

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| <b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b> | <b>102022000017319</b> |
| <b>Data Deposito</b>                | <b>12/08/2022</b>      |
| <b>Data Pubblicazione</b>           | <b>12/02/2024</b>      |

Classifiche IPC

| <b>Sezione</b> | <b>Classe</b> | <b>Sottoclasse</b> | <b>Gruppo</b> | <b>Sottogruppo</b> |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| A              | 61            | B                  | 90            | 50                 |

Titolo

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| Metodo e sistema per il perfezionamento di una procedura chirurgica virtuale |
|------------------------------------------------------------------------------|

**TITOLO: “Metodo e sistema per il perfezionamento di una procedura chirurgica virtuale”.**

## **DESCRIZIONE**

### *CAMPO DI APPLICAZIONE*

5        La presente invenzione ha per oggetto un metodo e sistema per il perfezionamento di una procedura chirurgica virtuale.

#### *Descrizione della tecnica anteriore*

È noto nella tecnica realizzare un metodo per migliorare una procedura chirurgica fornendo un modello tridimensionale dell'organo di un paziente basato su  
10    dati di immagini preoperatorie dell'organo del paziente. Il metodo prevede di identificare i dati relativi alla posizione di almeno un'anatomia di trattamento target del paziente rispetto a una seconda posizione di un'anatomia target ausiliaria del paziente sulla base di un'analisi del modello tridimensionale dell'organo del paziente. Il metodo prevede successivamente di selezionare una posizione di puntura in base ai  
15    dati di posizione identificati per le due anatomie target e di visualizzare, mediante un dispositivo di realtà aumentata, un organo virtuale corrispondente al modello tridimensionale che si sovrappone all'ambiente del mondo reale, indicando visivamente la posizione della puntura selezionata.

#### *Problema della tecnica anteriore*

20        Nella tecnica nota, il metodo consente di identificare la posizione di puntura in funzione di due anatomie target dell'organo del paziente. Tuttavia, il metodo noto non può tenere conto dei fattori anatomici e clinici del paziente reale in quanto il calcolo della posizione di puntura viene eseguito esclusivamente sul modello tridimensionale dell'organo. Pertanto, vi è il rischio che la posizione di puntura calcolata mediante il  
25    metodo noto non sia quella ottimale per il paziente. Infatti, vista la complessità della

scelta della posizione di puntura da parte del chirurgo, tale operazione viene sempre valutata e decisa in prima persona dal chirurgo in fase operatoria ed in funzione delle condizioni del paziente reale.

### *SOMMARIO DELL'INVENZIONE*

5           Scopo dell'invenzione in oggetto è quello di realizzare un metodo ed un sistema che consentano di superare gli inconvenienti della tecnica nota, favorendo il perfezionamento di una procedura chirurgica.

          Ulteriore scopo dell'invenzione è quello di fornire un metodo ed un sistema per incrementare la percentuale di successo nelle operazioni di inserimento di un catetere  
10 di drenaggio sfruttando la visualizzazione di ologrammi relativi al modello 3D paziente-specifico tramite un head-mounted display e sovrapposizione di questi modelli al paziente.

          Il compito tecnico precisato e gli scopi specificati sono sostanzialmente raggiunti da un metodo ed un sistema comprendenti le caratteristiche tecniche esposte in una o  
15 più delle unite rivendicazioni.

### *Vantaggi dell'invenzione*

          Grazie ad una forma di realizzazione, è possibile ottenere un metodo ed un sistema che consentono di ridurre i tempi di preparazione di una procedura chirurgica per intervenire in urgenza, ad esempio fornendo ulteriori informazioni utili per il  
20 chirurgo nella selezione degli strumenti chirurgici e nella scelta della posizione del paziente per l'intervento.

          Grazie ad una forma di realizzazione, è possibile realizzare un metodo ed un sistema molto rapidi nell'elaborazione, che consentono di migliorare le chances di successo e le performances di intervento.

25           Grazie ad una forma di realizzazione, è possibile realizzare un metodo ed un

sistema che consentono di calcolare una traiettoria chirurgica specifica per il paziente e per le condizioni reali, che tiene conto di variabili fondamentali come, ad esempio, la condizione interna dei tessuti, così da evitare eventuali ostacoli nella traiettoria chirurgica.

5           Grazie ad una forma di realizzazione, è possibile realizzare un metodo ed un sistema che sfruttano la realtà mista per favorire il perfezionamento di una procedura chirurgica.

#### *BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI*

Le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione risulteranno evidenti  
10   dalla seguente descrizione dettagliata di una possibile forma di realizzazione pratica, illustrata a titolo di esempio non limitativo nell'insieme dei disegni, in cui:

- la figura 1 mostra schematicamente un sistema secondo la presente invenzione in un esempio di applicazione del metodo dell'invenzione,
- la figura 2 mostra una vista schematica di dettaglio del sistema secondo la  
15   presente invenzione nell'esempio di applicazione del metodo di figura 1,
- la figura 3 mostra in maniera schematica un esempio di applicazione del metodo delle figure 1 e 2 utilizzando il relativo sistema.

