

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN**



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



**PREDICCIÓN DEL VOLUMEN DEL TEJIDO ADIPOSO VISCERAL CON UNA  
IMAGEN SIMPLE DE RESONANCIA MAGNÉTICA Y SU RELACIÓN CON  
FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN HOMBRES ADULTOS  
JÓVENES**

**Por**

**LIC. NUT. MYRIAM GUTIÉRREZ LÓPEZ**

**Como requisito para obtener el grado de  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN**

**Monterrey N.L., Noviembre 2012**



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN

**DR. EN C.S. ESTEBAN GILBERTO RAMOS PEÑA**  
**Subdirector de Investigación, Innovación y Posgrado**  
**Facultad de Salud Pública y Nutrición-UANL**  
**Presente. –**

Me permito comunicar a usted que he concluido la Dirección de la tesis titulada: **"Predicción del volumen del tejido adiposo visceral con una imagen simple de resonancia magnética y su relación con factores de riesgo cardiovascular en hombres adultos jóvenes"**, presentada por la **Lic. Nut. Myriam Gutiérrez López**, con la finalidad de obtener el grado de Maestro en Ciencias en Nutrición.

Sin otro asunto por el momento, estoy a sus órdenes. le envío un cordial y afectuoso saludo.

Atentamente,  
"Alere Flammam Veritatis"  
Monterrey, Nuevo León, noviembre 6 de 2012.

  
**DR. EN C. ERIK RAMÍREZ LÓPEZ**  
**Director de Tesis**



Avenida Dr. Aguirre, Provenza y Yurrita  
Colonia Miras del Sur, C.P. 64460  
Monterrey, Nuevo León, México  
Teléfono: 81 40 48 88 y 88 48 40 80 (en fax)  
www.fsanp.uanl.mx, fsanp@uanl.mx

"Promoción de calidad, un compromiso social"

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, por brindarme de todos los medios para iniciar y concluir la maestría.

A mis padres y hermanos, por apoyarme incondicionalmente desde el inicio de este proyecto.

A mi esposo *Fernando* por su comprensión, apoyo y sobre todo por su amor.

Al Dr. Erik Ramírez López por permitirme realizar este proyecto y por compartir sus conocimientos conmigo en la investigación. Además a todos los becarios, prestatarios de servicio social y estudiantes de verano-invierno de investigación del Laboratorio de Gasto Energético, especialmente a Mónica, Marce y Crystel, por su colaboración en la parte experimental de esta investigación.

Al Biol. Oscar Infante y al Ing. Raúl Martínez del Instituto Nacional de Cardiología, por sus enseñanzas.

A la Facultad de Salud Pública y Nutrición, y a la Universidad Autónoma de Nuevo León, por otorgarme la oportunidad de realizar un posgrado y por el apoyo económico brindado.

A mis maestros que me enseñaron sus conocimientos y experiencias.

A mis amigas Luz, maestra Tere, Lili, Mariana y Alpha que conocí hace años como estudiante de licenciatura y se han convertido en mi ejemplo a seguir y me alentaron a continuar preparándome académicamente.

A mis compañer@s y amigas de la maestría, quienes ayudaron a aligerar la carga, especialmente a Vero, Hamny y Sonia que me escucharon en todo momento.

<b>Contenido</b>	<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
1. RESUMEN. . . . .		1
2. INTRODUCCIÓN. . . . .		3
3. HIPÓTESIS. . . . .		5
4. OBJETIVOS. . . . .		6
4.1. Objetivo general. . . . .		5
4.2. Objetivos específicos. . . . .		5
5. ANTECEDENTES. . . . .		8
5.1. Composición corporal y distribución de grasa corporal. . . . .		8
5.2. Métodos antropométricos para determinar la grasa corporal y su distribución. . . . .		9
5.2.1. Índice de masa corporal (IMC) . . . . .		9
5.2.2. Circunferencia de cintura e índice cintura-cadera. . . . .		10
5.2.3. Absorciometría dual de rayos X . . . . .		11
5.2.4. Resonancia magnética nuclear . . . . .		12
5.2.4.1. Tejido adiposo visceral abdominal (TAV) y tejido adiposo subcutáneo abdominal (TAS) . . . . .		13
5.2.4.2 Sitio anatómico de medición del tejido adiposo visceral y subcutáneo cuando se emplea RMN o TAC. . . . .		15

5.3. Factores de riesgo cardiovascular. . . . .	16
5.3.1 Lípidos séricos. . . . .	17
5.3.2 Presión arterial (PA), presión de pulso (PP) y presión media (PM). . . . .	17
5.3.3 Velocidad de onda de pulso (VOP) . . . . .	18
6. MATERIAL Y MÉTODOS	21
6.1. Materiales. . . . .	21
6.2 Métodos. . . . .	21
6.2.1 Diseño del estudio. . . . .	21
6.2.2. Definición del Universo. . . . .	21
6.2.3. Tamaño de la muestra. . . . .	22
6.2.4. Definición de las unidades de observación. .	23
6.2.5 Criterios de inclusión. . . . .	23
6.2.6. Criterios de exclusión. . . . .	23
6.2.7. Criterios de eliminación. . . . .	24
6.2.8. Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información	24
6.2.8.1 Protocolo. . . . .	24
6.2.8.2 Antropometría. . . . .	25
6.2.8.3 Peso y talla. . . . .	26
6.2.8.4 Circunferencia de cintura e índice cintura- cadera. . . . .	26

6.2.8.5 Circunferencia de cuello. . . . .	26
6.2.8.6 Medición de tejido adiposo visceral y tejido adiposo subcutáneo abdominal por resonancia magnética nuclear. . . . .	27
6.2.8.7 Porcentaje de grasa corporal. . . . .	29
6.2.8.8 Presión arterial y velocidad de onda de pulso. . . . .	29
6.2.8.9 Análisis de laboratorio. . . . .	32
6.2.8.10 Definición del plan de procesamiento y presentación de la información. . . . .	32
7. RESULTADOS. . . . .	34
7.1 Características físicas, bioquímicas y perfil cardiovascular de los pacientes. . . . .	34
7.2 Análisis de correlaciones y regresiones del volumen total del tejido adiposo visceral, área de imágenes simples, y factores de riesgo cardiovascular.. . . .	36
7.3 Correlaciones entre los indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal con los factores de riesgo cardiovascular en comparación con el sitio + 10 cm de mejor predicción del TAV.. . . .	40
8. DISCUSIÓN. . . . .	41
8.1 ¿El sitio anatómico L4-L5 representa el corte que con una sola imagen de RMN predice mejor el volumen de tejido adiposo visceral? . . . . .	42
8.2 ¿El sitio anatómico de mejor predicción se correlaciona de forma significativa con el mayor número de los factores de riesgo cardiovascular (FRC)	

evaluados? . . . . .	45
8.3 ¿En comparación con el sitio de mejor predicción del volumen del TAV, otros indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal se correlacionan también significativamente con los FRC? . . . . .	45
9. CONCLUSIONES . . . . .	46
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	49
11. ANEXOS . . . . .	60
ANEXO A Consentimiento Informado . . . . .	60
ANEXO B Formato de llenado de datos VOP . . . . .	62
ANEXO C Hoja de vaciado de datos antropométricos . . . . .	63
ANEXO D Historia Clínica. . . . .	65

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
I	Variables comunes utilizadas para indicar la grasa regional y la distribución de grasa. . . . .	8
II	Características físicas de los pacientes. . . . .	33
III	Características bioquímicas de los pacientes. . . . .	34
IV	Perfil cardiovascular de los pacientes. . . . .	35
V	Regresión lineal del volumen total del tejido adiposo visceral (TAV) en función del área de imágenes simples según sitio anatómico. . . . .	36
VI	Correlación entre el área de tejido adiposo visceral (TAV) y factores de riesgo cardiovascular. . . . .	38
VII	Correlación entre indicadores de adiposidad y factores de riesgo cardiovascular. . . . .	39



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Velocidad de onda de pulso . . . . .	17
2. Poder estadístico de la muestra del estudio. . . . .	21
3. Medición de la circunferencia de cintura. . . . .	24
4. Espacio intervertebral L5-S1 (- 3 cm) . . . . .	27
5. Espacio intervertebral L4-L5 (0 cm).. . . . .	27
6. Espacio intervertebral T12- L1 (+ 13 cm) . . . . .	28
7. Medición de la presión y pulsos arteriales en posición clinostática. . . . .	29
8. Pantalla donde se muestran los pulsos arteriales. . . . .	30
9. Medición de la distancia entre los registros de los pulsos. . . . .	31
10. Analizador A25 . . . . .	31
11. Relación entre el área de TAV y el volumen de TAV . . . . .	37

## NOMENCLATURA

**%:** porcentaje

**°C:** grados Celsius

**c.cuello:** circunferencia de cuello

**cm:** centímetro

**cm/s:** centímetro/segundo

**DXA:** Densitometría Dual de Rayos X

**ETM:** error técnico de medición

**IMC:** índice de masa corporal

**kg:** kilogramo

**mm:** milímetro

**mmHg:** milímetro de mercurio

**PA:** Presión arterial

**PAS:** Presión arterial sistólica

**PAD:** Presión arterial diastólica

**PM:** presión media

**PP:** presión de pulso

**RMN:** resonancia magnética nuclear

**RR:** riesgo relativo

**s:** segundo

**TAC:** tomografía axial computarizada

**TAV:** Tejido adiposo visceral

**TAS:** Tejido adiposo subcutáneo

**VOP:** velocidad de onda de pulso

**VOP Br-rad:** velocidad de onda de pulso braquial-radial

## 1. RESUMEN

**Introducción:** El tejido adiposo visceral (TAV) ha sido asociado con la presencia de enfermedades metabólicas y cardiovasculares. En investigación, las técnicas de imagen como la resonancia magnética nuclear (RMN) permiten la cuantificación del TAV con exactitud. No obstante, se requieren procesar múltiples imágenes para escanear la región abdominal. Algunos investigadores propusieron que con una sola imagen en el sitio anatómico vertebral L4-L5 podría predecirse todo el volumen de TAV y de esta manera ahorrar costos. Recientes estudios muestran que otros sitios por arriba de L4-L5 podrían predecir mejor el volumen total de TAV y a la vez correlacionarse significativamente con indicadores de riesgo cardiovascular como los triglicéridos y la glucosa.

**Objetivo:** Examinar si la mejor predicción del volumen de TAV abdominal evaluado por RMN se encuentra en el sitio anatómico L4-L5 y si el sitio de mejor predicción del TAV se correlaciona significativamente con un mayor número de factores de riesgo cardiovascular (FRC) en adultos masculinos jóvenes sanos de 21 a 32 años. Un objetivo secundario fue evaluar la correlación de los FRC analizados con los indicadores de adiposidad en comparación con el sitio de mejor predicción del TAV.

