

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902084125A1

Publication Date

20140317

Applicant

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO

Title

APPARATO PER LA VALUTAZIONE DELLE CAPACITA' MOTORIE DI UN
SOGGETTO E RELATIVO PROCEDIMENTO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Apparato per la valutazione delle capacità motorie di un soggetto e relativo procedimento "

di: Università degli Studi di Torino, nazionalità italiana,
Via Verdi, 8 - 10124 Torino e CSP - Innovazione nelle ICT
società consortile a responsabilità limitata, nazionalità
italiana, Via Nizza, 150 - 10126 - Torino

Inventori designati: Alberto RAINOLDI; Gioachino KRATTER;
Marco IVALDI; Ferdinando RICCHIUTI; Roberto POLITI; Donato
FIORELLA

Depositata il: 17 settembre 2012

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione riguarda un apparato per operare la valutazione quantitativa di capacità motorie di almeno una parte del corpo di un soggetto, comprendente un dispositivo di interfaccia configurato per rilevare movimenti del soggetto e mezzi di elaborazione per analizzare dati rilevati da detto dispositivo di interfaccia.

Problema tecnico generale

La capacità motoria è un tratto stabile di origine genetica e favorisce lo sviluppo dell'abilità motoria. Quest'ultima è la competenza raggiunta in un compito.

Per la valutazione delle capacità motorie, particolarmente in contesti di recupero da trauma, è importante disporre di apparati e sistemi utili a eseguire una valutazione che include un'analisi quantitativa del movimento.

Attualmente sul mercato sono disponibili sistemi per l'analisi quantitativa del movimento che sono basati sulla

cattura del movimento (Motion Capture), oppure su tecniche dinamometriche oppure su tecniche elettromiografiche.

Gli elementi che vengono misurati tramite sistemi consimili possono essere:

- elementi cinematici, ossia i movimenti del corpo, e vengono misurati utilizzando i sistemi di Motion Capture;
- elementi dinamici, cioè forze e momenti angolari, che vengono misurati utilizzando tecniche dinamometriche che coinvolgono piattaforme di forza e altri sensori;
- elementi elettromiografici, ossia i segnali elettrici di attivazione dei muscoli, che vengono misurati tramite degli elettrodi applicati al soggetto.

Tali tecniche per l'analisi quantitativa del movimento hanno caratteristiche intrinseche e peculiari che possono limitarne la possibilità di utilizzo in quanto presentano complessità nell'analisi, necessità della presenza dell'operatore, invasività, estrema specificità delle tecniche in relazione a determinate misure.

Scopo dell'invenzione

Lo scopo della presente invenzione è quello di superare i problemi tecnici precedentemente descritti.

In particolare, lo scopo della presente invenzione è quello di fornire un apparato e un corrispondente procedimento che permettano di operare un'analisi quantitativa del movimento che viene ottenuta attraverso la massima possibile interazione tra il soggetto e l'apparato di valutazione, una ridotta invasività ed una presenza almeno marginale di operatori, permettendo quindi la

certificazione delle capacità e abilità motorie su basi quantitative.

Sintesi dell'invenzione

Lo scopo della presente invenzione è raggiunto da un apparato avente le caratteristiche formanti oggetto delle rivendicazioni che seguono, le quali formano parte integrante dell'insegnamento tecnico qui somministrato in relazione all'invenzione. L'invenzione ha a oggetto anche un corrispondente procedimento di misura.

Breve descrizione dei disegni

L'invenzione sarà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, dati a puro titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è uno schema di principio rappresentante un apparato secondo l'invenzione,

- la figura 2 è un diagramma di flusso rappresentativo di un procedimento implementato tramite l'apparato di figura 1;

- la figura 3 rappresenta schematicamente passi eseguiti nell'ambito di una prima fase del procedimento di figura 2;

- la figura 4 rappresenta schematicamente passi eseguiti nell'ambito di una seconda fase del procedimento di figura 2.

Descrizione dettagliata dell'invenzione

In breve, l'apparato secondo l'invenzione comprende un pannello tattile di tipo multitocco che opera la rilevazione tramite luce laser. Tale pannello consente la rilevazione del movimento di almeno una parte del corpo del soggetto, ad esempio il dito o la mano, quando è a contatto con il piano laser del pannello. Tale pannello tattile è

configurato per operare con dimensioni adatte a misurare indici morfologici dei soggetti sottoposti a analisi

In figura 1 è mostrato l'apparato secondo l'invenzione.

L'apparato secondo l'invenzione indicato complessivamente con il riferimento numero 10, comprende un armadio 11, in particolare un armadio in ferro, che funge da supporto per un pannello 12 in plexiglass che opera da pannello di proiezione, inserito in una cornice a piano di luce laser 13, ossia una cornice che opera secondo la tecnologia di rilevazione LLP (Light Laser Plane), nonché da camera oscura per la retroproiezione tramite un videoproiettore 14. Il pannello è preferibilmente trasparente.

L'armadio 11 nell'esempio qui descritto ha dimensioni di 2,4 metri di larghezza, 2,6 m di altezza, 1,6 m di profondità. Il pannello 12 è inserito in una parete anteriore 11a dell'armadio 11 a un'altezza di 90 centimetri da terra.

L'armadio 11 in condizioni operative presenta tre lati o pareti verticali chiuse, oltre alla parete anteriore 11a, che non ospitano tale pannello 12. Su uno di tali lati verticali chiusi può essere presente una porta per accedere all'interno quando l'apparato 10 non è in una condizione di funzionamento. Tale struttura chiusa dell'armadio 11 serve a impedire la penetrazione di luce nella camera oscura, che potrebbe influire sulla precisione di rilievo dei tocchi di un utente, o soggetto, indicato in figura 1 con il riferimento numerico 700, della cornice a piano di luce laser 13.

L'armadio 11 dunque presenta la parete anteriore 11a, che comprende nel pannello 12 la cornice a piano di luce

laser 13, di forma rettangolare, nell'esempio avente dimensioni di 1,5 metri di altezza per 2 metri di larghezza, in cui è inserito il pannello 12 di plexiglass. Lungo il perimetro della cornice a piano di luce laser 13 sono alloggiati otto dispositivi emettitori laser 13a emettenti luce laser, disposti rispettivamente quattro ai quattro angoli della cornice a piano di luce laser 13 e quattro a metà di ciascuno dei lati di lunghezza maggiore, nell'esempio mostrato i lati orizzontali, della cornice 13. In questo modo i dispositivi emettitori laser 13a identificano due rettangoli o quadrati nella cornice 13 e proiettano i fasci sostanzialmente lungo le loro diagonali.