#### *DESCRIZIONE DETTAGLIATA*

La presente invenzione ha per oggetto un metodo ed un sistema 1 (o simulatore)  
20   per il perfezionamento di una procedura chirurgica virtuale (più brevemente nel prosieguo, procedura chirurgica), applicabili nel campo della Neurochirurgia, ad esempio per drenaggio ventricolare, derivazione ventricolare, shunt e operazioni che prevedono l'inserimento di un catetere nel sistema ventricolare.

Occorre qui precisare che la presente invenzione ha per oggetto un metodo che  
25   consente di perfezionare una procedura chirurgica, sia in fase di training del chirurgo

senza il paziente che in fase preoperatoria e operatoria, visualizzando in realtà aumentata modelli tridimensionali di parti del corpo del paziente che il chirurgo può visualizzare mentre esegue la procedura chirurgica per perfezionare la propria tecnica sia in fase di training che preoperatoria, ed eventualmente nel corso di un reale  
5 intervento. Tuttavia, seppur di ausilio, il metodo dell'invenzione non interferisce nella normale prassi della procedura chirurgica che viene eseguita unicamente e direttamente dal chirurgo.

Preferibilmente, il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende una fase preliminare di addestrare un algoritmo di intelligenza artificiale  
10 A residente in un'unità di elaborazione 2 per identificare un target T che include la segmentazione del sistema ventricolare da cui deriva l'identificazione dei Forami di Monro, target di detta procedura chirurgica. Preferibilmente, l'algoritmo di intelligenza artificiale A comprende una rete neurale convoluzionale.

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende  
15 l'ulteriore fase di acquisire mediante l'unità di elaborazione 2 immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di un paziente.

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende la fase di generare mediante l'algoritmo di intelligenza artificiale A un modello olografico tridimensionale O della porzione del corpo del paziente mediante elaborazione delle  
20 immagini cliniche acquisite. Preferibilmente, questa fase comprende la sottofase di generare mediante un algoritmo di segmentazione automatica il modello olografico tridimensionale O mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite.

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende inoltre la fase di individuare mediante l'algoritmo di intelligenza artificiale A il target T della  
25 procedura chirurgica nel modello olografico tridimensionale O.

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende la fase di acquisire in tempo reale un'immagine di profondità dell'ambiente reale mediante un dispositivo olografico associato ad un visore 3 per realtà aumentata indossabile da un utente e posto in comunicazione di segnale con l'unità di elaborazione 2.

5 Preferibilmente, il visore 3 è un visore per realtà mista che, pertanto, consente di visualizzare ologrammi proiettati su di uno schermo trasparente in modo che gli stessi siano visibili dall'utente che indossa il visore 3 avendo come sfondo l'ambiente reale circostante. Preferibilmente, il dispositivo olografico è un sensore di profondità del visore 3, o in alternativa, un dispositivo distinto dal visore 3.

10 Sempre preferibilmente, il metodo prevede la fase di individuare mediante il dispositivo olografico un paziente nell'immagine di profondità dell'ambiente reale acquisita in tempo reale, e più preferibilmente di individuare una parte specifica del corpo del paziente come, ad esempio, la testa ed il viso del paziente. Secondo una forma preferita dell'invenzione, questa fase viene eseguita mediante un algoritmo di  
15 registrazione. Preferibilmente, l'algoritmo di registrazione risiede nell'unità di elaborazione. o, in alternativa, nel dispositivo olografico.

In aggiunta, il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende la fase di visualizzare sul display del visore 3 il modello olografico tridimensionale O con il target T in sovrapposizione al paziente nell'ambiente reale,  
20 preferibilmente tramite l'algoritmo di registrazione.

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende la fase di identificare mediante il dispositivo olografico un punto di ingresso P della procedura chirurgica che insieme al target T costituiscono la traiettoria chirurgica TC per l'inserimento del catetere. Il puntatore 4 che identifica la traiettoria chirurgica TC è  
25 movimentabile dall'utente interagendo direttamente con il contenuto olografico. ..

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende la fase di calcolare mediante l'algoritmo di intelligenza artificiale A il target T nel modello olografico tridimensionale O che identifica una traiettoria chirurgica TC che collega il  
5 punto di ingresso P al target T.

Il metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica comprende anche la fase di visualizzare tramite il display del visore 3 la traiettoria chirurgica TC insieme al modello olografico tridimensionale O in sovrapposizione al paziente nell'ambiente reale. Vantaggiosamente, l'ologramma mostra con che inclinazione entrare e a che  
10 profondità andare per raggiungere il punto target. Preferibilmente, l'algoritmo di registrazione automatico sovrappone l'ologramma (p modello olografico tridimensionale O) della testa con la pianificazione della traiettoria chirurgica TC al viso del paziente utilizzando le informazioni acquisite nell'immagine di profondità.

Preferibilmente, le immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di  
15 un paziente comprendono immagini TAC del cranio del paziente, Sempre preferibilmente, il modello olografico tridimensionale O comprende un modello tridimensionale di pelle, cranio, ventricoli laterali e del terzo ventricolo del paziente.

