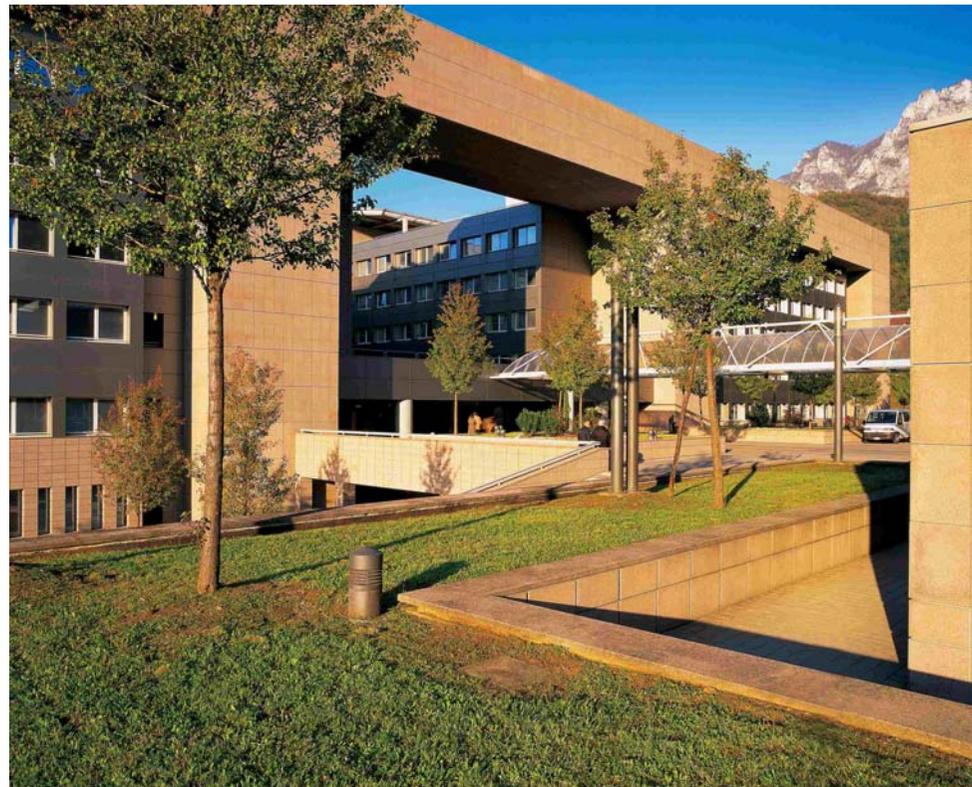


Il controllo di qualità sui piani di terapia: procedure e strumentazione

Dr. Fausto Declich

Responsabile del Servizio di Fisica Sanitaria
A.O. della Provincia di Lecco



Introduzione

- Tema della presentazione: metodi e strumentazione per la verifica del piano di terapia nelle tecniche rotazionali
 - VMAT Elekta
 - RapidArc VARIAN
 - HiArt Tomotherapy
 - Vero

VMAT



- VMAT: aumenta in modo considerevole la complessità della modalità di erogazione rispetto alla IMRT a gantry fisso
- tecnica altamente dinamica → variano contemporaneamente durante l'erogazione
 - angolo del gantry
 - velocità del gantry
 - posizione delle lamelle
 - dose rate

Le verifiche pre-trattamento



- Il metodo “standard” per i piani IMRT a gantry fisso, è quello di verificare separatamente ogni singolo campo con il gantry a 0°



Analisi con indice gamma tra mappa di dose calcolata dal TPS in fantoccio e mappa misurata con 2D-array (film)

- Questo non ha senso per le tecniche rotazionali: la verifica deve essere effettuata sull'intero piano o quantomeno sul singolo arco (per la VMAT multi-arco)

