

06.58.04

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1958.

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS

RADIOISOTOPOS EN ENDOCRINOLOGIA

por

Héctor Forcher

RADIOISOTOPOS EN ENDOCRINOLOGIA

Héctor M. Forcher

YODO RADIOACTIVO

La utilización de los radioisótopos del yodo ha contribuido grandemente a esclarecer la fisiología de la glándula tiroides y el metabolismo de sus hormonas. Pero especialmente ha facilitado, a través de distintas técnicas, el diagnóstico de las disfunciones de dicha glándula y el tratamiento de algunas de sus enfermedades.

Para comprender mejor el uso de estos elementos y la interpretación de las distintas pruebas, es conveniente recordar en forma sintética el metabolismo del yodo y la fisiología tiroidea.

El yodo, elemento fundamental en la constitución de la hormona tiroidea, ingresa al organismo humano con los alimentos y el agua de bebida de manera casi exclusiva, en forma de ioduros (de sodio, potasio, etc). Rápidamente es absorbido por el tubo digestivo, de donde pasa al torrente circulatorio. Una vez llegado a la sangre, hay dos órganos que se disputan en forma selectiva su posesión: la tiroides, para elaborar sus hormonas; y el riñón, para eliminarlo con la orina. La concentración de yodo en otros órganos es casi despreciable en relación con los dos anteriores. En la tiroides, el ioduro es transformado en yodo elemental gracias a la acción de determinadas enzimas y recién en este estado comienza su unión con el aminoácido tirosina. Después de sucesivas transformaciones (moniodotirosina, diiodotirosina, triiodotironina) se llega a constituir la tiroxina o tetraiodotironina, que es almacenada en el coloide (tiroglobulina) para ser luego segregada según necesidad. Para su secreción debe sufrir primero la acción de enzimas proteolíticas que permiten la liberación de la tiroxina y de la triiodotironina de la gran molécula de tiroglobulina y en estas condiciones es transportada por la sangre, ligada a una fracción de las proteínas plasmáticas, siendo utilizada en última instancia por los tejidos periféricos. En este nivel la hormona es metabolizada por las células y el yodo que queda libre pasa nuevamente a la circulación para reiniciar el ciclo, siendo captado otra vez por la tiroides o eliminado por el riñón. Todo este proceso es facilitado y estimulado por la hormona anterohipofisaria denominada tirotrófina.

La liberación de esta hormona es a su vez regulada, en condiciones normales, por el nivel de tiroxina circulante: cuando ésta desciende, aquélla aumenta, y cuando circula en exceso produce su inhibición.

En la avidez que tiene la tiroides por el yodo, y en su poder de concentración y almacenamiento, se basa el uso de este elemento con fines diagnósticos y terapéuticos. Para ello se usa como elemento radiante el I^{131} . Este es un isótopo del yodo estable (I^{127}); es decir que conserva todas sus propiedades químicas y comportamiento metabólico, pero tiene además otras características físicas que lo hacen detectable y le confieren propiedades biológicas especiales. Estas características se deben a su emisión de radiación beta y gamma. La primera, de corto alcance y gran poder ionizante lo que la hace muy activa sobre la materia viva. La segunda, menos ionizante pero de gran penetración, lo cual la torna fácilmente detectable por medio de instrumental adecuado.

1 - Uso diagnóstico

Se describirán a continuación, en forma sucinta, las pruebas diagnósticas más usadas en la práctica diaria, recordando que pueden realizarse gran número de combinaciones usando simultáneamente varias de ellas.

Es conveniente recalcar antes de su descripción que es condición indispensable para su ejecución descartar toda administración previa de medicamentos que puedan perturbar los resultados de las pruebas. Así, deberá indagarse con prolijidad si el paciente ha estado sometido a alguna terapéutica que contenga yodo en cualquiera de sus formas químicas, en cuyo caso deberá esperarse plazos variables según el preparado. Recordar: tiroides, triiodotiroxina, ioduros (lugol, polivitamínicos, antitusígenos, etc.), yodo inyectable (antirreumáticos, antiesclerosos, etc.), sustancias yodadas de contraste (usadas en colesistografías, broncografías, pielografías, etc.). Drogas anti-tiroideas. Sulfas. Corticoides. Etc.

Clasificación de las pruebas de función tiroidea con I^{131}

Pruebas inorgánicas

- Captación tiroidea
- Eliminación urinaria
- Localizaciones intratiroides
- Localizaciones extratiroides
- Pruebas de inhibición
- Pruebas de estímulo
- Pruebas del tiocianato
- Gammagrafía

