoppahermoaluetta vastaavien kuvapisteiden havaitsemiseksi.

FIG. 1A

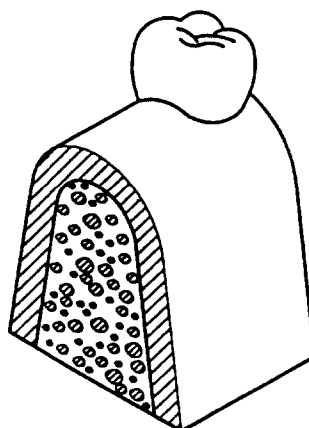


FIG. 1B

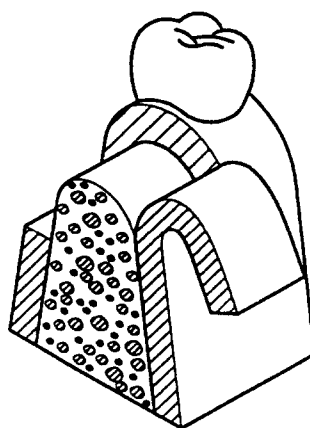


FIG. 1C

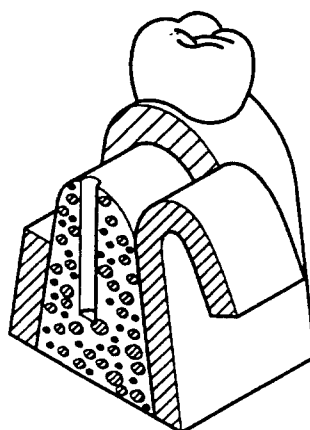


FIG. 1D

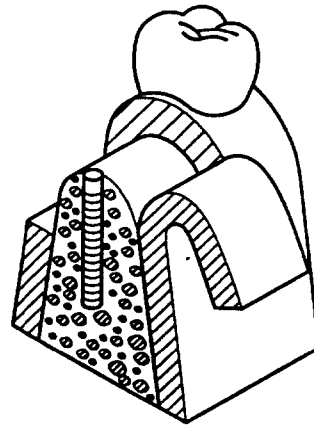


FIG. 1E

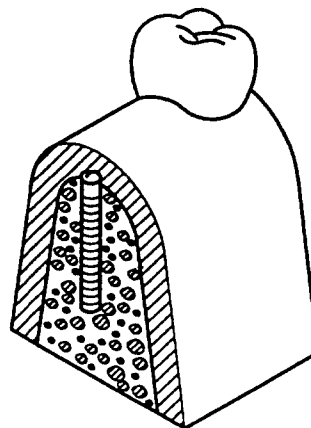


FIG. 1F