**Métodos:** Estudio transversal, no probabilístico, descriptivo. Se obtuvieron imágenes de RMN desde la vértebra T9 a S1 en 40 adultos varones de 21 a 32 años sin presencia de FRC y con un IMC de 20.0 a 32.0. El volumen total de tejido adiposo se procesó con el software Slice-Omatic. Se midieron como FRC la velocidad de la onda de pulso, presión arterial diastólica y sistólica, presión de pulso, colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos y glucosa séricos. Otros indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal medidos fueron el IMC, la circunferencia de cintura y el porcentaje de grasa corporal por absorciometría dual de rayos X, DXA.

**Resultados:** La imagen simple con la mejor predicción del volumen de TAV fue localizada 10 cm arriba de L4-L5 ( $R^2 = 0.9749$ , error estándar del estimador = 0.1390,  $p < 0.001$ ). Entre + 6 cm y + 8 cm por arriba de L4-L5 además del sitio +

10 cm se encontró la correlación más fuerte del TAV con el mayor número de indicadores de riesgo cardiovascular, excepto la presión del pulso ( $p>0.05$ ). El sitio anatómico + 10 cm, el IMC y la circunferencia de cintura fueron los que se correlacionaron con el mayor número de factores de riesgo cardiovascular; en total 6 cada uno. El sitio + 10 cm fue el único que se correlacionó significativamente con la velocidad de onda de pulso.

**Conclusiones:** El espacio anatómico vertebral L4-L5 no es el sitio de mejor predicción del volumen del tejido adiposo visceral. La imagen localizada 10 cm arriba (o + 10 cm) de L4-L5 fue el sitio que mejor predijo el volumen total de TAV. No obstante, el sitio + 10 cm por arriba de L4-L5 no fue el único que se correlacionó significativamente con el mayor número de FRC; los sitios entre + 6 a + 8 cm también se correlacionaron con el mismo número de FRC que a + 10 cm. El IMC, la circunferencia de cintura y el sitio + 10 cm se correlacionaron con igual número de FRC, pero el sitio + 10 cm fue el único correlacionado con la velocidad de la onda de pulso. Dado que el valor predictivo del volumen del TAV es importante, el sitio + 10 cm puede considerarse como una referencia válida para realizar un solo corte o imagen por RMN en adultos jóvenes. Estudios subsecuentes deben analizar la influencia de distintos intervalos de IMC en la relación del TAV con el mejor sitio de predicción y de su correlación con otros factores de riesgo cardiovascular.

## 2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la prevalencia de obesidad ha aumentado considerablemente; esto lo ha convertido en un grave problema de salud pública a nivel mundial (Chan y Wo, 2010). En México de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Olaiz *et al.*, 2006) la prevalencia nacional combinada de sobrepeso y obesidad fue en las mujeres de 71.9% y en los hombres de 66.7%. El aumento en la prevalencia de obesidad, particularmente en los grupos de edad más jóvenes incrementa la probabilidad de padecer enfermedades cardiovasculares en los años siguientes (Wildman *et al.*, 2003).

Se conoce que la adiposidad abdominal está relacionada con las enfermedades cardiovasculares (Ferreira *et al.*, 2004). Además, el tejido adiposo visceral se ha asociado con la resistencia a la insulina, diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares (Kahan y Flier, 2000) y con un aumento en la velocidad de onda de pulso, que es un indicador asociado de rigidez arterial (Sutton-Tyrell *et al.*, 2001). Se ha sugerido que es necesaria la temprana intervención en individuos con obesidad visceral, aún con IMC normal, para prevenir diabetes y enfermedades cardiovasculares (Lee *et al.*, 2007; Ruderman *et al.*, 1998).

El uso de técnicas como la resonancia magnética nuclear (RMN) y la tomografía axial computarizada (TAC), y en menor medida la absorciometría dual de rayos X (DXA), logran cuantificar de manera precisa el tejido adiposo central, además que las primeras dos permiten diferenciar y cuantificar el tejido adiposo visceral (TAV) y el tejido adiposo subcutáneo (TAS) *in vivo*. Debido a que los estudios con múltiples imágenes tienen la limitación del elevado costo y de la exposición a radiación como en el caso de la TAC, el espacio intervertebral L4-L5 ha sido utilizado como punto de referencia para la estimación del volumen del TAV y del TAS con una sola imagen. No obstante,

los estudios que han obtenido múltiples imágenes, han encontrado que la imagen transversal tomada en L4-L5 no es la que tiene la más mayor correlación con el volumen del TAV, sino que es 6 a 10 cm por arriba de éste sitio, o en los espacios intervertebrales L1-L2 y L3-L4 (Demerath *et al.*, 2007; Han *et al.* 1997; Kuk *et al.*, 2006b; Shen *et al.*, 2004 ). De igual forma, otras investigaciones mostraron que tampoco el sitio L4-L5 es donde hay una mayor asociación entre el TAV con los factores de riesgo cardiometabólico y el síndrome metabólico (Demerath *et al.*, 2008; Kuk *et al.*, 2006; Shen *et al.*, 2007).

El objetivo de este estudio es examinar si la mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral abdominal evaluado por RMN se encuentra en el sitio anatómico L4-L5 y si este sitio se correlaciona significativamente con un mayor número de factores de riesgo cardiovascular en adultos masculinos jóvenes sanos de 21 a 32 años.

Un objetivo secundario es evaluar la correlación de los factores de riesgo cardiovascular analizados con los indicadores de adiposidad en comparación con el tejido adiposo visceral.

### **3. HIPÓTESIS**

#### **3.1 Pregunta de investigación**

En este estudio se desea conocer si la mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral abdominal evaluado por RMN se encuentra en el sitio anatómico L4-L5 y si algunos factores de riesgo cardiovascular se encuentran asociados significativamente con el mejor sitio de predicción encontrado en jóvenes adultos masculinos de de 21 a 32 años.

Para responder a estas preguntas se reclutaron a 40 jóvenes de 21 a 32 años a quienes se les evaluaron el tejido adiposo visceral por resonancia magnética nuclear y la grasa corporal total por absorciometría dual de rayos X. Además se midieron los valores de colesterol total, colesterol HDL y LDL, triglicéridos, glucosa, presión arterial y la velocidad de onda de pulso braquial-radial.

#### **3.2 Hipótesis principal**

Al nivel intervertebral L4-L5 no se encuentra el sitio de mejor predicción del volumen total de tejido adiposo visceral evaluado con resonancia magnética nuclear en hombres de 21 a 32 años.

#### **3.3 Hipótesis del objetivo secundario**

El sitio anatómico de mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral encontrado se asocia significativamente con un mayor número de los factores de riesgo cardiovascular evaluados.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 General**

Examinar si la mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral abdominal evaluado por RMN se encuentra en el sitio anatómico L4-L5 y si el sitio de mejor predicción del TAV se correlaciona significativamente con un mayor número de factores de riesgo cardiovascular en adultos masculinos jóvenes sanos de 21 a 32 años.

Un objetivo secundario es evaluar la correlación de los factores de riesgo cardiovascular analizados con los indicadores de adiposidad en comparación con el tejido adiposo visceral.

En este estudio se decidió también examinar si otros indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal como el porcentaje total de grasa, el IMC y la circunferencia de cintura, en comparación con el tejido adiposo visceral, se correlacionan significativamente con los factores de riesgo cardiovascular.

### **4.2 Específicos**

- Evaluar el tejido adiposo visceral abdominal por resonancia magnética nuclear en diferentes sitios anatómicos desde la vértebra T9 hasta la vértebra S1 en hombres jóvenes saludables.
- Determinar el sitio anatómico con la mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral abdominal.
- Cuantificar la grasa corporal total por Absorciometría Dual de Rayos X.

- Examinar el nivel de correlación entre los indicadores de riesgo cardiovascular: glucosa, colesterol, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicéridos, velocidad de onda de pulso braquial-radial, presión arterial sistólica, presión diastólica, presión de pulso y presión media con el sitio de mejor predicción de tejido adiposo visceral.
- Examinar la correlación de otros indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal como el porcentaje total de grasa, el IMC y la circunferencia de cintura, en comparación con el tejido adiposo visceral.

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1 Composición corporal y distribución de grasa corporal.

La composición corporal es la suma de los diversos tejidos y componentes como el agua, la grasa corporal, el músculo y la masa ósea. El término “*distribución de grasa*” se refiere a la cantidad relativa de grasa en los compartimientos principales en donde se almacena tejido adiposo y grasa en el cuerpo (Tabla I). La valoración de la distribución de grasa comprende medir un sitio o variable en relación con otro. De forma alternativa la *grasa regional* representa típicamente una variable única como en el tejido adiposo abdominal total o el tejido adiposo subcutáneo abdominal (Heymsfield *et al.*, 2007). Jean Vague fue quien inició con las primeras clasificaciones de distribución de grasa y él denominó la obesidad como tipo androide o ginecoide.

Vague (1956) sugirió que la obesidad androide predisponía a enfermedades como diabetes, aterosclerosis, gota y cálculos de ácido úrico. Así que la relación entre la obesidad y las enfermedades cardiovasculares no sólo depende de la cantidad de grasa corporal, sino de su distribución (Zeng *et al.*, 2008; Natale *et al.*, 2009). El tipo de distribución de grasa androide, donde se encuentra el exceso de grasa en la región central del cuerpo, particularmente en el abdomen (Daniels *et al.*, 1999; Natale *et al.*, 2009), se ha asociado con el desarrollo de diabetes mellitus, enfermedades de la vesícula biliar, cáncer, osteoporosis y artritis (Zeng *et al.*, 2008).

**Tabla I. Variables comunes utilizadas para indicar la grasa regional y la distribución de grasa.**

<b>Grasa regional</b>	<b>Distribución y patrón de grasa</b>
Grasa abdominal total	Grasa en la parte superior y en la parte inferior del cuerpo
Tejido adiposo subcutáneo	Tejido adiposo visceral o interno y subcutáneo
Tejido adiposo intrabdominal o visceral	Grasa abdominal y no abdominal
Grasa en piernas, brazos y tronco	Grasa central y periférica
Circunferencia de cintura	Patrón de grasa ginecoide y androide
Diámetro sagital abdominal	Grasa en el tronco y en extremidades (brazos, piernas)
Pliegues cutáneos único/regional (ej. tronco)	Proporciones cintura-cadera, cintura-estatura, cintura-muslo.
Grasa ectópica (ej. intermuscular)	Cocientes de pliegues cutáneos (ej. Tríceps-subescapular)

Fuente: (Heymsfield *et al.*, 2007)

## **5.2 Métodos antropométricos para determinar la grasa corporal y su distribución**

En diversos estudios se han utilizado métodos antropométricos como los pliegues cutáneos, circunferencias y el índice cintura–cadera para identificar el tipo de distribución de grasa (Daniels *et al.*, 1999).

