

Control de calidad de tres gammacámaras BrightView XCT en los seis primeros meses de funcionamiento

Quality control of three BrightView XCT gamma chambers in the first six months of operation

Rubén Palomo Llinares*, José Francisco Martí Vidal, Consuelo Olivas Arroyo

Servicio de Medicina Nuclear Hospital Universitari i Politècnic La Fe, Valencia.

Fecha de Recepción: 16/12/2012 - Fecha de Aceptación: 25/05/2013

Este estudio trata de comparar el comportamiento de las tres gammacámaras del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital La Fe. Para ello, se realizaron una serie de medidas periódicas de los dos subsistemas más relevantes en cuanto al funcionamiento de los equipos, el sistema de adquisición de imágenes de medicina nuclear, SPECT, y el sistema de adquisición de imágenes tomográficas por rayos X, XCT. El estudio contó con un período de adquisición de medidas de los seis primeros meses de funcionamiento de las gammacámaras. Destaca que las tres gammacámaras tienen comportamientos particulares, siendo los tiempos necesarios entre calibraciones para ambos subsistemas por parte del Servicio Técnico de Philips totalmente individuales. Además, se encontró una gran variabilidad entre los períodos de las distintas calibraciones, en función del tipo de calibración realizado.

Palabras clave: gammacámara, control de calidad, uniformidad intrínseca, números hounsfield, maniquí TC.

This study sought to compare the behaviour of the three gamma chambers of the Nuclear Medicine Department of La Fe Hospital. For this, we perform a series of periodic measurements of the two most important subsystems in the operation of the equipment, the nuclear medicine imaging acquisition system, SPECT, and X-ray imaging system for tomography, XCT. The study had an acquisition time of the first six months of operation of the gamma cameras.

It is noted that the three gamma chambers have particular behaviours, being the time required between calibrations for both subsystems entirely individual. In addition, there was a large variability among the periods of the different calibrations, depending on the type of calibration performed by the Philips Technical Service.

Key words: gamma chamber, quality control, intrinsic flood, hounsfield numbers, CT phantom.

Introducción

En este estudio pretendemos demostrar la importancia y necesidad de los controles de calidad en las gammacámaras de cualquier servicio de medicina nuclear.

Con el paso del tiempo, todo equipo electrónico de alta precisión tiene una cierta tendencia a sufrir desajustes respecto a su punto de trabajo óptimo. Estas variaciones en su comportamiento son normales y no se pueden evitar, pero si corregir cuando se detecten, tanto en caso de fallo total como cuando se sobrepasa cierto nivel de tolerancia establecido. En el caso concreto que vamos a analizar de los equipos tomografía computarizada por emisión de

fotones individuales (SPECT) junto con tomografía computerizada (TC), las variaciones se producirán especialmente en el subsistema de adquisición de imágenes de medicina nuclear SPECT: detectores de centelleo, tubos fotomultiplicadores; y en el subsistema de adquisición de imágenes *Cone-Beam* TC (XTC): tubo de rayos X, detector *flat panel*; así mismo, también habrá que tener en cuenta toda la electrónica asociada al procesado de la información de los dos subsistemas antes mencionados.

Será importante tener controladas estas variaciones, ya que pueden provocar distorsiones o artefactos en las imágenes adquiridas que pueden ocasionar diagnósticos erróneos por parte del personal médico del servicio.

* Correspondencia
Email: vanvakaris@gmail.com

Por ello, desde la sección de radiofísica hospitalaria del Servicio de Medicina Nuclear (SMN), se deberá realizar un control de la calidad y estado de los equipos, ya que es crucial evitar los diagnósticos erróneos causados por los ya citados artefactos o mal funcionamiento de las gammacámaras. Además, realizando un control de calidad adecuado, evitaremos llegar a un punto en el cual la máquina tenga que estar parada un tiempo excesivamente alto por reparación o calibración.

Material y métodos

Equipos

Para realizar el estudio se utilizarán los datos procedentes de los controles de calidad realizados durante los seis primeros meses de funcionamiento de las tres gammacámaras disponibles en el Servicio de Medicina Nuclear del nuevo Hospital Universitari i Politècnic La Fe.

Los equipos con los que se ha trabajado son escáneres SPECT/CT BrightView XCT de Philips¹. Como se dispone de tres equipos iguales, nos referiremos a ellos por su ubicación: Salas 1, 2 y 3 respectivamente.

Los maniqués y materiales auxiliares necesarios para la realización de los controles de calidad del subsistema XTC serán los oficiales proporcionados por la casa comercial (véase la fig. 1). Se utilizará el maniqué de TC estándar de Philips. Es una estructura de PVC de 20 cm de diámetro llena de agua en la que se dispone de tres secciones:

- La capa física, sirve para medir la respuesta de impulso y el grosor de sección tomográfica (ancho de corte).

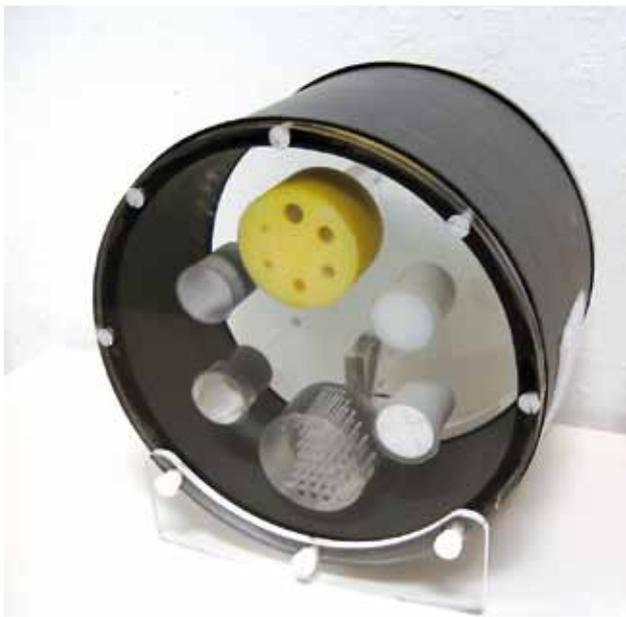


Fig. 1. Maniqué TC de Philips.

- La capa de agua, sirve para medir la uniformidad de la imagen y el ruido.
- La capa de varios insertos, sirve para comprobar el contraste.

Para este estudio, solo utilizaremos la capa de agua, ya que la uniformidad y el ruido son las únicas pruebas del sistema de XTC que hay que tener en cuenta en el control diario del equipo¹.

Para las pruebas del control de la uniformidad intrínseca del subsistema SPECT se utilizará una fuente de ^{99m}Tc de aproximadamente 37 MBq (1 mCi), suministrada por la unidad de radiofarmacia del servicio y calibrada con una incertidumbre del 10% a la hora a la que se vaya a realizar el estudio. Esta fuente, dispensada en una jeringuilla debidamente preparada, se situará sobre un bloque de cobre para minimizar la retrodispersión Compton, suministrado por Philips para simular una fuente puntual (véase la fig. 2).