Strumentazione

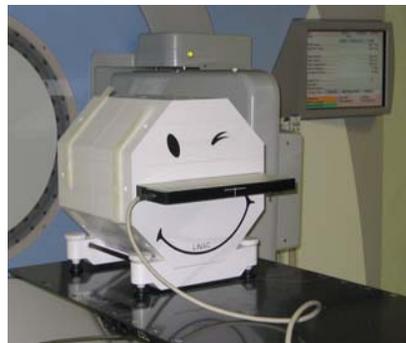
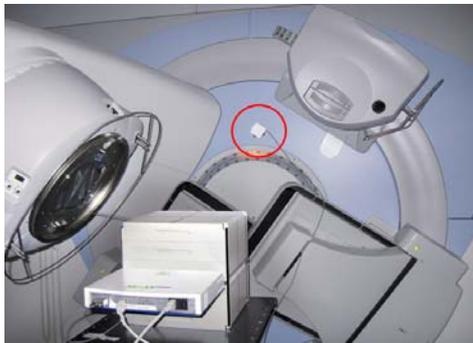


- Esistono diverse tipologie di rivelatori utilizzabili per le verifiche nelle tecniche rotazionali:
 - 2D-array con fantocci dedicati
 - dispositivi “nativamente” rotazionali
 - EPID
 - verifiche basate sul paziente (patient based verification) → soluzioni hardware-software per trasferire i risultati delle misure alla TC di pianificazione e quindi in termini di distribuzione di dose al paziente
 - IBA Compass,
 - Sun Nuclear 3DVH

2-D array + fantocci dedicati



- I 2-D array, nati per IMRT a gantry fisso, vengono adattati alle tecniche rotazionali con modifiche costruttive e/o l'aggiunta di un fantoccio dedicato



IBA

Matrixx evolution +
MULTICube

PTW

Seven29 + Octavius

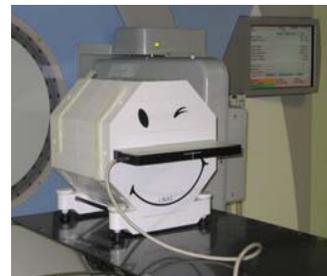
SunNuclear

MapCheck2 +MapPHAN

Dipendenza angolare della risposta



- Il problema principale di questi sistemi è la dipendenza angolare della risposta.
- L'inserimento nel fantoccio riduce l'entità dell'effetto per l'aumento della componente di dose diffusa.



	MatriXX Evolution	Octavius	MapCHECK2
Strategie di compensazione	Modifiche costruttive per ridurre effetti di schermatura Sensore angolare + correzione software	Compensazione tramite una cavità d'aria nel parte posteriore del fantoccio	Nessuna correzione

Dipendenza angolare della riposta



- Nelle tecniche rotazionali l'effetto della dipendenza angolare è inferiore a quello atteso.
- C'è un effetto di mediazione e compensazione tipico delle tecniche rotazionali.
- Ad esempio, anche il MapCHECK, che ha la più forte dipendenza angolare, fornisce prestazioni superiori a quelle attese e in generale accettabili (letteratura, esperienza personale).

Tirando le somme..



- Vantaggi dei 2-D array:
 - + molti di noi ce l'hanno già in casa per l'IMRT, basta aggiungere il fantoccio dedicato e sono pronti a fare misure con le tecniche rotazionali, con software che si conoscono già bene;
 - + misure su piani passanti per l'isocentro: è ciò a cui siamo abituati e che riusciamo facilmente a correlare con la dose al paziente
- Svantaggi dei 2-D array:
 - la misura è molto “mediata”: se qualcosa non va bene è difficile capire in quale fase dell'erogazione si determinano i problemi

Tirando le somme..



- Svantaggi dei 2-D array:
 - la risposta di questi strumenti per angoli di incidenza attorno a 90° o 270° può dare qualche problema
 - interconfronto tra ArcCHECK, MapCHECK2 e Octavius: abbiamo osservato una tendenza ad una sottostima della dose per piani VMAT con forti componenti a 90° e a 270° per i due 2D-array rispetto all'ArcCHECK (ESTRO Londra 8-12 maggio 2011, poster N°1372)

Sistemi progettati per le tecniche rotazionali



- Fantocci con geometria cilindrica
- Rivelatori a diodi.