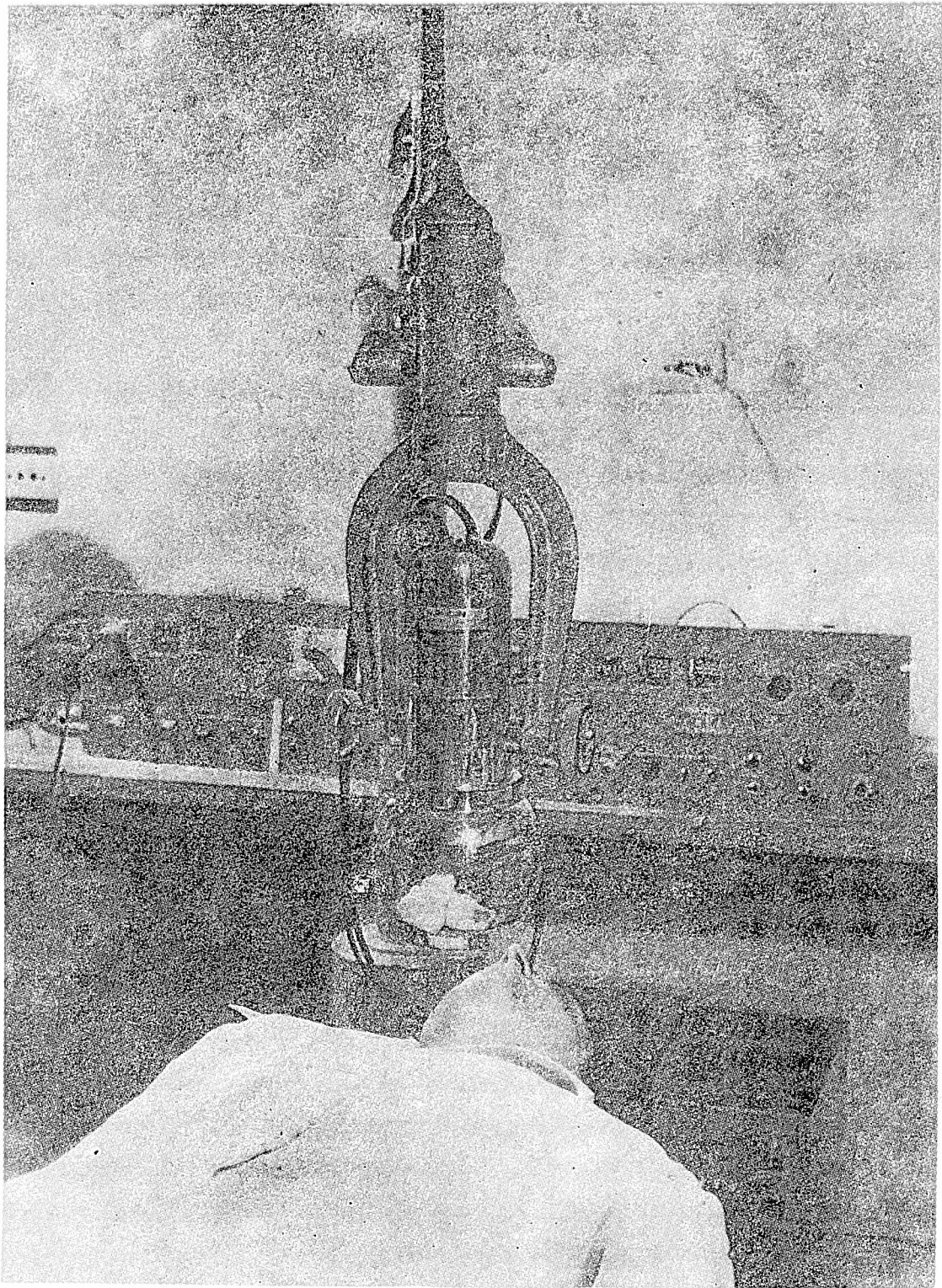
Pruebas orgánicas

Tiempo medio efectivo del I^{131}
en tiroides.
Yodo proteico radioactivo
Relación de conversión
Radioautografía
Cromatografía y electroforesis
de hormonas marcadas
Fijación de triiodotironina marcada
por el eritrocito.
Tiempo medio efectivo de hormonas
marcadas

a) Captación tiroidea de I^{131}

Se ha dicho ya que la tiroides tiene una avidez específica por el yodo, pero además esta avidez es directamente proporcional al grado de función de la glándula o sea que una tiroides muy activa captará en alto porcentaje y rápidamente el yodo exógeno que se administre, en cambio una que sea poco activa lo hará en menor proporción. Sobre estos principios es que se utiliza la captación tiroidea de yodo radioactivo para diagnosticar el hiper o hipotiroidismo, siendo más demostrativa para el primero de los casos.

Técnica . Estando el paciente en ayunas, se le administra por vía oral una dosis de 1 a $50 \mu c$ de I^{131} libre de portador (según el grado de sensibilidad del equipo de medición) en una cantidad fija de agua, por ej. 50 ml, contenidos en un vaso de papel parafinado. A las 24 horas, con un cabezal de centelleo o un tubo de Geiger-Müller colocado frente al cuello a una distancia aproximada de 20 cm., se hace la lectura, en un escalímetro o integrador, de la radioactividad presente. Como en esta medición está involucrada la radioactividad proveniente de la glándula tiroides más la de los músculos y vasos adyacentes, para obtener el valor neto proveniente de la glándula habrá que hacer otra medición en una zona de masa semejante y sin tiroides y restarla a la primera. Para ello se mide la radioactividad de 1/3 inferior del muslo. Se mide la radioactividad del testigo, o standard que es una dosis igual a la ingerida. Se mide la actividad correspondiente al fondo o "back ground" y a la primera se le resta la segunda. De esta manera tenemos los valores netos de tiroides y testigo. Por una regla de tres simple se establece qué porcentaje del testigo se encuentra en tiroides en ese momento.



Captación tiroidea de I^{131} . Modelo constituido por cristal de centelleo y fotomultiplicador conectado a escalímetro.

Puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de captación} = \frac{(\text{c/m del cuello} - \text{c/m del muslo}) \times 100}{(\text{c/m del testigo} - \text{c/m del fondo})}$$

(c/m = cuentas minuto)

Resultados (a las 24 horas):

Valor normal: 20 a 50% de la dosis ingerida

Hipotiroidismo: menos de 20%

Hipertiroidismo: más de 50%

Factores de error de la captación tiroidea del I¹³¹

Además de los ya consignados que pueden bloquear la captación (toda sustancia que contenga yodo, drogas antitiroideas, perclorato, tiocianatos, bromuros, sulfas, etc.) existen varios factores que deben ser tenidos en cuenta al interpretar los resultados de la misma. Así, es frecuente encontrar valores altos de captación en portadores de bocios endémicos, bocios puberales, o en sujetos normales de zona de endemia. En estos casos las curvas de captación tiroidea o la realización de una prueba orgánica paralelamente a la captación permitirá resolver en la mayoría de los casos la duda planteada. Así mismo debemos recordar que los pacientes que han padecido de hipertiroidismo, pueden mostrar durante varios años después de curados, captaciones altas.

Curva de captación tiroidea de I¹³¹

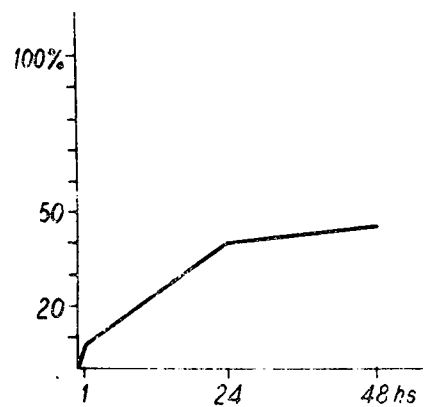
El mismo procedimiento anteriormente descrito, pero realizado en forma repetida, a distintos intervalos, es decir haciendo varias mediciones después de administrada una dosis, por ej. a la 1, 24 y 48 horas, permite no sólo comprobar los valores porcentuales de captación sino también obtener la forma de la curva que es más o menos característica para los distintos estados de función tiroidea (gráfico N° 1).

Valores normales:

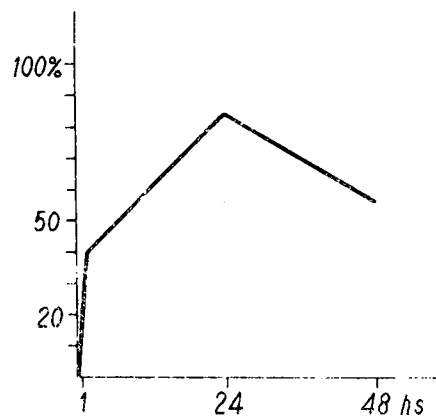
1 h	-	3	a	11%
2 h	-	15	a	30%
3 h	-	20	a	30%
24 h	-	20	a	50%
48 h	-	20	a	50%

(Existen pequeñas diferencias según los distintos autores).

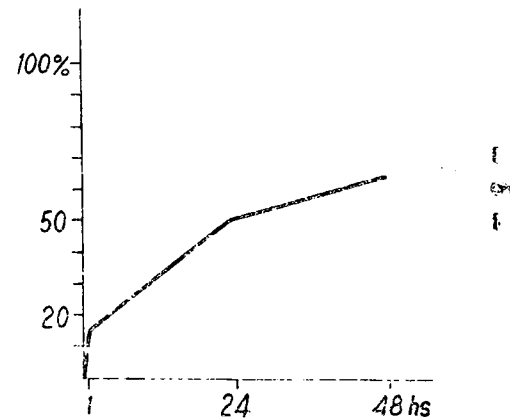
Gráfico Nº 1
CURVAS DE CAPTACION TIROIDEA DE I^{131}



Curva de eutiroidismo



Curva de hipertiroidismo



Curva de bocio simple

Como se observa en el gráfico N° 1, las curvas de sujetos hipertiroideos muestran valores altos a las 1 hora y 24 horas, con tendencia (debido al rápido turn-over del yodo) a eliminar rápidamente el yodo. En ocasiones, si realizamos una sola captación a las 24 o 48 horas, podemos caer dentro de los valores normales, error que se evitará con la lectura a horas tempranas. En cambio las curvas de los bocios simples con captación alta muestran una elevación paulatina a las 24 y 48 horas, partiendo de valores normales o ligeramente elevados a horas tempranas. En ambos casos, la combinación de este método inorgánico con uno de los métodos orgánicos permitirá la rápida interpretación de los resultados.

b) Prueba de Inhibición o de Greer o de Werner.

La administración de tiroides o triiodotironina a un individuo normal disminuye el poder de captación del yodo en su tiroides. Por el contrario, cuando la misma droga se usa en un hipertiroideo, la captación permanece inalterada. Esta prueba es por lo tanto útil para diferenciar captaciones altas debidas a hipertiroidismo de aquéllas que obedecen a otra causa (por ej. bocio simple).

Técnica Se realiza una captación tiroidea de I^{131} basal. Se administra durante 8 a 15 días (generalmente 8) 130 a 195 mg de tiroides o 75 a 150 μ g de triiodotironina diarios. Al finalizar este lapso se efectúa una prueba de captación de 24 y/o 48 horas. En condiciones normales el resultado de la captación debe ser menor del 20%. Valores que persisten altos significan hipertiroidismo.

c) Prueba de estimulación o de Querido-Stanbury.

Se usa para diferenciar el hipotiroidismo primario del secundario, o sea aquél en que la falla es tiroidea pura de aquél que se debe a una insuficiencia de tirotrofina.

