

Robotica avanzata

Cyberknife

Il radiobisturi intelligente che va dritto al bersaglio

servizio di Laura Avalle, con la consulenza del professor Federico Colombo, radiocirurgo

Negli ultimi anni l'introduzione del Sistema CyberKnife ha rivoluzionato la radiocirurgia, non solo per il trattamento dei tumori cerebrali e di quelli della spina dorsale che da anni erano trattati con la radioterapia, ma anche e soprattutto per quelli extra-cranici: ora tumori del polmone, del fegato, della prostata e del pancreas possono essere sottoposti a un trattamento con CyberKnife, con risultati a livello mondiale sempre più incoraggianti. Gli studi in corso dimostrano come ogni parte del corpo umano può o potrà essere trattata con questa metodica.

Infinite nuove opportunità

CyberKnife è un sistema robotico a elevata accuratezza per radiocirurgia full-body. Sfruttando la robotica e un sistema di guida mediante immagini combinate (tac - risonanza magnetica), rende possibili interventi radiocirurgici ponendosi come alternativa alla

chirurgia tradizionale per il trattamento di patologie maligne, malformative o funzionali praticamente in qualsivoglia sede anatomica. Questo tipo di trattamento, che somministra alte dosi di radiazioni con estrema precisione, offre nuove opportunità ai pazienti con tumori inoperabili, a coloro in cui per comorbidità è impossibile l'intervento chirurgico o, infine, a coloro che rifiutano l'opzione chirurgica.

Le sue caratteristiche

● Tecnologia Robotica Avanzata

Il robot utilizzato dal Sistema CyberKnife è in grado di muovere, con sei gradi di libertà nello spazio, l'acceleratore lineare compatto su di esso montato. La mobilità del robot è simile a quella di un braccio, e può posizionare il LINAC in circa 130 posizioni diverse intorno al paziente. Da ciascuna posizione il fascio è, a sua volta, indirizzabile in 12 direzioni diverse, per un totale di più di 1.500 fasci con diversa orientazione. Tra questi numerosi fasci a disposizione, il sistema di pianifica-

continua a pag. 94

Un sistema che ha rivoluzionato la radiocirurgia non solo per il trattamento dei tumori cerebrali e di quelli della spina dorsale, ma anche e soprattutto per quelli extra-cranici

LA CAMERA OPERATORIA

Il Cyberknife, sulla base di Tac e Rmn, programma una terapia ideale, che prevede numero e dosi dei raggi.



Tutti i pro e i contro, in confronto ad altre metodiche

VANTAGGI

- 1** Nel trattamento di lesioni dell'encefalo elimina la necessità del casco stereotassico e della maschera rigida per immobilizzare il capo.
- 2** Permette di praticare la radiochirurgia non solo sull'encefalo, ma anche sui tumori ubicati praticamente in ogni parte del corpo.
- 3** È estremamente accurato nel delineare volume, forma, dimensioni e contorni del bersaglio sia nell'encefalo, che nel corpo.
- 4** Ha la capacità di monitorare in tempo reale la posizione del bersaglio durante il trattamento, utilizzando un sistema guidato dalle immagini.
- 5** Durante il trattamento, ha la possibilità di correggere piccoli movimenti del paziente o lo spostamento degli organi dovuto agli atti respiratori.

SVANTAGGI

- 1** In caso di tumori del corpo (polmone, pancreas, fegato e prostata), nella maggior parte dei casi è necessaria l'introduzione di piccolissimi reperi d'oro (fiducials), che servono da "guida" durante la procedura.
- 2** In confronto ad altre metodiche di radiochirurgia, il trattamento è più prolungato quando nella medesima seduta si devono trattare tumori multipli.

Letto di trattamento

Acceleratore lineare

Robot

Robotica avanzata

Due tecniche in parte simili, ma al tempo stesso diverse

La Radioterapia Oncologica

La radioterapia è una disciplina clinica che si serve di radiazioni per la cura di diverse patologie, principalmente dei tumori. La moderna radioterapia utilizza le alte energie e i fasci di radiazioni ionizzanti, meno lesivi e più efficaci perché permettono la morte delle cellule neoplastiche, senza la contemporanea morte delle cellule sane.

La radioterapia non viene solo utilizzata per scopi curativi, volti cioè alla guarigione del paziente, ma anche per scopi palliativi, per alleviare il dolore e migliorare la qualità della vita in casi di neoplasie in fase avanzata di malattia. **Diverse sono le possibilità di trattamento impiegate, a seconda dell'entità delle patologie tumorali.** Quando i volumi di malattia sono estesi il trattamento è effettuato con Radioterapia 3D-conformazionale o a intensità modulata (IMRT), una tecnica in grado di colpire neoplasie a forma complessa e irregolare poste in prossimità di organi critici, che potrebbero essere danneggiati se irradiati.