Scandidos Delta4



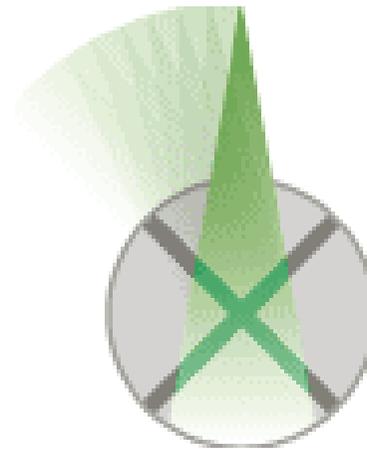
SunNuclear ArcCHECK



Scandidos Delta4



- Fantoccio in PMMA (plastic water in opzione)
- 1069 diodi su due pale poste a 90° tra di loro e inclinate di 45° .



- Distanza tra i diodi
 - 5 mm nella zona centrale (6x6 cm²)
 - 10 mm in periferia (20x20 cm²)

Scandidos Delta4



- Le pale con i diodi possono essere estratte dal sistema e inserite in un apposito fantoccio piano per la calibrazione.
- In pratica il sistema è costituito da due 2D-array piani di diodi.
- Dai due set di misure bidimensionali viene ricavata per interpolazione una matrice 3D



Scandidos Delta4



- Il Delta4 riceve due ulteriori segnali da:
 - un trigger dal LINAC
 - sensore angolare
- Il software è in grado di correlare il dato misurato con l'erogazione di ogni impulso del LINAC (trigger) e con l'angolo di gantry.
- Analisi a molti livelli:
 - intero piano di cura
 - singolo punto di controllo
 - singolo impulso del LINAC



Scandidos Delta4



- Anche a livello geometrico, l'analisi può essere fatta
 - sui piani reali di misura → gli unici realmente misurati
 - su qualsiasi altro piano (sezioni assiali, coronali, sagittali, oblique) → per interpolazione
 - in 3D → per interpolazione
- Tool per ricostruire le posizioni delle lamelle durante l'erogazione del piano VMAT: confronto tra posizioni misurate e previste dal piano di cura
- Sovrapposizione delle strutture critiche del paziente sui piani di misura



Scandidos Delta4



- Punti di forza:
 - + diodi (risoluzione spaziale)
 - + possibilità di analisi molto dettagliate
- Punti di debolezza:
 - diodi: necessaria una procedura periodica di ricalibrazione piuttosto onerosa
 - la misura non è realmente 3D: in periferia e in generale lontano dai diodi ci potrebbe essere qualche problema



SunNuclear ArcCHECK



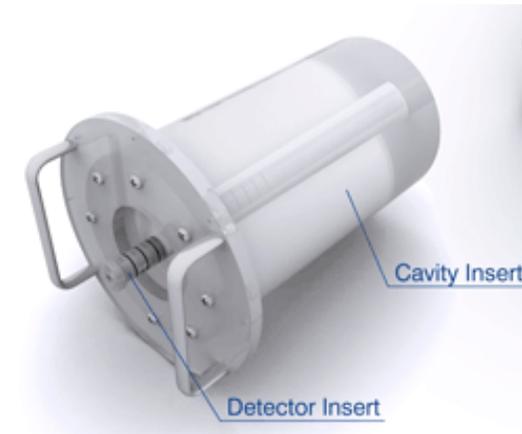
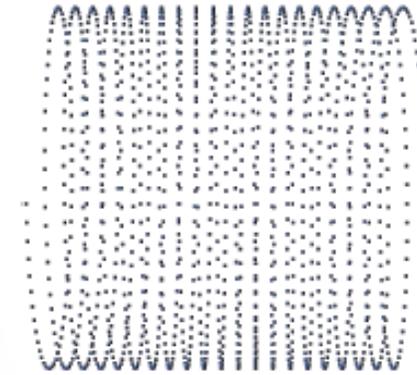
- Fantoccio in PMMA cavo
- 1368 diodi disposti su una corona cilindrica ad una profondità di 2.9 cm
- Misura contemporanea della dose in ingresso ed in uscita