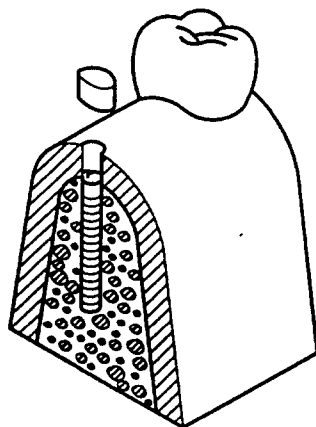


FIG. 1G

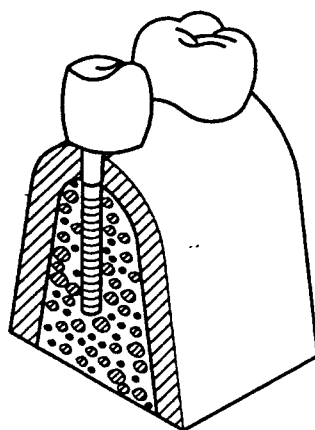


FIG. 2



FIG. 3A

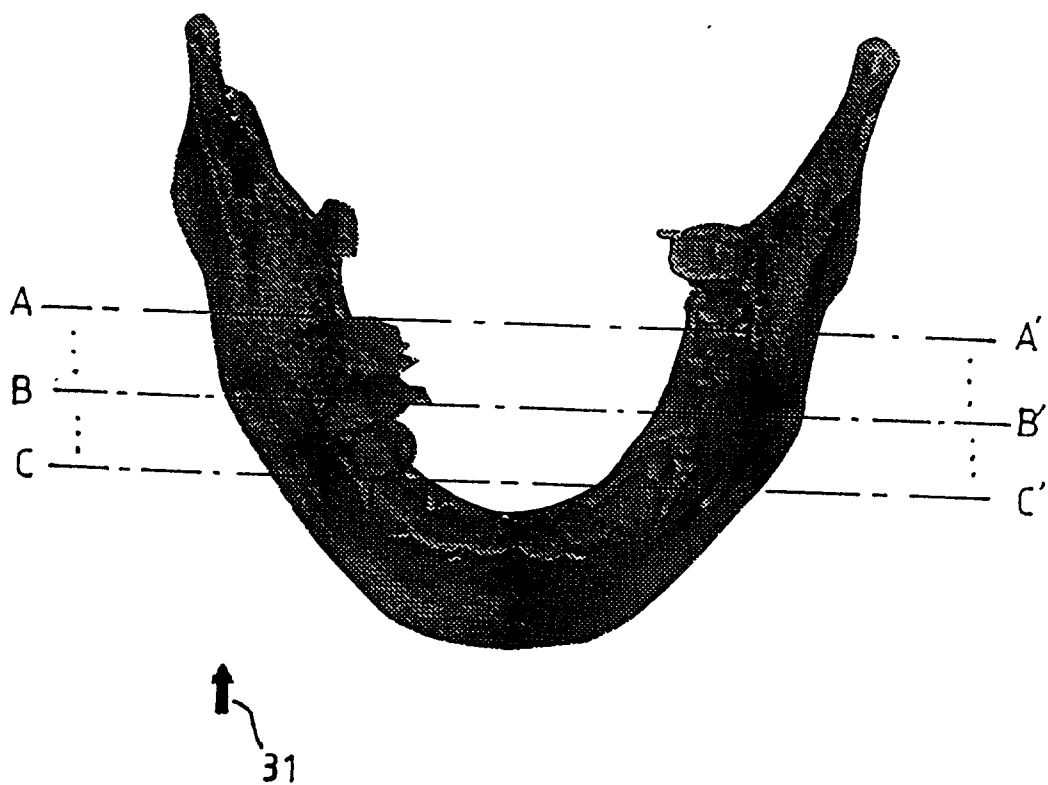


FIG. 3B

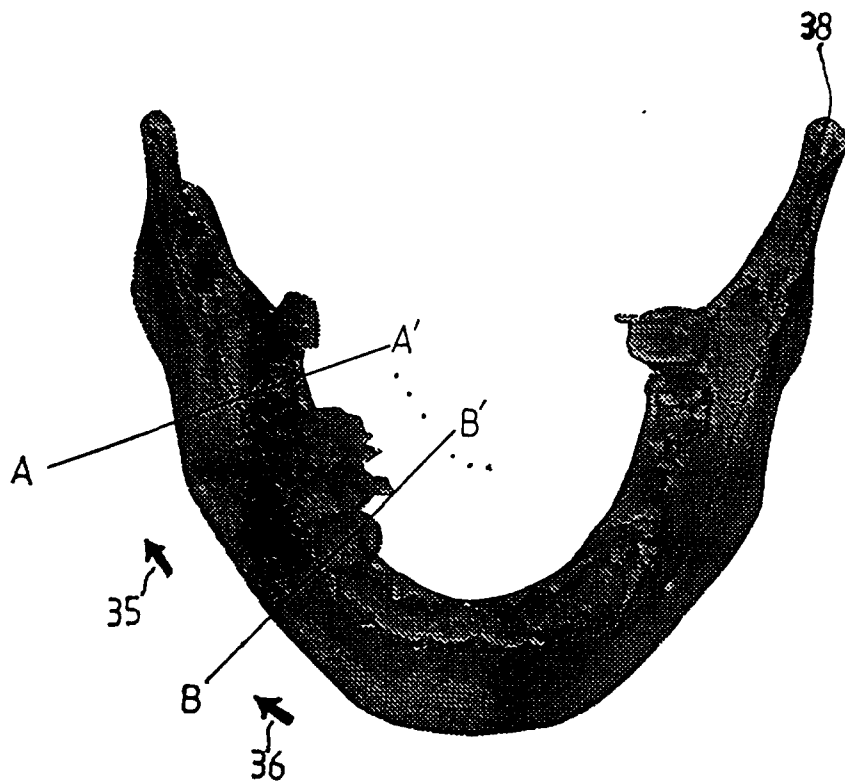