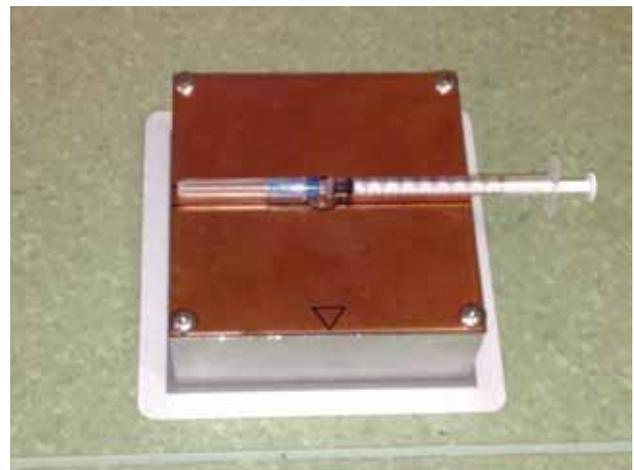


Fig. 2. Bloque de cobre con fuente de ^{99m}Tc.

Metodología

El control de calidad 'diario' al que someteremos a las gammacámaras constará de dos partes bien diferenciadas. En primer lugar, tenemos las pruebas asociadas al subsistema XTC, que verificarán los parámetros establecidos en las pruebas de aceptación de la uniformidad y el ruido de imagen. En segundo lugar, estará la prueba asociada al subsistema SPECT, que verificará los parámetros iniciales de las pruebas de aceptación respecto la uniformidad integral intrínseca de los detectores. Aunque existen muchas otras pruebas que se realizan a los equipos (con diversas periodicidades), en este estudio solo se han tomado las que se consideran básicas en la detección precoz de posibles desviaciones del comportamiento óptimo de los equipos.

Está estipulado que estas pruebas deben realizarse diariamente, pero por la actual carga asistencial de tra-

bajo del SMN y la disponibilidad del personal (técnicos especialistas y radiofísicos), se llegó a un compromiso en el que las pruebas se realizarían con una frecuencia de al menos dos veces por subsistema y por semana. No obstante, encontraremos periodos en los que se pudieron realizar todas las pruebas diariamente (especialmente en los primeros meses de trabajo de los tres equipos) y períodos en los que por avería se tuvo que cesar por completo la actividad en una de las cámaras en concreto.

La metodología de adquisición de datos seguirá la pauta que se describe a continuación. En primer lugar, los técnicos del SMN realizarán los estudios, detallados más adelante según el subsistema analizado, usando los protocolos de adquisición de imágenes oficiales programados por Philips en las gammacámaras. Una vez adquiridas, los radiofísicos del SMN estudiarán esas imágenes mediante el software suministrado en las *Extended Brilliance Workstations* (EBW) de Philips para realizar un análisis cuantitativo de las mismas. Tras esto, ellos mismos realizarán un informe de los resultados obtenidos y procesarán la información de cada gammacámara para adherirla a los resultados históricos que luego se muestran.

Subsistema XTC

En el control de calidad del subsistema XTC se realizan los tres pasos siguientes:

1. En primer lugar, los técnicos realizarán un calentamiento del tubo de rayos X, midiendo la carga de calor final del mismo. Esta carga debe estar comprendida entre un 2% y un 5% del valor máximo de carga (recomendación de Philips para el uso de este tipo de tubos de rayos X). Este valor quedará anotado por los técnicos en el informe del control de calidad. Posteriormente, los radiofísicos vigilarán su variación temporal a lo largo de su periodo de utilización.
2. En segundo lugar, y tras la correcta colocación del maniquí de TC de la fig. 2 en la camilla de la gammacámara, se ejecutará el protocolo de adquisición tomográfica incluido en el software entregado con el equipo. Este protocolo genera dos series de imágenes diferentes, puesto que utiliza dos tipos de reconstrucciones:
 - Filtered-Backprojection reconstruction (FBP).
 - Iterative reconstruction (ITER).
3. Finalmente, los radiofísicos analizarán las imágenes obtenidas mediante el software de procesado de las estaciones de trabajo de las gammacámaras. Este análisis consistirá en medir los parámetros de uniformidad, tanto integral como diferencial, y del nivel de ruido (NDR) en la reconstrucción tomográfica de

la zona de agua del maniquí. Para ello, se tomarán una serie de regiones de interés (ROI) dispuestas siempre en los mismos puntos del maniquí que permitirán realizar un análisis cuantitativo de las imágenes (véase la fig. 3).

Este análisis de la información quedará registrado en unos informes que tendrán el formato que aparece en la fig. 4. En él anotamos los valores medios

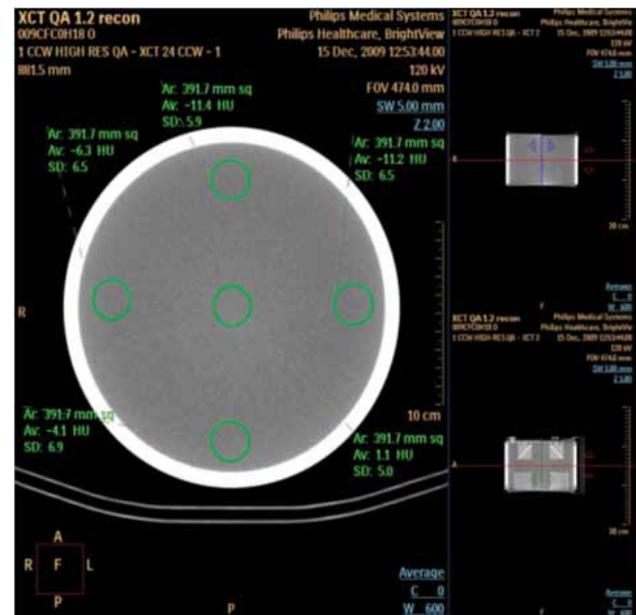


Fig. 3. Análisis de la uniformidad del subsistema XTC.

SUBSISTEMA XTC:		<input checked="" type="checkbox"/> Calentamiento ("Warmup")
		5 Carga de calor (%) al finalizar
XCT QA - Valores HU ("Hybrid Calibration")		
Revisión "CT Viewer":		<input checked="" type="checkbox"/> O.K. <input type="checkbox"/> Problemas !! (1)
	Uniformidad	Reconstrucción FBP (DAILY)
		Media D.S.
1		30,9 7,5
2		32,6 6,8
3		32,7 7,1
4		25,9 7,0
5		33,0 8,6
	Promedio 1-5	31,0 7,4
	Nivel de ruido	28,0 9,0
(Opcional)	Uniformidad	Reconstrucción FBP + ITER (ITER)
		Media D.S.
1		19,1 7,8
2		32,1 8,0
3		17,3 7,6
4		21,6 7,8
5		2,4 10,2
	Promedio 1-5	18,5 8,3
	Nivel de ruido	12,6 9,4

Fig. 4. Informe de resultados del subsistema XTC.

de píxel (VMP), que son los valores de densidad electrónica en Unidades Hounsfield (UH), y calculamos su promedio. Así mismo, anotaremos también el nivel de ruido para las dos reconstrucciones antes mencionadas.