Técnica Habiendo determinado la captación tiroidea a las 24 horas, se administra de 10 a 30 unidades de tirotrofina en 1 a 3 días, por vía intramuscular y a las doce horas de la última inyección se realiza una nueva captación, previa administración de una nueva dosis trazadora de I^{131} . En caso que el hipotiroidismo obedezca a insuficiencia tiroidea primitiva, la captación seguirá siendo baja. Si la falla es hipofisaria el valor de la captación mostrará un ascenso.

d) Eliminación urinaria de I^{131} .

Ya se dijo que el riñón realiza una especie de competencia con la tiroides en cuanto al yodo. Lo que no es captado por esta glándula, es eliminado por la orina. Por lo tanto cuanto mayor sea la actividad tiroidea, menor oferta de yodo habrá para el riñón y a la inversa, en presencia de una glándula hipoactiva la orina eliminará en gran proporción el yodo administrado.

En síntesis, la eliminación urinaria del yodo es inversamente proporcional al grado de actividad tiroidea. Por lo tanto midiendo cuánto se elimina en la orina tendremos un índice indirecto de la actividad glandular.

Técnica Se administra como en los casos anteriores una dosis trazadora de I^{131} , previa evacuación de la vejiga urinaria. A partir de ese momento se recoge toda la orina durante 24 o 48 horas, pudiendo fraccionarse las correspondientes a distintos intervalos. Se prepara una solución testigo que tenga una actividad específica más o menos semejante a la que tendrá la orina. Se hacen los contajes de cada una de las muestras y del testigo y se aplica la fórmula general siguiente:

$$\% \text{ de eliminación} = \frac{\text{c/m de orina} \times \text{volumen testigo} \times 100}{\text{c/m testigo} \times \text{volumen orina}}$$

Valores para las 48 horas:

Normal	50 a 80%
Hipotiroidismo	80 a 100%
Hipertiroidismo	3 a 50%

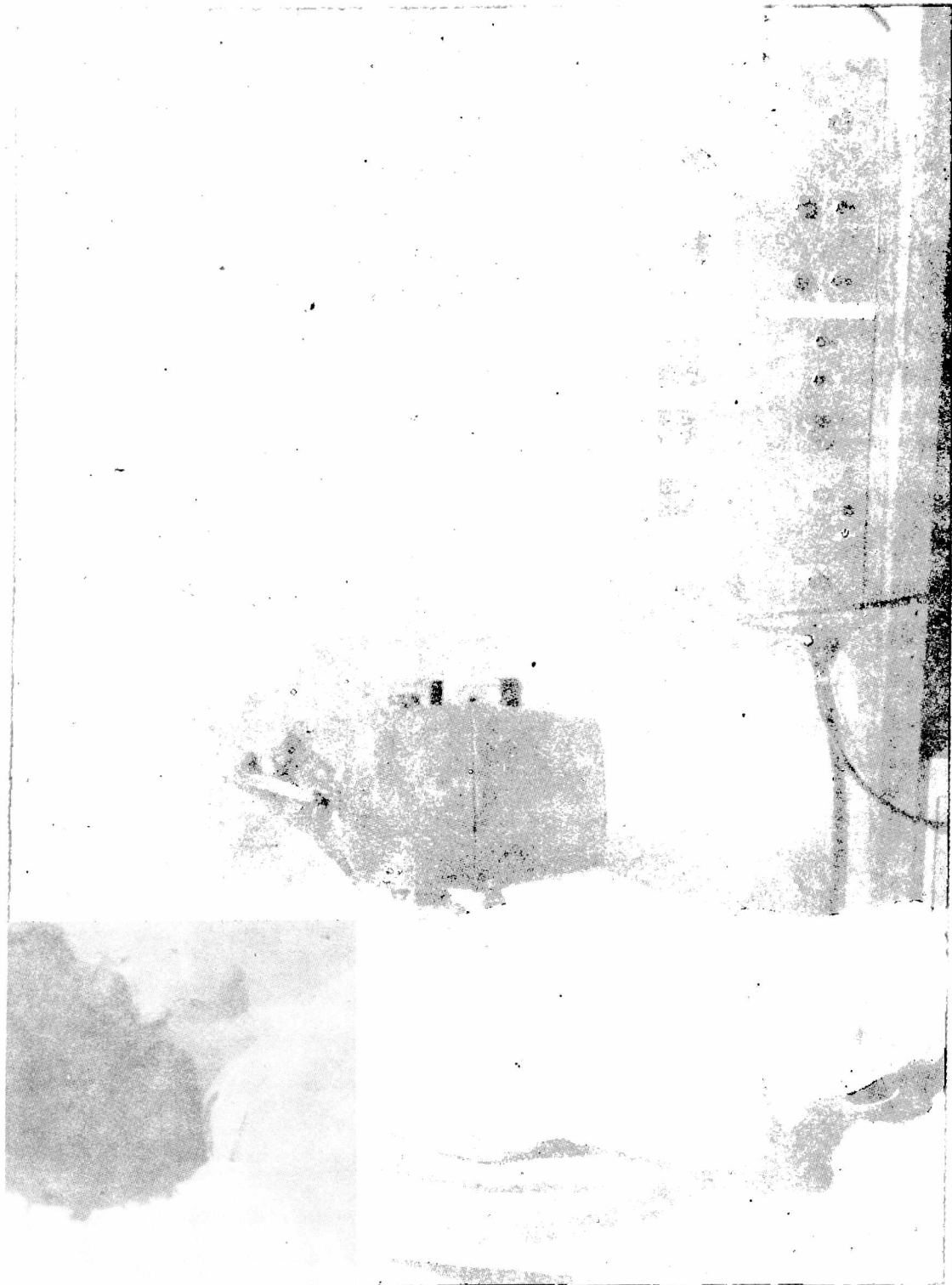
Debe tenerse en cuenta que el valor de esta prueba depende de la integridad de la función renal.