FIG. 4A

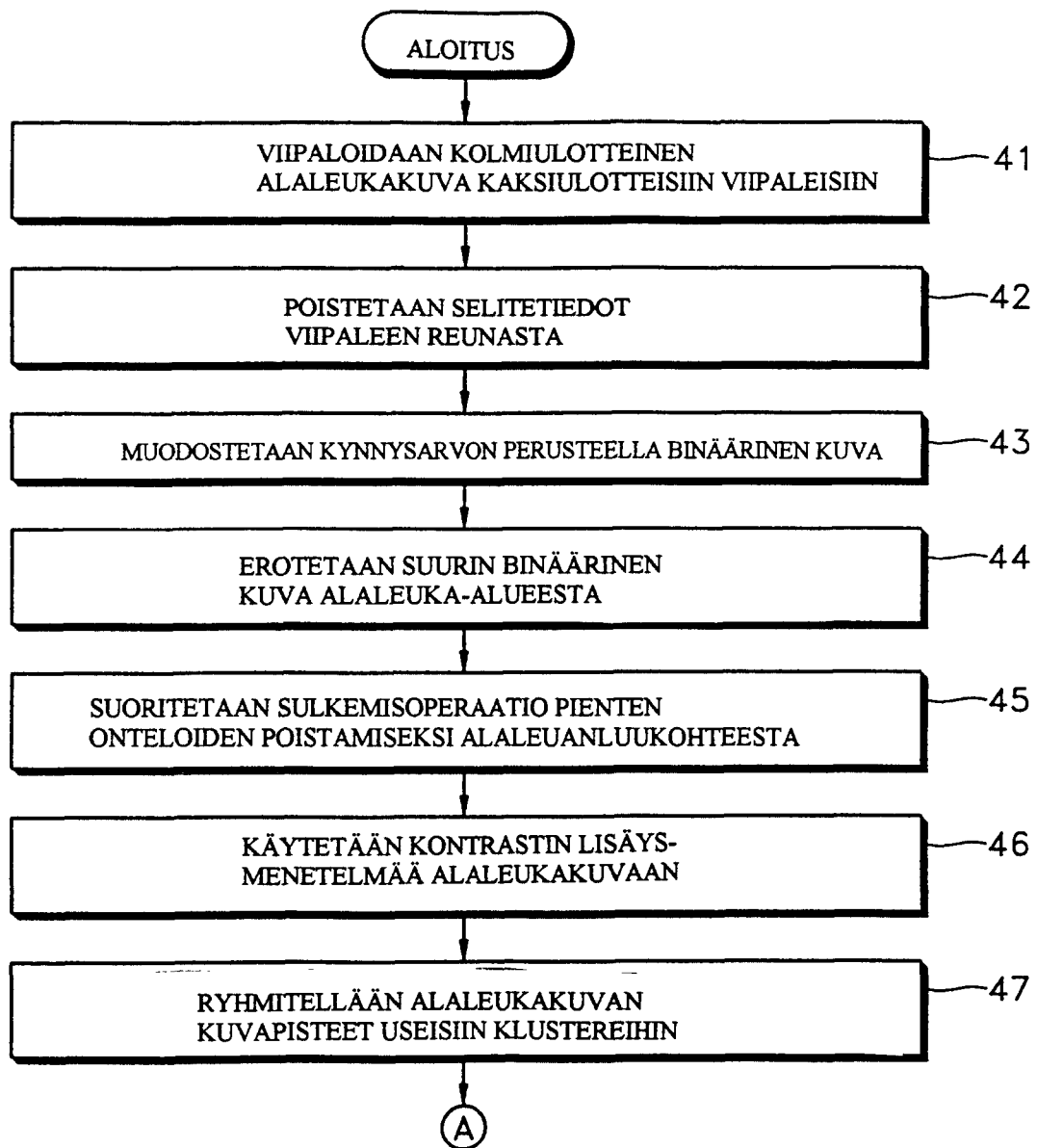


FIG. 4A

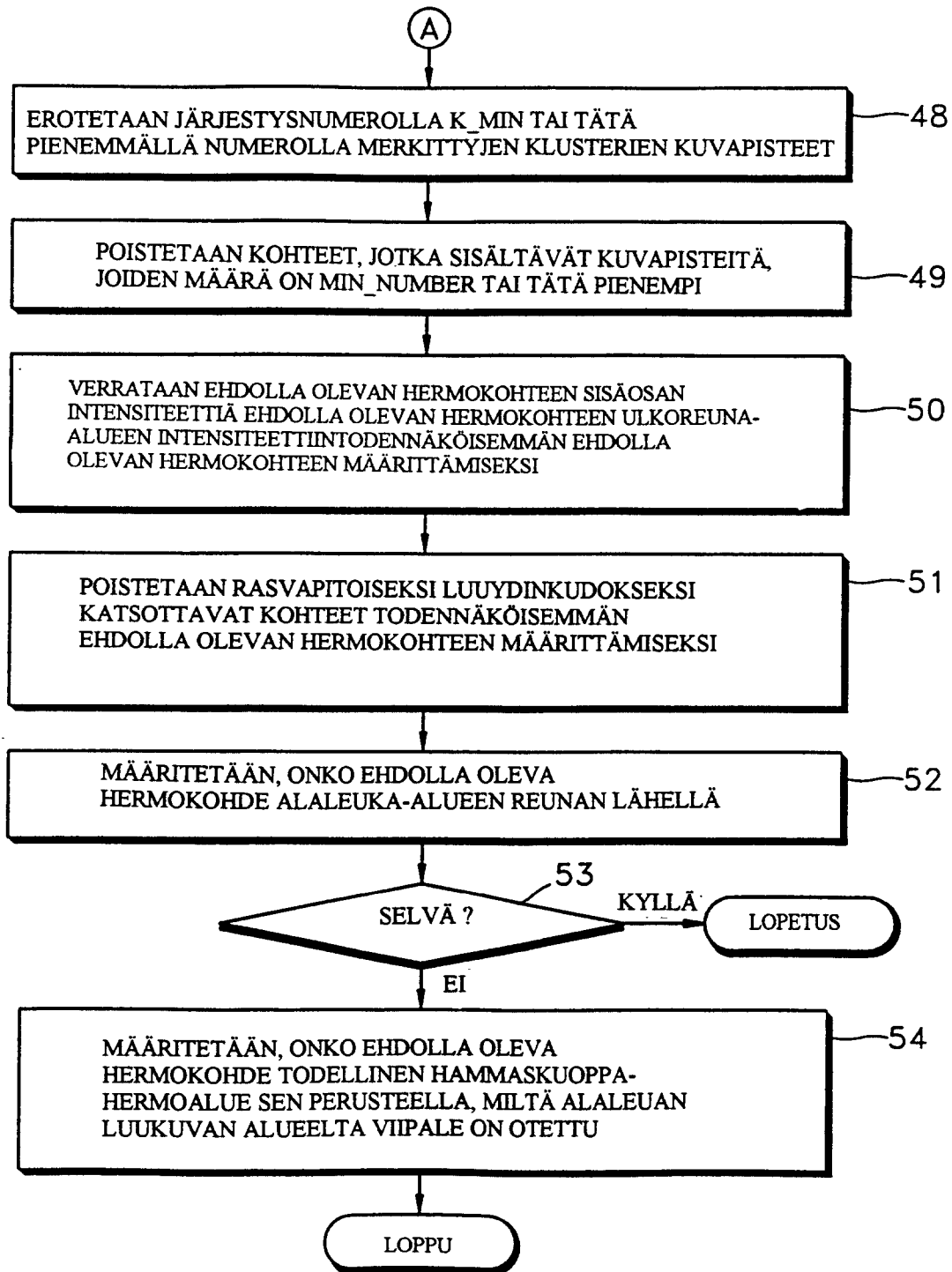


FIG. 4B

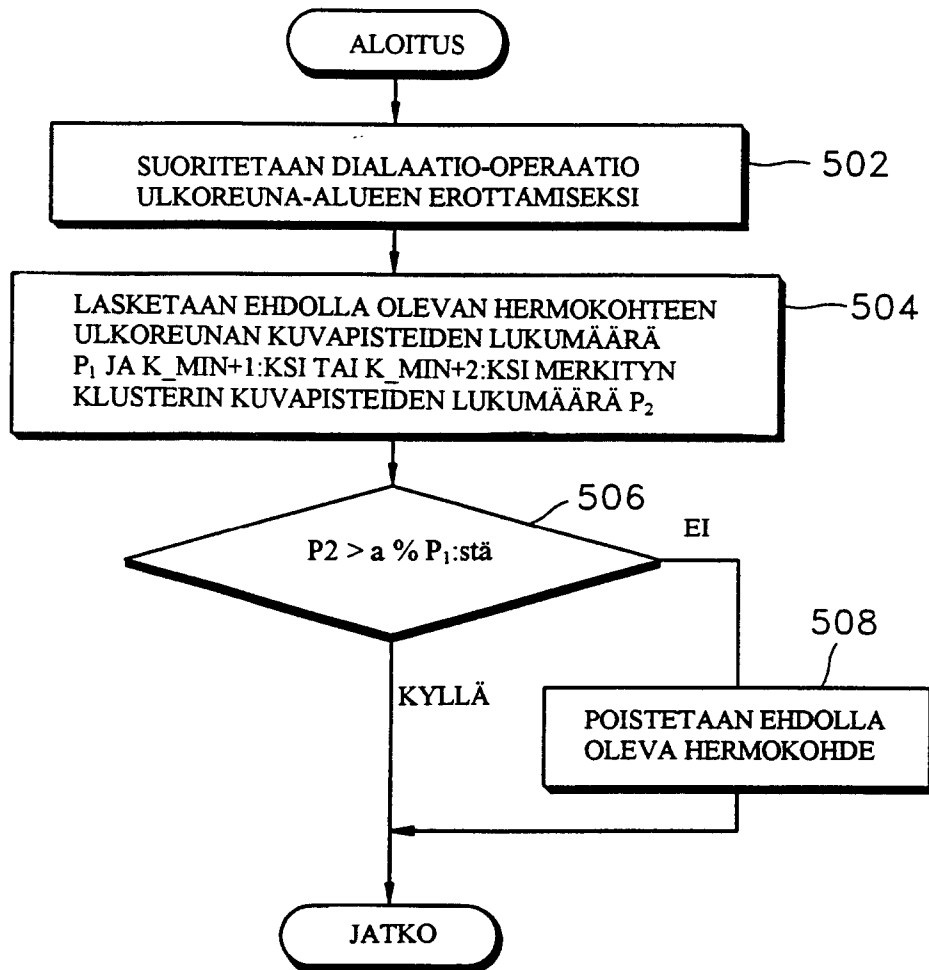