### **5.2.1 Índice de masa corporal (IMC)**

El método más empleado como indicador de grasa corporal es el índice de masa corporal (IMC) cuyo cálculo es práctico y útil pero tiene la desventaja de que no evalúa directamente la grasa corporal. Al emplear el IMC como indicador

de adiposidad se asume que si se incrementa la masa corporal es debido a un incremento en el porcentaje de grasa corporal, pero no sucede así por ejemplo en atletas o en personas de complejión robusta. Debido a que el IMC no es un indicador de adiposidad, en investigación es mejor emplear otros indicadores como el índice de masa grasa (FMI, por sus siglas en inglés: masa grasa/m<sup>2</sup>) o el porcentaje de grasa corporal que requieren la medición de la masa grasa de cuerpo completo ( Rankinen *et al.*, 1999; Ritchie y Davidson, 2007).

### **5.2.2 Circunferencia de cintura e Índice cintura cadera**

En estudios epidemiológicos o en tamizajes no es práctica la medición de la grasa visceral con técnicas como la resonancia magnética. Por lo tanto se emplean otras formas simples de estimar la obesidad abdominal como la circunferencia de cintura y el índice cintura-cadera. El índice cintura-cadera refleja la forma del cuerpo (Jung *et al.*, 2010) mientras que la circunferencia de cintura es el indicador antropométrico que representa mejor la grasa a nivel central o troncal (Li *et al.*, 2006; Rankinen *et al.*, 1999).

El índice cintura-cadera fue la primera medida utilizada para indicar la distribución de grasa en el cuerpo. Savva y col. (2000) reportaron que la circunferencia de cintura y el índice cintura-cadera eran mejores predictores que el IMC para factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares en niños, ya que la circunferencia de cintura pudo predecir significativamente colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL ( $r^2$ : 0.028, 0.88, 0.020;  $p < 0.001$ ); el índice cintura-cadera fue predictor de colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos ( $r^2$ : 0.016, 0.039, 0.004;  $p < 0.01$ ) y el IMC solo pudo predecir triglicéridos ( $r^2$ : 0.084;  $p < 0.01$ ) . No obstante, la circunferencia de cintura es un mejor indicador pronóstico de riesgo a enfermedades cardiovasculares como la diabetes tipo 2 (Wang *et al.*, 2005).

En un metanálisis se reportó que la circunferencia de cintura y el índice cintura-cadera fueron asociados significativamente con el riesgo de incidencia

de enfermedades cardiovasculares, ya que ese estableció que por cada cm de incremento en circunferencia de cintura, el riesgo relativo (RR) de padecer un evento cardiovascular se incrementaba 2% (95% IC:1-3%) y por cada 0.01 de incremento en el índice cintura-cadera el RR aumentaba 5% (95% IC: 4-7%) (Koning *et al.*, 2007). Ho y col. (2001) reportaron la asociación entre el IMC, circunferencia de cintura e índice cintura-cadera y los perfiles metabólicos (perfil de lípidos, glucosa sérica, insulina, presión arterial). Concluyeron que la circunferencia de cintura fue el índice con el más alto grado de asociación entre casi todos los perfiles metabólicos tanto en hombres como en mujeres (insulina sérica  $r=0.48-0.59$ ; HDL  $r= 0.32-0.46$ ; triglicéridos  $r= 0.32-0.34$ ; presión arterial  $r= 0.27-0.33$ ). El IMC presentó una asociación significativa con los riesgos metabólicos solo en hombres (insulina sérica  $r=0.52$ ; triglicéridos  $r=0.32$ ), mientras que el índice cintura-cadera tuvo una mayor asociación con los riesgos metabólicos en mujeres (insulina sérica  $r=0.29$ ; triglicéridos  $r=0.22$ ).

### **5.2.3 Absorciometría dual de rayos X**

La técnica absorciometría dual de rayos X (DXA, por sus siglas en inglés) permite la cuantificación de la masa grasa por regiones y por lo tanto la evaluación precisa de la distribución de grasa (Daniels *et al.*, 1999). Las regiones que incluye son la estimación de la masa de tejido blando magro, la masa sin grasa (masa libre de grasa), la masa grasa y el contenido mineral óseo. El escáner consta de un tubo de rayos X con un filtro que convierte el haz de rayos X policromático en picos de baja y alta energía; esta técnica puede utilizarse en poblaciones de todas las edades debido a que presenta una baja exposición a la radiación (Heymsfield *et al.*, 2007).

Aunque la técnica DXA no permite diferenciar el tejido adiposo subcutáneo abdominal y el tejido adiposo visceral abdominal, se ha validado para el estudio de la obesidad abdominal contrastando sus resultados con la tomografía computarizada. En un estudio donde fue contrastada la información del DXA

con el análisis de las imágenes obtenidas por tomografía en la región vertebral L1-L4 se obtuvo información confiable y precisa (95% límites de concordancia: -0.41-1.94 kg) (Glickman *et al.*, 2004). Ferreira y col. (2004) mostraron que la grasa troncal medida por DXA se asoció positivamente con la rigidez de las arterias carótida y femoral ( $p < 0.05$ ); por el contrario la grasa periférica fue inversamente asociada a la rigidez arterial ( $p < 0.05$ ).

#### **5.2.4 Resonancia magnética nuclear (RMN)**

La resonancia magnética nuclear (RMN) permite visualizar y cuantificar el tejido adiposo y sus diferentes compartimientos. Con esta técnica, el tejido adiposo del cuerpo puede ser fácilmente identificado debido a que la grasa tiene un tiempo de relajación de protones diferente comparado con otros tejidos. La técnica se basa en la interacción entre los núcleos de hidrógeno (protones de los tejidos biológicos) y los campos magnéticos generados por los equipos de resonancia. Los protones de hidrógeno tienen momentos magnéticos diferentes de cero, lo que hace que se comporten como pequeños imanes. Cuando el sujeto se coloca dentro del imán del equipo de la resonancia, los momentos magnéticos de los protones se alinean con el campo magnético y después se aplica un campo de radiofrecuencia pulsada a los tejidos corporales y esto causa que los protones absorban energía. Cuando se apaga el pulso de radiofrecuencia, los protones regresan a sus posiciones y liberan en el proceso la energía que es absorbida en forma de una señal de radiofrecuencia. El sistema de la resonancia utiliza esta señal para generar las imágenes de corte transversal (Heymsfield *et al.*, 2007).

La RMN técnica ha sido validada para el estudio de adiposidad en humanos *in vivo*. Con la RMN es posible estimar de una manera precisa y confiable el tejido adiposo subcutáneo abdominal y el tejido adiposo intraabdominal o visceral, el cual también pudo ser dividido en subcompartimientos de tejido adiposo intraperitoneal y retroperitoneal (Abate *et al.*, 1994). La RMN se ha

utilizado para determinar la distribución de grasa abdominal y tiene la ventaja sobre la tomografía computarizada de no exponer a los sujetos a radiación ionizante (Gray *et al.*, 1991).

#### **5.2.4.1 Tejido adiposo visceral abdominal (TAV) y tejido adiposo subcutáneo abdominal (TAS)**

El tejido adiposo visceral abdominal (TAV) se encuentra distribuido dentro de tórax, abdomen y pelvis. El tejido adiposo intratorácico se divide en intrapericárdico y extrapericárdico. Por otra parte, el tejido intrabdominopélvico se divide en intraperitoneal (omental y mesentérico) y extraperitoneal (Shen *et al.* 2003).

El TAV ha sido asociado a la hipertensión (Hayashi *et al.*, 2004), la resistencia a la insulina en hombres (Ross *et al.*, 2002) e infarto al miocardio en mujeres. Además, el TAV ha emergido como un predictor independiente de todas las causas de mortalidad en hombres (Kuk *et al.*, 2006a). También el TAV es un fuerte predictor del síndrome metabólico (Demerath *et al.*, 2008). Por otro lado, se ha comprobado que en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, el tener una mayor acumulación de TAV tiene un impacto negativo en el control de la glucemia como consecuencia de la disminución de la sensibilidad periférica de la insulina y un incremento en la gluconeogénesis (Gastaldelli *et al.*, 2002).

En el TAV los macrófagos residentes en el tejido adiposo producen más citocinas inflamatorias como factor de necrosis tumoral  $\alpha$  e interleucina 6 y menos adiponectina (Després y Lemieux, 2006). Este cambio de citocinas, induce la resistencia a la insulina y juegan un rol mayor en la patogénesis de la disfunción endotelial y aterosclerosis. La tasa de acumulación de la grasa visceral depende del género del individuo y la raza étnica; es más prominente en los hombres blancos, las mujeres afroamericanas y en hombres y mujeres indio asiáticos y japoneses (Hamdy *et al.*, 2006).



El tejido adiposo subcutáneo abdominal (TAS) es la capa que se encuentra entre la dermis y la aponeurosis y fascia de los músculos (incluye el tejido adiposo mamario). Se divide en tejido subcutáneo superficial y tejido adiposo subcutáneo profundo.

El TAV es metabólicamente más activo y difiere del TAS abdominal en la producción de adipocitocinas (Altomonte *et al.*, 2003). Por su posición anatómica, la sangre venosa de la grasa visceral es drenada directamente al hígado, a través de la vena porta, esto contrasta con el drenaje venoso de la grasa subcutánea, el cual es a través de venas sistémicas. El drenaje portal de la grasa visceral provee un acceso hepático directo de ácidos grasos libres y adiponectinas secretadas por los adipocitos viscerales (Ibrahim, 2010). Las adipocitocinas activan los mecanismos inmunológicos hepáticos con la producción de mediadores inflamatorios como es la proteína C reactiva.

Se ha relacionado al TAS abdominal con la resistencia a la insulina en pacientes sanos, sin embargo aún no queda claro, cual es el rol que tiene el TAS abdominal con respecto al TAV. Aunque un estudio demostró que el TAS abdominal tenía tan fuerte asociación con la resistencia a la insulina como el tejido adiposo visceral (Goodpaster *et al.*, 1997), recientemente Sandeep y col. (2010) concluyeron que solamente el TAV tenía esta asociación (TAV  $R^2$  0.437  $p=0.039$ ; TAS  $R^2$  0.449  $p=0.693$ ). Por otro lado, en población masculina Abate y col. (1995) encontraron que el TAS era quien tenía un mayor rol en la resistencia a la insulina.

