



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
INSTITUTO NACIONAL DE
ENFERMEDADES
RESPIRATORIAS
"DR. ISMAEL COSIO VILLEGAS"

CONCORDANCIA DE LA CAPACIDAD
INSPIRATORIA MEDIDA POR ESPIROMETRIA
CON LA MEDIDA POR PLETISMOGRAFIA

T E S I S

QUE PRESENTA EL:

**DRA. CLAUDIA ISABEL ARIADNA
VARGAS DOMINGUEZ**

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN:
NEUMOLOGIA

TUTOR DE TESIS:
DR. JUAN CARLOS VAZQUEZ GARCIA



MEXICO, D.F.

OCTUBRE 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

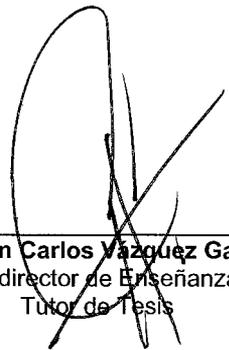
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

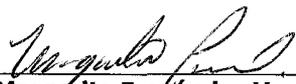
AUTORIZACION DE TESIS



Dr. Jorge Salas Hernández
Director de Enseñanza



Dr. Juan Carlos Vázquez García
Subdirector de Enseñanza
Tutor de Tesis



Dra. Margarita Fernández Vega
Jefa del Departamento de
Formación de Posgrado

DEDICATORIAS

A ti Lidia, que me has mostrado la bondad del mundo, las maravillas que se producen en él y me has enseñado el valor de la gente. Gracias por tu amistad, tu ternura, tu comprensión, tu compañía y tu infinito amor maternal. Gracias por enseñarme a no dejar de luchar y nunca dejar de creer en la belleza y bondad del ser humano.

A mi Papá siempre presente en mi. Me has enseñado a disfrutar hasta el momento más pequeño, con tu buen humor, con todo el amor que me diste y con tu sutil presencia.

A mi familia, que han sido siempre faro que alumbra la noche más negra. Angie gracias por tu fortaleza y tu eterna sonrisa.

A mis amigas (Turma, Ale, Letty, Ana, Jesi, Patty, Tina, Odette, Vero, Moni, Martha), que me han hecho crecer día a día y no me han dejado sola nunca.

A Ivette, por honrarme con su confianza, amistad y paciencia. Eres una gran hermana.

A mi amiga Sarai, por mostrarme el significado de fé y perseverancia. Eres una gran persona, un ejemplo a seguir y estoy segura de que Victoria te eligió por tu gran amor y entrega. Amiga te admiro inmensamente.

Juan Carlos gracias por tu amistad, por tu tiempo, paciencia, buen humor y por cada una de tus enseñanzas, por hacer lo difícil, fácil y lo imposible, posible. Has sido siempre una luz en mi camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco particularmente al Dr. Luis Torre por confiar en mí, brindarme su amistad y compartir su sabiduría.

Al. Dr. Mejía por su buen humor.

A todos los que trabajan en el Laboratorio de Fisiología Pulmonar por su entusiasmo y entrega. No dejo de admirarlos un solo día.

INDICE

1. Resumen.....	1
2. Antecedentes.....	2
3. Introduccion.....	2
4. Justificación.....	4
5. Obejtivo.....	4
6. Hipótesis.....	4
7. Diseño.....	4
8. Métodos.....	5
9. Resultados.....	7
10. Discusión.....	8
11. Cnclusiones.....	10
12. Bibliografía.....	11
13. Cuadros.....	13
14. Figuras.....	18
15. Anexo.....	21

CONCORDANCIA DE LA CAPACIDAD INSPIRATORIA MEDIDA POR ESPIROMETRIA CON LA MEDIDA POR PLETISMOGRAFIA

RESUMEN

Antecedentes: La medición de la capacidad inspiratoria (IC) es una medición de gran utilidad clínica, especialmente en los pacientes con EPOC. Este parámetro es indicador de hiperinflación pulmonar y correlaciona con síntomas respiratorios, como disnea así como con respuesta a broncodilatadores e intervenciones terapéuticas como rehabilitación pulmonar, etc. Este parámetro puede medirse técnicamente por pletismografía corporal. Sin embargo, la pletismografía es un estudio de costo elevado y poco disponible en nuestro medio. En contraste la IC puede ser también medida por medio de la maniobra de SVC (capacidad vital lenta, por sus siglas en inglés) disponible en todos los espirómetros convencionales. La variabilidad entre las mediciones de IC por pletismografía y espirometría no han sido estudiada. Determinar la correlación que existe entre estos métodos ayudaría a estandarizar la medición de IC por espirometría como un método común y simple para uso clínico o con fines de investigación.

Objetivo: Determinar la concordancia de los valores capacidad inspiratoria medida por espirometría con los valores medidos por pletismografía corporal en sujetos sanos.

Métodos: Se trata un estudio transversal, descriptivo y prolectivo en el Laboratorio de Fisiología Respiratoria del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. En este estudio se realizarán mediciones de IC medidas durante la maniobra de SVC (espirométrica) y durante la pletismografía corporal. Se realizaron las mediciones en 56 sujetos sanos pulmonares, no fumadores y sin historia de enfermedad pulmonar, ni síntomas respiratorios agudos.

Resultados: Se estudiaron un total de 56 sujetos, de los cuales 31 fueron hombres y 25 mujeres, con una edad promedio de 33.9 ± 8.3 años. Se excluyeron a 4 sujetos que no fueron capaces de realizar maniobras aceptables de alguna de las pruebas. Todos los sujetos estudiados presentaron valores de FVC, FEV₁ y relación FEV₁/FVC dentro de límites de normalidad.

El número total de maniobras realizadas para obtener un mínimo de tres esfuerzos aceptables, fueron similares para las dos maniobras de la SVC pero se requirió un número mayor de maniobras para pletismografía. La repetibilidad del FEV₁, FVC y VC fue menor a 150 mL en todas las pruebas, en más del 90% de los sujetos. Solo el 89% de los sujetos alcanzaron una repetibilidad menor al 5% con la maniobra 1, 83% con la maniobra 2 y 71% con la pletismografía. Los coeficientes de variación fueron de alrededor del 5%.