Como se puede apreciar en la fig. 4, para cada tipo de reconstrucción disponible, tomamos 5 ROI para el cálculo de la uniformidad. Estos valores no deben sobrepasar ± 40 UH, ya que este es el valor de tolerancia establecida en esta escala para el agua.

Por otra parte, para el cálculo del NDR, se toma una ROI central de mayor tamaño y se realiza una medida similar. La tolerancia para la uniformidad de esta ROI está comprendida en ± 40 UH. Además, el nivel de ruido dentro de la ROI no debe superar 10.

Subsistema SPECT

En el control de calidad del subsistema SPECT se realizarán las siguientes operaciones:

1. En primer lugar, los técnicos del SMN realizarán una adquisición de las imágenes homogéneas intrínsecas. Para ello, se quitarán los colimadores a ambos detectores y se les situará en las posiciones preestablecidas de control de calidad. Se tendrá en cuenta que el fotopico esté correctamente alineado en el espectro de energías. Una vez tenido en cuenta esto, y previa colocación de la fuente de ^{99m}Tc en el lugar apropiado de la sala de exploración para la correcta adquisición de la imagen de uniformidad, se realizará la adquisición con 18 millones de cuentas en ambas imágenes.
2. En segundo lugar, los radiofísicos procederán al análisis de las imágenes. Para ello, realizarán unas medidas de la uniformidad intrínseca, tanto en el campo de visión útil (UFOV) como en el campo de visión central (CFOV). Cabe destacar que las medidas serán tanto de uniformidad integral como de uniformidad diferencial (de línea y de columna). Estas medidas se realizan con el software suministrado por Philips para tal efecto tal y como se muestra en la fig. 5.

Ambas uniformidades tienen una tolerancia establecida del 4.5% como máximo según el manual de usuario de Philips¹.

Al igual que para el subsistema XTC, en el caso del subsistema SPECT, se realizará un informe con los resultados obtenidos mediante el software de análisis. Un ejemplo de este informe se muestra en la fig. 6.

En ambos casos, cuando se sobrepasa el umbral de tolerancia preestablecido durante dos o más controles

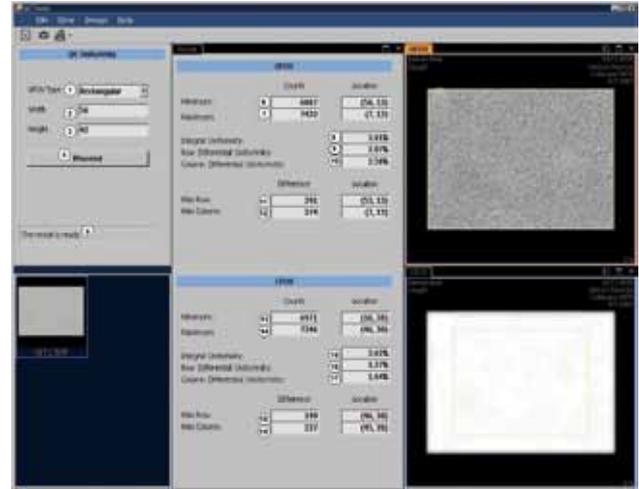


Fig. 5. Análisis del subsistema SPECT.

SUBSISTEMA SPECT: <input checked="" type="checkbox"/> DET 1 <input checked="" type="checkbox"/> DET 2 ("Peaking")			
Número de cuentas adquiridas		18 Mctas. (x 10 ⁶ cuentas)	
NM QC Tools - Uniformidad intrínseca			
Revisión "Quick Review": <input checked="" type="checkbox"/> O.K. <input type="checkbox"/> Problemas !! (2)			
DET 1		UFOV	CFOV
Uniformidad integral	%	2,25	2,25
Uniformidad diferencial de fila	%	1,43	1,43
Uniformidad diferencial de columna	%	1,26	1,18
DET 2		UFOV	CFOV
Uniformidad integral	%	4,03	3,15
Uniformidad diferencial de fila	%	2,73	1,58
Uniformidad diferencial de columna	%	2,49	1,94

Fig. 6. Informe de resultados del subsistema SPECT.

consecutivos, se procede a llamar al servicio técnico de ingenieros de Philips para que se realice la oportuna calibración del subsistema que esté fuera de tolerancia. Esto se reflejará en las gráficas del apartado de resultados como descensos bruscos en las tendencias de los resultados.

Resultados y discusión

A continuación, se procederá a presentar los resultados obtenidos mediante gráficas explicativas de las tendencias del comportamiento de las tres gammacámaras disponibles.

Para cada subsistema XTC se mostrarán dos gráficas, en la primera de ellas representaremos el comportamiento de los valores de UH y el valor del NDR de las dos series de imágenes (FBP, ITER). Además se ha considerado oportuno representar el valor máximo de cada serie, ya que en muchos casos, el valor máximo y el medio difieren bastante, y gracias a

este último, es más fácil visualizar y entender cuándo se solicitan las calibraciones. En un segundo gráfico se representarán los valores de las desviaciones estándar asociados a los mismos puntos representados en la primera gráfica.

Por su parte, para el subsistema SPECT también se mostrarán dos gráficas por sala. En la primera de ellas se verán representados los valores de uniformidad integral para cada detector y para cada una de las áreas de interés analizadas (UFOV y CFOV). En la segunda de ellas se mostrará la uniformidad diferencial, tanto de línea como de columna, para los dos detectores y las dos áreas de interés al igual que en el caso anterior.

Sala de exploración 1

Subsistema XTC

En las fig. 7 y 8 se muestran las gráficas en la que se representan los valores máximos de los VMP y el NDR para ambas reconstrucciones del subsistema XTC para

la gammacámara y los valores asociados a sus desviaciones estándar de la Sala 1.

Como se puede apreciar, este subsistema ha sido muy estable en la primera parte del estudio, aproximadamente desde la calibración inicial hasta que se realizó la primera calibración, en torno a mediados de julio. En este primer período, se ve un primer tramo transitorio inicial de aumento en los valores hasta que se llegó a una muy buena estabilidad, en el que los valores de VMP y NDR (véase la fig. 7) se estabilizaron en torno a 20.5 HU. Por su parte, el nivel de ruido (véase la fig. 8) se mantuvo inalterado hasta prácticamente el final de este primer período de estudio, al final del cual aumentó ligeramente, siendo el parámetro que marcó la petición de calibración.