Un índice de grasa abdominal utilizado es la proporción entre el TAV y el TAS abdominal, el cual distingue entre un perfil más visceral (proporción  $\geq 0.4$ ) o un patrón más subcutáneo (proporción  $< 0.4$ ); el primero está más ligado a anormalidades metabólicas, independiente de sexo, edad e IMC (Matsuzawa *et al.*, 1995).

#### **5.2.4.2 Sitio anatómico de medición del tejido adiposo visceral y subcutáneo cuando se emplea RMN o TAC**

La determinación del sitio anatómico de medición del tejido adiposo visceral y subcutáneo abdominal es de suma importancia cuando se emplean técnicas como la TAC y la RMN. Si se define un sitio anatómico conveniente, es posible evitar los estudios con múltiples imágenes, donde se tiene la desventaja del costo elevado, el tiempo que el sujeto tiene que estar en el estudio, y en el caso de la TAC, la radiación a la que los sujetos están expuestos. Con la definición de este sitio, se puede establecer una imagen con la que se puede predecir el volumen total de TAV y TAS y de esta forma un riesgo cardiovascular.

En la mayoría de los estudios epidemiológicos y de intervención se utiliza la imagen a nivel intervertebral L4-L5 para estimar volumen total del TAV y TAS. No obstante, algunos investigadores han sugerido otros sitios donde una sola imagen pudiera estimar mejor el volumen del TAV; por ejemplo 10 cm arriba de L4-L5 en sujetos del sexo masculino (Shen *et al.*, 2004), en el espacio intervertebral L2-L3 (Abate *et al.*, 1997), 6 cm arriba de L4-L5 (cerca de la vértebra L3) (Demerath *et al.*, 2007) y entre L1-L2 y L2-L3 (Kuk *et al.*, 2006b).

En otros estudios se ha encontrado que el espacio intervertebral L4-L5 tampoco es óptimo para detectar la relación del TAV y el riesgo de enfermedades, ya que las imágenes localizadas de 4-8 cm arriba de L4-L5 se correlacionaron más estrechamente con factores de riesgo cardiometabólico ( $r=0.16-0.27$ ,  $p < 0.05$ ) (Demerath *et al.*, 2008). Shen *et al.* (2007) establecieron que las imágenes 10 cm arriba de L4-L5 en hombres, tenían igual correlación (glucosa, presión arterial sistólica y diastólica, insulina  $p > 0.05$ ) o significativamente más alta (triglicéridos  $p=0.0026$ ; HDL  $p=0.0370$ ) entre el área TAV en comparación con el volumen de TAV y los factores de riesgo para la salud, esto después de haber ajustado los datos para edad, raza, status de menopausia y exámenes de laboratorio.

El TAV tiene una asociación más fuerte con el síndrome metabólico que el TAS, esto fue confirmado en el estudio de Kuk y col. (2006b), donde además establecieron que las imágenes tomadas en el sitio anatómico T12-L1 y L1-L2 presentaron una mayor asociación con el síndrome metabólico en comparación con las imágenes de L4-L5.

### **5.3 Factores de riesgo cardiovascular**

Los principales factores de riesgo en ambos sexos para el infarto al miocardio son: lípidos séricos anormales, tabaquismo, hipertensión, diabetes, obesidad abdominal, factores psicosociales, alcoholismo e inactividad física (Yusuf *et al.*, 2004).

#### **5.3.1 Lípidos séricos**

Las dislipidemias son caracterizadas por desórdenes en los niveles de lípidos circulantes en sangre, asociada a manifestaciones clínicas. Niveles altos de colesterol sérico han sido asociados con aterosclerosis prematura en adolescentes y adultos jóvenes (Sparling *et al.* 1999).

El aumento de TAV ha sido asociado con dislipidemias. Demerath y col. (2008) encontraron que las concentraciones de colesterol-LDL están relacionadas al patrón de adiposidad visceral en hombres y mujeres, independientemente de la edad y la adiposidad total ( $r=0.25$   $p <0.0001$  en hombres;  $r=0.10$   $p <0.04$  en mujeres).

### **5.3.2 Presión arterial (PA), presión de pulso (PP) y presión media (PM).**

La presión arterial es la fuerza hidrostática de la sangre sobre las paredes arteriales, que resulta de la función de bombeo del corazón, volumen sanguíneo, resistencia de las arterias al flujo, y diámetro del lecho arterial (NOM-030-SSA2-1999). Con el aumento en la edad las arterias se van endureciendo, lo que aumenta la presión arterial sistólica y la presión de pulso.

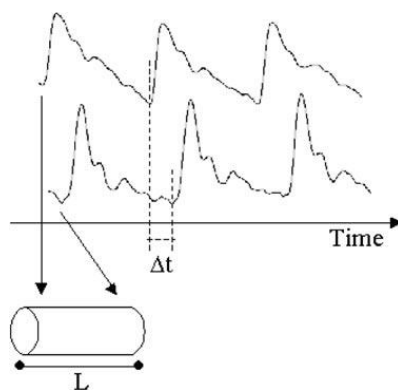
La presión de pulso (PP) se define como la diferencia entre la presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD), expresada en mmHg, ésta refleja la circulación pulsátil. Por otro lado la presión arterial media (PM) es la presión promedio y se calcula como  $PAD + (PAS - PAD) / 3$  y refleja la circulación constante. El aumento en la PP es un marcador del riesgo cardiovascular en población hipertensa; el valor predictivo de la PP está influido por un aumento de la PAS y un descenso de la PAD (Tranche *et al.*, 2001). De acuerdo con Fang y col. (2000) los hombres con una  $PP \geq 48$  y las mujeres  $\geq 46$ , tuvieron un riesgo relativo (95% IC) de mortalidad cardiovascular de 2.35 (1.21-4.38) y 2.90 (1.32-4.98) respectivamente, esto en sujetos menores a 55 años sin hipertensión.

La PP también ha emergido como un fuerte factor de riesgo para eventos coronarios en pacientes masculinos con hipertensión no tratada mientras que la PM como el mejor predictor de accidentes cerebrovasculares (Millar *et al.* 1999). Carmona y col. (2006) demostraron que la PM es de mayor utilidad con respecto a la PP, ya que refleja mejor la situación hemodinámica existente en pacientes hipertensos menores a 40 años. Shaikh *et al.* (2010) estudiaron el efecto de adiposidad en la distensibilidad vascular en adolescentes de la India, y encontraron una correlación significativa positiva entre medidas de adiposidad y la PP en hombres, sin embargo en las adolescentes no se encontró ésta relación, probablemente por el efecto protector de las hormonas femeninas.

### 5.3.3 Velocidad de onda de pulso (VOP)

La presión arterial es el mayor determinante de la rigidez arterial, por lo tanto, esta última se incrementa con una presión arterial elevada. Tres grupos de métodos no invasivos frecuentemente son usados en la evaluación de la rigidez arterial: el análisis de la presión de pulso arterial, el cálculo del cambio en el diámetro o área de una arteria respecto a la presión de distensión y la velocidad de onda de pulso (VOP), la cual parece estar emergiendo como el estándar de oro, en los estudios con adultos (Urbina *et al.*, 2009).

La rigidez arterial puede ser evaluada no invasivamente con la velocidad de onda de pulso, la cual es la velocidad o rapidez con la que la onda de presión generada por el ventrículo izquierdo se transmite desde la aorta a todo el eje aortoiliaco (Estadella *et al.*, 2009). Se calcula mediante la determinación del tiempo requerido por la onda de presión para pasar entre 2 puntos situados a una distancia medida previamente sobre la superficie corporal, caracterizándose, como una relación de distancia/tiempo (m/s) (Figura 1). Ésta es determinada por la elasticidad, el engrosamiento de la pared arterial y la densidad de la sangre.



**Figura 1. Velocidad de Onda de Pulso.**

L: distancia entre dos pulsos;  $\Delta t$ : retardo del tiempo.

Copiado de Ferreira *et al.* 2004.

En años recientes se ha demostrado que individuos con obesidad tienen un incremento en la rigidez arterial independiente del nivel de presión arterial, etnicidad y edad. Se ha demostrado que la rigidez arterial está relacionada a la distribución de grasa abdominal (evaluada por circunferencia de cintura) (Safar *et al.*, 2006) y a la obesidad visceral en adultos mayores ( $r=0.179$ ) (Sutton-Tyrrell *et al.*, 2001) y en mujeres ( $r=0.462$ ) (Lee *et al.*, 2007). Por otro lado, también se ha relacionado la rigidez arterial y la tejido adiposo visceral a enfermedades como diabetes (Hegazi *et al.*, 2003; Diamant *et al.*, 2005; Anan *et al.*, 2008) e hipertensión (Katsi *et al.*, 2010).

Existe una asociación mas fuerte entre la obesidad abdominal y la VOP en comparación con la obesidad periférica; y ésta puede ser explicada por el efecto de la resistencia a la insulina (Jung *et al.*, 2010). Czernichow y col. (2005) investigaron asociaciones de la composición corporal evaluada por análisis de bioimpedancia eléctrica e indicadores antropométricos de distribución de grasa como circunferencia de cintura y cadera y el índice cintura-cadera con la estructura y función carotídea en adultos de aproximadamente 50 años. La rigidez arterial fue evaluada por medio de la VOP carótido-femoral y solo fue asociada positiva y significativamente ( $p=0.04$ ) con la circunferencia de cintura. Por otra parte, se estudió la relación de la velocidad de onda de pulso braquial-tobillo con la circunferencia de cintura y el índice de cintura-cadera en hombres y mujeres, y solamente mostraron asociación significativa ( $p < 0.01$ ) estas dos medidas con la velocidad de onda de pulso en mujeres (circunferencia de cintura  $r=0.17$ ; índice cintura-cadera  $r=0.32$ ) (Jung *et al.*, 2010).

Otros estudios han demostrado una específica relación entre la grasa visceral y la velocidad de onda de pulso, tal es el caso de Sutton-Tyrell y col. (2001). Los investigadores estudiaron en adultos mayores asociaciones entre la VOP aórtico y la composición corporal, con técnicas precisas como la DXA y la tomografía computarizada. La VOP fue positivamente asociada con el peso ( $r=0.062$ ), la circunferencia abdominal ( $r=0.103$ ), el tejido adiposo visceral

( $r=0.179$ ), el tejido adiposo subcutáneo abdominal ( $r=0.059$ ), el área grasa de las piernas ( $r=0.142$ ) y grasa total ( $r=0.082$ ), pero la más fuerte asociación fue con el tejido adiposo visceral abdominal. Además también fue positivamente asociada ( $p<0.001$ ) con niveles altos de glucosa ( $r=0.133$ ), insulina ( $r=0.112$ ) y hemoglobina glucosilada ( $r=0.128$ ).