Il sistema 1 per il perfezionamento di una procedura chirurgica della presente invenzione comprende un'unità di elaborazione 2 ed un algoritmo di intelligenza  
20 artificiale A in essa residente e addestrato, preferibilmente per identificare un target T di detta procedura chirurgica comprendente ventricoli e Forami di Monro.

Il sistema 1 comprende un visore 3 per realtà aumentata indossabile da un utente e provvisto di display per la visualizzazione di immagini e di un dispositivo olografico per l'acquisizione in tempo reale di un'immagine di profondità dell'ambiente reale. Il  
25 visore 3 è posto in comunicazione di segnale con l'unità di elaborazione 2. Come detto

prima, nella forma preferita dell'invenzione, il visore 3 è un visore per realtà mista. Preferibilmente, il dispositivo olografico è un sensore di profondità del visore 3, o in alternativa, un dispositivo distinto dal visore 3. Preferibilmente, il dispositivo olografico è configurato per individuare un paziente nell'immagine di profondità  
5 dell'ambiente reale acquisita in tempo reale e più preferibilmente per individuare una parte specifica del corpo del paziente come, ad esempio, la testa ed il viso del paziente. Sempre preferibilmente, Il sistema 1 comprende un algoritmo di registrazione configurato per individuare un paziente nell'immagine di profondità dell'ambiente reale acquisita in tempo reale. Preferibilmente, l'algoritmo di registrazione risiede  
10 nell'unità di elaborazione 2 o, in alternativa, nel dispositivo olografico.

L'unità di elaborazione 2 è configurata per acquisire immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di un paziente.

L'algoritmo di intelligenza artificiale A è configurato per generare un modello olografico tridimensionale O della porzione del corpo del paziente mediante  
15 elaborazione delle immagini cliniche acquisite, come ad esempio immagini ottenute tramite TAC.

L'algoritmo di intelligenza artificiale A è configurato per individuare il target T della procedura chirurgica nel modello olografico tridimensionale O.

Il display del visore 3 è configurato per visualizzare il modello olografico tridimensionale O con il target T in sovrapposizione al paziente nell'ambiente reale,  
20 preferibilmente per mezzo dell'algoritmo di registrazione.

Il dispositivo olografico è configurato per identificare nel contenuto olografico un puntatore 4 movimentabile dall'utente sul modello olografico tridimensionale O visualizzato sul display del visore 3.

25 Il dispositivo olografico è configurato per identificare un punto di ingresso P

della procedura chirurgica selezionato dall'utente mediante il puntatore 4 sul modello olografico tridimensionale O visualizzato sul display.

L'algoritmo di intelligenza artificiale A è configurato per calcolare una traiettoria chirurgica TC che collega il punto di ingresso P al target T nel modello  
5 olografico tridimensionale O.

Il display è configurato per visualizzare la traiettoria chirurgica TC insieme al modello olografico tridimensionale O in sovrapposizione al paziente nell'ambiente reale. Vantaggiosamente, l'ologramma mostra con che inclinazione entrare e a che profondità andare per raggiungere il punto target T. Preferibilmente, l'algoritmo di  
10 registrazione automatico sovrappone l'ologramma (modello olografico tridimensionale O) della testa con la pianificazione della traiettoria chirurgica TC al viso del paziente

Preferibilmente, l'algoritmo di intelligenza artificiale A comprende un algoritmo di segmentazione automatica configurato per generare il modello olografico  
15 tridimensionale O mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite.

Come detto prima, l'algoritmo di registrazione è atto ad identificare nell'immagine di profondità dell'ambiente reale acquisita in tempo reale la regione anatomica di interesse del paziente, ad esempio testa e viso, per sovrapporre il modello olografico O in corrispondenza del paziente. Il modello olografico O comprende la  
20 traiettoria chirurgica identificata dall'utente mediante il dispositivo olografico e un puntatore 4 movimentabile dall'utente.

Preferibilmente, le immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di un paziente comprendono immagini TAC del cranio del paziente. Il modello olografico tridimensionale O comprende un modello tridimensionale di pelle, cranio,  
25 ventricoli laterali e del terzo ventricolo del paziente.

Preferibilmente, sia nel metodo che nel sistema 1 utilizzabile per la sua esecuzione, l'algoritmo di intelligenza artificiale A è configurato per riconoscere altre strutture dalle immagini cliniche preoperatorie, quali ad esempio vasi sanguigni che possono poi guidare la scelta del punto di ingresso P al fine di identificare traiettorie chirurgiche TC non pericolose.

Giova rilevare che il sistema 1 ed il metodo della presente invenzione trovano applicazione in neurochirurgia nell'esecuzione di procedure percutanee sia craniche che spinali. Alcuni esempi di applicazione sono di seguito elencati:

- termorizotomie o microcompressioni del ganglio di Gasser, vale a dire procedure chirurgiche che si eseguono in scopia con i raggi X, per il trattamento della nevralgia del trigemino;
- biopsie cerebrali ad ago, ossia procedure chirurgiche guidate dal neuronavigatore o dal casco stereotassico;
- impianto di elettrodi profondi per il trattamento dei disturbi del movimento, vale a dire procedure chirurgiche guidate dal neuronavigatore o dal casco stereotassico;
- infiltrazione delle faccette articolari intervertebrali, vale a dire procedure chirurgiche che si eseguono in scopia con i raggi X;
- posizionamento di viti trans-peduncolari negli interventi di stabilizzazione della colonna, ossia procedure chirurgiche che si eseguono in scopia con i raggi X;
- rachicentesi;
- pianificazione preoperatoria ed assistenza nell'esecuzione degli interventi craniotomici con identificazione della traiettoria chirurgica TC, del conseguente posizionamento della testiera e della testa sul letto operatorio, della conseguente sede dell'incisione chirurgica e infine della correlata craniotomia.