La medición de radioactividad proveniente de muestras líquidas requiere la utilización de cristales de centelleo del tipo denominado de pozo (well counter). Para el caso particular de la orina se ha usado un tubo de Geiger-Müller adaptado a un recipiente de doble pared denominado vaso de Marinelli, procedimiento bastante engorroso. El uso de contadores multitubos de G.M. es mucho más práctico.

e) Yodo proteico radioactivo (PBI^{131}).

Es un índice de la concentración de hormona tiroidea en sangre, pues mide el yodo ligado a las proteínas del suero o sea el yodo hormonal. Es una de las pruebas más eficientes para determinar la actividad funcional tiroidea.

Técnica Se administra una dosis trazadora de $50 \mu\text{c}$ y se prepara un testigo de $50 \mu\text{c}$ en 100 ml de agua. A las 24 horas se extrae sangre por punción venosa. Se separan 2 ml de plasma cuyas proteínas se precipitan con el agregado de 4 ml de ácido tricloroacético al 10%. Se centrifuga. Se descarta el sobrenadante y el precipitado se lava dos a cuatro veces con 5 ml de ácido tricloroacético al 5%. En el cristal de pozo se mide la actividad de dicho precipitado (c/m precipitado). Se toma 1 ml del testigo ($50 \mu\text{c}/100 \text{ ml}$) y se diluye en 1000 ml de agua. Se toman 2 ml de esa solución y se mide su actividad (c/m testigo).



Modelo de cristal de pozo

Por lo tanto:

c/m precipitado $\times$ 500 = Actividad del precipitado de 1 litro de plasma

y c/m testigo $\times$ 500 $\times$ 100 = actividad total del testigo

de donde
$$\text{PBI}^{131}\% / \text{litro plasma} =$$

$$= \frac{\text{c/m precipitado} \times 500 \times 100}{\text{c/m testigo} \times 500 \times 100} = \frac{\text{c/m precipitado}}{\text{c/m testigo}}$$

Valores para las 24 horas: Se expresan en términos porcentuales por cada litro de plasma.

Normal 0.02 - 0.19% / l. plasma

Hipotiroidismo 0.00 - 0.02

Hipertiroidismo 0.20 - 3

Para separar la fracción proteica del plasma, en lugar del método químico del ácido tricloroacético, se usa también y con gran ventaja por su simplicidad, un sistema de resina de intercambio iónico.

Consiste en hacer pasar una cantidad de 3 a 5 ml de plasma a través de una columna de resina. Esta columna tiene aproximadamente 4 a 5 cm de altura y 6 mm de diámetro.

Se utiliza una resina de intercambio aniónica, ya sea Amberlita IRA 400, o Dewex 1 o 2, en el ciclo del Cloro. Para esto la resina debe ser lavada previamente con ácido clorhídrico N/1.

Se recogen 2 ml de plasma que ha pasado a través de la resina, y que está libre de yodo inorgánico y se mide en el pozo o well-counter. Los cálculos se efectúan en la forma ya indicada.

Este método es mucho más simple que el anterior, y sólo requiere una media hora para su completa realización, mientras que el método del tricloroacético requiere para su ejecución de 1 a 2 horas.

f) Relación de conversión.

Compara la cantidad de I^{131} precipitado con la proteína plasmática o filtrado a través de la resina, con el I^{131} total del plasma. En el caso de una glándula hiperactiva el pasaje de yodo inorgánico del plasma a yodo hormonal, será más rápido y mayor, en otras palabras habrá una mayor conversión.

Técnica Preparación del paciente como en el caso anterior. Precipitación de las proteínas plasmáticas de 2 ml. de plasma o pasaje a través de resina;

medición de su radioactividad y comparación con la correspondiente al mismo volumen de plasma total.

$$\text{Relación de conversión} = \frac{\text{c/m 2 ml precipitado plasma (o filtrado)} \times 100}{\text{c/m 2 ml plasma total}}$$

Valores para las 24 horas:

Normal	10 - 45%
Hipotiroidismo	< 10%
Hipertiroidismo	> 45%

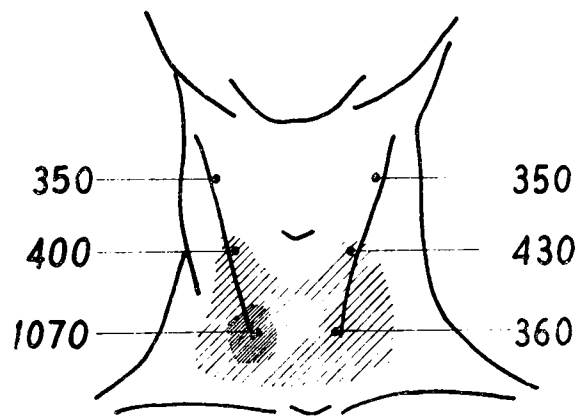
g) Captación localizada en tiroides.

Es un método que se utiliza en presencia de nódulos tiroideos, con el objeto de determinar su actividad funcional en relación con la del resto del tejido glandular. Para ello se usa el mismo equipo que el de la captación total del cuello, agregándole al tubo de centelleo un colimador, de manera tal que mida solamente la radioactividad proveniente de pequeñas áreas. De este modo se hacen mediciones sobre el o los nódulos, comparándose estos valores con los correspondientes a puntos simétricos. Así puede darse el caso que la tumoración capte más, igual o menos I^{131} que el resto del tejido glandular, en cuyo caso diremos respectivamente que se trata de un nódulo caliente, tibio o frío, expresando así su grado de actividad. (fig. n° 1). Solamente son significativas diferencias del 100% de cuentas como mínimo, en más o en menos.