La Radiochirurgia

La Radiochirurgia è una tecnica che utilizza radiazioni ionizzanti per intervenire sui tumori e altri tipi di lesioni con intento ablativo e in maniera non invasiva.

Le radiazioni ionizzanti sono generate da materiali radioattivi (come il CO60) o da particolari apparecchiature, quali gli acceleratori lineari (LINAC). L'alta energia contenuta nelle radiazioni ionizzanti è indirizzata sotto forma di fasci verso il bersaglio da colpire, il tumore, in modo che le cellule (neoplastiche o mal formative) vengano danneggiate o distrutte.

L'utilizzo delle radiazioni ionizzanti per la cura dei tumori nasce negli Anni '50, con le prime apparecchiature per la Radioterapia e si sviluppa con la moderna Radioterapia negli Anni '60-70, con l'introduzione degli acceleratori lineari.

La Radiochirurgia (chiamata anche radioterapia stereotassica) viene introdotta inizialmente come tecnica chirurgica per trattare lesioni cerebrali dai contorni ben definiti con un'elevata e focalizzata energia di radiazione (dose). **Successivamente, nei primi anni di applicazione clinica, la Radiochirurgia viene estesa al campo della neurochirurgia funzionale e delle malformazioni arterovenose (MAV).**

Il neurochirurgo Lars Leksell e i suoi collaboratori sviluppano nel 1967 il primo apparato specificamente disegnato per il trattamento radiochirurgico di bersagli intracranici, con l'intento di evitare i rischi legati alla craniotomia. Negli Anni '80 vengono adoperati gli acceleratori lineari, già utilizzati in Radioterapia, per effettuare trattamenti di Radiochirurgia.

Diversi fattori caratterizzano la tecnica radiochirurgica e la differenziano dalla Radioterapia: l'intento ablativo richiede l'utilizzo di elevate dosi di radiazione in una singola seduta di trattamento o in poche sedute (2-5 frazioni). La Radioterapia invece viene praticata in un numero elevato di sedute (30-40 a seconda delle varie patologie); in ciascuna seduta viene somministrata al paziente una bassa dose di radiazioni, in modo da non creare tossicità per i tessuti sani circostanti inevitabilmente colpiti. **Perché le elevate dosi utilizzate in Radiochirurgia non siano dannose per i tessuti sani che circondano il sito di trattamento, è necessaria una precisa definizione spaziale del bersaglio e l'immediata caduta di dose ai bordi dello stesso, ed è fondamentale la precisione con cui la dose viene indirizzata sulla lesione per ottenere l'effetto desiderato senza arrecare danni.**

segue da pag. 92

zione sceglie autonomamente (pianificazione inversa) un set di 150 fasci, mediamente, per un singolo trattamento. Il trattamento è non isocentrico, perché ciascun fascio è diretto verso un punto casuale del volume tumorale. I vantaggi che derivano dall'utilizzo del robot sono molteplici: la distribuzione di dose che risulta da un trattamento non isocentrico e con così tanti fasci a diversa orientazione è altamente conformata e ciò consente il maggior risparmio possibile dei tessuti sani, che siano essi vicini al bersaglio (alte dosi) o lontani (basse dosi). Grazie al robot è inoltre possibile raggiungere qualsiasi parte del corpo e nel caso di lesioni che si muovono con il respiro, il robot permette di sincronizzare il movimento del LINAC con il movimento del bersaglio. L'accuratezza di riposizionamento nello spazio è inferiore a 0,12 mm.

● Acceleratore lineare (LINAC)

L'acceleratore lineare del sistema CyberKnife possiede la particolare caratteristica di essere leggero e compatto, ciò gli permette di essere manovrato dal braccio robotico.

● Guida mediante immagini

Il sistema di guida mediante immagini del CyberKnife consente di individuare la posizione del bersaglio durante l'intero trattamento, prendendo direttamente come riferimento l'anatomia del paziente. Esso è costituito da due tubi radiogeni che producono raggi X diagnostici e due relativi detettori di immagini digitali. Vengono prodotte durante il trattamento delle coppie di radiografie che mostrano l'anatomia del paziente (teca cranica, spina dorsale o reperi in oro posizionati intorno alla lesione per i tessuti molli) e che consentono al sistema di individuare gli spostamenti del bersaglio, grazie al confronto di queste immagini con quelle ricostruite digitalmente dalla TAC del paziente (DRR). Grazie al confronto di immagini, il sistema CyberKnife è in grado di individuare la posizione esatta del bersaglio da trattare.