Occorre precisare che nei vari esempi di applicazione, possono essere usati vari

strumenti, non solo cateteri, per seguire la traiettoria chirurgica TC dal punto di ingresso (o punto di accesso) P sulla cute e target T. Vantaggiosamente, il metodo fornisce una traiettoria chirurgica che può essere tenuta in considerazione dal chirurgo e che può permettere di accedere alla lesione, e dunque al target T, nel modo più  
5 comodo e meno invasivo possibile.

Vantaggiosamente, sfruttando la realtà mista e l'algoritmo di registrazione automatica, il chirurgo può visualizzare le strutture interne del paziente e vedere evidenziato il target T della procedura chirurgica, come ad esempio l'entrata dei forami di Monro, con eventualmente l'ausilio di una guida olografica che lo assista  
10 nell'inserimento. Inserendo correttamente il catetere nel punto di ingresso (o punto di inserimento) P selezionato, il chirurgo può procedere decidendo di utilizzare la traiettoria chirurgica TC per raggiungere il target T e drenare il liquido dalle camere ventricolari, riducendo la pressione intracranica in situazioni di necessità come idrocefalo, traumi cranici ed emorragie. Giova dunque rilevare che la traiettoria  
15 chirurgica TC può essere considerata dal chirurgo come una guida olografica per assisterlo nell'inserimento del catetere durante le operazioni di drenaggio ventricolare (o derivazione ventricolare). Tuttavia, occorre precisare che la traiettoria chirurgica TC è un puro riferimento. E' infatti il chirurgo l'unico esecutore dell'intervento che può decidere di tener conto di tale traiettoria nelle sue scelte di intervento. Come detto  
20 prima, il metodo ed il sistema 1 dell'invenzione risultano particolarmente utili per la pratica dei chirurghi e per l'utilizzo in fase preoperatoria.

Preferibilmente, la trasmissione dei dati tra unità di elaborazione 2 e visore 3 è basata su di un protocollo di comunicazione TCP (Transmission Control Protocol), in modo tale da trasferire i modelli tridimensionali paziente-specifici all'head-mounted  
25 display (o visore 3).

Vantaggiosamente, l'utilizzo preferito della realtà mista consente la visualizzazione delle strutture di interesse con la possibilità di libera interazione con gli ologrammi, sfruttabile sia in sede pre-operatoria che intra-operatoria.

Vantaggiosamente, a differenza della tecnica nota, il dispositivo e l'algoritmo di registrazione sono del tipo marker-less, e consentono un corretto posizionamento degli ologrammi sul paziente.

Giova rilevare che, nell'esempio delle unite figure, per i ventricoli laterali e il terzo ventricolo, le strutture vengono automaticamente riconosciute da una rete neurale convoluzionale appositamente addestrata e testata. In seguito, queste strutture vengono date in input ad un algoritmo che evidenzia e salva come file OBJ le entrate dei forami di Monro, utilizzando un criterio basato sulla distanza tra ventricoli laterali e terzo ventricolo. Il modello 3D paziente-specifico costituito dai file OBJ, e in particolare da vertici e facce, di pelle, cranio, ventricoli e forami di Monro viene trasferito mediante un protocollo di comunicazione TCP, basato ad esempio sul protocollo WebSocket, al visore 3 di realtà mista. Quest'ultimo proietta ologrammi consentendo di vedere l'ambiente reale attraverso il display, permettendo quindi di visualizzare gli ologrammi di pelle, cranio, ventricoli e forami di Monro. Il chirurgo può così interagire con le strutture in fase preoperatoria e pianificare l'intervento. In fase operatoria, gli ologrammi possono essere posizionati sul viso del paziente usando l'algoritmo di registrazione automatica. Le immagini TAC di un paziente vengono elaborate da algoritmi appositamente creati per segmentare automaticamente le strutture di interesse: pelle, cranio, ventricoli laterali e terzo ventricolo. In particolare, per ottenere il cranio viene applicata una soglia di 500 HU e viene creato un file OBJ con un algoritmo di marching cubes, e in caso di paziente con impianto dentale viene rimossa la regione della bocca sfruttando un algoritmo di iterative closest point. Per la pelle si