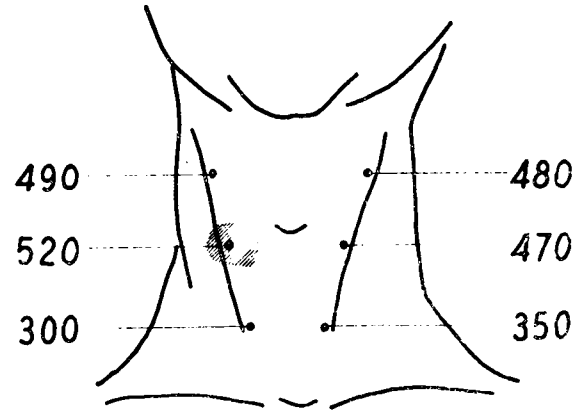
Este procedimiento es muy utilizado en el caso de nódulos solitarios que son los que más frecuentemente son portadores de carcinoma. Este último, por estar constituido por tejido indiferenciado, siempre capta menos yodo que el tejido normal, o sea que es frío.

Fig. Nº 1

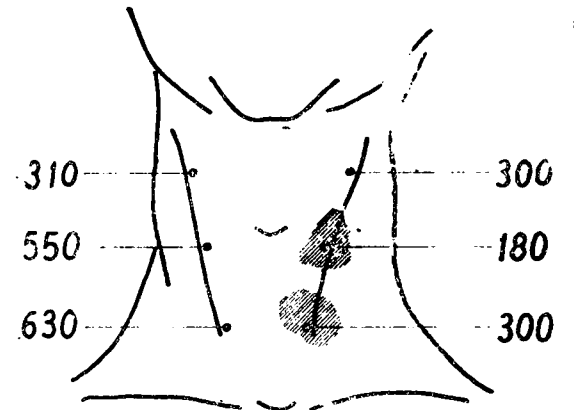
CAPTACIONES LOCALIZADAS
EN TIROIDES



Nódulo caliente



Nódulo tibio



Nódulos fríos

h) Captación localizada extratiroidea.

Se usa en la pesquisa de tejido tiroideo ectópico (bocio endotorácico, estruma ovárico, etc.) y de metástasis con capacidad funcional, es decir que sean lo suficientemente diferenciadas como para captar yodo.

La preparación del enfermo es semejante a la que se hace para una captación tiroidea común, con la única diferencia que la dosis es aconsejable elevarla ligeramente cuando se buscan metástasis. A las 24 o 48 horas, utilizando un cabezal de centelleo o un tubo de Geiger-Müller se hacen mediciones localizadas en todo el cuerpo o en las zonas sospechosas, recordando especialmente que las metástasis que son capaces de concentrar yodo corresponden al tipo histológico folicular o alveolar, lo cual significa vía hemática en su génesis y por lo tanto preferente localización en pulmones y hueso. En esta exploración, al igual que en las otras localizadas, no interesa la relación porcentual con una dosis testigo, sino la comparación del número absoluto de cuentas provenientes de zonas simétricas.

i) Scanning.

El "Scintiscanner" o Gammagrama es un equipo mecánico que realiza el trabajo descrito precedentemente (captaciones localizadas) en forma automática. Esencialmente consta de un cabezal de centelleo con colimador que se desliza en un plano frente al cuello (se aplica también al estudio de otras zonas); conectado al mismo hay un sistema inscriptor, también móvil, que a cada impulso que recibe el cristal, traza un punto o una marca sobre un papel. Después de realizado el barrido de la región estudiada se obtiene un gráfico que configura la topografía del tejido tiroideo: un verdadero mapa, en el cual la densidad del punteado representa el grado de concentración del yodo. Estos equipos son muy costosos, razón por la cual no se han difundido en nuestro medio.

j) Radioautografía.

Las radiaciones del I^{131} son capaces de impresionar una película radiográfica o emulsión fotográfica. Poniendo en contacto un órgano, o trozo del mismo, que contiene en su intimidad el radioisótopo que ha sido administrado previamente, con una placa sensible y haciendo luego de un tiempo determinado su revelación y fijación, se puede obtener una imagen que representará la localización y densidad del isótopo en dicho órgano.

Este procedimiento se puede realizar en el plano macroscópico o microscópico; o sea con piezas anatómicas relativamente grandes, obtenidas por cirugía, o en preparaciones histológicas.

k) Cromatografía y electroforesis.

De igual manera puede realizarse electroforesis de proteínas plasmáticas y cromatografía de las mismas o de tejido tiroideo, previa digestión y extracción con butanol, de pacientes a los que se les ha administrado previamente una dosis trazadora conveniente de I^{131} .

Efectuada la corrida de las tiras, puede realizarse la radioautografía de las mismas o la lectura de la actividad de las manchas, mediante un inscriptor. Se puede obtener así una determinación cuantitativa, que se compara con las manchas.

Repetimos una vez más, que sólo se han descrito en esta publicación las pruebas más comúnmente usadas, quedando por lo tanto un buen número de técnicas sin describir. No obstante es de interés mencionar especialmente las pruebas de: "Fijación, por los glóbulos rojos, de triiodotironina marcada" y "Relación PBI 131 -Saliva".

2 - Uso terapéutico

a) Hipertiroidismo.