Posteriormente al pannello 12 di plexiglass è applicata preferibilmente una pellicola da retroproiezione 16, in grado di diffondere la luminosità del videoproiettore 14 su tutta la superficie del pannello 12 in plexiglass. Ai lati dell'armadio 11 sono inserite due casse acustiche 18 che vengono impiegate per diffondere i feedback uditivi durante gli esercizi. Ad esempio, con le dimensioni indicate per l'apparato 10, possono essere impiegate casse con livello di pressione sonora di 80db.

All'interno dell'armadio 11 sono alloggiati il videoproiettore 14, equipaggiato di una lente fisheye 19 a corto raggio, una telecamera 20 per operare il riconoscimento di blob luminosi 22 che si formano toccando il pannello 12 e un alimentatore stabilizzato 21 che fornisce l'alimentazione ai dispositivi emettitori laser 13a.

All'esterno dell'armadio 11 sono disposti un primo elaboratore 41 e un secondo elaboratore 42, ad esempio due personal computer, il primo elaboratore 41 essendo utilizzato per riconoscere i punti di contatto con il

pannello 12, ossia i blob 22, sotto il controllo di un modulo software di rilevazione 400 operante secondo la procedura CCV (Community Core Vision), come meglio illustrato nel seguito, mentre il secondo elaboratore 42 viene utilizzato per una funzione di autenticazione, in particolare tramite codice QR, anch'essa attuata attraverso un modulo software di autenticazione 200 che opera nel secondo elaboratore 42 e meglio descritto nel seguito e per la gestione di un database anagrafico, indicato con il riferimento 520 in figura 2. Il primo elaboratore 41 comanda anche il retro-proiettore 14 per proiettare i test sul pannello 12. Nell'apparato di esempio mostrato la telecamera 20 è una Webcam Sony PS3eye, modificata tramite l'applicazione di filtro IR a 780 nm, corrispondente alla lunghezza d'onda d'emissione della luce laser IR, e ottica 2.8 mm, risoluzione 640x480@60fps.

Il retro-proiettore 14 è un proiettore Benq MP776ST, risoluzione XGA (1024x768), luminosità di 3500 ANSI Lumen, contrasto 3500:1, Rapporto Diagonale/Distanza di proiezione 0.61:1 (81"@1m), Ottica: F = 2.6, f= 6.9 mm.

Gli emettitori laser 13a hanno una potenza di 25 mW, emettono a una lunghezza d'onda di 780 nm nell'infrarosso, sono equipaggiati con una lente di reshaping 120°.

Il pannello di proiezione 12 comprende essenzialmente una lastra di plexiglass di 1.5 mm di spessore, la pellicola 16 da retroproiezione essendo incollata sul retro di tale pannello 12, affacciata al retroproiettore 14 all'interno dell'armadio 11.

La cornice laser 13 come indicato implementa la tecnologia LLP (Laser Light Plane), che è di per sé nota e caratterizzata dall'utilizzo di sorgenti laser, i dispositivi emettitori laser 13a, per irradiare il piano di

tocco, ossia il pannello 12. Ciascun dispositivo emettitore laser 13a emette infatti una radiazione infrarossa, come accennato alla lunghezza d'onda 780 nm, che genera un piano di luce spesso circa 1 mm e parallelo al pannello 12, calibrato in modo che sia posizionato immediatamente al di sopra della superficie di tale pannello 12. In figura 1 è indicato l'utente 700, collocato in stazione eretta in una posizione di stazionamento 800 a una distanza predeterminata, ad esempio 60 cm, dal pannello 12 che opera da interfaccia e da schermo. Il pannello 12 risulta quindi nell'esempio posto verticale rispetto al piano, ad esempio il pavimento, su cui è identificata la posizione di stazionamento 800, ossia l'utente 700, collocandosi in stazione eretta nella posizione di stazionamento 800, si trova affacciato al pannello 12, alla distanza predeterminata scelta per le valutazioni. Nel momento in cui il dito di un utente 700, indicato con 100 in figura 1, intercetta tale piano luminoso creato dalla cornice 13, si crea nel piano un cosiddetto blob 22, formato dall'interferenza del dito 100 con il fascio laser emesso dagli emettitori 13a. Tale blob 22 viene rilevato, ossia ripreso, dalla telecamera 20, che invia l'immagine ripresa al primo elaboratore 41, dove, attraverso un modulo software di rilevazione 400 eseguito da tale elaboratore, viene operata l'analisi dell'immagine, l'identificazione di ciascun blob 22 generato nel tempo da tocchi o movimenti toccando il pannello 12, e la loro classificazione come tocchi sul pannello 12. Come accennato, i dispositivi emettitori laser 13a sono preferibilmente posizionati sugli angoli della cornice 13 rettangolare e ciascun emettitore 13a comprende una rispettiva lente di reshaping che trasforma il rispettivo raggio laser in un piano di luce

laser. Tali lenti hanno un angolo che varia dai 90 ai 120 gradi. Le lunghezze d'onda preferibilmente utilizzate sono 780 nm, come nell'esempio di figura 1, e 940 nm.

Il riconoscimento dei blob luminosi 22, come detto, è affidato a tecniche di computer vision, di per sé note al tecnico del settore in connessione all'uso di interfacce IR-LLP, operate sul primo elaboratore 41 tramite il modulo di rilevamento 400. La telecamera 20 è sensibile alla luce infrarossa, attraverso il menzionato filtro nell'infrarosso, e cattura immagini del pannello 12 a velocità compresa ad esempio tra i 30 e 60 frame per secondo, inquadrando la superficie posteriore del pannello 12, il quale opera invece da superficie di tocco tramite la sua superficie anteriore. Le immagini acquisite dalla telecamera 20 vengono elaborate sull'elaboratore 41 nel modulo di rilevazione 400, che fra le altre operazioni applica un filtraggio tramite filtri che migliorano l'immagine e applica algoritmi che estraggono dalle immagini le caratteristiche relative ai blob 22. Come detto il modulo di rilevazione 400 implementa a questo scopo le tecniche (Community Core Vision) che sono implementate in moduli software open source/inter-piattaforma per la computer vision e per il machine sensing, o rilevazione d'interfaccia, disponibili ad esempio sul World Wide Web all'URL <http://ccv.nuigroup.com/>. Dunque, tramite la disposizione di pannello 12, cornice laser 13, videoproiettore 14 e telecamera 20, si ha che, nel momento in cui il soggetto 700 tocca la superficie del pannello 12, viene evidenziato il punto di contatto tramite un blob 22, mentre le summenzionate tecniche di elaborazione di immagine nel modulo 400 localizzano, in modo noto, nell'immagine acquisita dalla telecamera 20 tale punto di

contatto associandovi delle coordinate cartesiane orizzontali e verticali, x,y riferite al piano del pannello 12. Per ottenere una corretta referenziazione tra tali coordinate x,y e il punto di tocco si può operare una fase di calibrazione dell'apparato 10, indicata con 310 in figura 2, che associa dei tocchi generati sullo schermo a punti già noti all'apparato 10.