applica un filtro passa banda tra 100 e 50 HU, algoritmi di morphological opening e closing per rimuovere il supporto presente nelle immagini TAC e Sobel edge detection per estrarre solo il primo strato di pelle. Anche in questo caso si ottiene il file OBJ con marching cubes. La ricostruzione marker-less sfrutta l'acquisizione di una nuvola di  
5 punti (o point cloud) attraverso la camera di profondità presente nel dispositivo olografico, altresì definibile come dispositivo di registrazione, e una registrazione basata su algoritmi di ICP. L'accuratezza della registrazione è stata valutata utilizzando un phantom paziente-specifico stampato in 3D e ha mostrato un'accuratezza di circa 2.7 mm. Utilizzando il metodo ed il sistema 1 è pertanto  
10 possibile visualizzare una traiettoria chirurgica TC olografica che funga da traiettoria possibile da seguire durante l'inserimento del catetere che collega il Forame di Monroe ad un punto scelto dal chirurgo sul modello di pelle olografico. Vantaggiosamente, il metodo ed il sistema 1 dell'invenzione consentono un notevole risparmio del costo computazionale con conseguente riduzione del tempo totale stimato per processare un  
15 nuovo paziente, trasferire i file e visualizzare le strutture nell'applicazione di realtà mista, che è di circa 3 minuti.

Di seguito sono elencati i principali e vantaggiosi perfezionamenti dati dal metodo e dal sistema 1 dell'invenzione rispetto alla procedura chirurgica tradizionale:

- si consente la visualizzazione delle strutture interne;
- 20 - si evidenzia il target ideale dell'operazione, le entrate dei forami di Monro;
- si fornisce una guida olografica per il corretto inserimento del catetere;
- è stato attestato un miglioramento dell'accuratezza del 42% nella procedura.

Di seguito sono elencati i principali vantaggi dati dal metodo e dal sistema 1 dell'invenzione rispetto ai metodi e sistemi di miglioramento di una procedura  
25 chirurgica dell'arte nota:

- registrazione marker-less;
- segmentazione automatica veloce e con precisione maggiore;
- riduzione dei tempi computazionali;
- non è necessario un operatore esperto per le fasi di segmentazione e trasferimento dei  
5 dati;
- il target ideale dell'operazione è evidenziato.

Di seguito viene descritto in dettaglio l'esempio di applicazione di cui alle unite figure 1-3.

Le figure 1 e 2 mostrano una rappresentazione schematica del flusso di lavoro  
10 sviluppato secondo il sistema 1 ed il metodo dell'invenzione: le immagini 3D CT (Tomografia Computerizzata) vengono segmentate automaticamente per ottenere le strutture cerebrali che verranno inviate al visore 3 di realtà mista (indicato nell'esempio di figura 3 anche con H2) tramite un protocollo di connessione Internet. L'utente è quindi in grado di visualizzare il modello olografico e impostare un percorso  
15 tra il target T, ossia il Forame di Monro, e un punto di ingresso P sullo strato di pelle. La nuvola di punti PtC della superficie cutanea del paziente viene acquisita utilizzando la camera di profondità del visore H2 e questi dati vengono utilizzati per stimare la matrice di trasformazione  $T^{H2}_{CT}$ .

La Figura 3 rappresenta dettagliatamente l'esempio del flusso di lavoro di  
20 registrazione per l'ambiente di Realtà Mista (o MR). L'algoritmo di intelligenza artificiale prevede le seguenti fasi:

- acquisire il PtC della superficie facciale  $\{p_i, H2\}$ , utilizzando la modalità di ricerca del visore H2, e la posizione del dispositivo di realtà mista H2 stesso ( $p_{camera, H2}$ ), entrambi riferiti al sistema di riferimento di coordinate globali H2;
- 25 - inizializzare la posizione di  $S_{CT}$  rispetto al target  $\{p_i, H2\}$  basato su telecamera, H2;

- applicare un algoritmo di rimozione dei punti nascosti a  $S_{CT}$  per filtrare i punti in uscita sulla parte posteriore della testa per evitare calcoli superflui;
  - estrarre  $\{p_i, H2\}$  punti appartenenti al volto attraverso un algoritmo di clustering basato su una densità DBSCAN;
- 5    – applicare un algoritmo di registrazione globale veloce tra l' $S_{CT}$  semplificato e il pulito  $\{p_i, H2\}$ , ottenendo un primo allineamento, che viene poi affinato tramite il metodo Local Refined Registration basato su un algoritmo ad iterazione Point-to-Plane del punto più vicino (ICP) per ottenere  $T^{H2}_{CT}$ ;
- rispedire  $T^{H2}_{CT}$  su  $H2$  e applicare al modello olografico di  $S_{CT}$ , permettendo così
- 10   al chirurgo di visualizzare il modello segmentato allineato con la faccia del paziente reale:  $S^{H2} = T^{H2}_{CT} S_{CT}$ .