SunNuclear ArcCHECK

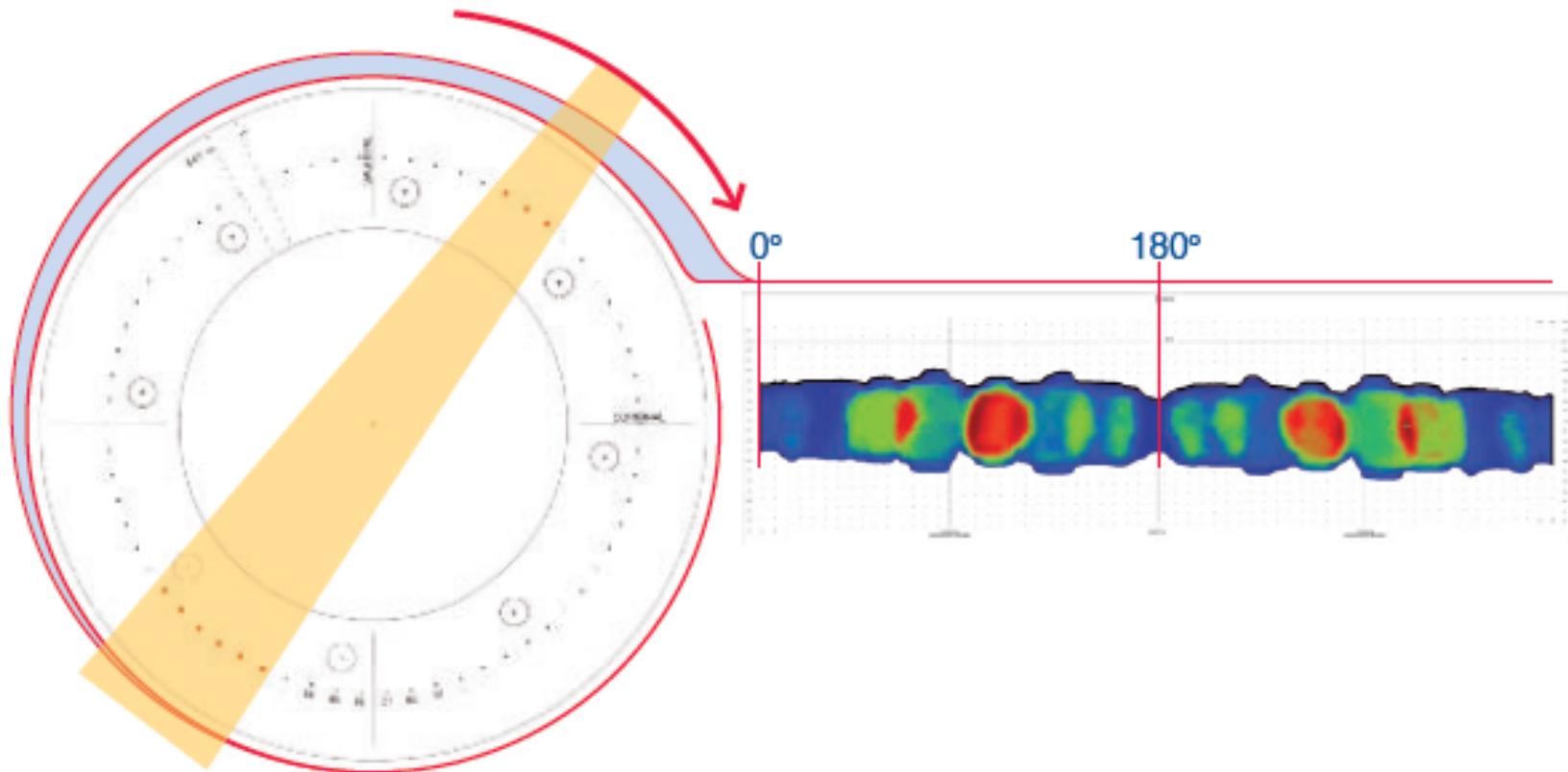


- I diodi sono disposti a spirale, per cercare di minimizzare la schermatura reciproca tra diodi in ingresso e in uscita
- La cavità centrale può essere riempita con un inserto di PMMA.
- Possibilità di inserire una camera a ionizzazione al centro e film