Se observó un coeficiente de correlación de >0.95 en las tres mediciones con valor de $p < 0.001$. Sin embargo, la concordancia entre las mediciones mostró errores potenciales hasta de 575 mL entre las maniobras 1 y 2 de (SVC), de 518 mL (maniobra 1 vs pletismografía) y de 351 mL (maniobra 2 vs pletismografía).

CONCLUSIONES: En general, todas las mediciones de IC tuvieron un coeficiente de correlación alto ($r > 0.95$); sin embargo, los análisis de concordancia revelan diferencias potenciales cercanas a medio litro, lo que hace que las mediciones no sean intercambiables.

Antecedentes: La medición de la capacidad inspiratoria (IC) es una medición de gran utilidad clínica, especialmente en los pacientes con EPOC. Este parámetro es indicador de hiperinflación pulmonar y ha demostrado correlacionar con síntomas respiratorios, como la disnea así como con respuesta a broncodilatadores e intervenciones terapéuticas como rehabilitación pulmonar, ventilación mecánica no invasiva y cirugía de reducción de volumen en este tipo de pacientes. Este parámetro puede medirse técnicamente por pletismografía corporal. Sin embargo, la pletismografía es un estudio de costo elevado y poco disponible en nuestro medio. En contraste la IC puede ser también medida por medio de la maniobra de SVC (Slow Vital Capacity, en inglés) disponible en todos los espirómetros convencionales. La variabilidad entre las mediciones de IC por pletismografía y espirometría no han sido estudiada. Determinar la correlación que existe entre estos métodos ayudaría a estandarizar la medición de IC por espirometría como un método común y simple para uso clínico o con fines de investigación.

INTRODUCCION

La capacidad inspiratoria (IC, por sus siglas en inglés) es el volumen máximo de aire (medido en litros) que puede ser inhalado desde un punto al final de una espiración normal o volumen corriente (V_T) espiratorio. Este mismo punto también corresponde a la medición de la capacidad funcional residual (FRC, por sus siglas en inglés) que representa el volumen de gas intratorácico al final de un ciclo respiratorio normal ^(1,2).

La IC puede suele cuantificarse con la medición de volúmenes pulmonares por pletismografía corporal. Durante esta prueba se miden simultáneamente la IC y la FRC (**Figura 1**), cuya suma equivale a la capacidad pulmonar total (TLC) ⁽²⁾. Sin embargo, también es posible medir la IC por medio de un espirómetro común, el cual es un instrumento mucho más simple y accesible, durante la maniobra de capacidad vital lenta (SVC) ⁽³⁾.

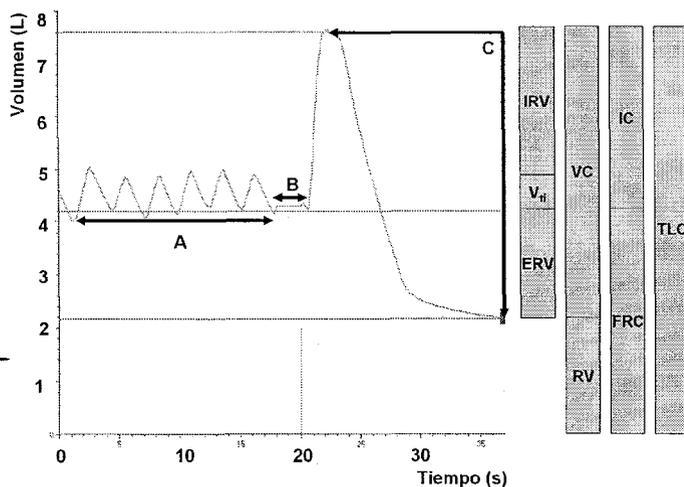


Figura 1. Volúmenes y capacidades pulmonares medidos por pletismoigrafía corporal. Durante la respiración normal se determina el Volumen corriente (VT) y se establece el nivel de la capacidad funcional residual (FRC). La maniobra de oclusión durante dos a tres segundos (B), permite la medición de la FRC. Finalmente, se obtiene una maniobra de capacidad vital (VC) relajada (C). La IC es el máximo volumen de aire comprendido desde el nivel de FRC hasta la inspiración máxima que alcanza la capacidad pulmonar total (TLC). Otras mediciones posibles con la pletismoigrafía son el volumen de reserva inspiratorio (IRV) y espiratorio (ERV) así como el volumen residual (RV).

La IC representa una reserva para el volumen corriente; además, de ser una medición de mucha utilidad clínica, de uso creciente y cada vez más recomendado (4). En pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) quienes presentan limitación al flujo aéreo espiratorio en reposo, la IC predice hiperinflación dinámica y limitación al ejercicio (5-6). Además, correlaciona significativamente con algunos síntomas, como la disnea, la respuesta a los broncodilatadores y la tolerancia al ejercicio (8-18). La IC se ha utilizado como un indicador de mejoría en los programas de rehabilitación pulmonar que involucran extremidades inferiores y superiores con o sin oxigenoterapia (19-21), en la ventilación mecánica no invasiva (22) y en la cirugía de reducción de volumen (23). Recientemente, la IC se ha utilizado para definir hiperinflación pulmonar con una relación IC/TLC menor al 25%. Conceptualmente, este índice representa la fracción pulmonar inspiratoria (4) y se ha descrito como un predictor significativo de mortalidad en los pacientes con EPOC (24). La IC no ha demostrado por sí sola tener valor pronóstico, para ello se requiere de estudios que determinen sus valores de normalidad.

La metodología con la que se ha medido la IC, ha variado en la literatura entre mediciones simples con espirometría (maniobra de SVC) o mediciones complejas con pletismografía corporal. Sin embargo, la variabilidad entre técnicas no ha sido descrita previamente.

JUSTIFICACION

La medición de la IC es de gran utilidad clínica, especialmente en los pacientes con EPOC. Este parámetro es un buen indicador de hiperinflación pulmonar y ha demostrado correlacionar con síntomas respiratorios, como la disnea, la respuesta a broncodilatadores y con intervenciones terapéuticas como rehabilitación pulmonar, ventilación mecánica no invasiva y cirugía de reducción de volumen. Este parámetro puede medirse técnicamente por pletismografía corporal. Sin embargo, la pletismografía es estudio de costo elevado y poco disponible en nuestro medio. En contraste la IC puede ser también medida por medio de la maniobra de SVC disponible en todos los espirómetros convencionales. La variabilidad entre mediciones de IC por pletismografía o espirometría no han sido estudiada previamente. Determinar la concordancia que existe entre estos métodos ayudaría a estandarizar la medición de IC por espirometría como un método común y simple para uso clínico o con fines de investigación.