## RIVENDICAZIONI

1. Metodo per il perfezionamento di una procedura chirurgica virtuale, comprendente le fasi di:
- acquisire mediante una unità di elaborazione (2) immagini cliniche preoperatorie di  
5 una porzione del corpo di un paziente;
  - generare mediante un algoritmo di intelligenza artificiale (A) un modello olografico tridimensionale (O) della porzione del corpo del paziente mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite;
  - individuare mediante l'algoritmo di intelligenza artificiale (A) un target (T) della  
10 procedura chirurgica nel modello olografico tridimensionale (O);
  - identificare mediante un dispositivo olografico un puntatore (4) movimentabile dall'utente;
  - identificare mediante il dispositivo olografico un punto di ingresso (P) della procedura chirurgica selezionato dall'utente mediante detto puntatore (4) sul modello  
15 olografico tridimensionale (O) visualizzato sul display di un visore (3) per realtà aumentata indossabile da un utente e posto in comunicazione di segnale con l'unità di elaborazione (2);
  - calcolare una traiettoria chirurgica (TC) che collega il punto di ingresso (P) al target (T), identificato mediante l'algoritmo di intelligenza artificiale (A), nel modello  
20 olografico tridimensionale (O);
  - acquisire in tempo reale un'immagine di profondità dell'ambiente reale mediante un dispositivo olografico associato al visore (3) ;
  - visualizzare tramite il display del visore (3) la traiettoria chirurgica (TC) insieme al modello olografico tridimensionale (O) in sovrapposizione ad un paziente  
25 nell'ambiente reale.

2. Metodo in accordo con la rivendicazione 1, in cui la fase di generare mediante l'algoritmo di intelligenza artificiale (A) un modello olografico tridimensionale (O) della porzione del corpo del paziente mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite, comprende la sottofase di:
- 5 - generare mediante un algoritmo di segmentazione automatica il modello olografico tridimensionale (O) mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite.
3. Metodo in accordo con la rivendicazione 1 o 2, che comprende le fasi di:
- identificare mediante il dispositivo olografico un puntatore (4) movimentabile dall'utente nel modello olografico tridimensionale (O) e di
- 10 - identificare mediante il dispositivo olografico un punto di ingresso (P) della procedura chirurgica selezionato dall'utente mediante detto puntatore (4) sul modello olografico tridimensionale (O) visualizzato sul display;
4. Metodo in accordo con una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui:
- le immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di un paziente
- 15 comprendono immagini TAC del cranio del paziente;
- il modello olografico tridimensionale (O) comprende un modello tridimensionale di pelle, cranio, ventricoli laterali e del terzo ventricolo del paziente.
5. Metodo in accordo con una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui:
- il visore (3) è un visore per realtà mista.
- 20 6. Sistema (1) per il perfezionamento di una procedura chirurgica virtuale, comprendente:
- un'unità di elaborazione (2) ed un algoritmo di intelligenza artificiale (A) in essa residente;
- un visore (3) per realtà aumentata indossabile da un utente e provvisto di display per
- 25 la visualizzazione di immagini e di un dispositivo olografico per l'acquisizione in

tempo reale di un'immagine di profondità dell'ambiente reale, il visore (3) essendo in comunicazione di segnale con l'unità di elaborazione (2);

in cui

- l'unità di elaborazione (2) è configurata per acquisire immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di un paziente;
- l'algoritmo di intelligenza artificiale (A) è configurato per generare un modello olografico tridimensionale (O) della porzione del corpo del paziente mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite;
- l'algoritmo di intelligenza artificiale (A) è configurato per individuare il target (T) della procedura chirurgica nel modello olografico tridimensionale (O);
- il display del visore (3) è configurato per visualizzare il modello olografico tridimensionale (O) con il target (T) in sovrapposizione ad un paziente nell'ambiente reale;
- il dispositivo olografico è configurato per identificare nell'immagine di profondità dell'ambiente reale acquisita in tempo reale una parte specifica del corpo del paziente;
- il dispositivo olografico è configurato per sovrapporre il modello olografico tridimensionale (O) sul paziente nell'ambiente reale e; e visualizzare sul display tale modello olografico tridimensionale (O);
- l'algoritmo di intelligenza artificiale (A) è configurato per calcolare una traiettoria chirurgica (TC) che collega il punto di ingresso (P) al target (T) nel modello olografico tridimensionale (O);
- il display è configurato per visualizzare la traiettoria chirurgica (TC) insieme al modello olografico tridimensionale (O) in sovrapposizione al paziente nell'ambiente reale.

7. Sistema (1) in accordo con la rivendicazione 6, in cui l'algoritmo di intelligenza artificiale (A) comprende un algoritmo di segmentazione automatica configurato per generare il modello olografico tridimensionale (O) mediante elaborazione delle immagini cliniche acquisite.
- 5    **8.** Sistema (1) in accordo con la rivendicazione 6 o 7, comprendente un algoritmo di registrazione atto ad identificare mediante il dispositivo olografico una parte specifica del corpo del paziente e a sovrapporre a questa il modello olografico tridimensionale (O), e un puntatore (4) movimentabile dall'utente nell'ambiente olografico tridimensionale (O)atto a identificare un punto di ingresso (P) della procedura
- 10    chirurgica selezionato dall'utente mediante detto puntatore (4) sul modello olografico tridimensionale (O) visualizzato sul display.
- 9.** Metodo in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni da 6 a 8, in cui:
- le immagini cliniche preoperatorie di una porzione del corpo di un paziente comprendono immagini TAC del cranio del paziente;
- 15    - il modello olografico tridimensionale (O) comprende un modello tridimensionale di pelle, cranio, ventricoli laterali e del terzo ventricolo del paziente.
- 10.** Metodo in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni da 6 a 9, in cui:
- il visore (3) è un visore per realtà mista.