FIG. 4C

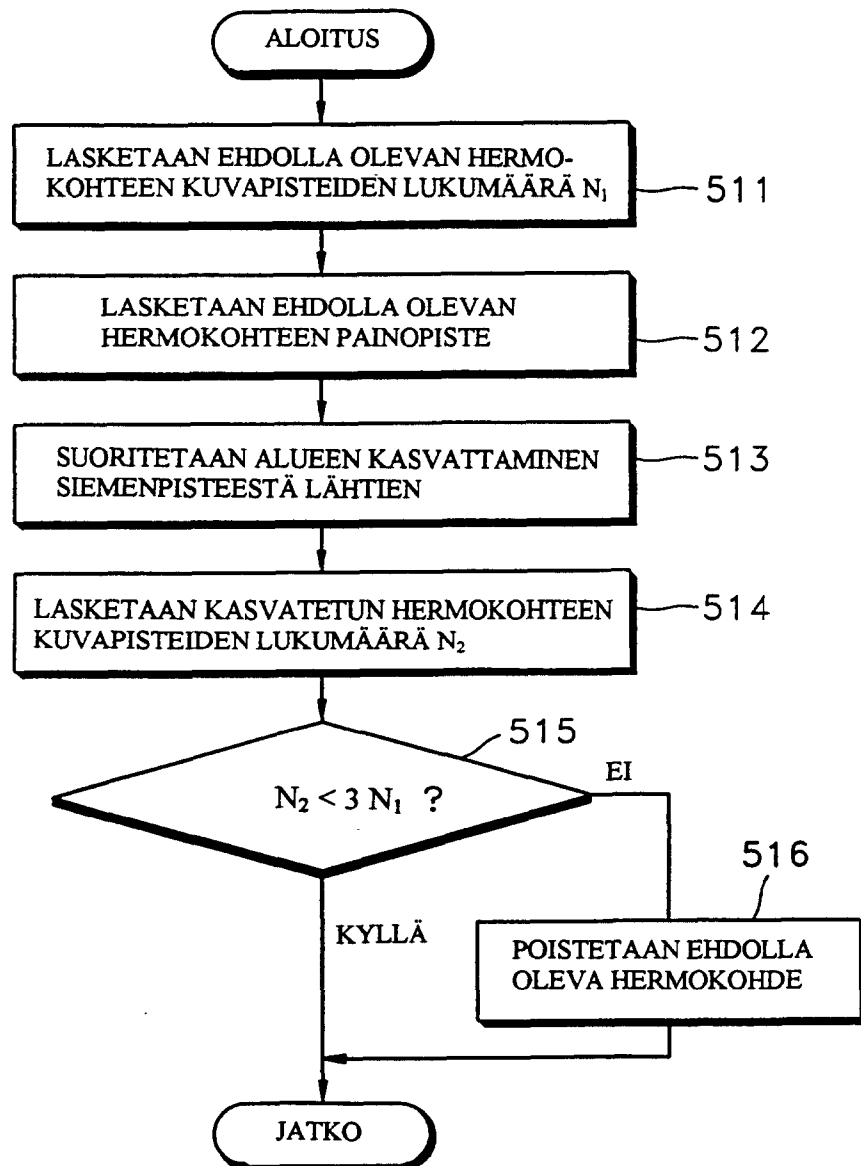


FIG. 4D

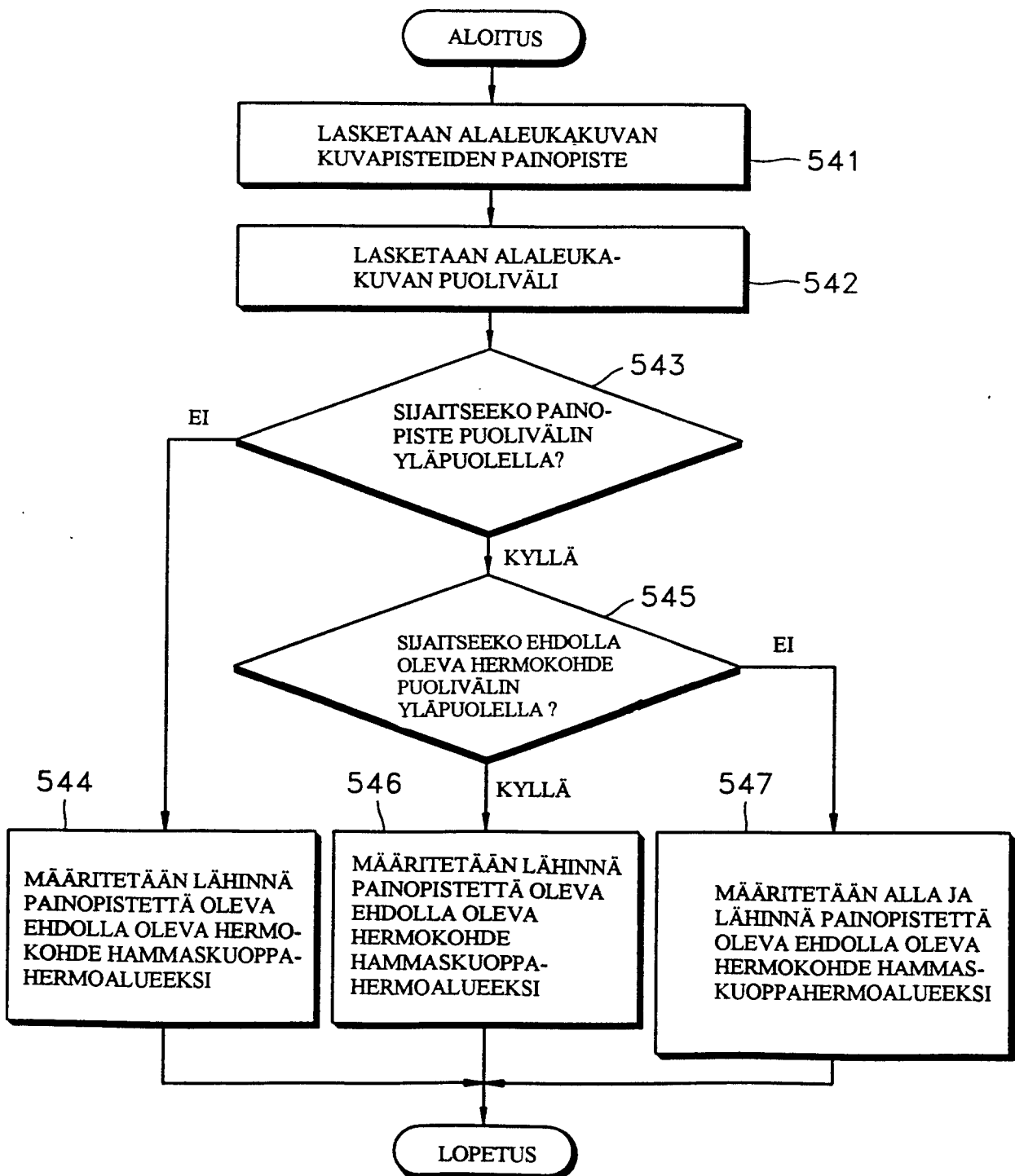


FIG. 5A

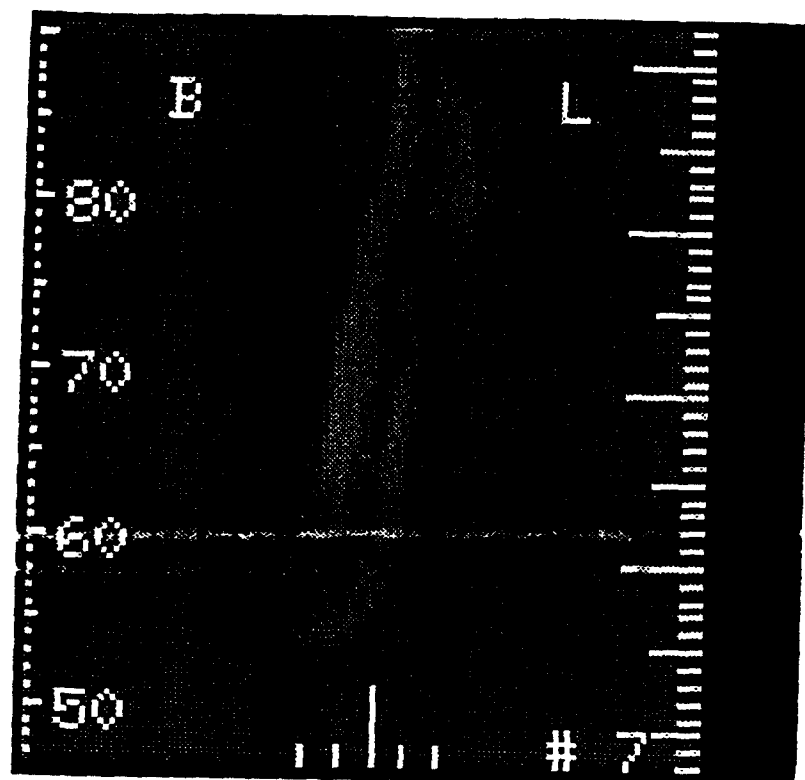


FIG. 5B