OBJETIVO:

Determinar la correlación y concordancia entre los valores capacidad inspiratoria medida por espirometría versus los valores medidos por pletismografía corporal en sujetos sanos.

HIPOTESIS:

La medición de la capacidad inspiratoria medida por espirometría tiene una alta correlación concordancia con la medida por pletismografía corporal en sujetos sanos.

HIPOTESIS NULA:

La medición de la capacidad inspiratoria medida por espirometría no tiene correlación ni concordancia con la medida por pletismografía corporal en sujetos sanos.

DISEÑO DEL ESTUDIO:

Se trata un estudio transversal, descriptivo y prolectivo que se realizó en el Laboratorio de Fisiología Respiratoria del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. En este estudio

se obtuvieron mediciones de IC durante la maniobra de SVC (espirométrica) y durante la pletismografía corporal en sujetos sanos.

SUJETOS SANOS

Para este estudio se reclutaron sujetos sanos provenientes del grupo de trabajadores del INER o familiares de pacientes que asistían al Laboratorio.

Criterios de inclusión

1. Hombre o mujer mayor de 18 años.
2. Sin historia de enfermedad respiratoria aguda o crónica.
3. Asintomáticos respiratorios.
4. Tabaquismo negativo.
5. Que acepten participar en el estudio (consentimiento informado).

Criterio de eliminación

1. Sujeto sano que no pueda realizar maniobras aceptables de espirometría: capacidad vital lenta (SVC), capacidad vital forzada (FVC) o de capacidad funcional residual pletismográfica (FRC_{pleth} o ITGV).

METODOS

Todos los sujetos participantes completaron las pruebas de función respiratoria que incluyeron: espirometría forzada, espirometría lenta (con dos maniobras) y pletismografía corporal. Las pruebas de función respiratoria fueron realizadas por la alumna titular de la tesis en el Laboratorio de Fisiología Respiratoria siguiendo los estándares internacionales establecidos por el consenso 2005 de la Asociación Americana de Tórax (ATS) y de la Sociedad Europea Respiratoria (ERS) para espirometría y pletismografía corporal⁽²⁾. Todos los estudios se realizaron usando un equipo de última generación de pruebas de función respiratoria (Master Screen Body, Jaeger, Höchberg, Germany). Antes de cada prueba los equipos de PFR se calibraron para volumen con una jeringa de tres litros. La variabilidad máxima aceptada fue de $\pm 3\%$ ⁽³⁾. Todos los sujetos completaron la preparación e instrucción de cada prueba y la demostración de las maniobras respiratorias por parte del técnico antes de la ejecución de las mismas.

Espirometría

El sujeto se coloca en posición cómoda de sentado y se instruye para el uso de la boquilla y la realización de la maniobra de FVC. Para obtener una maniobra aceptable se requirió de: 1) inspiración máxima; 2) exhalación con inicio explosivo; y 3) exhalación continua y sostenida hasta que el criterio de terminación es corroborado por el técnico. Se deberán obtener un mínimo de tres maniobras aceptables, para los cuales se realizarán hasta un máximo de 15 intentos⁽²⁵⁾; además, la espirometría debe cumplir criterio de repetibilidad, definido como una diferencia menor a 150 mL entre los dos valores más altos de FVC y los dos valores más altos de FEV₁.

Medición de IC y SVC

Una vez sentado el sujeto, se colocó la pinza nasal y la boquilla del espirómetro evitando la presencia de fuga aérea. El individuo debía estar relajado y se requería respirar de manera regular, por al menos tres ciclos respiratorios o hasta obtener un nivel de FRC estable. Existen dos maniobras diferentes para medir la capacidad inspiratoria. La maniobra 1 se realiza con la técnica llamada de capacidad inspiratoria. La cual consiste en que el sujeto inhale rápidamente hasta el punto de TLC (inspiración máxima), después de alcanzar nivel estable de FRC, seguido de una exhalación relajada máxima hasta llegar a volumen residual (RV). La maniobra 2 se conoce también como maniobra de volumen de reserva espiratoria (ERV). Después de obtener una FRC estable, se solicita al sujeto que exhale completa y relajadamente hasta que se logre una meseta de al menos 1 segundo (s); posteriormente, se indica que inhale completamente (hasta alcanzar TLC) y que nuevamente exhale completamente de forma relajada, hasta alcanzar una meseta de por lo menos 1 s. Además, se obtuvieron mediciones de IC por pletismografía en todos los participantes usando solo la maniobra 1. Se obtuvieron un mínimo de tres maniobras aceptables de SVC con repetibilidad menor a 150 mL para VC.

Pletismografía corporal

Para la Pletismografía se coloca al individuo dentro de la cabina sentado con el tronco erguido y se ajusta la boquilla a la altura apropiada de la boca sin flexionar el cuello. Se cierra la puerta de la cámara y se da el tiempo necesario, generalmente 1 minuto, para que se equilibre la temperatura y el individuo se sienta cómodo. Posteriormente, se indica que se coloque la boquilla y la pinza nasal adecuadamente y se solicita que respire normalmente (volumen corriente) hasta que la FRC se estabiliza, habitualmente después de 3 a 10 respiraciones. Al final de la espiración (en FRC) se ocluye el obturador, por dos a tres segundos y se pide que realice una serie de respiraciones gentiles en jadeo a una frecuencia aproximada de una respiración por segundo. Cuando se reabre el obturador se debe obtener la maniobra de VC también con maniobra de IC.