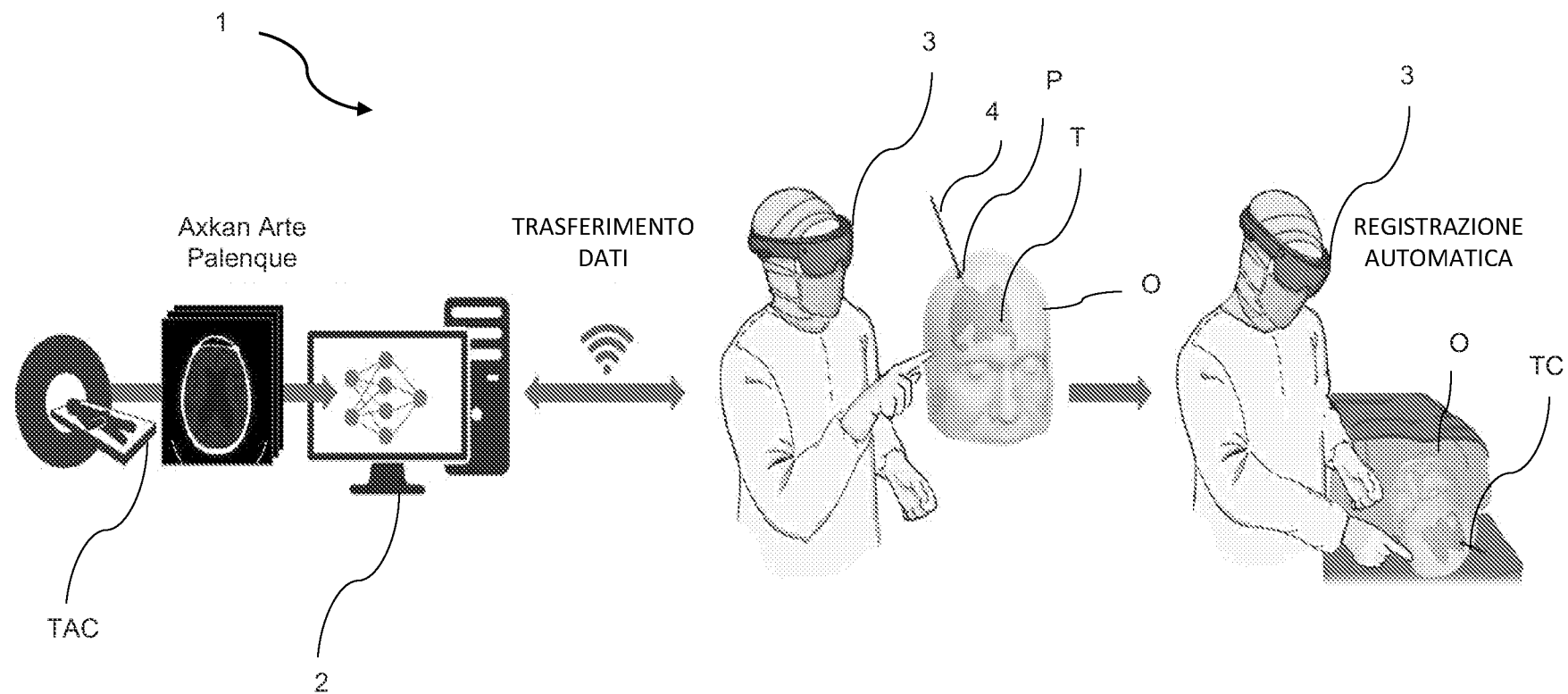


Fig. 1

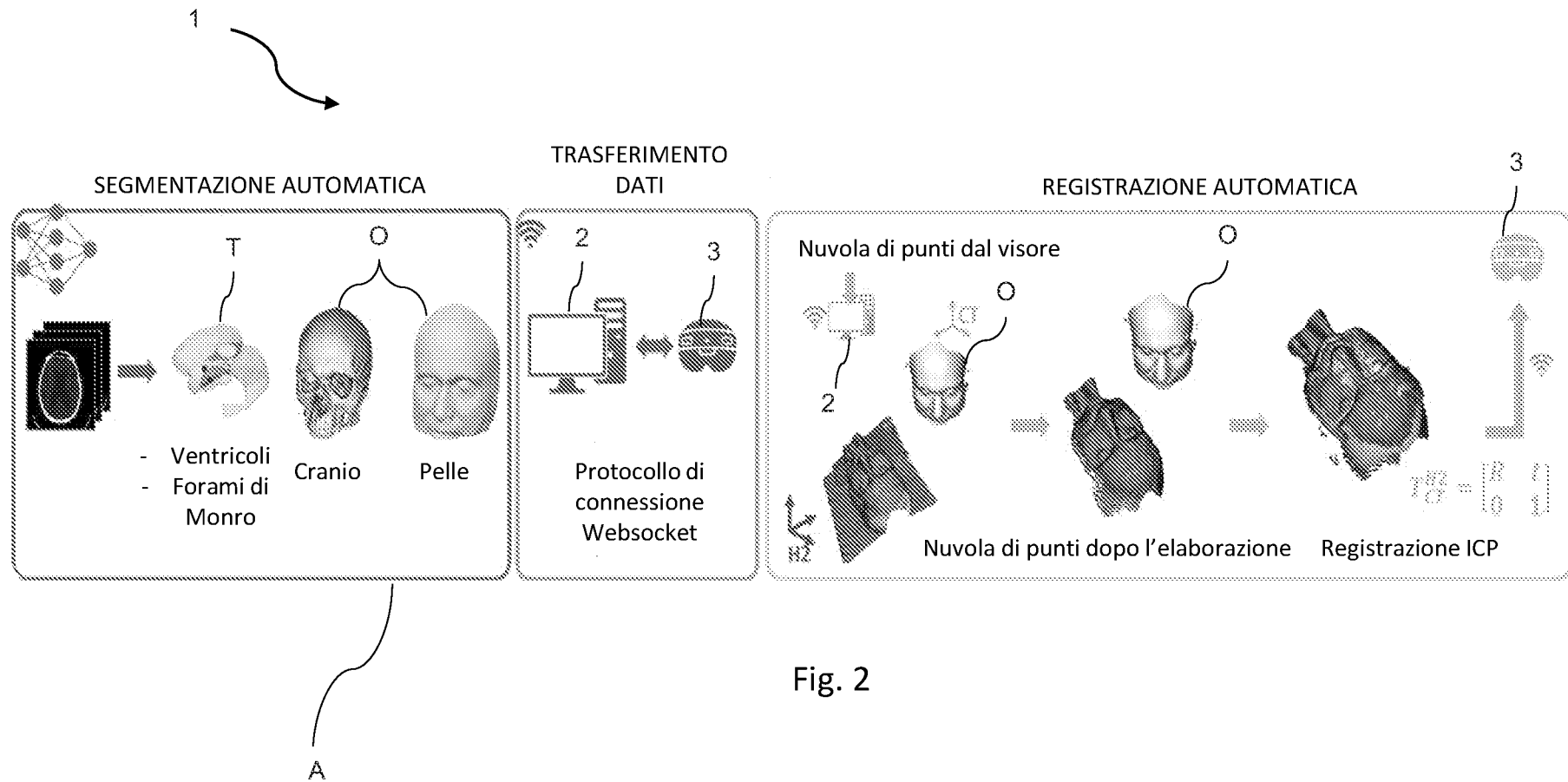