El peso total parece no ser un predictor específico para la rigidez arterial. Un estudio demostró que la velocidad de onda de pulso braquial-tobillo fue más alta en mujeres con normal peso pero visceralmente obesas que además tenían más tejido adiposo subcutáneo abdominal ( $>1300$  cm/s) en comparación con mujeres con sobrepeso pero no visceralmente obesas (1100 cm/s) (Lee *et al.*, 2007).

## **6. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **6.1 Materiales**

El equipo utilizado en el estudio fue el siguiente:

- Analizador A-25 Biosystems (Barcelona, España).
- Báscula Seca 813 (Hamburgo, Alemania)
- Baumanómetro mercurial de pedestal BM500, Hergom
- Estadiómetro Seca 264 (Hamburgo, Alemania)
- Escáner GE Lunar Prodigy Advance (DXA Scan). Modelo 301264 Software enCORE 2007.
- Escáner de Resonancia Magnética Philips 1.5 Tesla (Holanda)
- Estetoscopio cardiológico E-800, Hergom.
- Computadora portátil con software Slice-Omatic, versión 4.3, Tomovision Inc, (Montreal, Canadá).
- Sistema de Evaluación Cardi-arterial (Siev-Car). Software eSphygmoKar: Sistema para medir los pulsos cardiovasculares.

### **6.2 Métodos**

#### **6.2.1 Diseño del estudio**

Es un estudio transversal, no probabilístico, descriptivo, que se realizó de enero de 2011 a julio de 2011. Se reclutaron intencionalmente 40 adultos jóvenes de sexo masculino entre 21 y 32 años. Se les invitó a participar en el estudio por medio de difusión con carteles en diversas facultades de la UANL o por redes sociales de internet.

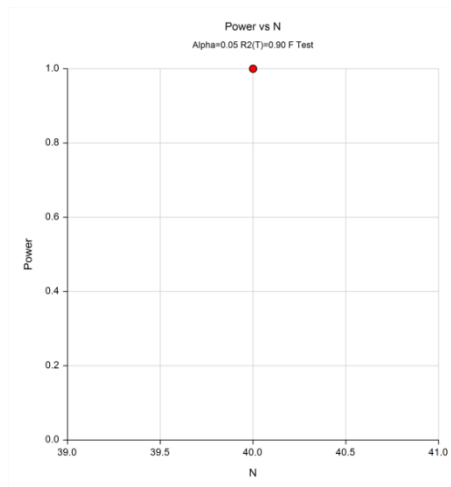
#### **6.2.2 Definición del Universo**



Este estudio forma parte de un proyecto mayor de tipo transversal denominado “El peso corporal saludable en adultos mexicanos: definición y cálculo”. El objetivo principal de este estudio es generar ecuaciones antropométricas y de bioimpedancia eléctrica en adultos. Uno de los objetivos secundarios de este estudio es validar en una submuestra (40 sujetos de 150) las estimaciones de grasa abdominal obtenidas por absorciometría dual de rayos X (DXA) considerando como referencia las mediciones obtenidas por resonancia magnética nuclear. Para validar las estimaciones de grasa abdominal por DXA los sujetos fueron agrupados en 2 intervalos de IMC, de 20 a 23.5 kg/m<sup>2</sup> y de 28 a 32 kg/m<sup>2</sup>. Esta submuestra fue la que se empleó para los propósitos del análisis aquí presentado. Los voluntarios fueron residentes de la zona urbana de la ciudad de Monterrey.

### 6.2.3 Tamaño de la Muestra

La selección de la muestra fue intencional y a conveniencia del estudio principal del que se derivó este estudio. Con el uso del paquete estadístico PASS 11 (Hintze, J 2011; PASS 11. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA) se calculó el poder estadístico de la muestra del presente estudio considerando 40 sujetos y asumiendo que la R<sup>2</sup> producida de la regresión entre el sitio anatómico y el volumen de tejido adiposo fuese de 0.90. El resultado fue que un tamaño de muestra de 40 alcanza el 100% de poder para detectar un R<sup>2</sup> de 0,90 atribuida a una variable independiente con un nivel de significancia de 0,05 (Figura 2).



**Figura 2. Poder estadístico de la muestra del estudio**

#### **6.2.4 Definición de las unidades de observación**

Adultos jóvenes del sexo masculino entre 21 y 32 años y con un IMC de 20 a 23.5 kg/m<sup>2</sup> y de 28 a 32 kg/m<sup>2</sup>

#### **6.2.5 Criterios de inclusión**

- Sujetos del sexo masculino de edades entre 21 y 32 años.
- Hombres clínicamente sanos. Presión arterial <129/84 mm Hg (NOM-030-SSA2-1999), glucosa sérica < 110 mg/dL, colesterol y triglicéridos séricos <220 mg/dL. (según criterios de la ATP III, 2002)
- Pacientes que no estuvieran tomando medicamentos que alteraran su composición corporal como esteroides, tratamiento hormonal; así como medicamentos que alteraran la frecuencia cardiaca, por ejemplo: somníferos, ansiolíticos, antidepresivos, hormona tiroidea.
- Sujetos con estatura mayor a 1.65 m y menor a 1.80 m, ya que la estatura baja se ha relacionado con un riesgo más alto de padecer enfermedad coronaria que hombres con estatura mayor (Paajanen *et al.*, 2010).

#### **6.2.6 Criterios de exclusión**

- Pacientes con antecedentes heredofamiliares de enfermedad cardiovascular prematura (infarto al miocardio antes de los 65 años en padre o antes de los 55 años en madre) ya que representa un riesgo de enfermedad cardiovascular (Jellinger, 2000).
- Que presentaran una enfermedad cardiovascular ó congénita.
- Peso corporal inestable: haber perdido más de 3 kg en un mes (Ferguson *et al.*, 1999).

### **6.2.7 Criterios de eliminación**

- Que al menos un indicador de riesgo cardiovascular (exámenes bioquímicos ó presión arterial) estuviera fuera de los parámetros normales siendo evaluados en una segunda ocasión.
- Que no hayan completado el estudio de resonancia magnética.

### **6.2.8 Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información**

#### **6.2.8.1 Protocolo**

En una primera entrevista se les realizaron preguntas a los posibles participantes para conocer el estado de salud, al mismo tiempo se les explicó detalladamente el protocolo de estudio. Después de que los sujetos refirieron sentirse saludables y además con deseos de participar, fueron citados entre 7:00- 7:30 horas y se les solicitó realizar ayuno de 12 horas y presentarse con ropa ligera (short y playera de manga corta o sin mangas).

Todas las mediciones antropométricas, de composición corporal y clínicas se realizaron en los laboratorios de Gasto Energético y de Composición Corporal del Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. Al llegar al laboratorio, los adultos jóvenes firmaron el consentimiento informado y completaron una historia clínica con el objetivo de aplicar acertadamente los criterios de inclusión/exclusión (Sin evidencia clínica de enfermedades o el consumo de medicamentos que pudieran afectar las mediciones de composición corporal). Después, se midieron el peso, la estatura y la presión arterial, éste último con el objetivo de descartar sujetos con hipertensión. En seguida se les extrajo por venopunción 4 mL de sangre la cual fue centrifugada, y el suero se almacenó en viales criogénicos en un congelador a -20° C hasta su análisis. Una persona

capacitada fue la encargada de extraer las muestras de sangre. Posteriormente se les tomó la circunferencia de cintura, cadera y cuello, además de la absorciometría dual de rayos X. Por último, se les realizó la velocidad de onda de pulso braquial-radial y se les tomó la presión arterial con un método automatizado. Al finalizar el estudio se les proporcionaba a los pacientes un desayuno.

Después de que el paciente se retiraba, se realizaban los exámenes bioquímicos para seleccionar los pacientes que no presentaran glucosa sérica o lípidos elevados. A éstos sujetos se les llamaba por teléfono para asignarles la cita de la resonancia magnética, la que se otorgaba en menos de 5 días después de que el paciente se había realizado los estudios, con la finalidad de que no hubiera cambios considerables en su composición corporal. Al completar todos los estudios, se citaba al paciente para la entrega de resultados. Si no se realizaban la resonancia magnética también se les proporcionaban sus resultados.

#### **6.2.8.2 Antropometría**

Todas las mediciones antropométricas se realizaron por una persona estandarizada con las técnicas descritas por el Manual de referencia para la Estandarización Antropométrica (Lohman *et al.*, 1988). Más adelante solo se detallan las mediciones no convencionales u otras adaptadas específicamente para esta investigación. La estatura, el peso y los perímetros corporales se midieron por duplicado y se tomó el promedio de las mediciones como el valor final a considerar. El error técnico de la medición (ETM) intraobservador se encontró dentro de los límites reportados por el manual de referencia.

### **6.2.8.3 Peso y talla**

El peso corporal se midió con una báscula digital (0-200 kg  $\pm$  0.01 kg, SECA 813, Hamburgo, Alemania). La estatura se midió con un estadiómetro (20- 205 cm  $\pm$  5 mm, SECA 264).

### **6.2.8.4 Circunferencia de cintura e índice cintura-cadera**

Los perímetros o circunferencias corporales se midieron con una cinta métrica metálica (0-200 cm  $\pm$  1mm, Rosscraft, BC, Canadá). La circunferencia de cintura fue tomada en el punto medio entre la costilla inferior y la cresta ilíaca de acuerdo a lo sugerido por la OMS (OMS, 1995) (Figura 3).



**Figura 3. Medición de la circunferencia de cintura**

El índice cintura-cadera se calculó dividiendo la circunferencia de cintura entre la circunferencia de cadera.

### **6.2.8.5 Circunferencia de cuello**

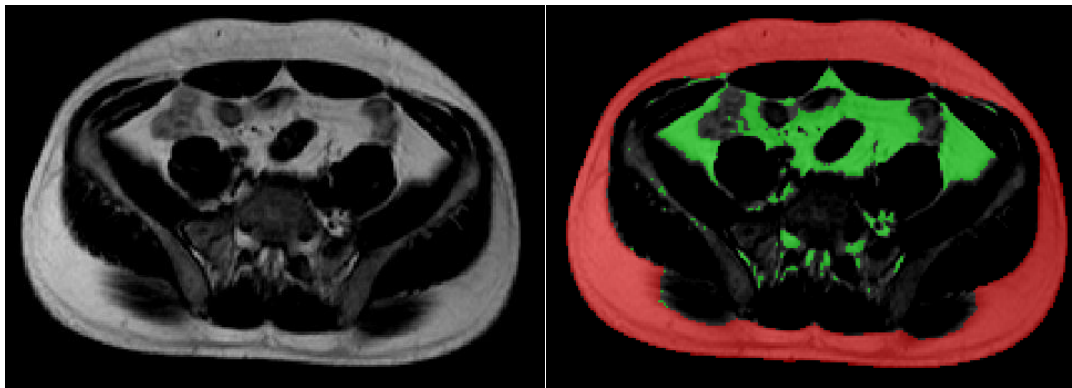
La circunferencia de cuello se midió con la cabeza erguida en el margen superior de la prominencia laríngea (manzana de Adán), con una cinta métrica metálica (0-200 cm  $\pm$  1mm, Rosscraft).