SunNuclear ArcCHECK

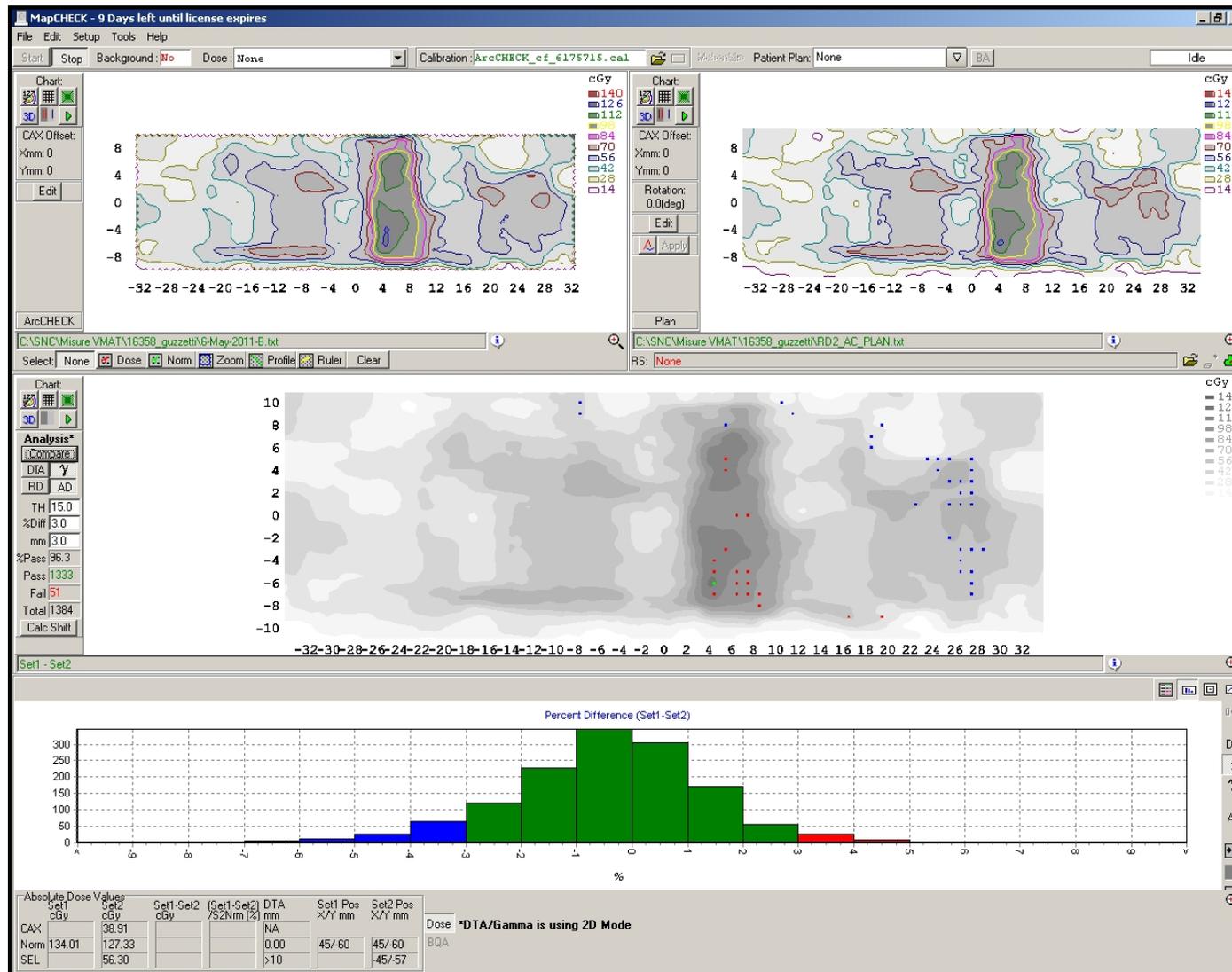
- I dati acquisiti sulla superficie cilindrica su cui sono posti i diodi sono “srotolati” e presentati come se il rivelatore fosse planare.



SunNuclear ArcCHECK



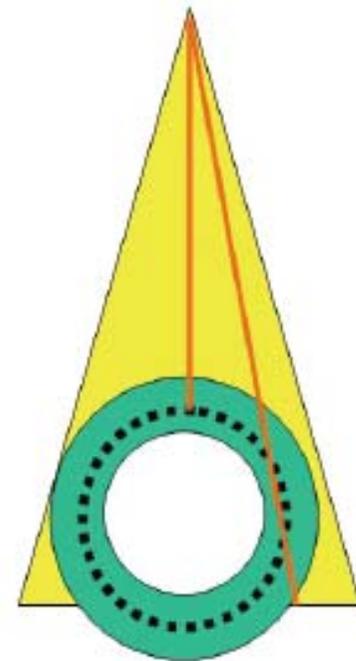
- Classica analisi gamma come per il MapCHECK



SunNuclear ArcCHECK



- Data la geometria cilindrica, lo strumento ha una risposta indipendente dall'angolo del gantry.
- Le caratteristiche geometriche dello strumento risolvono i problemi di dipendenza angolare dei 2D-array.
- Il problema della dipendenza angolare resta per campi grandi o per campi fortemente off-axis: diodi irradiati in geometria non ideale → necessità di correzione a livello del software (implementato un inclinometro virtuale).