Tras esta calibración, el subsistema no se comportó de forma tan estable como al principio. A simple vista se puede apreciar una mayor variabilidad en los resultados de los controles de calidad respecto al VMP y al NDR para los dos tipos de reconstrucciones. Además de esta gran variabilidad, cabe destacar que el tiempo transcurrido hasta que fue necesaria

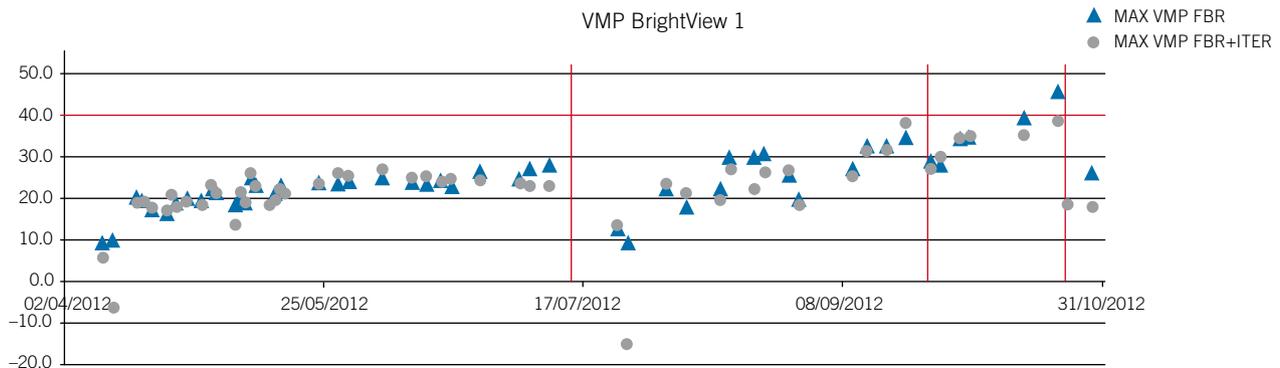


Fig. 7. Valor medio de pixel para la gammacámara BrightView de la Sala 1.

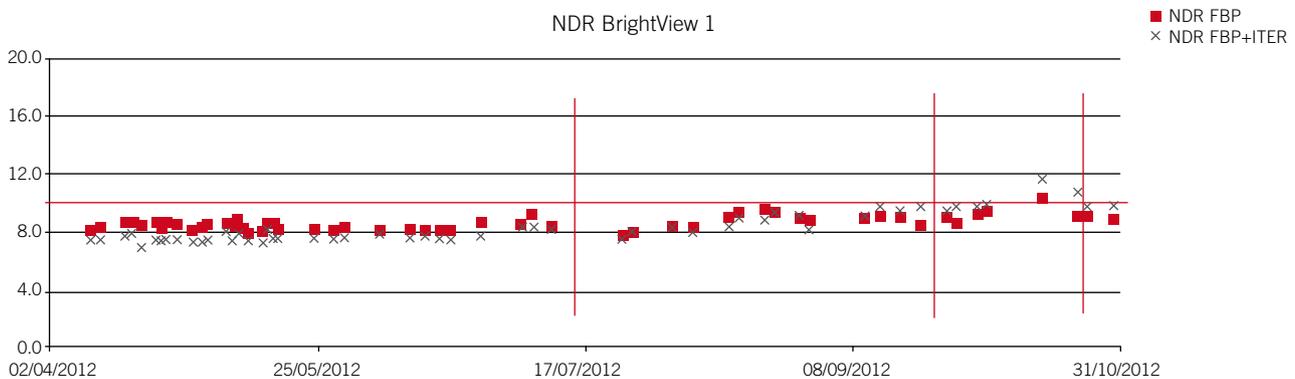


Fig. 8. Desviación estándar para la gammacámara BrightView de la Sala 1.

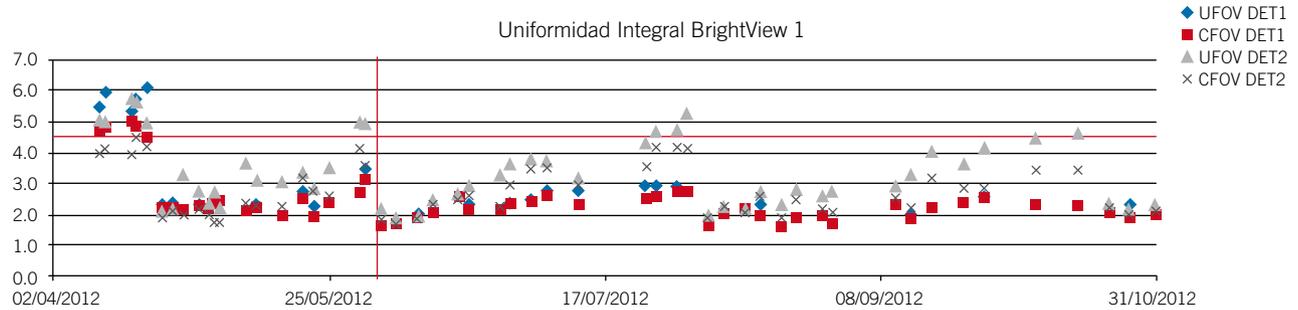


Fig. 9. Uniformidad integral para la gammacámara BrightView de la Sala 1.

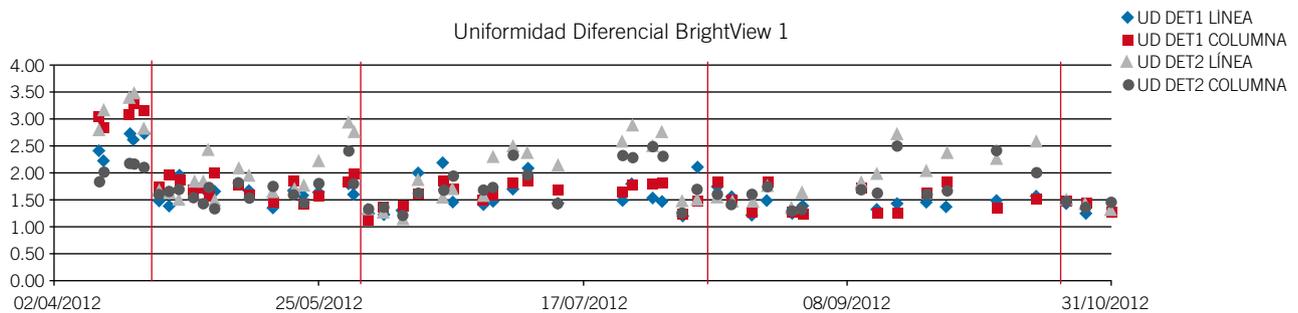


Fig. 10. Uniformidad diferencial para la gammacámara BrightView de la Sala 1.

una nueva calibración fue mucho menos que en el estadio inicial, en este caso tan solo pasaron dos meses y medio.