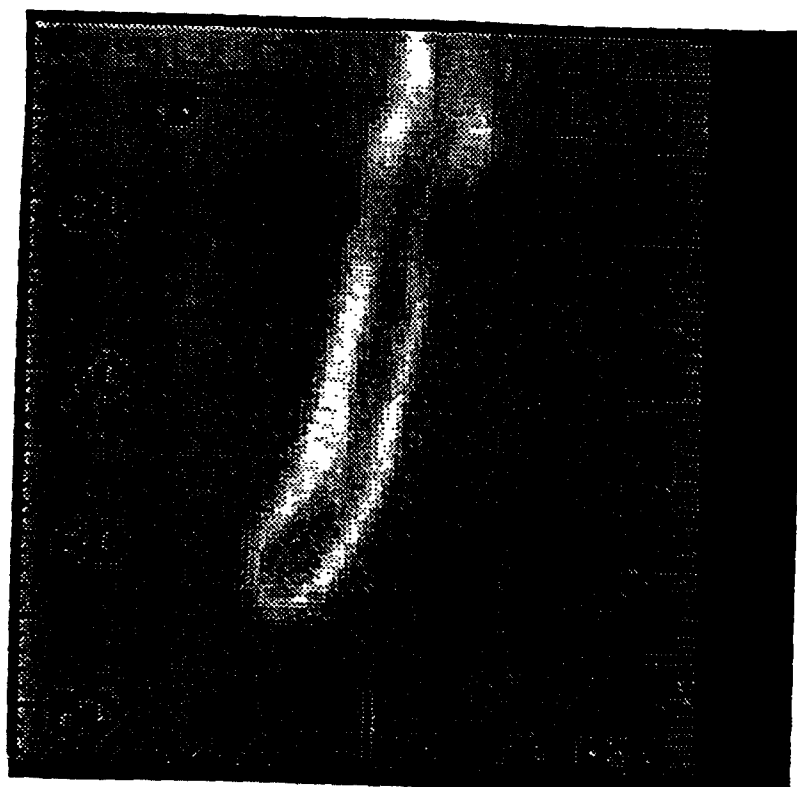


FIG. 5C



FIG. 5D



FIG. 5E

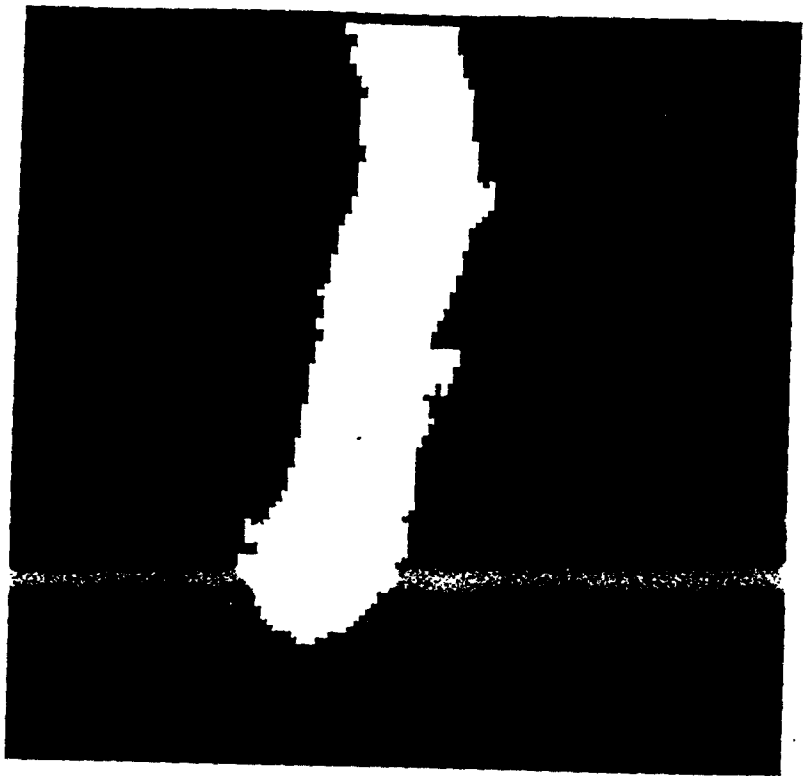


FIG. 5F



FIG. 5G



FIG. 5H

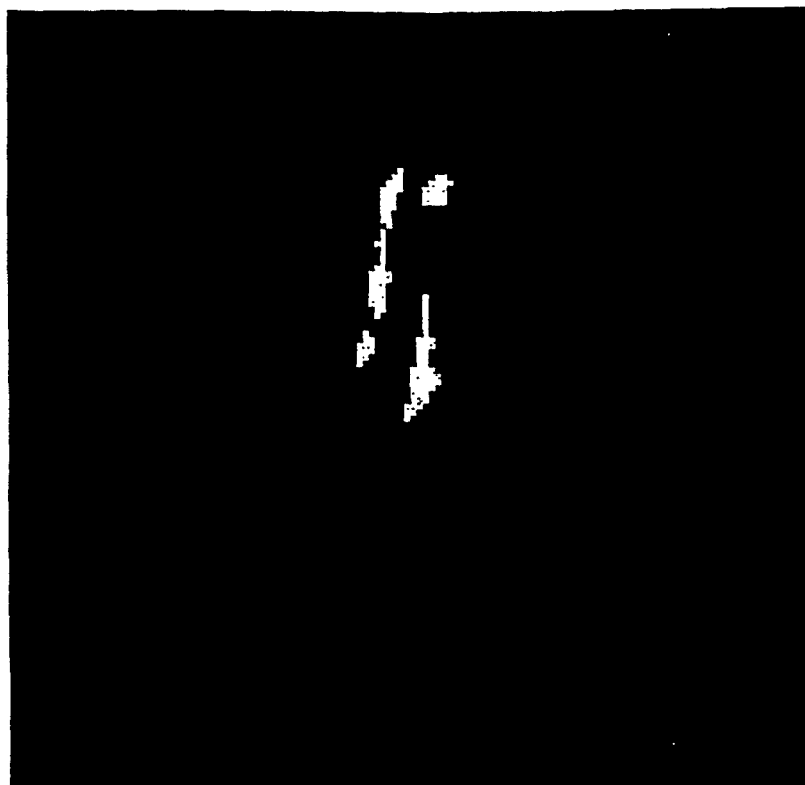