Para que la pletismografía sea una prueba aceptable se requiere que 1) la FRC debe ser estable antes de la oclusión, es decir, que no exista un desplazamiento de la FRC hacia arriba o hacia abajo del nivel al final de la espiración; 2) la diferencia de volumen (dV) al nivel de la

FRC al momento de la oclusión de la válvula debe ser menor a 200 mL; 3) los dos extremos de la curva de FRC_{pleth} deben ser visibles en la gráfica; 4) la frecuencia respiratoria durante la obturación debe ser de aproximadamente 60 respiraciones por minuto (entre 30 y 90 rpm); 5) la curva de FRC_{pleth} debe tener histéresis mínima, es decir, las curvas de inspiración y espiración deben estar prácticamente sobrepuestas; 6) la pendiente de la recta de medición debe ser paralela a la parte espiratoria de la curva de FRC_{pleth} ; y 7) se deben obtener, por lo menos 3 maniobras de FRC_{pleth} aceptables. Para la maniobra de VC se debe alcanzar una meseta de al menos, un segundo sin cambio de volumen o con un cambio máximo de 25 mL.

La repetibilidad de la pletismografía se calcula después de obtener 3 maniobras aceptables, La FRC_{pleth} deben tener una varianza de menor al 5% [$(FRC_{pleth} \text{ mayor} - FRC_{pleth} \text{ menor}) / FRC_{pleth} \text{ promedio}$]. Además, la VC debe ser repetible en menos de 150 mL entre los dos valores más altos.

ANÁLISIS DE DATOS

Para la descripción general de las variables se usaron promedios y DE (Desviaciones Estándar), o en su defecto, proporciones según la distribución de los datos. Para la variabilidad intraprueba de cada medición (FEV₁, FVC, VC y IC) medidos por espirometría y pletismografía se utilizó el coeficiente de variación intrasujeto. Asimismo, se cuantificó la variabilidad de la IC en mL y en porcentaje entre los dos valores más altos de cada prueba (espirométrica y pletismográfica) como valores promedio en mL y en por ciento, así como percentiles 90, 95 y 97. También se calcularon los coeficientes de correlación (r de Pearson) y se hizo el análisis gráfico de concordancia con la prueba de Bland y Altman para las mediciones de IC de la espirometría y la pletismografía.

RESULTADOS:

Se estudiaron un total de 56 sujetos, 31 hombres y 25 mujeres, con una edad promedio de 33.9 ± 8.3 años. Cuatro sujetos no pudieron realizar maniobras aceptables de espirometría forzada; dos sujetos, la maniobra 2 de espirometría lenta y uno de pletismografía. En el **Cuadro 1** se muestran las características generales, antropométricas y los resultados de la espirometría forzada en la población estudiada. Todos los sujetos estudiados presentaron valores de FVC, FEV₁ y relación FEV₁/FVC dentro de límites de normalidad.

El número total de maniobras realizadas, para obtener un mínimo de tres esfuerzos aceptables, en promedio fueron de 4.4 ± 0.2 para espirometría forzada, 4.5 ± 0.1 para espirometría lenta con la maniobra 1 y 4.5 ± 0.1 con la maniobra 2 (**Cuadro 2**). En contraste, para la pletismografía se realizaron 5.2 ± 0.2 maniobras. En el **Cuadro 3** se muestran los valores de repetibilidad de cada prueba como promedios, porcentajes y percentiles 90, 95 y 97% (p90, p95 y p97). La repetibilidad del FEV₁, FVC y VC fue menor a 150 mL en todas las pruebas, en más del 90% de los sujetos. Sin embargo, solo el 89% de los sujetos alcanzaron una repetibilidad menor al 5% para la IC de la maniobra 1 mientras que 83% de los sujetos alcanzaron una repetibilidad <5% para la maniobra 2. En contraste, para pletismografía solo 71% de los sujetos alcanzaron una repetibilidad menor al 5% entre

los mejores valores. De manera similar la p90 fue de 188 mL para la maniobra 1, 165 mL para la maniobra 2 y 351 mL para la pletismografía.

El coeficiente de variación intrasujeto de la capacidad inspiratoria de la maniobra 1 es de 3%, de la maniobra 2 de 3% y de la pletismografía es de 5%. Para la capacidad vital en la maniobra 1 maniobra 2 y pletismografía fue de 2%, 5% y 3% respectivamente. Los coeficientes de variación obtenidos para FVC y FEV1 fueron menores a 2%.

Las figuras 1 a 3 muestran las gráficas de correlación y el análisis gráfico de Bland y Altman de la IC entre maniobras 1 y 2 (**Figura 1**), maniobras 1 vs Pletismografía (**Figura 2**) y maniobra 2 vs pletismografía (**Figura 3**). Los valores de IC con las tres mediciones mostraron un coeficiente de correlación de 0.95 entre las maniobras 1 y 2, de 0.95 (maniobra 1 vs. pletismografía) y de 0.96 (maniobra 2 vs. pletismografía) (**Cuadro 4**). Sin embargo, la concordancia entre mediciones, como se muestra en el **Cuadro 5**, (análisis de Bland-Altman) mostró errores potenciales hasta de 575 mL entre las maniobras 1 y 2, de 518 mL (maniobra 1 vs pletismografía) y de 351 mL (maniobra 2 vs pletismografía).

DISCUSION.

Este estudio explora los aspectos técnicos y la variabilidad en la medición de IC en sujetos sanos medida por espirometría lenta y pletismografía, esta última considerada el estándar de oro. Los hallazgos mas relevantes fueron 1) la gran mayoría de los sujetos estudiados fueron capaces de realizar maniobras aceptables en todas las pruebas; 2) la mayor repetibilidad para la medición de IC se observó con la maniobra 1 (maniobra de IC seguida de maniobra de VC espiratoria) que fue menor al 5% y menor a 200 ml de los dos valores mas altos en cerca del 90% de los sujetos estudiados; y 3) en general, todas las mediciones de IC tuvieron una alta correlación ($r > 0.95$); sin embargo, los análisis de concordancia revelan diferencias potenciales cercanas a medio litro.

Es conocido que la gran mayoría de los sujetos que se someten, incluso por primera vez, a una espirometría forzada pueden alcanzar maniobras aceptables. Estudios epidemiológicos a gran escala han descrito que más del 90% pueden alcanzar tres maniobras con repetibilidad menor a 150 o 200 ml para las mediciones de FVC y FEV1^(25,26). Sin embargo, esta información es menos conocida para mediciones de espirometría lenta, medidas ya sea por espirometría o pletismografía. En el presente estudio cuatro sujetos no fueron capaces de realizar maniobras forzadas aceptables y solo dos sujetos no fueron capaces de realizar maniobras aceptables de espirometría lenta. Esto se explica fácilmente, ya que es bien conocido que el esfuerzo máximo durante la espiración es un criterio de aceptabilidad que requiere de mayor cooperación de los individuos y que no es necesario en espirometría lenta. Lisboa et al⁽²⁷⁾ describieron valores normales de IC en una muestra de 173 individuos (60% mujeres) de los cuales excluyeron del análisis a 18 sujetos por no poder realizar maniobras aceptables y reproducibles.