Este comportamiento se acentuó más aún después de la calibración del 25 de septiembre de 2012, ya que esta nueva calibración bajó ligeramente los valores de los números Hounsfield a los óptimos y además, estos valores aumentaron rápidamente, acercándose y sobrepasando en tan solo un mes las tolerancias establecidas.

A finales de octubre se ha realizado una nueva calibración del subsistema, y a priori parece que los valores han disminuido ligeramente más que en las dos calibraciones anteriores, lo que lleva a pensar que este lapso entre calibraciones pueda prolongarse un poco más en el tiempo que en casos anteriores.

Subsistema SPECT

En la fig. 9 se muestran los resultados de la uniformidad intrínseca integral del subsistema SPECT de la gammacámara de la Sala 1. Por su parte, en la fig. 10 se representan las uniformidades diferenciales tanto de línea como de columna del mismo subsistema.

Lo primero que hay que destacar en estas gráficas es que hasta el día 20 de abril de 2012 el subsistema no

estuvo debidamente calibrado, por lo que los inusualmente altos valores que se aprecian en las gráficas en la parte de la izquierda de las mismas evidencian que antes de la puesta a punto de los equipos, no se debe realizar un uso clínico para la adquisición de imágenes diagnósticas de pacientes.

En segundo lugar, se aprecia que los valores de la uniformidad diferencial siguen las mismas tendencias que las de la uniformidad integral, pero sin salirse nunca de tolerancia, por lo que en el análisis de los datos, solo se tendrán en cuenta los datos de la fig. 9 a la hora de justificar las decisiones tomadas y de extraer los resultados en cuanto al comportamiento de los detectores. Esto es así, debido a que los valores de la uniformidad diferencial son un subconjunto de posibles valores iguales o menores que los integrales, debido a la menor variabilidad estadística que se deduce de su misma definición y cálculo: en el primero de los casos, tomaremos los valores de cuentas por píxel máximos y mínimos de toda la región analizada, mientras que en el caso diferencial, tomaremos subconjuntos de n píxeles seguidos dentro de una fila o de una columna y miraremos sus máximos y mínimos (en nuestro caso, se tomaron 6 píxeles consecutivos por convenio con Philips).

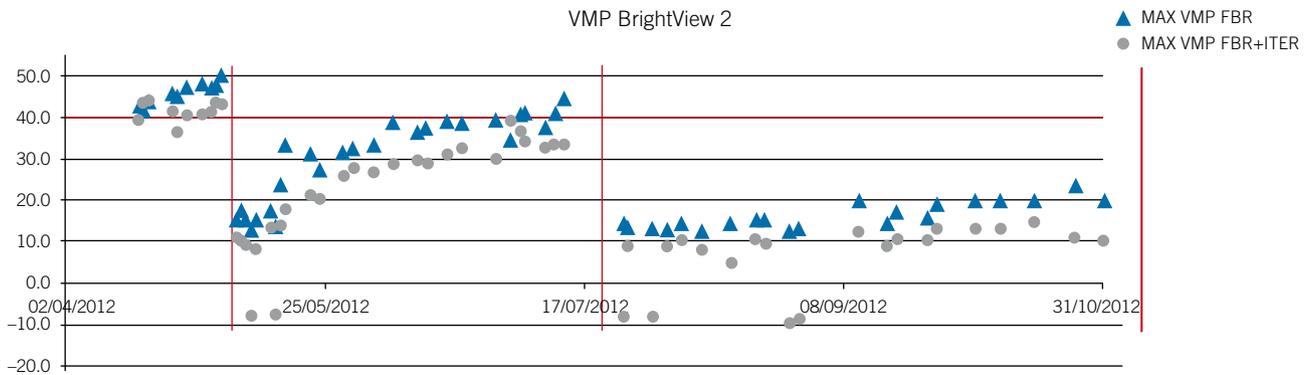


Fig. 11. Valor medio de píxel para la gammacámara BrightView de la Sala 2.

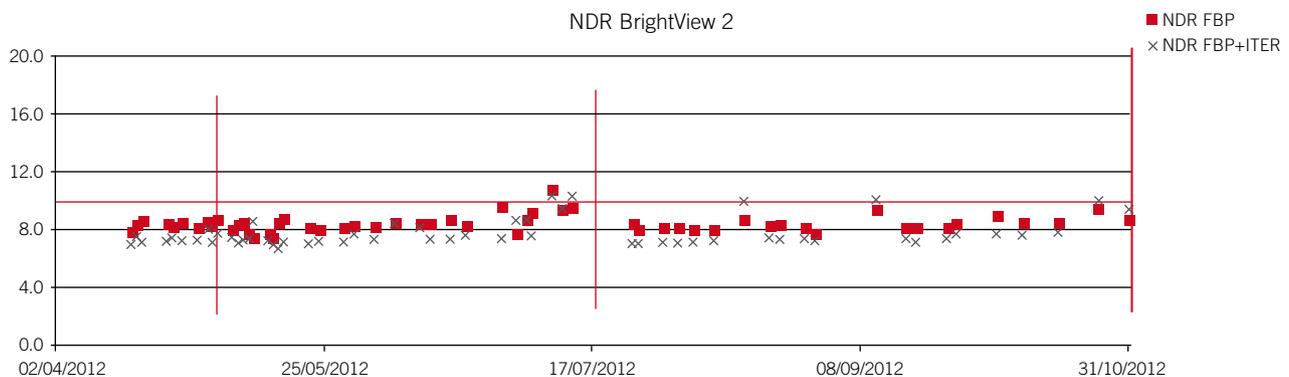


Fig. 12. Desviación estándar para la gammacámara BrightView de la Sala 2.

Centrándonos ya en los datos significativos, se ve que se han tenido que realizar tres calibraciones (salvando la puesta en marcha inicial que antes hemos comentado). En los tres casos, el comportamiento del equipo ha sido muy similar. Se realiza la calibración, se ha tenido un período de tiempo intermedio en el que los dos detectores son muy estables, y un estado final en el que el detector 2 comienza a aumentar su valor paulatinamente hasta que sus valores se salen de tolerancia, momento en el que se solicita una nueva calibración. Hay que destacar que en todo este tiempo, el detector 1 ha permanecido estable dentro de unas ligeras oscilaciones y que los problemas siempre los ha dado el detector 2, hecho que se ha comentado con el servicio técnico de Philips sin obtener respuesta plausible para este fenómeno, más allá de posibles diferencias en su fabricación. Por último, hay que hacer notar que el lapso de tiempo transcurrido entre calibraciones ha ido aumentando, desde un mes en el primer período hasta dos meses y medio en el último caso.