SunNuclear ArcCHECK



- Con le prossime release software, le potenzialità dello strumento saranno maggiormente valorizzate.
 - nuova interfaccia grafica che permette di effettuare l'analisi a livello di singolo control point



SunNuclear ArcCHECK



- Punti di forza:
 - + diodi (risoluzione spaziale)
 - + geometria indicata per le tecniche rotazionali
 - + capacità di acquisire informazioni dettagliate a livello di singolo control point
- Punti di debolezza:
 - diodi (necessità di ricalibrazione)
 - l'acquisizione avviene su una corona esterna e non su un piano passante per l'isocentro

EPID



- Verifiche pre-trattamento
 - SunNuclear Epidose e RIT113: disponibile per EPID di Varian, Elekta e Siemens → solo per IMRT.
 - Epiqa: soluzione specifica per EPID Varian, permette di fare le verifiche pre-trattamento per IMRT e per RapidArc

Ma..



- Critica al metodo delle verifiche campo per campo in IMRT : il gamma passing rate non è predittivo di errori clinicamente rilevanti

Per-beam, planar IMRT QA passing rates do not predict clinically relevant patient dose errors^{a)}

Benjamin E. Nelms^{b)}

Canis Lupus LLC and Department of Human Oncology, University of Wisconsin, Merrimac, Wisconsin 53561

Heming Zhen

Department of Medical Physics, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53705

Wolfgang A. Tomé

Departments of Human Oncology, Medical Physics, and Biomedical Engineering, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53792

(Received 29 September 2010; revised 28 December 2010; accepted for publication 30 December 2010; published 31 January 2011)

Ma..



- Falsi negativi: buone verifiche (valori di Γ passing rate (3%/3mm) > 95%), che si traducono a livello del paziente in errori clinicamente rilevanti.
- Falsi positivi: verifiche con Γ passing rate scadenti che non hanno impatto clinico
- Gli autori sottolineano come nel caso delle verifiche con tecniche rotazionali sia molto difficile esprimere un parere: a intuito, sistemi che rilevano la dose nelle regioni dove sono situate le strutture critiche nel paziente dovrebbero andare meglio, ma nulla è stato provato.

Verifiche basate sul paziente



- Un metodo per superare questo tipo di problemi è quello delle verifiche basate sul paziente (patient based verification): le misure vengono riportate sulla distribuzione di dose nel paziente.
- Sistemi commerciali
 - IBA Compass
 - Sun Nuclear 3DVH

IBA Compass



- Il sistema consiste nell'accoppiata Matrixx + software Compass
- Il Compass è di fatto quasi un TPS, che deve essere commissionato con i dati delle proprie unità di terapia.
- Importa gli oggetti DICOM (image, structure, plan) dal TPS di pianificazione.
- Può essere usato anche soltanto come sistema per ricalcolare la dose sulla TC paziente (confronto tra TPS)

IBA Compass



- IMRT: misura con Matrixx campo per campo (gantry a 0°)
- VMAT: le misure si effettuano con il Matrixx montato sul gantry



- Il Compass ricalcola la dose sulla TC del paziente modificando la fluenza sulla base dei dati misurati con il Matrixx

IBA Compass



- Con questo metodo si trasferisce la misura a livello della TC del paziente.
- Il confronto tra calcolato e misurato non è più effettuato in termini di indice gamma tra misurato e calcolato in fantoccio, ma tra distribuzioni di dose pianificata e “misurata” sulla TC del paziente
- DVH “misurati”.