Come anticipato, l'apparato per la valutazione delle capacità motorie 10 implementa sugli elaboratori 41 e 42 una pluralità di moduli software per la sua gestione, che sono indicati schematicamente nel diagramma di flusso mostrato in figura 2.

E' previsto quindi un primo modulo software 200, eseguito sul secondo elaboratore 42 per operare il riconoscimento automatico dell'utente 700 attraverso un codice QR mostrato dall'utente 700 alla telecamera 20. Il modulo software 200 elabora sull'elaboratore 42 l'immagine proveniente dalla telecamera 20 ricavando il corrispondente codice identificativo dell'utente QR_ID. In questo modo non è richiesto alcun inserimento diretto di informazioni da parte dell'utente 700 ed è mantenuta la riservatezza in quanto non vengono inserite informazioni in chiaro.

Il codice QR, ossia l'immagine bidimensionale che codifica il codice identificativo dell'utente QR_ID, viene preferibilmente generato dall'apparato stesso dopo una procedura di registrazione in cui vengono richiesti ad esempio dati sull'età, il sesso, se l'utente sia destro, mancino o ambidestro. Possono essere anche chiesti dati per comporre un'anamnesi dell'utente 700. L'immagine del codice QR può essere applicata ad esempio su un tesserino di identificazione, che permette di porre in correlazione il

codice identificativo dell'utente QR_ID specifico con i dati registrati nel database anagrafico 520.

Tale procedura di registrazione, che conduce alla generazione del codice QR e eventualmente del tesserino d'identificazione, viene eseguita preferibilmente tramite un terzo elaboratore separato, indicato con il riferimento 43 in figura 1, che comprende ad esempio una periferica di stampa per stampare l'immagine del codice QR o l'intero tesserino. Tale terzo elaboratore 43 comprende preferibilmente il database anagrafico 520 e provvede poi, tramite un collegamento o connessione remota, a fornire le informazioni relative al codice identificativo dell'utente QR_ID al secondo elaboratore 42 quando esegue la procedura di autenticazione 200.

A valle della procedura di autenticazione 200, il primo l'elaboratore 41 esegue un secondo modulo software di gestione dei test 300, che opera la gestione dei test o giochi tramite i quali vengono valutate le caratteristiche motorie dell'utente 700. L'applicazione è scritta ad esempio in linguaggio FLASH di Adobe Systems Incorporated e ActionScript 3 e richiede l'installazione di Adobe AIR 1.5 o superiore.

Il modulo di gestione dei test 300 comprende inizialmente una fase di calibrazione 310 e quindi una fase di esecuzione del test 320.

In figura 3 sono rappresentate schermate rappresentative di passi della fase di calibrazione 310. Con 311 è indicata una schermata, che viene visualizzata dal primo elaboratore 41 tramite il proiettore 14 sul pannello 12, che illustra una fase di inserimento da parte dell'utente 700 di dati relativi alla propria altezza, tramite la visualizzazione di un righello U e un cursore U1

che può essere fatto scorrere verticalmente trascinandolo con un dito 100 per indicare l'altezza corretta. Con 312 è indicata una schermata che illustra una fase di inserimento da parte dell'utente 700 di dati relativi al peso, in particolare in modo interattivo incrementando il peso segnato da una bilancia W toccando corrispondenti pulsanti di incremento e decremento. Con 313 è indicata una schermata che mostra un passo di calcolo e visualizzazione, da parte del modulo di calibrazione 310, dell'indice di massa corporea B dell'utente 100. Con 314 è invece indicata una schermata che rappresenta un passo di misura di una zona di calibrazione R, corrispondente all'apertura di braccia dell'utente 700, che rappresenta una misura antropometrica del soggetto. L'utente 700 effettua tale misura estendendo le braccia il più possibile e ponendo le proprie dita 100 della mano destra e sinistra sul pannello 12. Pertanto l'apparato 10 secondo l'invenzione è calibrabile in base non solo a dati inseriti dall'utente 700, ma anche in base a misure antropometriche effettuate tramite l'apparato stesso ed è pertanto in grado di operare una valutazione calibrata delle capacità motorie e degli indici morfologici.

Tale valutazione delle capacità motorie viene in particolare operata preferibilmente tramite un sistema di autoapprendimento o apprendimento automatico, ad esempio basato su reti neurali, ad esempio implementato via software sul secondo elaboratore 42, che opera per fornire punteggi standard di riferimento basati sulla popolazione che presenta medesima caratteristiche (età, sesso, lato prevalente).

In figura 4 sono mostrate schermate rappresentative di test, o esercizi, eseguiti nella fase di esecuzione del

test 320, nell'ambito della quale il modulo 300 provvede a proiettare tramite il primo elaboratore 41 e il proiettore 14 le informazioni o immagini necessarie al test sul pannello 12.

Indicata con il riferimento 321 è una schermata proiettata dal retro-proiettore 14 sul pannello 12 di un test, denominato QUICKSHOT, nell'ambito del quale gli utenti 100 o soggetti devono toccare dei marcatori P che appaiono all'interno della zona di calibrazione R il più velocemente possibile. Sono visibili anche un contatore del numero di tocchi N e un contatore del tempo impiegato T. Tale test misura il valore di ROM (Range of Motion, ossia campo di movimento) destra e sinistra, la percentuale di tocchi destra e tocchi sinistra, il numero di tocchi esatti, il numero di tocchi sbagliati, il tocco più veloce, il tocco più lento, la velocità media tocco, il numero di tocchi a sinistra, il numero di tocchi a destra, i tocchi più alti e calcola un diagramma a radar dei tocchi corretti.

Indicata con il riferimento 323 è indicata una schermata di un test, denominato FLASH, in cui sullo schermo appaiono dei flash F di una macchina fotografica che assumono colori diversi. I soggetti devono toccare lo schermo non appena vedono il flash F del colore indicato, su qualsiasi parte dello schermo. Si misurano il numero di errori, il tocco più veloce, velocità media dei tocchi, il tocco più lento.