Ya se mencionó en la introducción, que la radiación beta del I^{131} tiene una acción importante sobre la materia viva. Por su gran poder de ionización es capaz de destruir el tejido glandular activo transformándolo en tejido cicatrizal no funcionante. Esta es la razón de su uso en el hipertiroidismo, situación en la que actúa produciendo una verdadera tiroidectomía actínica. Por las propiedades metabólicas del yodo, este elemento se deposita en la intimidad del tejido tiroideo donde ejerce su influencia por un tiempo variable que depende de dos factores de degradación: físico y biológico. La integración de estos dos factores determina el tiempo medio efectivo del I^{131} en tiroides. Como consecuencia de su permanencia en la glándula frena de esta manera el exceso de producción hormonal.

En el momento actual puede decirse que, salvo algunas excepciones, es el método de elección en el tratamiento del hipertiroidismo. Dichas excepciones se derivan del efecto pernicioso que las radiaciones tienen sobre los órganos reproductores y el tejido joven. Así, está parcialmente contraindicado este procedimiento en las personas jóvenes (peligro de mutaciones genéticas) y en forma absoluta, en el embarazo. En los demás casos tiene evidentes ventajas sobre la cirugía, las drogas antitiroideas, el yodo estable, etc.

Dosis Este problema es el más discutido. Algunos autores todavía prefieren la administración de dosis pequeñas (de 2 a 3 mc) que repiten cada dos

o tres meses, con lo que se trataría de evitar los efectos indeseables. Esta conducta tiene el defecto de prolongar el tratamiento y el peligro de aumentar la resistencia ya de por sí alta del tejido tiroideo a la radiación.

La mayoría de los autores trata de administrar al paciente una sola dosis. En general las estadísticas muestran que más del 90% de los casos curan con una sola dosis. Cada autor usa una fórmula más o menos empírica para calcular la dosis a administrar, pero en todas ellas entra como factor principal de error el cálculo del peso de la glándula por el método palpatorio.

Los principales factores de que depende el cálculo de la dosis son:

- 1 - Tamaño o volumen del tiroides. Cuanto más grande sea la glándula mayor dosis se requerirá.
- 2 - Característica morfológica del tiroides. Los bocios nodulares requieren mayor cantidad que los difusos.
- 3 - Avidez del tiroides por el yodo. Cuanto menor sea la captación, mayor dosis se necesitará.
- 4 - Velocidad de eliminación del yodo. A menor tiempo de permanencia del isótopo en la glándula, mayor dosis.
- 5 - Estado cardíaco. En presencia de cardiopatía grave, debe disminuirse la dosis y si es necesario repetirla en forma alejada.

Algunos de estos factores no son posibles de valorar en forma numérica exacta, habiéndose llegado en la práctica a usar con éxito la siguiente fórmula que reúne algunos de estos datos:

Cantidad deseada de μC de I^{131} por g de glándula x peso glandular expresado en g x 100

Captación tiroidea máxima del paciente

El primer factor de esta fórmula ha sido estimado entre 100 y 250 μC por gramo de glándula (150 en promedio), aumentándose cuando se trata de bocios nodulares y disminuyéndolo cuando hay cardiopatía. Ejemplo: enfermo con una tiroides palpable, que por lo tanto podrá tener un peso aproximado de 35 gramos, con una captación tiroidea máxima a las 24 horas de 80%, sin cardiopatía:

$$\frac{150 \times 35 \times 100}{80} = 6.5 \text{ mC}$$

La dosis se administra por vía oral, en una sola vez, estando el paciente en ayunas. No se requieren cuidados especiales por parte del paciente sal

vo la precaución de eliminar la orina con abundante agua con el objeto de diluirla y prevenir así posibles riesgos de contaminación ambiental.

Efectos indeseables Pueden presentarse fenómenos indeseables que resultan de la irradiación de órganos o sistemas sobre los cuales actúa inevitablemente el yodo y de su acción sobre la misma tiroides. Comenzando por los últimos son:

- 1° Agravación del hipertiroidismo. Aparece en la primera semana del tratamiento y se caracteriza por la acentuación de todo el cuadro sintomático. Cede espontáneamente y debe ser muy tenido en cuenta en presencia de cardiopatía.
- 2° Hipotiroidismo. Puede aparecer como consecuencia de un exceso de dosis.
- 3° Tiroiditis. Se presenta durante los primeros días, con edema, tumefacción y dolor local. Excepcional a las dosis corrientes.
- 4° Alteraciones hematológicas. Debidas a irradiación de la médula ósea. Son muy poco frecuentes pero deben recordarse.
- 5° Mutaciones genéticas y efecto carcinogénico. Son hasta la fecha muy discutidos. Deberán valorarse en el futuro a la luz de datos estadísticos de larga evolución.

Evolución y pronóstico La mejoría del cuadro clínico comienza a hacerse evidente aproximadamente al mes de la administración de la dosis, pudiéndose esperar modificaciones en un lapso que se extiende hasta un máximo de seis meses, después de lo cual el efecto alcanzado se mantiene. En algunos pocos casos pueden producirse recurrencias del hipertiroidismo.

b) Cáncer de tiroides.

Así como el yodo radioactivo se ha dicho es el tratamiento de elección para el hipertiroidismo, en relación con el cáncer de tiroides su aplicación es limitada. La cirugía sigue siendo el tratamiento más efectivo.

Las indicaciones del yodo radioactivo son:

- 1 - El tratamiento o de las metástasis que sean capaces de acumular yodo en cantidades útiles.
- 2 - Destrucción del tejido tiroideo remanente después de la tiroidectomía.
- 3 - Cuando no sea posible aplicar otro tratamiento.