#### **6.2.8.6 Medición de tejido adiposo visceral y tejido adiposo subcutáneo abdominal por resonancia magnética nuclear.**

Se solicitaron mediciones por resonancia magnética nuclear (RMN) al Centro de Radiodiagnóstico e Imagen S.C. Las imágenes de RMN se obtuvieron con un escáner Philips 1.5 Tesla (Holanda), siguiendo el protocolo sugerido por Demerath y col., 2007: se adquirieron imágenes en T1 (relajación longitudinal) mediante secuencias de spin-eco (Tiempo de Repetición (TR) de 322 ms y Tiempo de Espera (TE) de 12 ms). Las matrices de adquisición fueron de 256 X 256 mm y un campo de visión de 480 mm. Se utilizó una secuencia con técnica de apnea (22 s por adquisición) para minimizar efectos de movimiento por respiración en las imágenes. Se colocó a los sujetos en posición supina con los brazos extendidos arriba de la cabeza. Se tomaron las imágenes en corte transversal desde la 9<sup>o</sup> vértebra torácica (T9) hasta la primera vértebra sacra (S1) y el grosor de las imágenes fue de 10 mm.

Las imágenes se interpretaron en el Laboratorio de Gasto Energético por medio de un software (Slice-Omatic, versión 4.3, Tomovision Inc, Montreal, Canadá) el cual permitió la diferenciación y cuantificación del tejido adiposo visceral y subcutáneo. Primero se utilizó el modo “morpho”, donde se seleccionó el color rojo para pintar y cuantificar el área del tejido adiposo subcutáneo; posteriormente este color se inactivó para evitar que se empalmara otro color. Después se seleccionó el modo “Región Growing” para determinar el área del tejido adiposo visceral. En este modo se utilizó el color verde y se estableció un límite bajo para evitar pintar otros tejidos; este límite se establecía de acuerdo a los pixeles de cada imagen (Figuras 4-6). La información de las imágenes fueron transferidas al programa Excel y todas las mediciones se registraron por duplicado. Se estableció un coeficiente de variación de < 4 % para TAV y < 1.5 para TAS, en el procedimiento de cuantificación de tejido.

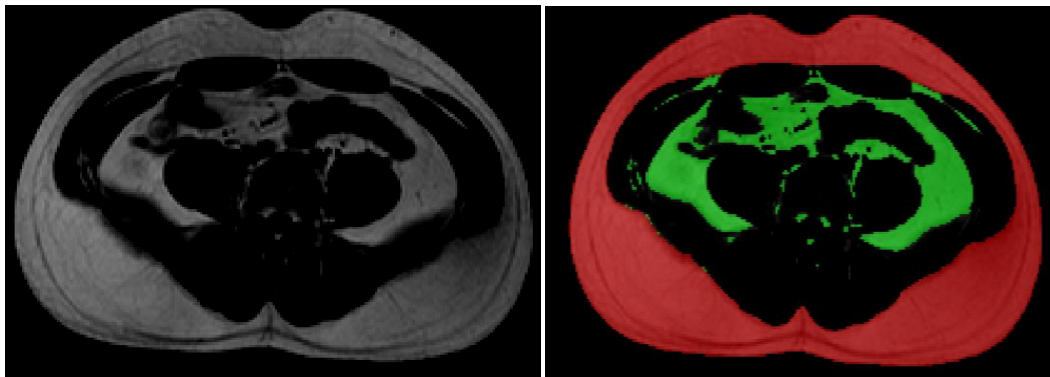
Para el cálculo del volumen de TAV, se seleccionaron las 20 imágenes localizadas arriba de L4-L5 (+ 20 cm) y tres imágenes por debajo de L4-L5 (- 3 cm), con un total de 24 imágenes. Se sumó el área de estas imágenes para obtener el volumen y luego se multiplicó por 0.916 g/cm<sup>2</sup> (la densidad del tejido adiposo) para obtener la masa total de TAV en kilogramos (Demerath *et al.*, 2008). El sitio anatómico L4-L5 por ser el punto de referencia, se le mencionó como 0 cm.



Color Rojo: Tejido adiposo subcutáneo (TAS)

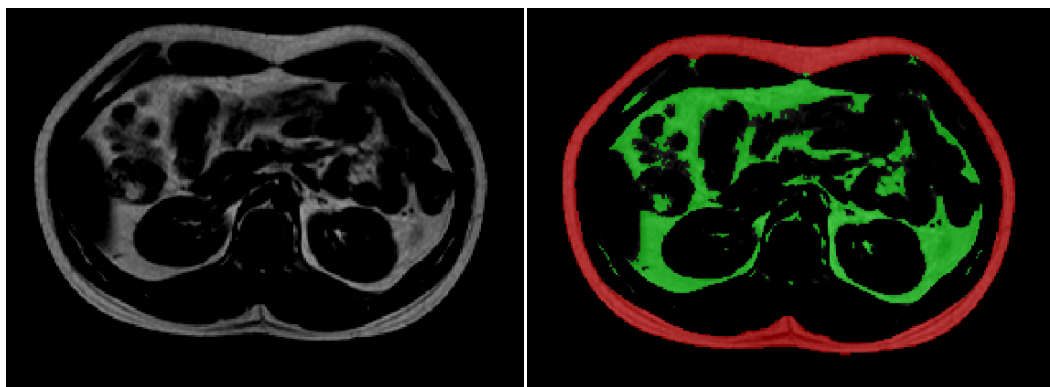
Color verde: Tejido adiposo visceral (TAV)

**Figura 4. Espacio intervertebral L5-S1 (-3 cm)**



**Figura 5. Espacio intervertebral L4-L5 (0 cm)**





**Figura 6. Espacio intervertebral T12- L1 (+13 cm)**

#### **6.2.8.7 Porcentaje de grasa corporal**

El porcentaje de grasa corporal total se evaluó empleando un Absorciómetro Dual de Rayos X (GE Lunar Prodigy Advance DXA Modelo 301264. Software enCore ver. 11.30.062). Los participantes se colocaron en posición supina sobre la mesa de exploración de la DXA. Se utilizó el protocolo de medición de cuerpo completo. La medición de cada sujeto se realizó con el mínimo de ropa (camiseta y short). El tiempo medición en el escáner fue de 7 minutos. La determinación del porcentaje de grasa se obtuvo ajustando la estimación del tejido graso por DXA con el peso corporal obtenido de una báscula digital.

#### **6.2.8.8 Presión arterial y velocidad de onda de pulso.**

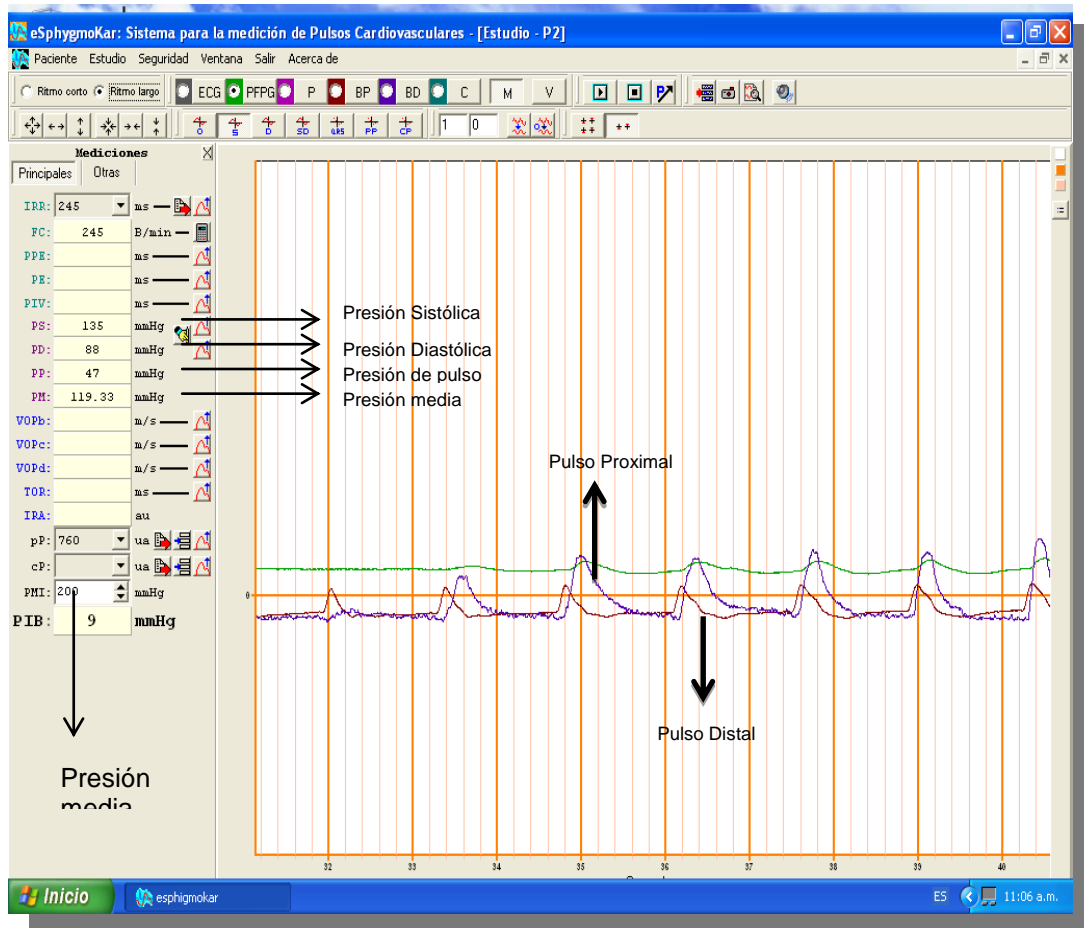
En la historia clínica se registró la presión arterial como medida de tamizaje en la detección de alteraciones cardiovasculares. Esta fue tomada con un baumanómetro mercurial de pedestal (BM500, Hergom) y un estetoscopio cardiológico (E-800, Hergom).

Para fines del estudio se determinó la medición de la presión arterial y de la velocidad de onda de pulso braquial-radial por el Sistema de Evaluación Cardi-Arterial (Instituto Cardiología Ignacio Chávez, México, en registro de patente). La medición se realizó en posición clinostática, donde el paciente permaneció relajado por 10 minutos antes de comenzar la prueba, y al iniciar la prueba el paciente no podía hablar ni moverse para evitar el registro de ruidos en los pulsos (Figura 7).