Indicata con il riferimento 324 è indicata un test, denominato BENDSIDE, in cui il soggetto 700 con le braccia distese in alto sovrappone le mani una sull'altra e trascina un cerchio C a destra, toccandolo sul pannello 12 e trascinando quindi le dita sul pannello 12;

successivamente sempre partendo dall'alto l'utente 700 trascina il cerchio C a sinistra, flettendo il tronco. In figura è indicato un riquadro I di informazione che indica al soggetto 700 quali movimenti operare tramite testo e frecce indicatrici Si misura l'angolo destro di flessione, l'angolo sinistro di flessione e la differenza fra angoli.

Rispetto ai test precedenti, che possono richiedere anche solo la rilevazione di un tocco puntuale, tale test 324 BENDSIDE costituisce un esempio di un test nel quale l'apparato 10 specificamente rileva il movimento delle mani o dita del soggetto che disegnano una traiettoria sul pannello 12, o schermo.

Indicata con il riferimento 322 è indicata una schermata rappresentante un test, denominato MANOPOLE, in cui l'utente deve ruotare una manopola M proiettata sul pannello 12 come se la stesse afferrando, in senso antiorario e poi in senso orario. In figura è indicato il riquadro I di informazione che indica al soggetto 700 quale movimento operare tramite testo e un immagine d'esempio. In tale test si misura la rotazione sinistra e destra per entrambe le mani e la differenza tra gli angoli intra- ed extra-rotazione. Tale test MANOPOLE, come il test BENDSIDE, prevede di seguire il movimento di rotazione delle mani del soggetto 700 tramite l'interfaccia tattile rappresentata dal pannello 12 IR-LLP.

Vengono qui elencati altri test eseguiti dall'apparato 10 secondo l'invenzione, non rappresentati nella figura 4:

- un test denominato TAPING, in cui sul pannello 12 si mostrano due cerchi a destra e a sinistra, che si illuminano in sequenza casuale. I soggetti devono memorizzare la sequenza e riprodurla, toccando i rispettivi cerchi. Si valutano i tocchi corretti, la sequenza.

.- un test, denominato PIANOFORTE, in cui al soggetto 700 viene richiesto di appoggiare il polso delle mani in un'area data sul pannello 12 rappresentante una mano e di toccare con il dito corrispondente non appena la falange corrispondente della mano sul pannello 12 si illumina. Si misurano tocchi corretti per la mano sinistra e destra, gli errori totali, il tocco più veloce sinistro e destro, il tocco più lento sinistro e destro, velocità media tocco sinistro e destro, velocità media totale, percentuale di tocchi esatti per ogni dito;

- un test, denominato STEREO, nel quale i soggetti devono identificare se un suono emesso dalle casse acustiche 18 proviene da destra o da sinistra, toccando dei corrispondenti cerchi proiettati sul pannello 12 in posizione fissa. Si misurano i tempi di reazione a tutti i tocchi in funzione di volume e frequenza;

- un test, denominato COLPO D'OCCHIO, in cui il soggetto deve fissare un punto preciso dello schermo, o pannello 12, davanti a sé. All'apparire di un pallino bianco, che può arrivare casualmente da direzione nord, sud, ovest o est, l'utente 700 deve toccare il più velocemente possibile qualsiasi punto dello schermo. Si misurano la velocità di reazione, in particolare calcolata rispetto a otto tocchi, due per ciascuna direzione, distanze in secondi e pixel e la percentuale di distanza da un punto centrale di riferimento. La distanza viene registrata sia in secondi che in pixel, ossia viene registrato quanto spazio è stato percorso e quanto tempo è trascorso dall'entrata del pallino nello schermo fino al tocco dell'utente. Tale registrazione è ridondante;

- un test, denominato ABACO, in cui i soggetti devono toccare il più velocemente possibile in ordine crescente

dei numeri da 1 a 30, che si trovano visualizzati disposti in ordine sparso sul pannello 12. Si misura la percentuale di completamento, lato più veloce, tempo medio destro e tempo medio sinistro con deviazione standard, tempo totale, errori totali, tocco più veloce, tocco più lento, tocco medio.

Tali test permettono ciascuno la valutazione di una o più rispettive abilità motorie, come dettagliato qui di seguito.

Quick Shot	capacità di reazione allo stimolo visivo - Capacità di discriminazione del colore
Abaco	abilità logica correlata al movimento
Colpo d'occhio	capacità di reazione allo stimolo visivo all'interno del campo visivo - Capacità oculomotoria
Stereo	capacità di reazione allo stimolo uditivo
Flash	capacità di reazione allo stimolo visivo
Pianoforte	capacità di destrezza delle dita ed orientamento alla risposta.
Taping	abilità mnemonica correlata al movimento
Bendside	capacità di flessione laterale del busto
Manopole	capacità di flessione relativa alla prono-supinazione del braccio.

Le capacità di flessione laterale del busto relativa e capacità di flessione relativa alla prono-supinazione del braccio rappresentano esempi di capacità motorie che l'apparato secondo l'invenzione è in grado di valutare.

Un terzo modulo software di analisi dell'immagine 400 esegue all'elaboratore 41 una procedura di analisi CCV (Community Core Vision) sulle immagini acquisite dalla telecamera 20 per riconoscere i punti di contatto delle dita 100 dell'utente 700 con la superficie del pannello 12, ossia la posizione dei relativi blob luminosi 22 che così si formano. Il modulo software 400 identifica i blob 22 in modo di per sé noto, e ad ogni evento di tocco il software assegna un identificativo E_ID univoco, associato alle rispettive coordinate cartesiane (x,y) sul pannello 12, in modo che ciascuno evento di tocco E_ID (x,y) possa poi essere gestito da altri moduli software, nello specifico il modulo di gestione dei test 300, come indicato in figura 2. In questo modo è possibile la gestione di più tocchi contemporaneamente e il trascinamento di oggetti virtuali sulla superficie dello schermo 12 in plexiglass, con la conseguente rilevazione del movimento. In sintesi il secondo modulo software di analisi dell'immagine 400 rende possibile l'elaborazione delle immagini catturate dalla telecamera 20 e la relativa comunicazione con il modulo di gestione dei test 300 tramite i quali vengono valutate le caratteristiche motorie dell'utente 700.

Nel sistema è previsto l'uso di un modulo di gestione database 500 (MySQL Workbench 5.2.34) per gestire l'accesso al database 510, su cui vengono salvati i dati identificativi degli utenti 700, le sessioni svolte da tali utenti 700, oltre a tutti i dati ottenuti dai vari test effettuati durante tali sessioni. Tale modulo 500, o un suo corrispondente, anche se non raffigurato esplicitamente in figura 2, viene utilizzato per gestire il database 520 anagrafico.