Sala de exploración 2

Subsistema XTC

Como en el caso anterior, hay una gráfica para mostrar los valores medios de píxel (véase la fig. 11) y una segunda para mostrar los valores asociados a los niveles de ruido en las mismas pruebas (véase la fig. 12).

En este caso, el estudio de controles de calidad se comenzó cuando aún no estaba correctamente calibrado el subsistema, por ello, durante el primer medio mes encontramos unos valores fuera de tolerancia. Consideraremos los datos relevantes a partir de la segunda calibración, realizada a principios de mayo de 2012.

Tras esta calibración, vemos que el equipo tiene un comportamiento típico para estos aparatos, es decir, primero un período transitorio hasta que encuentra la estabilidad, meseta estable (aunque con cierta tendencia al alza) y una pérdida de la tolerancia en el estadio final del comportamiento, tras el cual hay que volver a realizar una calibración.

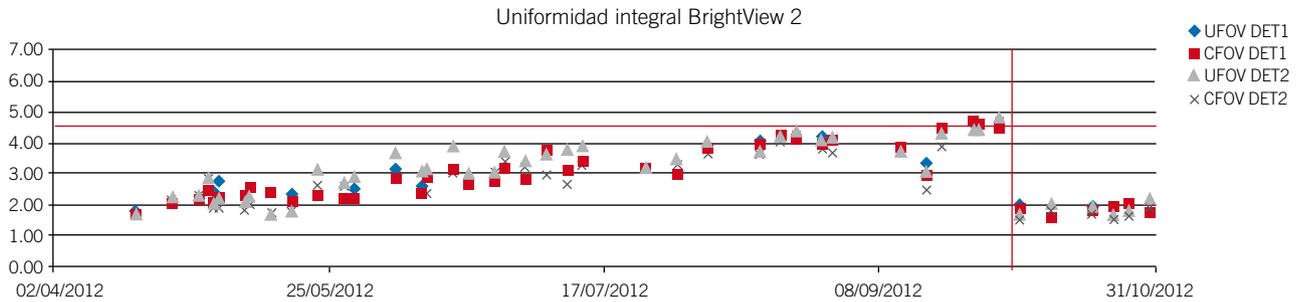


Fig. 13. Uniformidad integral para la gammacámara BrightView de la Sala 2.

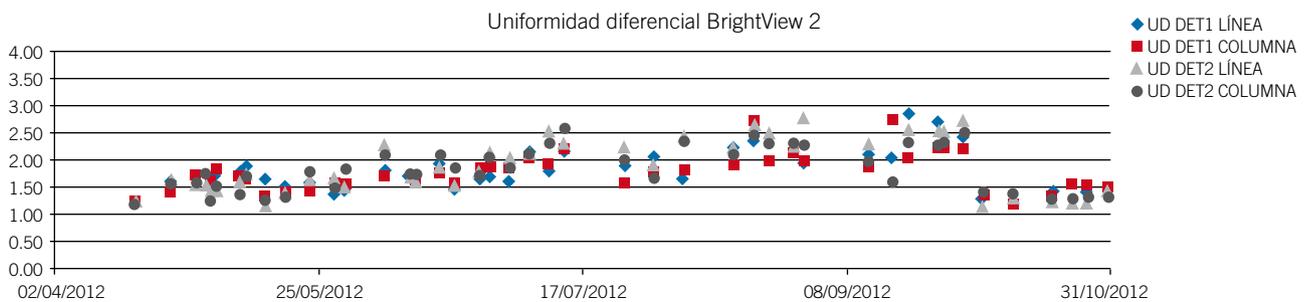


Fig. 14. Uniformidad diferencial para la gammacámara BrightView de la Sala 2.

Al igual que en el subsistema XTC de la Sala 1, este proceso normal dura entre dos y tres meses aproximadamente.

Finalmente, tras realizar la pertinente y necesaria calibración de la máquina, se encuentra que el comportamiento de la misma mejoró. En este caso, se ha tenido la gammacámara estable desde entonces, sin apenas cambios en los valores de los números Hounsfield ni en el nivel de ruido. Esto se debe a que a diferencia de las calibraciones normales que realiza el servicio de asistencia técnica de Philips, en las que tan solo tiene en cuenta la calibración del agua, en este caso se realizó una calibración total del subsistema. Este hecho será discutido en las conclusiones con mayor énfasis.

Subsistema SPECT

A continuación analicemos las gráficas de la uniformidad integral (véase la fig. 13) y diferencial (véase la fig. 14) de los dos detectores de la BrightView de la Sala 2.

Al igual que en el caso de la sala uno, la uniformidad diferencial sigue el mismo patrón de crecimiento que el integral pero estando siempre sus valores dentro de la tolerancia establecida. Por esto, el análisis de datos se centrará prioritariamente en los valores de uniformidad integral.

En este caso vemos que ambos detectores se comportan de manera similar (en contraposición a lo que veíamos en la Sala 1, en la que siempre había uno de los dos detectores que era el que se salía de tolerancia) y además son muy estables con el tiempo. Tan solo ha habido que realizar una calibración, realizada a los cinco meses y medio de estar funcionando el aparato. Esto se debe fundamentalmente a la baja carga asistencial a la que se somete a esta sala, ya que se la considera como una sala de pruebas específicas y de apoyo de las otras dos disponibles en el servicio.

Sala de exploración 3

Subsistema XTC

Se presentan en las fig. 15 y 16 los valores obtenidos en los controles de calidad del subsistema XTC relativos a la Sala 3 del SMN.

Como se puede apreciar a simple vista, de las tres gammacámaras, esta ha sido la menos estable y ha tenido mayor variabilidad en los valores, a pesar de las múltiples calibraciones que los técnicos de Philips han tenido que realizar a lo largo de los meses. Destaca además que no es tan solo un problema de

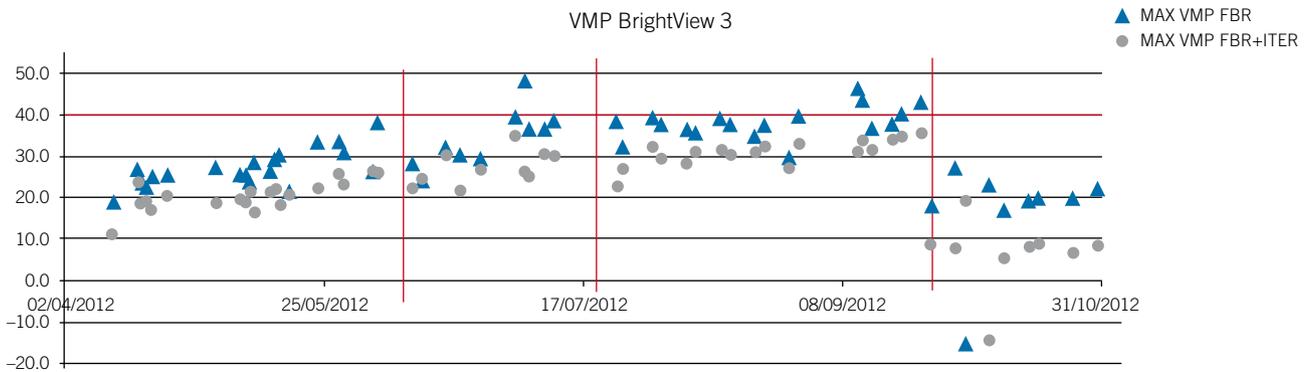


Fig. 15. Valor medio de píxel para la gammacámara BrightView de la Sala 3.