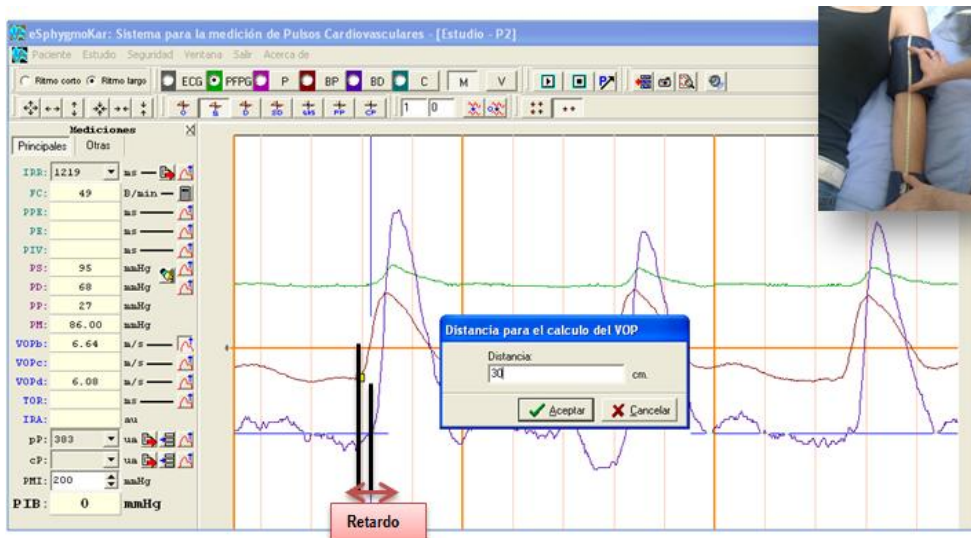
**Figura 7. Medición de la presión y pulsos arteriales en posición clinostática**

Al sujeto se le colocó un manguillo en el brazo izquierdo a la altura de la arteria braquial y otro manguillo pediátrico a la altura de la arteria radial. Las mediciones fueron tomadas en el Protocolo 2, el cual permitió la medición de la presión arterial. La presión media intrabrazal fue programada con un máximo de 200 mmHg y al alcanzar esta medición, iniciaba el descenso automático. La presión arterial sistólica fue calculada con la aparición del primer pulso proximal y la presión arterial diastólica fue registrada con el pulso distal. La presión de pulso y la presión media fueron calculadas automáticamente (Figura 8).



**Figura 8. Pantalla donde se muestran los pulsos arteriales**

Para el cálculo de la velocidad de onda de pulso braquial-radial se colocó el cursor en el pie de los de los pulsos proximal y distal, posteriormente se ingresó al sistema la distancia (cm) entre los brazales (Figura 9), la cual fue medida con una cinta métrica, y el sistema realizó el cálculo de manera automática. Esto fue hecho por triplicado y se reportó el promedio de estos tres valores. La selección de los pulsos fue realizada después del pulso seleccionado para la medición de la presión diastólica.



**Figura 9. Medición de la distancia entre los registros de los pulsos**

La VOP se calculó empleando la relación  $x/t$ , donde  $x$  es la distancia de la arteria braquial hacia la arteria radial y  $t$  es el tiempo de viaje de la onda del pulso de la raíz de la aorta al lugar de registro (Infante *et al.*, 1999).

### 6.2.8.9 Análisis de laboratorio

Las muestras de sangre fueron conservadas en viales criogénicos (Corning®). Para su análisis, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm a 24° C por 10 minutos. El suero fue separado para determinar las concentraciones de glucosa (glucosa oxidasa/peroxidasa), triglicéridos (glicerol fosfato oxidasa/peroxidasa), colesterol total (colesterol oxidasa/peroxidasa), colesterol HDL y colesterol LDL (directo) en el analizador A25 (Barcelona, España) (Figura 10) con los kits comerciales BioSystems.



**Figura 10. Analizador A25**

#### **6.2.8.10 Definición del plan de procesamiento y presentación de la información**

El análisis estadístico se realizó con el software estadístico NCSS, versión 8 (Hintze, J. 2012; NCSS 8. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA). Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar las variables antropométricas, bioquímicas, cardiovasculares y de composición corporal. Se verificó que las variables siguieran una distribución normal antes de su análisis (prueba D'Agostino). Se empleó el análisis de regresión lineal simple para predecir el volumen del tejido adiposo visceral a partir de cada imagen o sitio anatómico. La variable dependiente fue el volumen de tejido adiposo total obtenido por 24 imágenes; tomando como punto de referencia el espacio intervertebral L4-L5, se tomaron desde 3 cm debajo de este punto hasta 20 imágenes por arriba de L4-L5. La variable independiente fue cada sitio anatómico (-3 cm hasta + 24 cm), representado por cada imagen de 1 cm de grosor. En total se evaluaron 24 sitios anatómicos. Se estableció un nivel de  $p < 0.05$  como nivel de significancia estadística.

Para establecer la asociación entre el sitio de mejor predicción del tejido adiposo visceral y los factores de riesgo cardiovascular se empleó la prueba de correlación parcial. Las variables fueron: variables dependientes (glucosa, colesterol, colesterol LDL, colesterol HDL y triglicéridos séricos, velocidad de onda de pulso braquial-radial, presión arterial sistólica y diastólica, presión de pulso y presión media) y las variables independientes (tejido adiposo visceral). Las variables confusoras fueron edad, IMC y el porcentaje de grasa.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Características físicas, bioquímicas y perfil cardiovascular de los pacientes

En la tabla II se presentan las características físicas de los sujetos. El rango de edad de los jóvenes fluctuó entre 21.9 y 32.9 años; el promedio del IMC de los sujetos fue de  $24.8 \pm 3.9$  y el porcentaje de grasa fue de  $24.4 \pm 9.6$ . De acuerdo con la clasificación del IMC propuesta por la OMS, los participantes del estudio se encontraron en rango de peso normal, sobrepeso y obesidad grado I (IMC 20.3 – 31.7 kg/m<sup>2</sup>).

**Tabla II**

#### **Características físicas de los pacientes**

Variable	n (40)	Valor mínimo	Valor máximo
Edad (años)	$25.1 \pm 2.7$	21.9	32.9
Peso (kg)	$74.1 \pm 12.2$	57.7	93.5
Estatura (cm)	$172.9 \pm 4.3$	165.0	180.5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$24.8 \pm 3.9$	20.3	31.7
C. cuello*(cm)	$37.6 \pm 2.3$	33.6	43.1
Grasa (%)	$24.4 \pm 9.6$	6.8	41.6

Los valores están expresados en  $X \pm DE$ .

\*C.cuello, circunferencia de cuello.

El promedio de los resultados de los indicadores bioquímicos se encuentran en la tabla III. Todos valores se encuentran dentro de lo normal según las guías de referencia del Programa Nacional de Educación en Colesterol (ATP III).

**Tabla III. Características bioquímicas de los pacientes**

Variable (mg/dL)	n (40)	Valor mínimo	Valor máximo
Glucosa	82.9 ± 9.1	61.0	103.0
Colesterol total	159.3 ± 35.8	61.0	219.0
Colesterol LDL	101.0 ± 34.4	35.4	163.3
Colesterol HDL	41.2 ± 11.2	23.3	69.3
Triglicéridos	91.0 ± 47.6	29.0	220.0

Los valores están expresados en  $X \pm DE$

En la tabla IV se muestran los resultados de los indicadores de riesgo cardiovascular de los pacientes. El promedio de la presión arterial sistólica fue  $110 \pm 9.2$  mmHg y de la presión diastólica  $70.9 \pm 5.4$  mmHg, establecidos como presión arterial normal según la NOM-030-SSA2-1999.

**Tabla IV. Perfil cardiovascular de los pacientes**

Variable	n (40)	Valor mínimo	Valor máximo
Presión arterial sistólica (mmHg)	$110.3 \pm 9.2$	94.0	135.0
Presión arterial diastólica (mmHg)	$70.9 \pm 5.4$	62.0	81.0
Presión de pulso (mmHg)	$39.4 \pm 9.0$	27.0	64.0
Presión media (mmHg)	$97.2 \pm 6.9$	83.3	113.7
VOP braquial-radial (m/s)	$7.1 \pm 1.5$	4.7	11.6

Los valores están expresados en  $X \pm DE$

## **7.2 Análisis de correlaciones y regresiones del volumen total del tejido adiposo visceral, área de imágenes simples, y factores de riesgo cardiovascular.**

El área de la imagen simple que tuvo la más alta correlación con el volumen de tejido adiposo abdominal fue la que estuvo localizada 10 cm arriba de L4-L5 ( $r=0.9874$ ). Ésta misma imagen fue la que mostró el coeficiente de determinación o valor de predicción más alto ( $R^2=0.9749$ ), además del error estándar del estimador más bajo ( $EEE = 0.1390$ ; Tabla V).