In una versione preferita dunque:

il terzo elaboratore 43 esegue la registrazione dei dati dell'utente 700 e le funzioni di generazione del codice QR e di mantenimento del database 520 anagrafico;

il secondo elaboratore 42 gestisce le operazioni di riconoscimento del codice QR presentato alla telecamera 20, prevede conseguentemente ad avviare le effettive procedure per la valutazione quantitativa di capacità motorie attivando il primo elaboratore 41 e il modulo di gestione dei test 300; il secondo elaboratore 42 gestisce anche l'aggiornamento del database anagrafico 520 remotamente disposto sul terzo elaboratore 41

il primo elaboratore 41 opera il controllo della telecamera 20, eseguendo il modulo 300 di gestione dei test e il modulo 400 di analisi dell'immagine che riconosce e riferenzia la posizione dei blob 22, gestisce il database delle misure 510.

Mentre la disposizione e le funzioni degli elaboratori sopra descritta risulta favorevole, in particolare per separare e eventualmente dislocare altrove le funzioni di generazione del codice QR rispetto all'operazione di autentica, è chiaro che gli elaboratori potranno anche essere in numero diverso da quello indicato nell'esempio e avere una diversa distribuzione dei moduli software e database, in particolare, vi potrà essere un unico elaboratore che sovrintende a tutte le operazioni sopra descritte e, inoltre, un unico database in cui vengono inserite informazioni anagrafiche e dati per ciascun utente 700.

Dunque, dalla descrizione che precede risultano chiari le caratteristiche e i vantaggi dell'invenzione.

L'apparato secondo l'invenzione permette un'analisi legata alla massima interazione tra il soggetto e lo

strumento di analisi, una ridotta invasività, in particolare nell'analisi di soggetti sani, ed una presenza marginale o nulla dell'operatore e permette quindi la certificazione delle capacità e abilità motorie su basi quantitative. Ciò in quanto risulta possibile valutare le capacità e abilità motorie su basi quantitative, seguendo il movimento di parti del corpo del soggetto, in particolare il dito o la mano, a contatto con l'interfaccia tattile.

Vantaggiosamente viene impiegato a questo scopo un sistema comprendente un dispositivo di interfaccia che comprende un pannello tattile multitocco, operante la rilevazione tramite un pannello di luce laser e una telecamera, che permette una rilevazione precisa del movimento. Tale dispositivo di interfaccia, tramite l'uso di un piano laser generato da un numero limitato di emettitori, risulta particolarmente vantaggioso per ottenere un pannello di grandi dimensioni compatibili con la necessità di misurare indici morfologici e parametri antropometrici relativi agli arti del soggetto, per misurare le capacità e abilità motorie.

L'apparato secondo l'invenzione vantaggiosamente permette di fornire una metrica di riferimento per confrontare persone con caratteristiche diverse per età, sesso, capacità motorie e intellettive e normalizzarle al fine di poter fornire una certificazione delle caratteristiche motorie dell'individuo.

L'apparato secondo l'invenzione permette, infatti, tramite la totale automatizzazione, di valutare i soggetti senza l'intervento dell'operatore, eliminando quindi tutti gli errori operatore-dipendenti.

L'apparato secondo l'invenzione ha vantaggiosamente una metodica ludica, per la quale l'utente trovandosi in un' ambiente ludico non ha la percezione di essere sottoposto a test, ciò agevolando la raccolta di informazioni realistiche; si creano i presupposti per l'ottenimento di dati il più possibile vicini alle potenzialità del soggetto.

Inoltre, l'apparato secondo l'invenzione permette di ottenere un'analisi trasversale di più parametri motori in contemporanea e può confrontare le capacità motorie nel tempo, tramite la memorizzazione dei dati dei test nella base dati. In particolare, l'apparato secondo l'invenzione può esaminare le abilità motorie in condizioni di pre- e post-trauma.

Nell'ambito dei vantaggi sopra indicati, la tecnologia di rilevazione adottata, operante la rilevazione del movimento di almeno una parte del corpo del soggetto tramite il contatto di tale parte del corpo con un piano di luce laser, comporta ulteriori aspetti vantaggiosi.

Il pannello 12 di tipo multitouch con rilevazione laser, strato di diffusione della luce e ripresa tramite telecamera 20 è vantaggiosamente maggiormente adatto a seguire i movimenti continui, rispetto ad esempio a un display touch screen convenzionale, ad esempio resistivo, ancorché di tipo multitocco, e non solo adatto a registrare tocchi dell'utente, anche se effettuati in più punti contemporaneamente. Rispetto a un display multitocco resistivo, il pannello IR-LLP impiegato dall'apparato secondo l'invenzione presenta una maggiore precisione necessaria per seguire il movimento e opera rilevazioni e controlli complessi. Inoltre, rispetto ad altre tecnologie multitocco, come ad esempio la tecnologia capacitiva, il

pannello IR-LLP non richiede ricevitori specifici, né richiede, inoltre, il gran numero di emettitori necessario per ottenere una precisione sufficiente nella tecnologia multitocco a LED.

Il pannello IR-LLP presenta inoltre numerosi vantaggi connessi alla necessità di disporre di una superficie multitocco di grandi dimensioni per poter eseguire la valutazione delle capacità motorie, rilevando il movimento degli arti su campi di movimento estesi. Ad esempio le dimensioni, larghezza e lunghezza della superficie del pannello, devono essere tali da permettere di misurare i parametri antropometrici necessari, come l'apertura di braccia del soggetto, come descritto in precedenza. E' chiaro che pertanto tale pannello ha in generale tali dimensioni comparabili con i parametri antropometrici da misurare, in particolare superiori al metro:

- un vantaggio connesso all'uso di un pannello di tipo IR-LLP è che non prevede di impiegare una superficie specifica di contatto, a differenza ad esempio di tecniche che richiedono di stendere sulla superficie strati di silicone per diffondere la radiazione infrarossa, quindi tale pannello può utilizzare indistintamente vetro o acrilico o qualsiasi altro materiale. Ciò è vantaggioso per la scelta del materiale più adatto a un pannello di grandi dimensioni;
- inoltre, i laser del pannello IR-LLP assicurano l'illuminazione anche al centro dello schermo, ovviando al rischio che tale centro possa risultare poco illuminato a causa delle grandi dimensioni dello schermo richieste, in

particolare se l'illuminazione proviene dai bordi della cornice;

- la tecnica IR-LLP è inoltre meno sensibile alla luce esterna, tale vantaggio essendo molto rilevante per un pannello di grandi dimensioni, che permette a molta luce esterna di passare, compromettendo l'acquisizione precisa dei blob da parte della telecamera;

Dunque, rispetto in particolare a schermi resistivi e capacitivi la tecnica IR-LLP presenta chiari vantaggi di costo e di realizzabilità con le dimensioni sopra indicate.