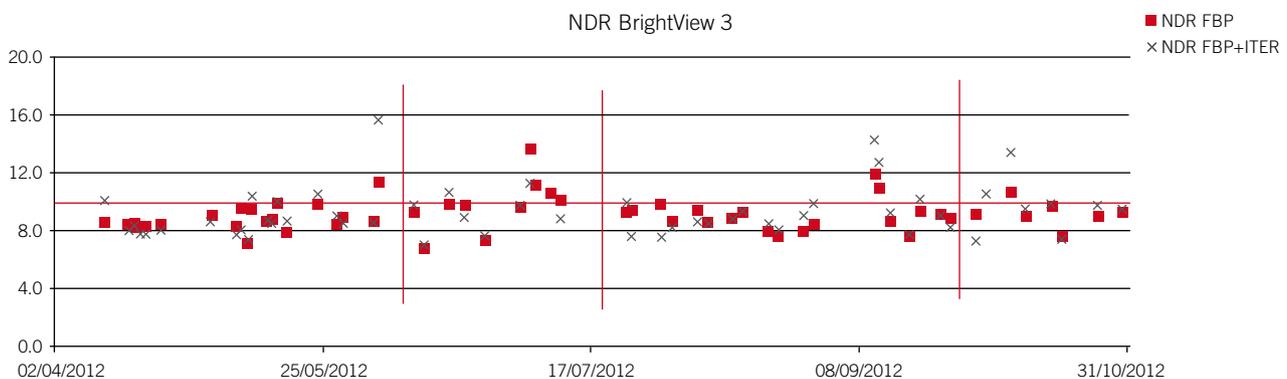


Fig. 16. Desviación estándar para la gammacámara BrightView de la Sala 3.

escala con los números Hounsfield, sino que hay una gran variabilidad en los datos recogidos dentro de la misma prueba, lo que se representa claramente en la gráfica de los niveles de ruido, presentando unos valores muy grandes en comparación con los otros dos equipos.

Durante los primeros dos meses de trabajo, se constató una tendencia al alza de los valores, desde unos datos que estaban correctamente situados en el punto de trabajo, hasta unos valores fuera de tolerancia. No obstante, lo que sí que se observó desde el principio del estudio es que los valores del NDR estaban en muchas ocasiones fuera de tolerancia. Esto provocó una mayor toma de muestras para tener más controlado el equipo. Cuando los valores de NDR fueron excesivamente altos, se tomó la decisión de pedir una calibración del subsistema, aunque los valores medios de píxel todavía estaban dentro de tolerancia.

Una vez realizada la calibración, se comprobó que el subsistema volvía a trabajar con unos parámetros correctos según la tolerancia establecida, pero no

eran todo lo buenos que cabía esperar en un sistema tan nuevo como el tratado. Tras una calibración como la realizada, los valores deberían estar en torno a 0 UH, pero se mantuvieron en torno a 30 UH, margen que fijamos habitualmente como umbral de riesgo para estudiar más exhaustivamente el comportamiento del equipo. Además, después de solo medio mes de trabajo, los valores volvieron a incrementarse excesivamente volviendo a salirse de la tolerancia adecuada de este subsistema. Por ello, se volvió a solicitar una nueva calibración.

Después de esta calibración la situación no mejoró significativamente. Se siguieron teniendo valores de 30-37 UH después de una calibración del sistema, lo cual era bastante anómalo. Al menos en este período de tiempo, el sistema se mantuvo más estable que en la franja temporal anterior, ya que los valores no volvieron a salirse de tolerancia durante los dos meses siguientes. Al cabo de los dos meses, y como era de esperar en el equipo, los números Hounsfield volvieron a aumentar excesivamente por lo que se solicitó una nueva calibración. En este caso se pidió

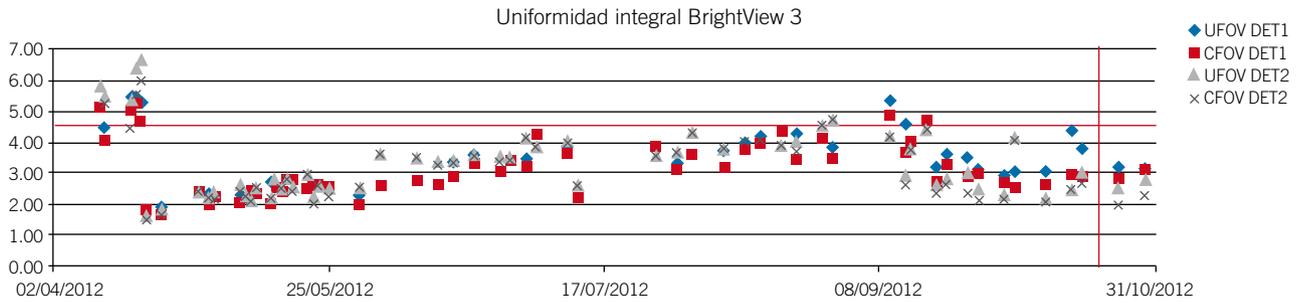


Fig. 17. Uniformidad integral para la gammacámara BrightView de la Sala 3.

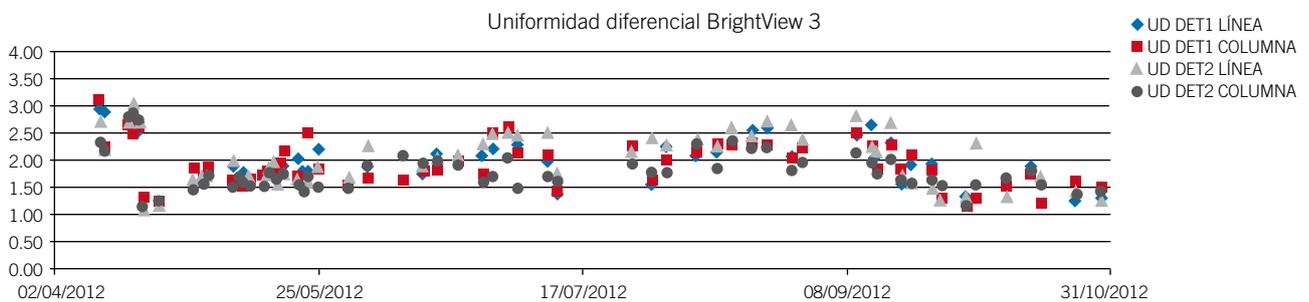


Fig. 18. Uniformidad diferencial para la gammacámara BrightView de la Sala 3.

un estudio más profundo de la máquina, ya que en ese momento ya se tenían datos suficientes que avalaran la sensación de peor comportamiento de la máquina de esta sala en comparación con las otras dos salas disponibles.