¹³¹I La razón de esta limitación estriba en el hecho que la aplicación del ¹³¹I persigue la destrucción del tejido neoplásico a través del efecto de

la radiación beta y como el cancer es un tejido indiferenciado, rara vez con centra al isótopo en proporción eficaz. Este hecho de la poca diferenciación del tejido canceroso y su consecuencia, el bajo poder de captación de yodo, debe presidir todas las apreciaciones que se hagan en cuanto al diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad con los radioisótopos. Solamente los tumores malignos más diferenciados, es decir los foliculares o alveolares (pro-ductores de coloide) son pasibles de este tipo de tratamiento.

Condición indispensable y previa a la administración del isótopo es la tiroidectomía, que debe ser lo más amplia y radical posible. Esto es necesario para: evitar la competencia que haría el tejido normal que es mucho más ávido; disminuir la masa a necrosar y elevar la producción de tirotró fina endógena que estimulará la captación por parte de las metástasis. (Debemos recordar que las metástasis pueden ser de tipo histológico distinto al tumor tiroideo primitivo).

Dosis No existe un método exacto para calcular la dosis. Se han propues- to algunos, que realizan simultáneamente mediciones de una dosis trazadora en orina, sangre, plasma, etc. pero cuya aplicación recién ahora ingresa en la práctica. Estos métodos tienen por objeto con una dosis trazadora, cal- cular el porcentaje de retención corporal del radioyodo y la radiación a mé dula ósea. Luego se determina la dosis a administrar, recordándose que no debe pasarse de los 200 rads en médula ósea. En términos generales se usan dosis que oscilan entre los 100 y 200 mc, administrados por vía oral en una sola toma. En niños, el máximo es de 100 mc. Debe tenerse muy en cuenta el grado de suficiencia renal y en caso de compromiso de dicho órgano, reducir la dosis a la mitad. Por otra parte la dosis deberá ser mayor cuanto más masa metastática haya y cuanto menor sea su actividad funcional.

Efectos tóxicos De manera semejante a lo que sucede en el tratamiento del hipertiroidismo, pueden presentarse fenómenos tóxicos o complicaciones, como consecuencia de la gran irradiación a que se somete a todo el organismo. Es tos fenómenos pueden manifestarse como: edema local, sialadenitis, neumoni- tis, inflamación del tracto urinario, depresión de los órganos hematopoyéti cos, y si la dosis es excesiva y la eliminación pobre, se puede llegar a un cuadro más o menos completo de enfermedad de irradiación. Estos accidentes son muy poco frecuentes. La forma de evitarlos es dar dosis lo más bajas posibles dentro de lo efectivo y espaciar las mismas cuando deben ser repe- tidas, dejando intervalos no menores de tres meses.

Resultados Son variables según las distintas estadísticas, pero es indis- cutible que desde el advenimiento del radioyodo la prolongación de la vida útil cuando se ha aplicado este método en combinación con la cirugía, se ha acrecentado notablemente.

SODIO Y POTASIO RADIOACTIVOS

Los isótopos radioactivos del sodio y del potasio son usados en el estudio de los fluidos orgánicos y el metabolismo de los electrolitos.

El potasio radioactivo, K^{42} , tiene un período de semidesintegración de 12.44 horas y es emisor de radiación β .

El sodio radioactivo, Na^{24} , tiene un período de 15.06 horas y emite rayos β y γ .

Ambos han sido usados independientemente o en forma conjunta (por el método de la dilución isotópica) para determinar las cantidades totales de dichos elementos en el organismo humano, así como sus fracciones intercambiables.

La cantidad de Na^{24} y K^{42} medida al mismo tiempo en orina y sangre es un método que se usa como índice de actividad córticosuprarrenal. El aumento de actividad de esteroides con poder de retención de sodio, tales como la Aldosterona, llevan a un aumento del sodio sérico, con disminución del potasio, asociados a una disminución simultánea del sodio y elevación del potasio en la orina.

Las aplicaciones clínicas de estos radioisótopos están todavía en estudio.

CALCIO Y FOSFORO RADIOACTIVOS

Los isótopos radioactivos del calcio y fósforo no tienen hasta la actualidad usos clínicos en endocrinología, pero sí han aclarado numerosos problemas relativos al metabolismo del tejido óseo y su fisiopatología.

Se ha usado el Ca^{45} (emisor β , con $T_{1/2}$ de 152 días); el Ca^{47} (emisor γ , con $T_{1/2}$ de 6 días); el P^{32} (emisor β , $T_{1/2}$ 14.3 días); y algunos isótopos del estroncio (Sr^{89} y Sr^{90}) que siguen el mismo metabolismo del calcio.

Con el uso de estos elementos se ha estudiado por ejemplo la absorción intestinal y la eliminación del calcio; las influencias que ejercen sobre estos procesos la vitamina D; el intercambio de las sales de calcio entre el hueso y los líquidos orgánicos; los fenómenos de cristalización en huesos, fracturas, dientes y sus diferencias a distintas edades y en distintas zonas de los mismos, así como las distintas acciones que ejercen las hormonas paratiroides.

CARBONO RADIOACTIVO

Ha sido ampliamente utilizado para el marcado de hormonas y sus metabolitos, procedimiento que brinda infinitas posibilidades en el campo de la investigación y experimentación endocrinológicas.

El autor de esta publicación agradece la colaboración del Dr. Osvaldo Degrossi que intervino en la redacción de la misma.