Infine la tecnica IR-LLP ha inoltre operazioni di set-up e calibrazioni semplici e facilmente scalabili.

Naturalmente, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variate rispetto a quanto descritto ed illustrato senza per questo uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione, così come definito delle rivendicazioni annesse.

L'apparato secondo l'invenzione è preferibilmente destinato a interagire con parti del corpo quali dita o mani, ma può essere impiegato con qualsiasi altra parte del corpo possa produrre un blob sull'interfaccia tattile. Nel caso di un interfaccia che preveda l'interazione con i piedi, o anche con i piedi, è possibile prevedere un pannello disposto orizzontale.

RIVENDICAZIONI

1. Apparato per operare la valutazione quantitativa di capacità motorie di almeno una parte del corpo (100) di un soggetto (700), comprendente un dispositivo di interfaccia configurato per rilevare movimenti del soggetto (700) e mezzi di elaborazione (41, 42, 43) per analizzare dati rilevati da detto dispositivo di interfaccia (10),

caratterizzato dal fatto che

detto dispositivo di interfaccia (10) comprende un pannello tattile (12) multitocco operante la rilevazione del movimento di detta almeno una parte del corpo (100) del soggetto (700) tramite il contatto di detta almeno una parte del corpo (100) con un piano di luce laser (13), una telecamera (20) configurata per riprendere immagini di una superficie di detto pannello tattile (12), detti mezzi di elaborazione (41) essendo configurati per acquisire dette immagini di detto pannello tattile (12) e identificare in dette immagini punti (22) in cui detta almeno una parte del corpo (100) del soggetto (700) in movimento tocca tale piano di luce laser (13).

2. Apparato secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto pannello tattile (12) comprende una cornice comprendente emettitori laser (13a) emettenti luce in un piano parallelo al pannello tattile (12).

3. Apparato secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detta telecamera (12) riprende la superficie del pannello (12) opposta alla superficie tattile.

4. Apparato secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che comprende un videoproiettore (14) proiettante immagini in

retroproiezione sulla superficie del pannello (12) opposta alla sua superficie tattile.

5. Apparato secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto pannello tattile (12) multitocco è disposto verticale rispetto a una posizione di stazionamento del soggetto (800).

6. Procedimento per operare la valutazione quantitativa delle capacità motorie di un soggetto (700), che comprende di porre il soggetto (700) a una distanza determinata (800) da un apparato per la valutazione delle capacità motorie secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5,

operare una procedura di test (300) comprendente proiettare (14) uno o più test che richiedono che il soggetto tocchi (100) in uno o più punti (22) il pannello tattile (12),

riprendere (20) immagini di una superficie di detto pannello tattile (12), acquisire (1) dette immagini di detto pannello tattile (12) e identificare (400) in dette immagini punti (22) in cui detta almeno una parte del corpo (100) del soggetto (700) in movimento tocca tale piano di luce laser (13), associare a detti punti identificati eventi di tocco ($E_ID(x,y)$), fornire detti eventi di tocco ($E_ID(x,y)$) a detta procedura di test (300) per operare la valutazione quantitativa di capacità motorie.

7. Procedimento secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta procedura di test (300) comprende una procedura di calibrazione (310) per inserire o misurare dati del soggetto (700), in particolare parametri antropometrici comprendenti uno o più fra altezza, peso, massima apertura orizzontale delle braccia.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 6 o 7, caratterizzato dal fatto che comprende riconoscere tramite

detta telecamera (20) un codice identificativo del soggetto (700), in particolare un codice QR.

9. Procedimento secondo la rivendicazione 6 o 7 o 8, caratterizzato dal fatto che comprende di gestire (500) una o più basi dati (510; 520) comprese in detti mezzi di elaborazione (41, 42, 43) per eseguire una o più delle seguenti operazioni:

memorizzare i dati identificativi degli utenti (700) e i corrispondenti codici identificativi (QR_ID),

memorizzare dati di calibrazione relativi agli utenti (700)

memorizzare le sessioni svolte dagli utenti (700),

memorizzare i risultati dei test effettuati durante dette sessioni.

CLAIMS

1. Apparatus for performing the quantitative evaluation of motor skills of at least a body part (100) of a subject (700), including an interfacing device (10) configured for detecting movements of the subject (700) and processing means (41, 42, 43) to analyze data detected by said interfacing device (10),

characterized in that

said interfacing device (10) includes a tactile multi-touch panel (12) performing the detection of the movement of said at least a body part (100) of the subject (700) through the contact of said at least a body part (100) with a laser light plane (13), a camera (20) configured to take images of a surface of said tactile panel (12), said processing means (41) being configured for acquiring said images of said tactile panel (12) and identifying in said images points (22) in which said at least a body part (100) of the subject (700) in motion touches said laser light plane (13).

2. Apparatus according to claim 1, characterized in that said tactile panel (12) includes a frame comprising laser emitters (13a) emitting light in a plane parallel to said tactile panel (12).

3. Apparatus according to claim 1 or claim 2, characterized in that said camera (12) shoots the surface of the panel (12) opposite to said tactile surface

4. Apparatus according to any of the previous claims, characterized in that includes a video-projector (14) projecting images in retro-projection on the surface of the panel (12) opposite to its tactile surface.

5. Apparatus according to any of the previous claims, characterized in that said multi-touch tactile panel (12)

is arranged vertical with respect to a standing position of the subject (800).

6. Method to perform the quantitative evaluation of motor skills of at least of a subject (700), including arranging the subject (700) at a given distance (800) from an apparatus for performing the quantitative evaluation of motor skills according to one of claims 1 to 5,

performing a test procedure (300) including projecting (14) one or more test requiring that the subject touches (100) in one or more points (22) the tactile panel (12),

taking (20) images of a surface of said tactile panel (12), acquiring (1) said images of said tactile panel (12) and identifying (400) identifying in said images points (22) in which said at least a body part (100) of the subject (700) in motion touches said laser light plane (13), associating to said identified points touch events (E_ID(x,y)), supplying said touch events (E_ID(x,y)) to said test procedure (300) to perform the quantitative evaluation of the motor skills.

7. Method according to claim 6, characterized in that said test procedure (300) includes a calibration procedure (310) to introduce or measure data of the subject (700), in particular anthropometric parameters including one or more among height, weight, maximum horizontal arm span.

8. Method according to claim 6 or claim 7, characterized in that includes recognizing through said camera (20) an identity code of the subject (700), in particular a QR code.