Tras un ajuste de la gammacámara por parte del servicio técnico y de una calibración total, el equipo empezó a comportarse de una manera más estable. Desde finales de septiembre se puede apreciar que los valores están usualmente por debajo de los 20 UH, mucho más adecuados para el subsistema que estamos analizando. No obstante, se seguía teniendo el problema de la dispersión de datos, que a pesar de todos los esfuerzos conjuntos, todavía no se ha conseguido resolver por desconocerse el posible elemento que los esté generando.

Subsistema SPECT

Por último, se muestran los datos recogidos del control de calidad del subsistema SPECT de la BrightView situada en la Sala 3 (véanse las fig. 17 y 18).

Salvando nuevamente el periodo inicial en el que el equipo todavía no estaba calibrado adecuadamente, y teniendo en cuenta únicamente los datos de uniformidad integral, se va a analizar el compor-

tamiento de la cámara en cuanto a su subsistema de SPECT.

A diferencia del subsistema XTC, el SPECT de esta máquina ha resultado ser muy estable. Durante los primeros 5 meses de trabajo, apenas ha presentado ningún problema. Si bien es cierto que se puede apreciar en este período de tiempo una tendencia ascendente, esto es normal dentro de un equipo con las características como el que estamos analizando. Realizado el pertinente calibrado, el equipo ha vuelto a unos valores similares a los iniciales, manteniendo una curva ascendente con la misma pendiente que en el período inicial, por lo que es de suponer que durante los próximos cuatro meses tendremos el sistema estable y sin necesidad de una nueva calibración.

Conclusiones

Con todos los datos analizados, a continuación se resumen las conclusiones que se pueden sacar respecto al comportamiento de las gammacámaras estudiadas en el período inicial de su vida útil. Esto no querrá decir que con el paso del tiempo no se puedan ver alterados

Tabla 1. Resumen de tiempos y características de las tres salas.

	Sala 1	Sala 2	Sala 3
XTC – Tiempo aproximado entre calibraciones	60 días	90 días	30 días
XTC – Diferencias entre FBP-ITER	9 UH	5 UH	7 UH
SPECT – Tiempo aproximado entre calibraciones	60 días	150 días	150 días

estos comportamientos por el deterioro de los equipos debido a su uso clínico habitual.

En primer lugar, hay que destacar que cada una de las máquinas se comporta de manera individual respecto a los subsistemas que las integran. Es decir, los tiempos entre los que hay que realizar calibraciones, los comportamientos de los cabezales que más se salen de tolerancia, la homogeneidad de los datos presentados o los valores de referencia después de realizar una calibración. Apenas se pueden sacar conclusiones generales válidas para las tres cámaras. Lo que sí que se puede hacer es parametrizar el comportamiento de cada una de ellas de manera individual. En general, cada subsistema se comporta con unos patrones propios que después de este estudio se pueden ir contemplando como una tónica general para ellos mismos. Por ejemplo, cada dos meses aproximadamente hay que realizar un calibrado SPECT de la gammacámara de la Sala 1 debido a que el detector 2 se habrá salido de tolerancia, mientras que esto mismo se tendrá que realizar cada cinco meses para la Sala 3. No obstante, la mayoría de comportamientos que se han intentado analizar han resultado ser muy dependientes del proceso de calibración realizado, con lo que es imposible predecir completamente desde la sección de radiofísica del SMN el comportamiento preciso y correcto de estos equipos de imagen. Por ello, será totalmente necesario y justificado mantener un sistemático control de calidad, al menos con las pruebas que se presentan en este texto, para los dos subsistemas que componen las gammacámaras.

En segundo lugar, se ha podido apreciar la diferencia en los resultados de los controles de calidad del subsistema XTC de las tres salas tras realizar una calibración total o tras realizar una calibración del agua únicamente. Cuando se realiza la calibración total, el

sistema presenta unos valores de números Hounsfield mucho más adecuados, la dispersión de los datos presentados entre diversas zonas de la reconstrucción es menor, el sistema es más estable entre pruebas dentro de períodos cortos de tiempo y aumenta muy significativamente el tiempo necesario entre calibraciones. Por todo ello, se recomendará siempre la calibración total de las máquinas, a pesar de que se tarde mucho más que respecto a la parcial del agua, a largo plazo compensa; mucho más si se tienen en cuenta requisitos de calidad asistencial.

Además, se puede apreciar que en general, los subsistemas XTC de las gammacámaras son mucho más inestables que los SPECT. En general, un escáner TC es mucho más estable que un escáner SPECT, no obstante, se aprecia que la tecnología que presenta Philips con sus gammacámaras BrightView es la de unos sistemas SPECT bien diseñados y probados, a los que se les ha añadido el subsistema *Cone-Beam* TC de manera posterior. Hay que recordar que estos sistemas son muy novedosos y más complejos que los TC convencionales. Esto quizá provoca que, en estos equipos en concreto, se de la situación antes mencionada de mayor estabilidad de los subsistemas de medicina nuclear frente a los de radiología tomográfica.

Entrando más en detalle sobre el subsistema XTC, se puede concluir que existen diferencias entre los dos tipos de reconstrucciones. En general, los valores de la reconstrucción iterativa son mejores respecto a los FBP, ya que los promedios de los valores están más próximos al 0, sin embargo, se nota una mayor variabilidad en los valores, especialmente en la ROI central (ROI número 5 de la fig. 4), hecho que se aprecia en los valores de los niveles de ruido NDR.

Comparando los dos detectores de cada subsistema SPECT, no se puede concluir ninguna diferencia entre ambos, ya que salvo para la Sala 1, en el resto de salas los dos detectores se comportan prácticamente igual. Es decir, ambos muestran las mismas tendencias a salirse de tolerancia con el paso del tiempo a la misma velocidad.

Por último, y para resumir todo lo dicho anteriormente, se muestra una tabla recopilatoria en la que

aparecen las características de comportamiento más reseñables de las tres salas (véase la tabla 1).

Bibliografía

1. Manual BrightView XCT (Philips), 2012.
2. Protocolo nacional del control de calidad en la instrumentación en medicina nuclear. SEFM 1999.