La repetibilidad que se puede alcanzar entre maniobras de IC no ha sido completamente explorada. La repetibilidad de cualquier PFR depende de la exactitud y precisión de los equipos, la maniobra respiratoria requerida y el grado de entrenamiento y cooperación por

parte de las personas que se someten a la prueba y su interacción con el técnico. La espirometría forzada es conocida por su alta repetibilidad en las mediciones de FVC y FEV1. Los estándares internacionales requieren una repetibilidad menor a 150 mL, debido a que se ha demostrado que más del 90% de los sujetos de estudios epidemiológicos o pacientes en el Laboratorio de Función Pulmonar son capaces de alcanzar esta repetibilidad⁽²⁹⁾. Esto convierte a la espirometría en una prueba no solo de gran utilidad diagnóstica, también la hace extraordinariamente útil para mediciones de cambio, como respuesta a broncodilatadores, seguimiento en tratamientos e intervenciones terapéuticas. Sin embargo, de manera reciente se ha demostrado que la medición de IC puede ser de mayor utilidad para el seguimiento de los pacientes con EPOC. Como se esperaba, en este estudio la repetibilidad de la FEV1, FVC y VC fue menor al 150 mL en todas las pruebas, en más del 90% de los sujetos (**Cuadro 3**). Sin embargo, para la IC solo la maniobra 1 alcanzó una repetibilidad menor al 5% en 89% de los sujetos y menor a 200 ml (p90 de 188 mL). La maniobra 2 y la pletismografía alcanzaron valores de repetibilidad significativamente mayores. Esto puede explicarse, por ser maniobras técnicamente más elaboradas que requieren de mayor entrenamiento y cooperación; por lo tanto, serían pruebas menos recomendables.

Los valores de IC tuvieron una gran correlación ($r > 0.95$) entre las mediciones de espirometría lenta y pletismografía (**Figuras 1 a 3**). Sin embargo, las diferencias o errores potenciales (análisis de Bland-Altman) entre mediciones son cercanas al medio litro. Esto significa que las maniobras no son completamente intercambiables y IC debe ser una medición mayormente estandarizada antes de ser considerada como una medición de rutina en el seguimiento de los enfermos.

Sin duda uno de los principales hallazgos de este estudio es que las mediciones de la IC por espirometría alcanzaron mejor repetibilidad que la pletismografía lo que cuestiona a ésta última como el estándar de oro. En consecuencia, la IC podría convertirse en un parámetro de rutina, tan fácilmente medible como la FVC o el FEV1. Sin embargo, no todos los espirómetros aceptan de manera indistinta las maniobras de IC, por lo que un proyecto de estandarización debería incluir recomendaciones específicas para los fabricantes.

La mayor utilidad clínica de la IC para seguimiento y pronóstico de los pacientes con EPOC ha sido descrita con base a un índice de hiperinflación pulmonar⁽¹⁴⁾. Este parámetro se estima por la relación entre la IC/TLC. Cuando este índice es menor al 25% se concluye que los pacientes con EPOC sufren de hiperinflación pulmonar, que ha sido asociado a un peor pronóstico y a mayor mortalidad. Este índice requiere de la medición de TLC, habitualmente por pletismografía, lo que limita la medición aislada de IC por espirometría. Este inconveniente podría resolverse con el desarrollo de ecuaciones de referencia que tome en cuenta la edad y el género para IC. A la fecha, estas ecuaciones son escasas.

La principal limitación de este estudio, es que explora un número limitado de sujetos sanos, el muestreo de la población estudiada fue por conveniencia lo que podría ser no completamente representativa de la población general. Asimismo, no conocemos el comportamiento de la IC en los sujetos con enfermedades pulmonares obstructivas y restrictivas. Es recomendable realizar un estudio similar en este tipo de pacientes para corroborar que se mantiene el grado de acuerdo entre estas maniobras.

=

CONCLUSIONES

1. La medición de IC se realizó con maniobras de espirometría lenta aceptables en el 96% de los sujetos sanos que participaron en el estudio.
2. La mayor repetibilidad para la medición de IC se observó con la maniobra 1 (maniobra de IC seguida de maniobra de VC espiratoria) que fue menor al 5% y menor a 200 ml de los dos valores mas altos, en cerca del 90% de los sujetos estudiados.
3. En general, todas mediciones de IC tuvieron un coeficiente de correlación alto ($r > 0.95$); sin embargo, los análisis de concordancia revelan diferencias potenciales cercanas a medio litro, lo que hace que las mediciones no sean intercambiables.
4. La medición de IC es una prueba técnicamente confiable para el seguimiento de los enfermos, sin embargo, requiere de mayor estandarización para que disminuya la fuente de variabilidad de la prueba; así como la generación de una ecuación de referencia, para su uso independiente de la medición de TLC.

BIBLIOGRAFIA:

1. Vázquez-García JC. Fisiología Respiratoria. En: Cano Valle F, Ibarra Pérez C, Morales Gómez J. Enfermedades Respiratorias. Temas selectos. Elsevier; Madrid. España 2006. p29-41.
2. Wanjer J, Clausen JL, Coates A, Pederson OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardization of measurement of lung volumes. *Eur Respir J*. 2005; 26:511-522.
3. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005; 26:319-338.
4. Casanova-Macario C, Celli BR. ¿Debemos tomar en cuenta la capacidad inspiratoria? *Arch Bronconeumol* 2007;43: 245-247.
5. Díaz O, Villafranca C, Ghezzi H, Borzone G, Leiva A, Millic-Emil J, et al. Role of inspiratory capacity on exercise tolerance in COPD patients with or without tidal expiratory flow limitation at rest. *Eur Respir J* 2000;269-275.
6. Boni E, Corda L, Franchini D, Chirolli P, Damiani GP, Pini L, Grassi V, Tantucci C. Volume effect and exercitional dyspnoea after bronchodilator in patients with COPD with and without expiratory flow limitation. *Thorax* 2002; 57:528-532.
7. Pellegrino R, Brusasco V. Lung hyperinflation and flow limitation in chronic airway obstruction. *Eur Respir J* 1997; 10:543-549.
8. O'Donnell DE, Lamm M, Webb K. Measurement Symptoms, Lung Hyperinflation and Endurance during Exercise in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care* 1998; 158: 1557-1565.
9. O'Donnell DE, Lam M, Webb K. Spirometric correlates in exercise performance after anticholinergic therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:542-549.
10. Taube C, Lehnigk B, Paasch K, Kirsten DK, Jörres RA, Magnussen H. Factor analysis of changes in dyspnea and lung function parameters after bronchodilatation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162:216-220.
11. Marin JM, Carrizo SJ, Gascon M, Sanchez A, Gallego B, Celli BR. Inspiratory capacity, dynamic hyperinflation, breathlessness and exercise performance during 6 minute walk test in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:1395-1399.
12. Diaz O, Villafranca C, Ghezzi H, Borzone G, Leiva A, Millic-Emilli J, Lisboa C. Breathing pattern and gas exchange at peak exercise in COPD patients with and without tidal flow limitation at rest. *Eur Respir J* 2001; 17:1120-1127.
13. Hadcroft J, Calverly PMA. Alternative methods for assessing bronchodilator reversibility in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2001; 56:713-720.
14. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164:770-777.

—

15. Duranti R, Filippelli M, Bianchi R, Romagnoli I, Pellegrino R, Brusasco V, Scano G. Inspiratory capacity and decrease in lung hyperinflation with albuterol in COPD. *Chest* 2002; 122:2009-2014.
16. Boni E, Corda L, Franchini D, Chirolì P, Damiani GP, Pini L, Grassi V, Tantucci. Volume effect and exertional dyspnoea after bronchodilator in patients with COPD with and without expiratory flow limitation. *Thorax* 2002; 57:528-532.
17. Di Marco F, Millic-Emilli J, Boveri B, Carlucci P, Santus P, Casanova F, Cazzola M, Centanni S. Effect of inhaled bronchodilators on inspiratory capacity and dyspnoea at rest in COPD. *Eur Respir J* 2003; 21:86-94.
18. Celli B, ZuWallac R, Wang S, Kesten S. Improvement in Resting Inspiratory Capacity and Hyperinflation with Tiotropium in COPD patients with Increase Static Lung Volumes. *Chest* 2003;124:1743-1748.
19. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, Scano G. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD. Affect of arm training. *Chest* 2005; 128:1225-1232.
20. Porszasz J, Emtner M, Goto S, Somfay A, Whipp B, Casaburi R. Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD. *Chest* 2005; 128:2025-2034.
21. Eves ND, Petersen SR, Haykowsky MJ, Way EY, Jones RL. Helium-hyperoxia exercise and respiratory mechanism in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174:763-771.
22. Budweiser S, Heinemann F, Fischer W, Dobroschke J, Pfeifer M. Long term reduction of hyperinflation in stable COPD by non-invasive nocturnal home ventilation. *Respir Med* 2005; 99:976-984.
23. Neviere R, Catto M, Bautin N, Robin S, Porte H, Desbordes J, et al. Longitudinal changes in hyperinflation parameters and exercise capacity after giant bullous emphysema surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 132:1203-1207.
24. Casanova C, Cote C, De Torres JP, Aguirre-Jaime A, Marin JM, Pinto-Plata V, Celli B. Inspiratory to total lung capacity ration predicts mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 591-597.
25. Pérez-Padilla, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, Montes de Oca M, et al. Valores de referencia espirométrica en 5 grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 o más años de edad. *Arch Bronconeumol.* 2006;42:317-25.
26. Lisboa C, Leiva A, Pinochet R, Repetto P, Borzone G, Diaz O. Valores de referencia de la capacidad inspiratoria en sujetos sanos no fumadores mayores de 50 años. *Arch Bronconeumol* 2007;43(9): 485-9.
27. Enright PL, Johnson LR, Connet JE, Voelker H, Buist AS. Spirometry in the lung health study. *Am Rev Respir Dis.* 1991;143:1215-23.

Cuadro 1: Características generales de los sujetos estudiados. Se presentan los promedios con desviaciones estándar y valores mínimo-máximo ().

Variable	Hombres (n=31)	Mujeres (n=25)	Total (n=56)
Edad, años	33.2 ± 7.1 (22-55)	34.8 ± 9.7 (22-65)	33.9 ± 8.3 (22-65)
Peso, kg	78.1 ± 10.3 (63-116)	62.8 ± 9.7 (46-83)	71.3 ± 12.5 (46-116)
Talla, m	1.74 ± 0.05 (1.64-1.82)	1.59 ± 0.06 (1.49-1.81)	1.67 ± 0.09 (1.49-1.82)
IMC, kg/m ²	25.7 ± 3.0 (21.1-38.3)	24.8 ± 3.5 (20-35)	25.3 ± 3.2 (20-38.3)
Sujetos con IMC>25	17 (54.8%)	9 (36.0%)	26 (46.4%)
Sujetos con IMC>30	1 (3.2%)	2 (8.0%)	3 (5.3%)
Maniobras aceptables de espirometría forzada	4.3 ± 1.4 (3-8)	4.4 ± 1.1 (3-7)	4.3 ± 1.3 (3-8)
FVC, L	5.2 ± 0.6 (3.7-6.55)	3.7 ± 0.8 (2.0-5.4)	4.5 ± 1.0 (2.5-6.5)
FVC, %p	108.9 ± 12.3 (80-139)	103.9 ± 11.3 (79-144)	109.3 ± 11.9 (80-144)
FEV ₁ , L	4.2 ± 0.5 (3.13-5.43)	4.5 ± 1.03 (2.5-6.5)	3.7 ± 0.8 (2-5.4)
FEV ₁ , %p	104.8 ± 11.7 (79-144)	109.2 ± 11.9 (80-144)	103.9 ± 11.3 (79-114)
FEV ₁ /FVC, %	81.9 ± 5.1 (70.69-92.62)	82.5 ± 5.1 (70.6-92.6)	82.5 ± 5.1 (70.6-92.6)

Abreviaturas: IMC (Índice de Masa Corporal), FVC (Capacidad Vital Forzada, por sus siglas en inglés), FEV1 (Volumen espiratorio forzado en el primer segundo, por sus siglas en inglés), %p (porcentaje del predicho).