Fig. 2

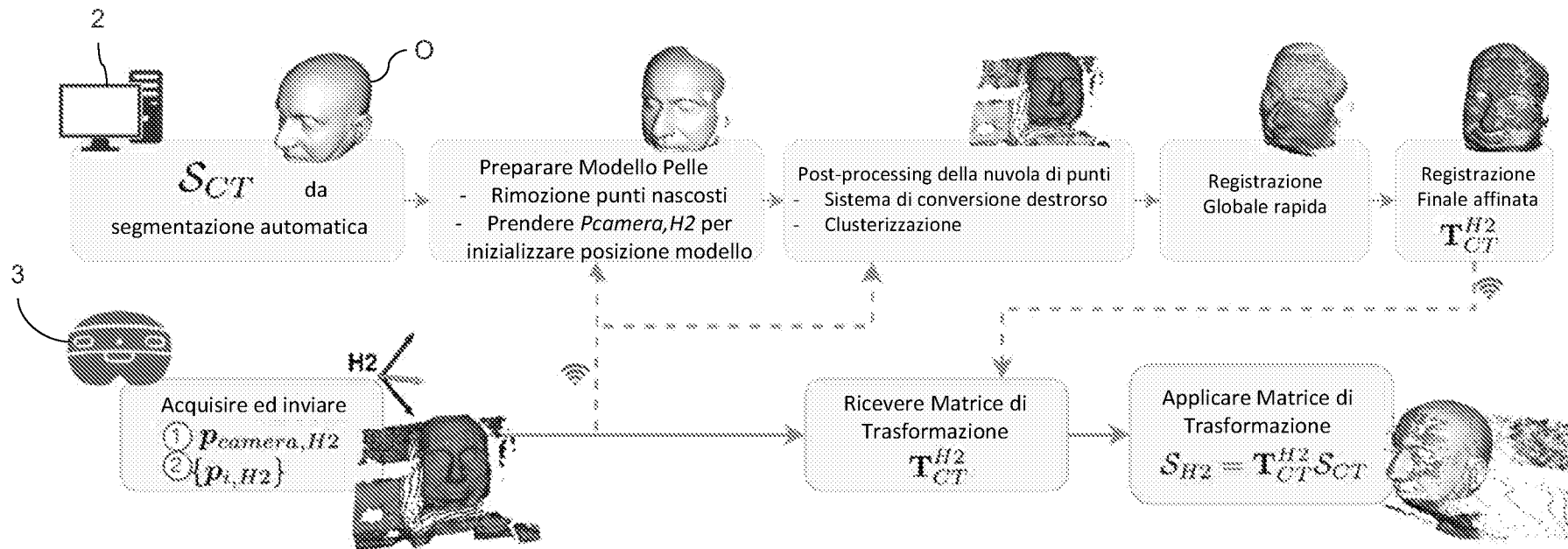


Fig. 3