FIG. 5I



FIG. 6

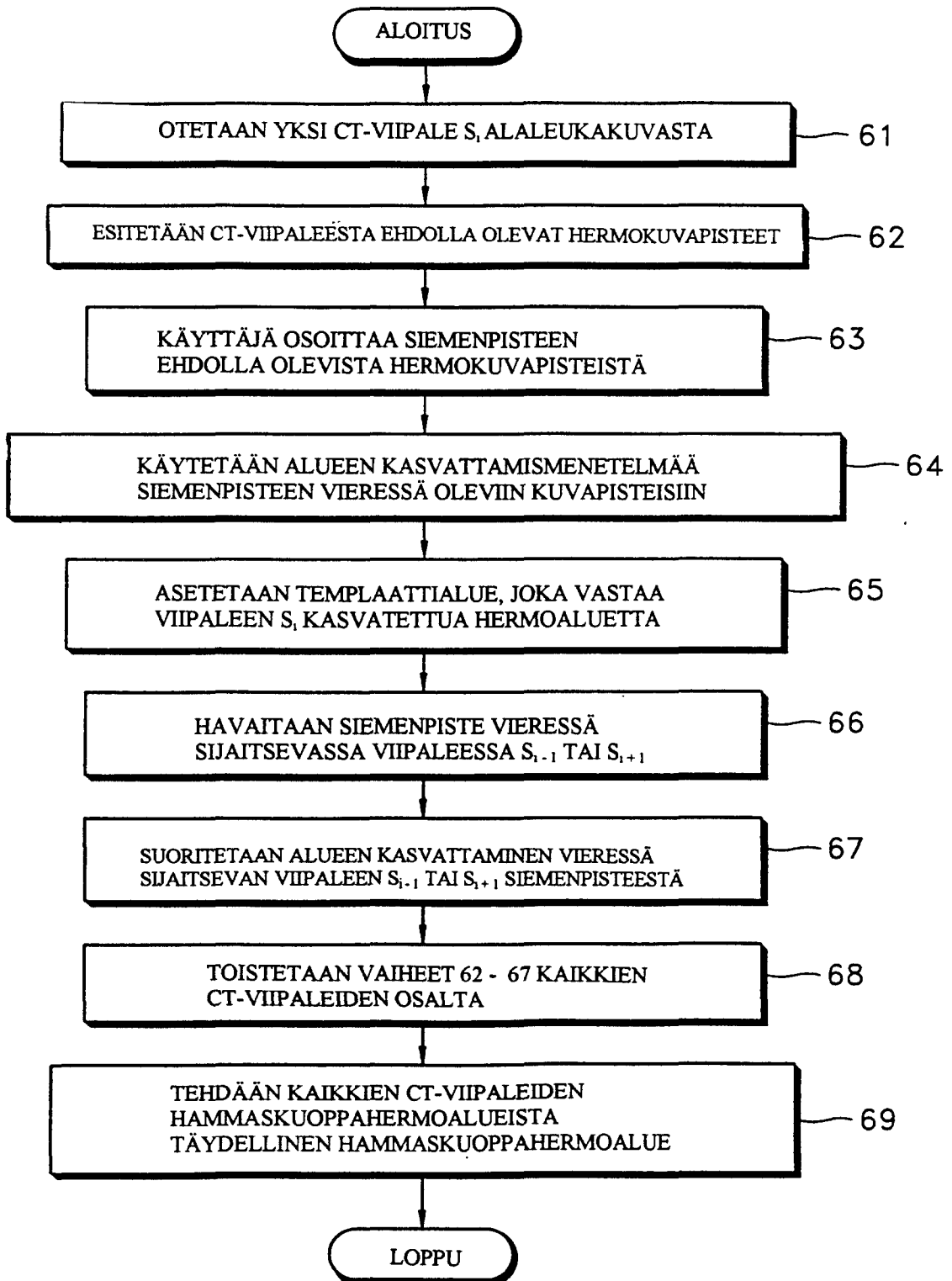


FIG. 7A

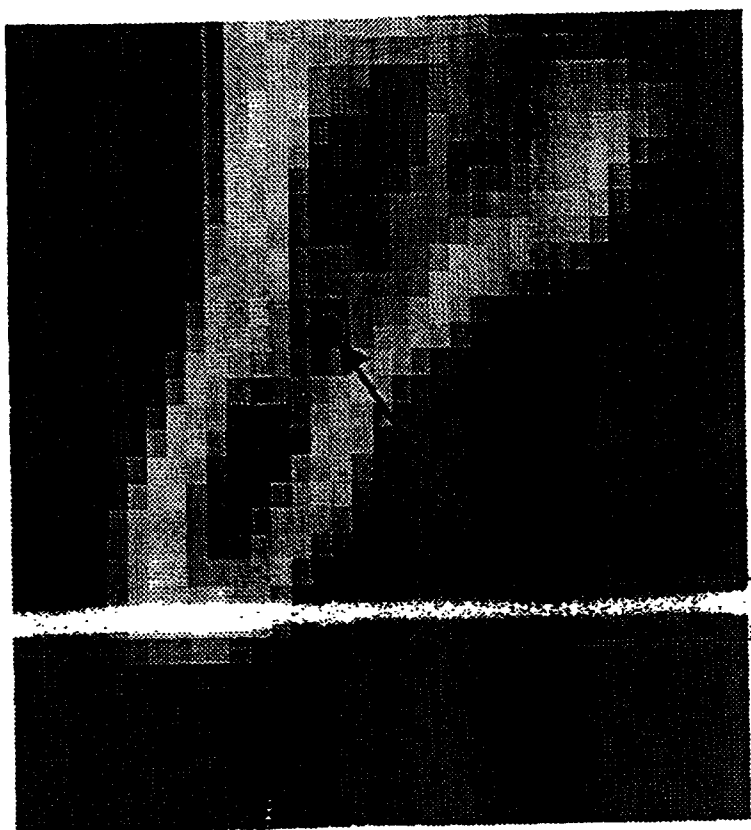


FIG. 7B

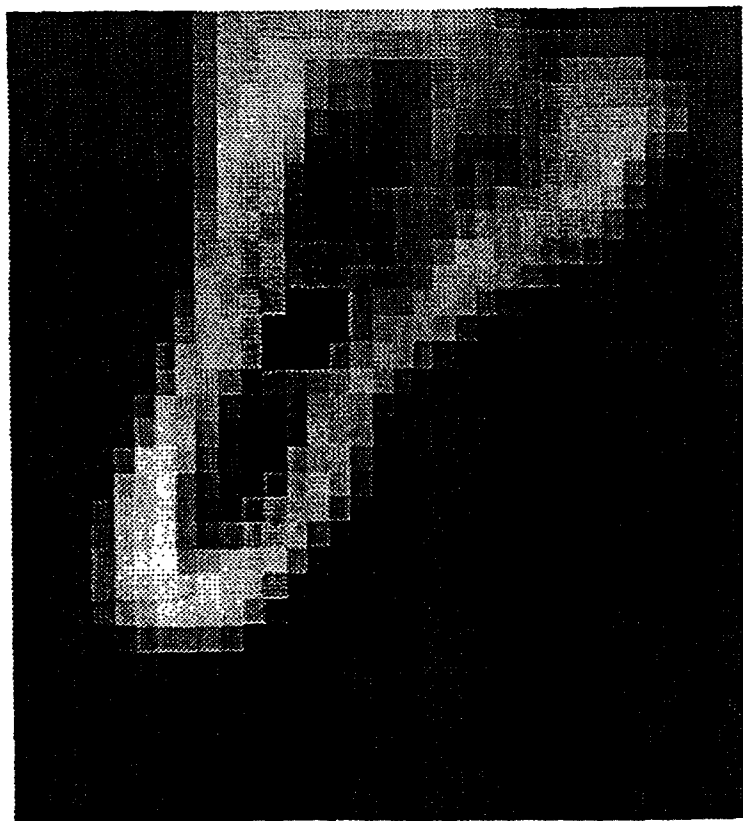