9. Method according to claim 6 or claim 7 or claim 8, characterized in that includes managing (500) one or more databases (510; 520) included in said processing means (41, 42, 43) to perform one or more of the following operations:

storing identifier data of the users (700) and
corresponding identifier codes (QR_ID),
storing calibration data pertaining the users (700)
storing the sessions performed by the users (700),
storing the results of the tests performed during
said sessions.

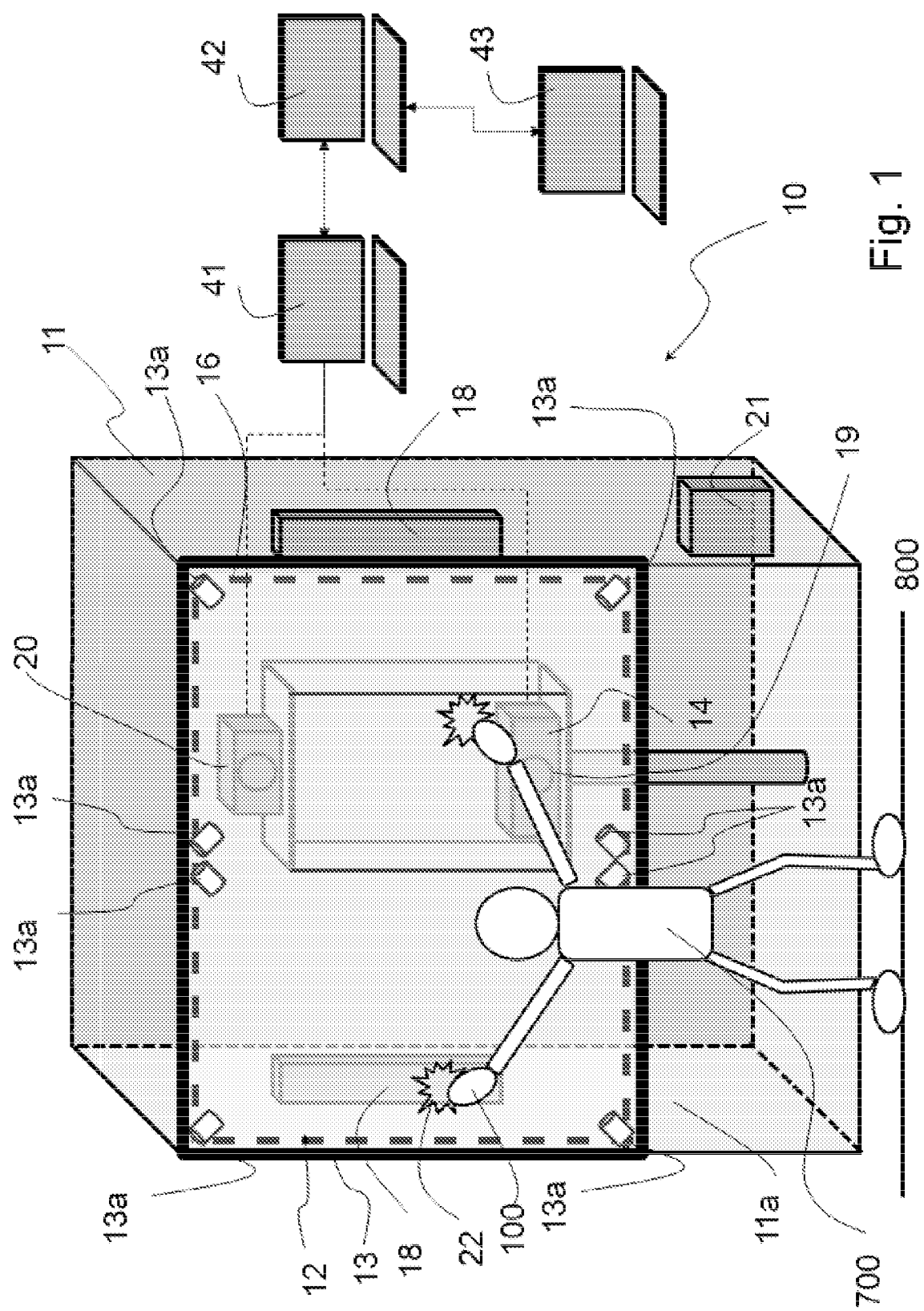


Fig. 1

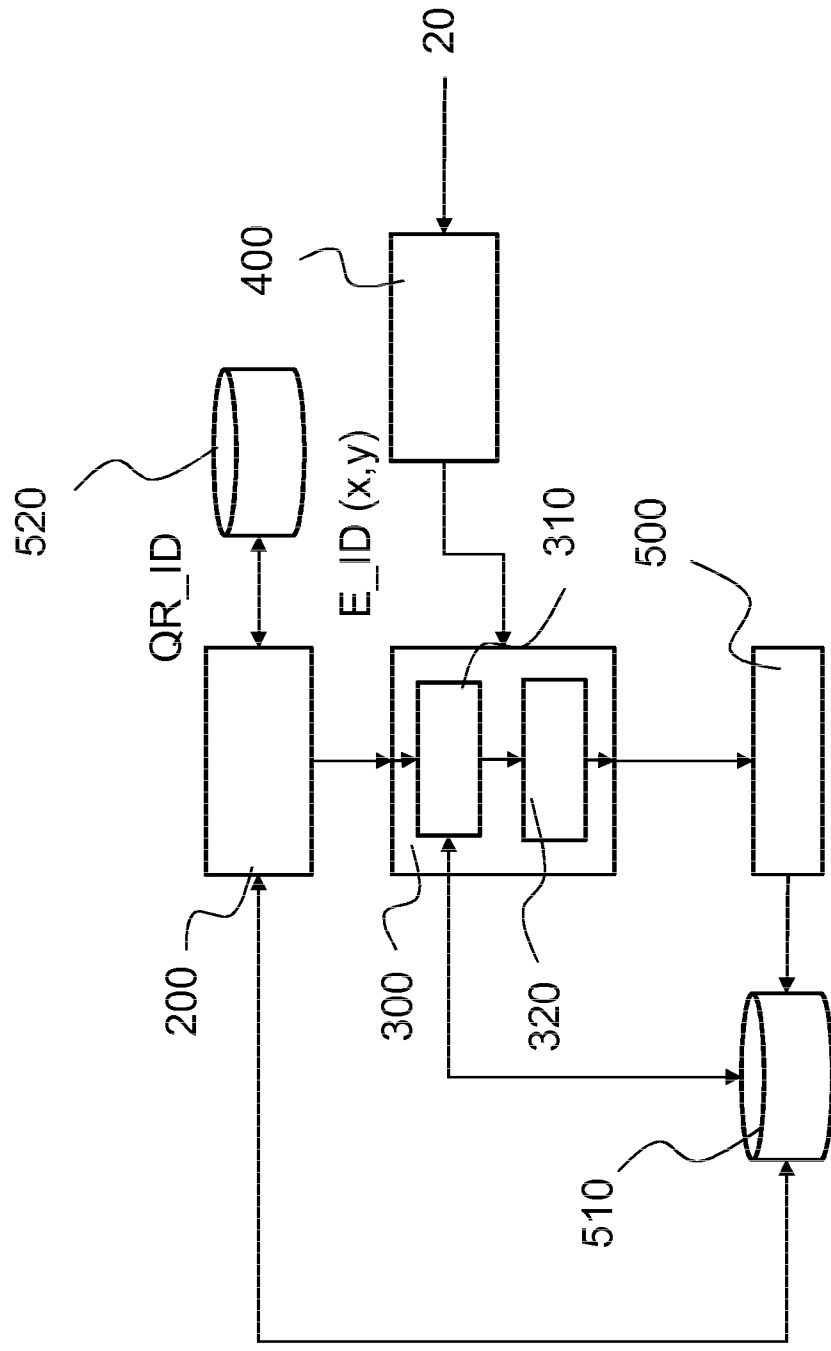


Fig. 2

Fig. 3

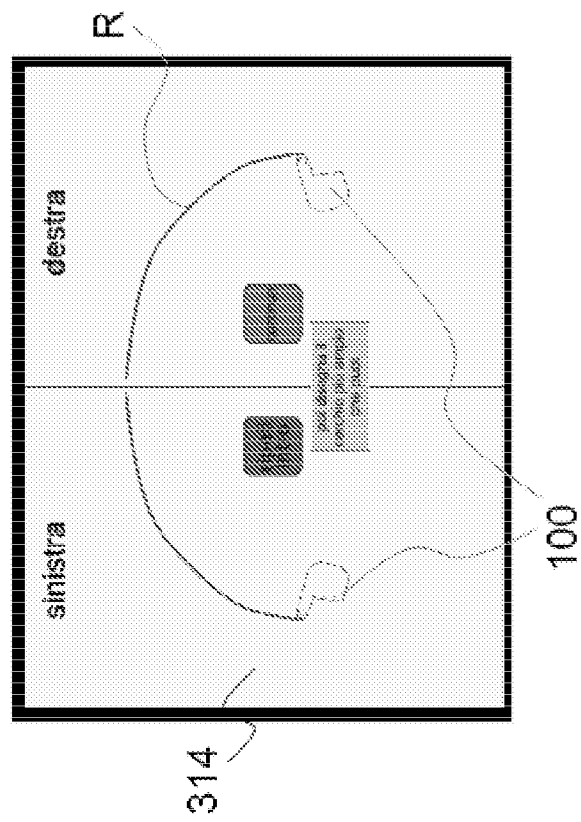
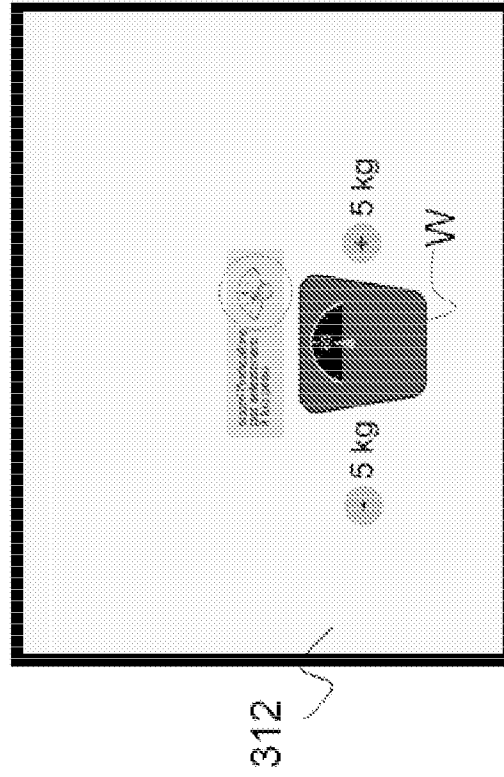
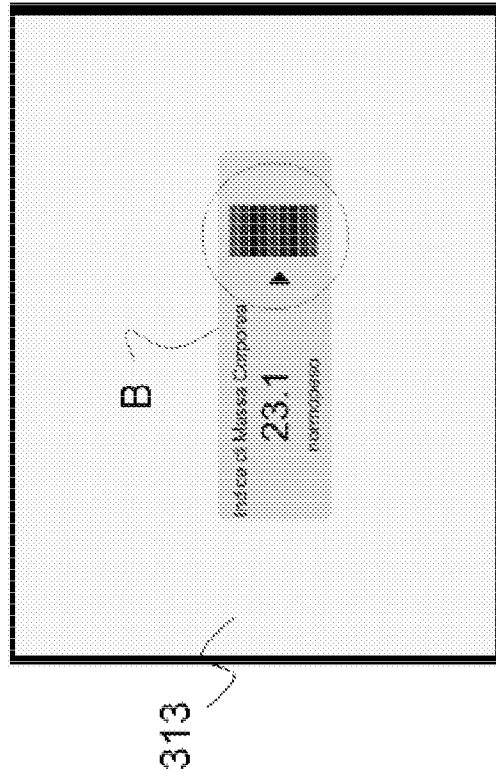
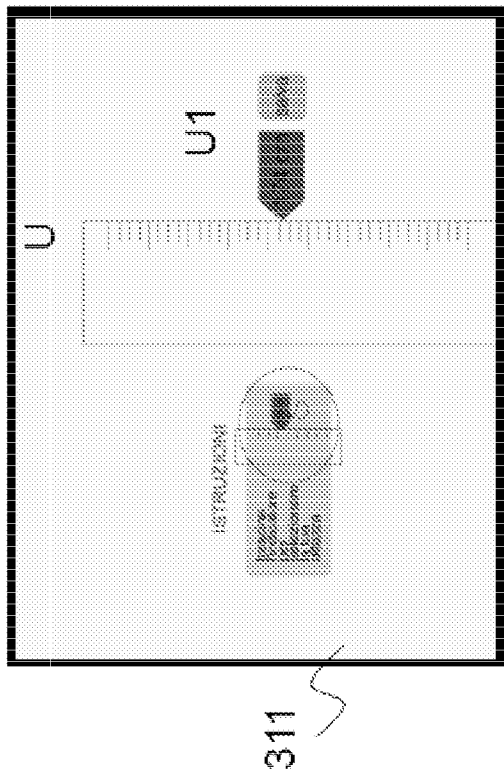


Fig. 4