Cuadro 2: Características técnicas de las pruebas.

	Espirometría Forzada (FVC)	IC1 (Maniobra de IC)	IC2 (Maniobra de ERV)	Pletismografía
Total de maniobras	4.4 ± 0.2	4.5 ± 0.1	4.5 ± 0.1	5.16 ± 0.2
Repetibilidad de la FVC en mL	47.0 ± 4.9	71.9 ± 9.3	76.2 ± 7.8	121.8 ± 19.3
Repetibilidad*				
<100 ml	85.5 %	69.6 %	65.5 %	49.1 %
<150 ml	99.9 %	86.5 %	92.7 %	76.4 %
<200 ml	100 %	97.4 %	96.4 %	80 %
Grado de calidad A*	89.3 %	83.9 %	92.9 %	49.1 %
Grado de calidad B*	98.2 %	98.2 %	99.99 %	92.7 %
Grado de calidad C*	99.9 %	99.9 %	99.9 %	99.9 %

Se reportan los promedios con desviaciones estandar.

* Se informa la frecuencia relativa como porcentajes

Cuadro 3. Repetibilidad de las pruebas. Se presentan los datos en promedios con desviaciones estándar, valores mínimo-máximo (), en proporción para percentiles, para la repetibilidad expresada en mL y en %

Repetibilidad	Espirometría forzada		Espirometría lenta. Maniobra 1		Espirometría lenta. Maniobra 2		Pletismografía Corporal	
	FVC	FEV1	IC	VC	IC	VC	IC	VC
Promedio, mL	57.8 ± 62.5 (0-380)	45.3 ± 40.2 (0-380)	94.4 ± 136.9 (0-880)	65.7 ± 50.8 (0-220)	95.8 ± 72.5 (0-400)	72.2 ± 61.7 (0-230)	141.7 ± 125.7 (10-490)	77.5 ± 64.5 (0-370)
Promedio, %	1.3 ± 1.8 (0-6.5)	1.3 ± 1.2 (0-5.2)	2.8 ± 3.2 (0-15.3)	1.5 ± 1.1 (0-4.2)	3.2 ± 2.7 (0-14.6)	1.9 ± 1.9 (0-8.2)	4.4 ± 3.9 (0.3-16.2)	1.8 ± 1.4 (0-6.2)
Percentil 90, mL	124 (90-290.5)	114 (80-149)	188 (122.3-417.6)	135 (100-199.8)	165 (133.7-279.8)	190 (117.3-209.8)	351 (216.6-472.7)	150 (120-238.3)
Percentil 95, mL	140 (100.5-380)	127 (110-160)	388 (171.5-880)	192.5 (30-220)	272.5 (152.1-400)	205.5 (182.1-230)	470 (310.5-490)	176 (144.2-370)
Percentil 97, mL	288.8 (24-380)	148.6 (114-160)	567.2 (200.6-880)	207 (140.4-220)	322 (170-400)	217 (190-230)	478.2 (366.3-490)	274.8 (151.4-370)
<100 mL, %	82.2	84.4	67.3	79.7	51.8	69.1	57.3	46.2
<150 mL, %	97.8	97.8	83.7	92.6	87	85.5	92.4	65.4
<200 mL, %	0	100	91	96.3	94.5	94.6	96.2	75
<3%	93.4	91.1	66.6	87	61.1	81.6	48.1	84.3
<5%	97.8	97.8	88.9	100	83.3	90.8	71.2	96
<10%	100	100	96.3	100	97	100	86.6	100

Abreviaturas: FVC (Capacidad Vital Forzada), FEV1 (Volumen espirado forzado en el primer segundo), IC (Capacidad Inspiratoria), VC (Capacidad Vital).

Cuadro 4. Correlación de los valores de VC e IC medidos por espirometría lenta vs los valores medidos por pletismografía

	VC (1)	VC (2)	VC (3)
VC, Maniobra 1	1	-	-
VC, Maniobra 2	0.86	1	-
VC, Pletismografía	0.87	0.97	1
	IC (1)	IC (2)	IC (3)
IC, Maniobra 1	1	-	-
IC, Maniobra 2	0.95	1	-
IC, Pletismografía	0.95	0.96	1

Resultados en coeficientes de correlación (r de Pearson).

Cuadro 5: Análisis de Concordancia de Capacidad Inspiratoria y de Capacidad Vital.

	n	CCI	IC 95%	Media de las diferencias.	Límites de Acuerdo (mL)
IC Maniobra 1 vs Maniobra 2	56	0.94*	0.92 a 0.97	36	-549 a 477
IC Maniobra 1 vs Maniobra pletismografía	56	0.94*	0.92 a 0.97	140	-621 a 414
IC Maniobra 2 vs Maniobra pletismografía	56	0.95*	0.94 a 0.98	55	-516 a 406
VC Maniobra 1 vs Maniobra 2	56	0.91*	0.87 a 0.96	99	-748 a 947
VC Maniobra 1 vs Maniobra pletismografía	56	0.97*	0.96 a 0.99	5	- 456 a 465
VC Maniobra 2 vs Maniobra pletimografía	56	0.92*	0.89 a 0.97	72	-841 a 697

*p < 0.0001.

La diferencia obtenida fue Maniobra 1 – Maniobra 2, Maniobra 1 – Maniobra Pletismografía y Maniobra 2 – Maniobra Pletismografía respectivamente.