FIG. 7C

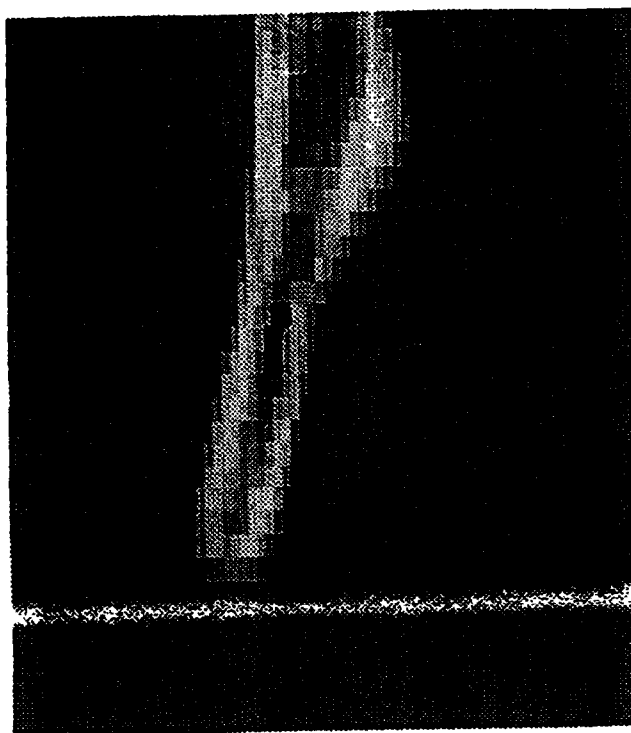


FIG. 7D

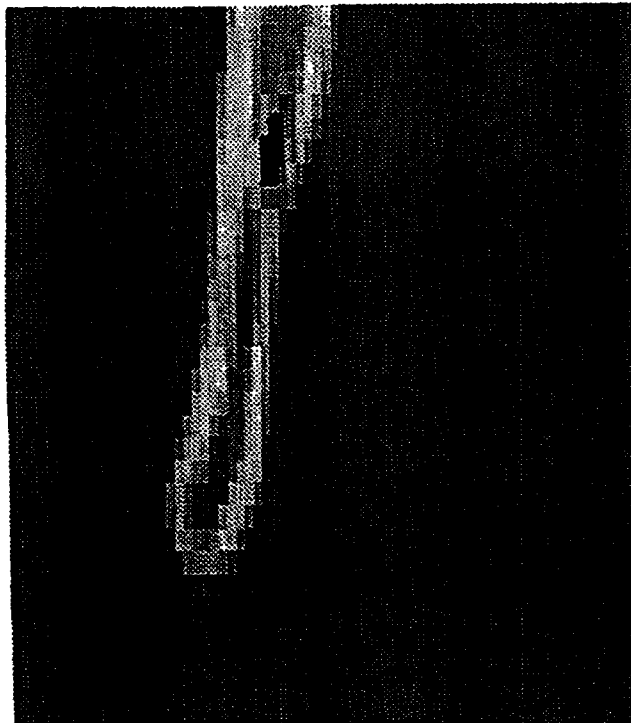


FIG. 7E

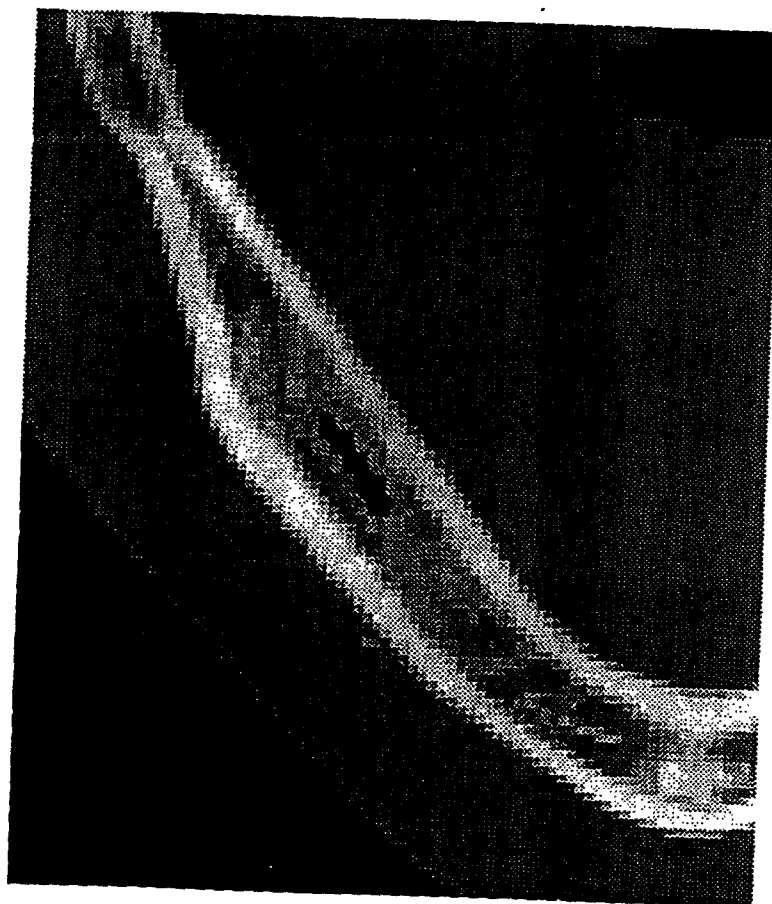


FIG. 8