Sun Nuclear 3DVH

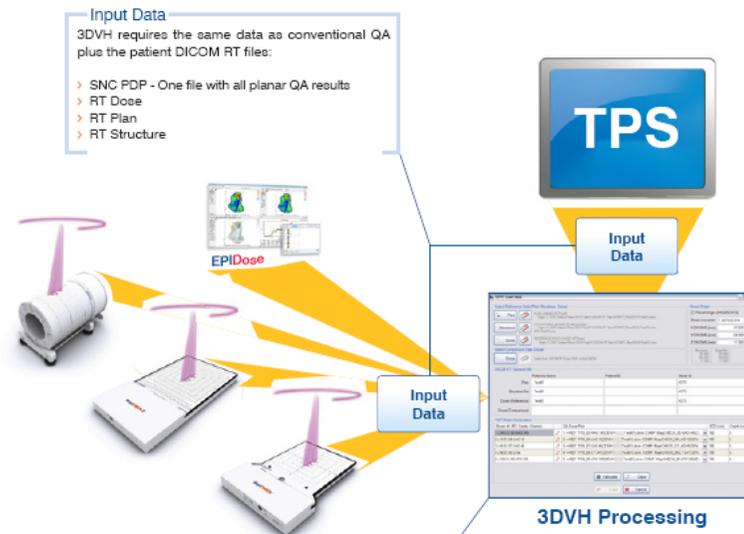


- Il 3DVH non è un TPS: non va commissionato.
- Non è in condizioni di fare un calcolo autonomo di dose.
- A differenza del Compass, non può essere usato per fare un confronto tra TPS.

Sun Nuclear 3DVH



- Importa gli oggetti DICOM (image, structure, plan e dose) dal TPS di pianificazione e i dati delle misure (MapCHECK, EPID o ArcCHECK).



- “Perturba” la griglia di dose calcolata dal TPS sulla base dei dati misurati e produce una nuova griglia di dose che tiene conto degli errori di erogazione del LINAC

Sun Nuclear 3DVH



- IMRT: misura campo per campo con MapCHECK (gantry a 0°), ArcCHECK o EPID
- VMAT: misura con ArcCHECK
- Come per il Compass, si valuta la dose “perturbata” sulla TC del paziente
- Confronto tra distribuzioni di dose pianificata e “misurata” sulla TC del paziente
- DVH “misurati”.

Indici di complessità

- Il processo di pianificazione VMAT è molto impegnativa in termini di tempi di calcolo.
- Capita di arrivare al termine del processo con un piano clinicamente valido ma che non passa le verifiche → ripianificazione.
- Sarebbe opportuno disporre di parametri descrittivi della complessità del piano tali da permettere di scartare una soluzione troppo complessa prima della fase di verifica.

Indici di complessità



- Per la IMRT step & shoot: il Modulation Complexity Score (MCS) risulta correlato con il Γ passing rate

A new metric for assessing IMRT modulation complexity and plan deliverability

Andrea L. McNiven,^{a)} Michael B. Sharpe, and Thomas G. Purdie
Radiation Medicine Program, Princess Margaret Hospital, University Health Network, Toronto, Ontario M5G 2M9, Canada and The Department of Radiation Oncology, University of Toronto, Toronto, Ontario M5G 2M9, Canada

(Received 19 June 2009; revised 19 October 2009; accepted for publication 23 November 2009; published 12 January 2010)

Indici di complessità



- Per la VMAT il parametro MCS, così come formulato per la IMRT step & shoot, non sembra funzionare (nostro work in progress).
- E' un parametro che va bene per descrivere la complessità di irradiazione in condizione di MLC statico, ma che non tiene conto della dinamica delle lamelle del MLC durante l'erogazione VMAT.
- Serve qualcosa di più complesso.

Conclusioni



- 2D-array con fantocci dedicati:
 - + misure su piani significativi
 - + facili da implementare per chi viene dall'IMRT
 - misure solo planari
 - qualche problema per direzione di incidenza parallela al piano del rivelatore
- Fantocci cilindrici
 - + minori problemi di dipendenza angolare
 - + possibilità di analisi per singolo punto di controllo

Conclusioni



- Soluzioni per la verifica basata sul paziente
 - + possibilità di valutare l'effettivo impatto clinico oltre la sola analisi gamma
 - necessità di una accurata validazione

Grazie per l'attenzione!