Figura 1: Correlación y concordancia en las mediciones de IC (Maniobras 1 vs 2)

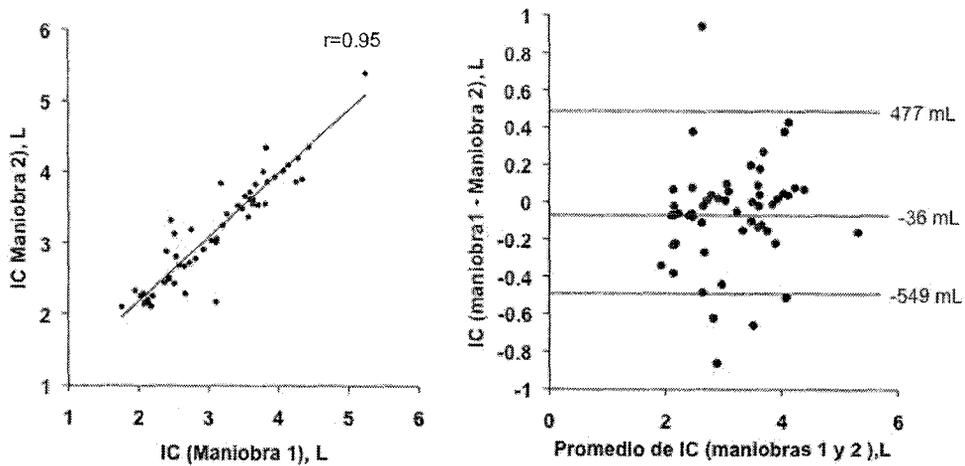


FIGURA 2: Correlación y concordancia de las mediciones de IC (Maniobra 1) vs IC (Maniobra Pletismografía).

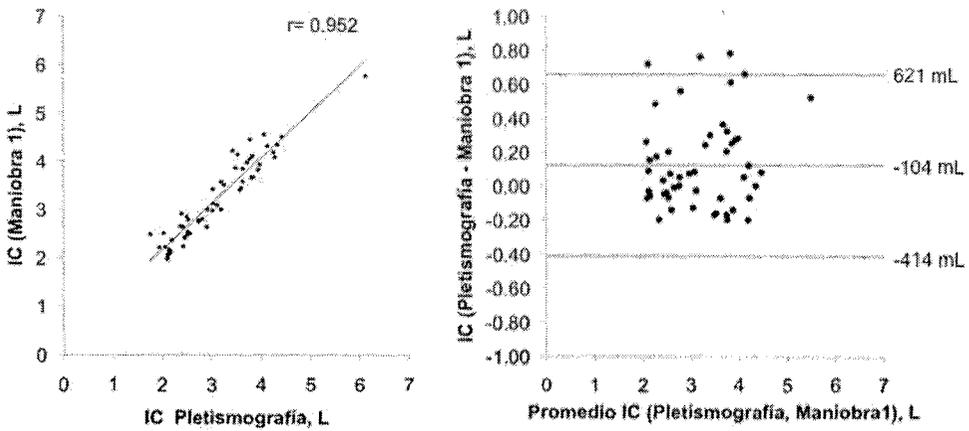
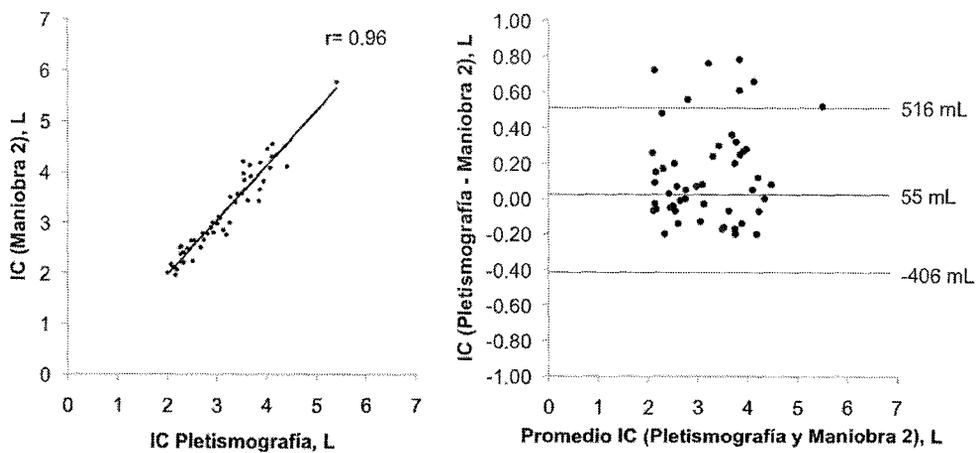


Figura 3: Correlación y concordancia de las mediciones de IC (Maniobra 2) vs IC pletismográfica.





INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

PROYECTO: **“CONCORDANCIA ENTRE LA CAPACIDAD INSPIRATORIA MEDIDA POR
ESPIROMETRIA LENTA CON LA MEDIDA POR PLETISMOGRAFIA”**

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO SUJETOS SANOS

_____ Estimados Participante:

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias estamos haciendo una investigación de la función respiratoria en personas sanas para determinar la variabilidad entre algunas pruebas realizadas con diferentes técnicas:

El proyecto consiste en lo siguiente:

1. Completar pruebas de función respiratoria (espirometría y pletismografía). Estas son pruebas de soplar que miden el tamaño del pulmón y si existe obstrucción en los bronquios. Las pruebas consisten en soplar con diferentes grados de esfuerzo usando boquillas desechables con filtros de higiene especiales y que están conectados en equipos que miden el volumen de aire que se respira. Para la prueba de pletismografía se requiere que permanezca en una cabina cerrada, similar a una cabina telefónica de paredes transparentes durante aproximadamente 10 a 15 minutos
2. Todas las pruebas se harán el mismo día y toman aproximadamente 30 minutos.

¿Qué beneficios tiene de participar en el estudio?

1. Estas pruebas permiten medir la función respiratoria por lo que son un indicador de salud.
2. Todas las pruebas no tendrán ningún costo para Usted.

¿Que riesgos tiene el estudio?

Estas pruebas no son molestas, no tienen riesgos y son de rutina en muchos pacientes.

Este proyecto ha sido aprobado en su totalidad por el Comité de Investigación Científica y de Ética del INER. La información que se obtenga de este estudio será totalmente confidencial. Los resultados de la investigación serán publicados en una revista médica científica, pero su nombre no será divulgado.

Si requiere mayor información puede comunicarse directamente con el investigador responsable del estudio: Dr. Juan Carlos Vázquez al teléfono: 5666 8640 o 5666 4539 ext. o 5160 o al Comité de Ciencia y Ética del INER al teléfono 5666 4539 ext. 5110.

Doy mi consentimiento informado para participar en el estudio. Estoy enterado de que el estudio implica completar pruebas de función respiratoria. Entiendo que las pruebas no ofrecen riesgo alguno y son poco molestas.

Nombre y firma del participante

Nombre y firma de un testigo

Fecha: _____