● Tracking Dinamico

Il Sistema di Tracking Respiratorio

Synchrony è in grado di individuare e seguire in tempo reale la posizione del tumore e sincronizzare il movimento del fascio di trattamento con il movimento del bersaglio dovuto al respiro, durante l'intero ciclo respiratorio. Questa abilità di tracking 4D è una prerogativa unica del robot e non solo rende i trattamenti molto più confortevoli per il paziente, che respira liberamente, ma anche più sicuri, veloci e soprattutto accurati.

Le tecniche generalmente utilizzate per il trattamento radioterapico di lesioni mobili sono il gating e il breath holding. Nel primo caso il paziente viene educato a respirare il più possibile in maniera costante e ripetibile. Il LINAC rimane immobile e il fascio di trattamento viene acceso e spento a seconda che la le-

sione - che si muove con il respiro - si trovi o meno nel campo d'azione del fascio stesso. Nel secondo caso il paziente viene educato a trattenere il respiro in un certo punto del ciclo respiratorio e mentre la lesione è ferma il LINAC eroga il fascio di trattamento. Il sistema

Synchrony del CyberKnife non richiede nessun controllo del respiro da parte del paziente perché è il robot che si occupa di inseguire il bersaglio.

● **Letto di trattamento**
Il letto AXUM - Automatic Patient Positioning System - allinea automaticamente e con accuratezza il paziente mediante un

singolo comando remoto. Ciò riduce significativamente i tempi di allineamento del paziente.

Durante il trattamento, se il sistema di guida mediante immagini rileva uno spostamento del paziente superiore rispetto a quello che il robot corregge

I trattamenti con il robot sono più sicuri, veloci e curati, rispetto agli interventi chirurgici classici



Le patologie che può curare

ENCEFALO

Possono essere trattati tumori benigni, maligni, metastatici e anche malformazioni artero-venose. Non è necessaria alcuna struttura fissata alla testa del paziente, ma solo una "maschera" termoformata che viene confezionata al momento della centratura.

FEGATO

CyberKnife rappresenta una delle numerose opzioni terapeutiche per i tumori primitivi o metastatici del fegato, insieme alla chirurgia, alla radiofrequenza e alla chemoembolizzazione.

POLMONE

Grazie al sistema di sincronismo (Synchrony) tra atti respiratori ed emissioni di radiazioni da parte dell'acceleratore lineare montato sul robot, possono essere trattati con altissima precisione tumori primitivi o metastatici, in pazienti che non possono essere operati per la loro situazione clinica generale o che rifiutano l'intervento chirurgico.

SPINA DORSALE

Si possono trattare metastasi da tumori maligni la cui primitività è ubicata, con maggiore frequenza, nella prostata, nel seno o nel polmone.

PROSTATA

Il tumore della prostata è il secondo in ordine di frequenza nell'uomo. CyberKnife rappresenta, insieme alla chirurgia radicale (prostatectomia), alla brachiterapia, a quella con ultrasuoni o alla terapia ormonale, una delle opzioni terapeutiche.

I centri attivi in Italia

Vicenza

Ospedale Civile San Bortolo

Milano

Progetto CyberKnife di Milano
Centro Diagnostico Italiano (CDI)

Firenze

Casa di Cura Ulivella
Via del Percolino, 4/6 Firenze

Messina

Azienda Ospedaliera Universitaria
Policlinico Gaetano Martino
Reparto di Radioterapia - Sezione CyberKnife

automaticamente, AXUM riposiziona il paziente e il trattamento procede senza interruzioni.

● **Sistema di pianificazione del trattamento MultiPlan**

MultiPlan è un sistema di pianificazione dedicato, appositamente creato per il Sistema CyberKnife. MultiPlan è compatibile con il formato DICOM RT e comprende:

- ▶ il modulo di fusione di immagini multimodali
- ▶ il modulo di contornamento automatico e manuale del bersaglio e degli organi a rischio
- ▶ un sistema di ottimizzazione inverse planning
- ▶ strumenti avanzati di valutazione, confronto e somma dei piani.

La fusione delle immagini (TAC, RM, PET, angio 3D) avviene automaticamente con registrazione basata sulla mutua informazione. È possibile effettuare una fusione considerando solo una zona particolare dell'anatomia ed è inoltre possibile copiare una registrazione tra due set di immagini su un terzo set di immagini. Si possono fondere fino a 4 diversi set di immagini. Assegnati i limiti di dose al bersaglio e alle strutture critiche, MultiPlan ottimizza il piano secondo tre diversi algoritmi. L'operatore può scegliere di volta in volta quello più appropriato.