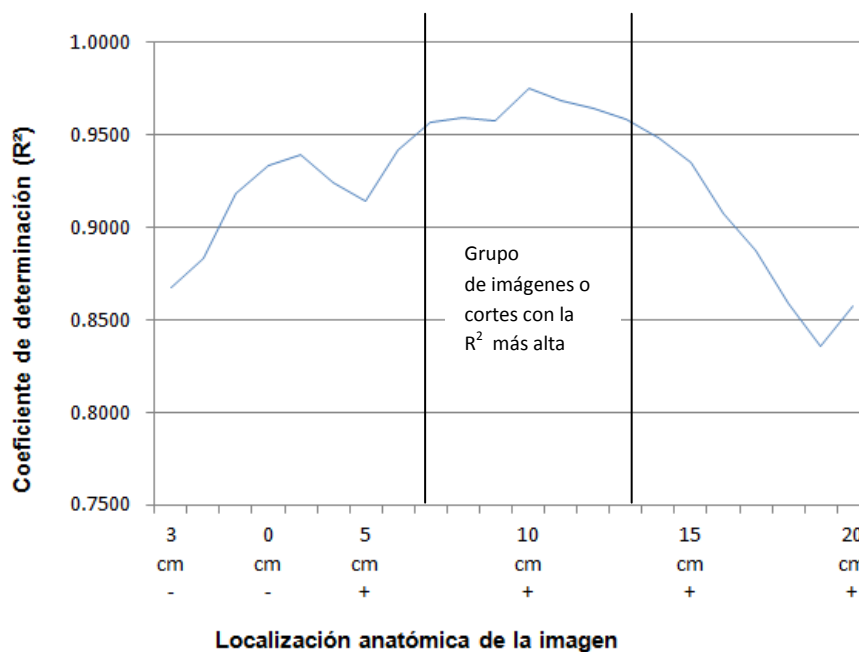


**Tabla V. Regresión lineal del volumen total del tejido adiposo visceral (TAV) en función del área de imágenes simples según sitio anatómico.**

TAV	R <sup>2</sup>	EEE	r
- 3 cm	0.8673	0.3199	0.9313
- 2 cm	0.8838	0.2993	0.9401
- 1 cm	0.9188	0.2503	0.9585
- 0 cm	0.9334	0.2266	0.9661
+ 1 cm	0.9398	0.2155	0.9694
+ 2 cm	0.9243	0.2417	0.9614
+ 3 cm	0.8942	0.2856	0.9456
+ 4 cm	0.8599	0.3287	0.9273
+ 5 cm	0.9141	0.2574	0.9561
+ 6 cm	0.9418	0.2118	0.9705
+ 7 cm	0.9565	0.1831	0.9780
+ 8 cm	0.9597	0.1762	0.9797
+ 9 cm	0.9575	0.1811	0.9785
+ 10 cm	<b>0.9749</b>	0.1390	<b>0.9874</b>
+ 11 cm	0.9690	0.1546	0.9844
+ 12 cm	0.9646	0.1651	0.9822
+ 13 cm	0.9583	0.1792	0.9789
+ 14 cm	0.9485	0.1992	0.9739
+ 15 cm	0.9349	0.2241	0.9669
+ 16 cm	0.9078	0.2666	0.9528
+ 17 cm	0.8879	0.2940	0.9423
+ 18 cm	0.8591	0.3296	0.9269
+ 19 cm	0.8362	0.3554	0.9144
+ 20 cm	0.8575	0.3315	0.9260

R<sup>2</sup>: P<0.001, r: P<0.0001. EEE: Error estándar del estimador. Los valores en negrita indican el más alto coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y de correlación (r).

El grupo de imágenes que tuvo el más alto coeficiente de determinación se encontró en los sitios anatómicos +7 cm a +13 cm ( $R^2 = 0.9565$  a  $0.9583$ ) (Figura 11).



**Figura 11. Relación entre el área de TAV y el volumen de TAV**

En la tabla VI se observa una correlación positiva y significativa ( $p < 0.05$ ) entre el área del tejido adiposo visceral de las imágenes de los sitios anatómicos -2 cm a +13 cm y los siguientes factores de riesgo cardiovascular: presión arterial diastólica, colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos y glucosa; la velocidad de onda de pulso mostró esta relación a partir de + 4 cm.

Entre + 3 cm y + 8 cm se estimaron los coeficientes de correlación más fuertes entre el tejido adiposo visceral y los factores de riesgo cardiovascular ( $p < 0.05$ ). Entre los sitios +6 cm y +8 cm se encontró la correlación más fuerte del TAV con el mayor número de indicadores de riesgo cardiovascular.

**Tabla VI. Correlación entre el área de tejido adiposo visceral (TAV) y factores de riesgo cardiovascular**

TAV cm <sup>2</sup>	VOP Br- Rad	PAS	PAD	PP	PM	LDL	HDL	COL	TRIG	GLUC
- 2 cm	0.22	0.17	<u>0.40</u>	-0.07	0.25	<u>0.57</u>	-0.14	<u>0.46</u>	<u>0.77</u>	<u>0.39</u>
- 1 cm	0.29	0.17	<u>0.42</u>	-0.08	0.25	<b>0.60*</b>	-0.12	<b>0.52*</b>	<u>0.75</u>	<u>0.36</u>
- 0 cm	0.28	0.13	<u>0.39</u>	-0.10	0.21	<b>0.58</b>	-0.16	<u>0.50</u>	<u>0.78</u>	<u>0.40</u>
+ 1 cm	0.26	0.09	<u>0.38</u>	-0.14	0.18	<u>0.57</u>	-0.18	<u>0.50</u>	<u>0.78</u>	<u>0.40</u>
+ 2 cm	0.27	0.05	<u>0.38</u>	-0.18	0.14	<u>0.56</u>	-0.16	<u>0.49</u>	<u>0.78</u>	<b>0.42</b>
+ 3 cm	0.27	0.08	<u>0.39</u>	-0.15	0.17	<b>0.58</b>	-0.17	<u>0.50</u>	<u>0.79</u>	<b>0.43*</b>
+ 4 cm	<u>0.31</u>	0.12	<u>0.41</u>	-0.13	0.21	<u>0.55</u>	-0.14	<u>0.48</u>	<u>0.75</u>	<u>0.38</u>
+ 5 cm	<u>0.33</u>	0.13	<b>0.43</b>	-0.13	0.22	<u>0.54</u>	-0.14	<u>0.48</u>	<u>0.77</u>	<u>0.40</u>
+ 6 cm	<b>0.36</b>	0.16	<b>0.44*</b>	-0.10	0.25	<u>0.56</u>	-0.13	<b>0.51</b>	<u>0.79</u>	<u>0.36</u>
+ 7 cm	<b>0.36</b>	0.17	<b>0.43</b>	-0.08	0.26	<u>0.55</u>	-0.14	<u>0.50</u>	<b>0.82</b>	<u>0.40</u>
+ 8 cm	<b>0.38*</b>	0.16	<u>0.42</u>	-0.09	0.25	<u>0.54</u>	-0.14	<u>0.49</u>	<b>0.83*</b>	<b>0.41</b>
+ 9 cm	<u>0.35</u>	0.14	<u>0.41</u>	-0.10	0.23	<u>0.54</u>	-0.13	<u>0.49</u>	<b>0.83</b>	<u>0.40</u>
+ 10 cm	<u>0.33</u>	0.11	<u>0.40</u>	-0.13	0.20	<u>0.53</u>	-0.13	<u>0.49</u>	<u>0.81</u>	<u>0.39</u>
+ 11 cm	<u>0.32</u>	0.10	<u>0.39</u>	-0.13	0.19	<u>0.51</u>	-0.14	<u>0.47</u>	<u>0.80</u>	<b>0.41</b>
+ 12 cm	<u>0.35</u>	0.12	<u>0.41</u>	-0.12	0.22	<u>0.53</u>	-0.15	<u>0.50</u>	<b>0.82</b>	<u>0.37</u>
+ 13 cm	<u>0.32</u>	0.12	<b>0.44</b>	-0.14	0.22	<u>0.53</u>	-0.13	<b>0.51</b>	<u>0.81</u>	<u>0.37</u>

Los valores subrayados fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ). Los valores con asterisco son estadísticamente significativos y tienen la correlación más fuerte. Los valores en negrita tienen una correlación equivalente con la más alta correlación según el test Hotelling.

Abreviaturas: VOP Br-Rad, VOP Braquial-radial; PAS, presión arterial sistólica; PAD, presión arterial diastólica; PP, presión de pulso; PM, presión media; LDL, colesterol LDL; HDL, colesterol HDL; COL, colesterol; TRIG, triglicéridos; GLUC, glucosa.

### 7.3 Correlaciones entre los indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal con los factores de riesgo cardiovascular en comparación con el sitio + 10 cm de mejor predicción del TAV

El sitio anatómico + 10 cm, el IMC y la circunferencia de cintura fueron los que se correlacionaron con el mayor número de factores de riesgo cardiovascular; en total 6 cada uno. El sitio + 10 cm fue el único que se correlacionó significativamente con la velocidad de onda de pulso mientras que el IMC fue el único que lo hizo con la presión arterial sistólica. El sitio anatómico + 10 cm, el % de grasa corporal y la circunferencia de cintura se correlacionaron significativamente con la glucosa pero no el IMC. Los indicadores de riesgo cardiovascular que no se correlacionaron significativamente con los indicadores de adiposidad fueron la presión de pulso (PP) y el colesterol HDL. El % de grasa presentó el coeficiente de correlación más fuerte con la glucosa sérica.

**Tabla VII. Correlación entre indicadores de adiposidad y factores de riesgo cardiovascular**

Variable antropométrica	VOP Br-Rad	PAS	PAD	PP	PM	LDL	HDL	COL	TRIG	GLUC
IMC	0.23	<b>0.37*</b>	<b>0.47**</b>	0.10	<b>0.45**</b>	0.53***	0.02	<b>0.49**</b>	<b>0.75***</b>	0.29
C. Cintura	0.23	0.28	0.45**	0.01	0.36*	<b>0.55***</b>	-0.03	0.47**	0.72***	0.39*
% Grasa	0.23	0.21	0.45**	-0.06	0.30	0.52***	0.06	0.44**	0.63***	<b>0.45**</b>
10 cm +	<b>0.33*</b>	0.11	0.40*	-0.13	0.20	0.53***	-0.13	<b>0.49**</b>	0.81***	0.39*

\* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001. Los valores en negritas indican la más alta correlación.

Abreviaturas: VOP Br-Rad, VOP Braquial-radial; PAS, presión arterial sistólica; PAD, presión arterial diastólica; PP, presión de pulso; PM, presión media; LDL, colesterol LDL; HDL, colesterol HDL; COL, colesterol; TRIG, triglicéridos; GLUC, glucosa.

## 8. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue examinar si la mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral abdominal evaluado por RMN se encuentra en el sitio anatómico L4-L5 y si este sitio se correlaciona significativamente con un mayor número de factores de riesgo cardiovascular en adultos masculinos jóvenes sanos de 21 a 32 años. Un objetivo secundario fue evaluar la correlación de los factores de riesgo cardiovascular analizados con los indicadores de adiposidad en comparación con el sitio que mejor predice el tejido adiposo visceral.

La obesidad abdominal y específicamente el tejido adiposo visceral (TAV) ha sido asociado a factores de riesgo cardiovascular (FRC) como la resistencia a la insulina, diabetes 2 y enfermedades cardiovasculares (Kahan y Flier., 2000). Para examinar de forma precisa el área del TAV se requieren imágenes precisas y confiables. La resonancia magnética (RMN) y la tomografía axial computarizada (TAC) son excelentes métodos para este propósito por su tecnología. En ambos métodos para cuantificar el TAV se suelen emplear diversos cortes o imágenes que toman como referencia diferentes sitios anatómicos vertebrales, por ejemplo de L4-L5.

Aunque es el estándar de oro en imagenología, la TAC tiene la desventaja de la radiación a la que se expone un paciente. Por su parte la RMN no tiene este inconveniente pero permanece el del costo por examen; aproximadamente \$ 5,000.00. Para compensar este costo, los investigadores en vez de emplear diversas imágenes (protocolo completo) han sugerido emplear una sola imagen o corte, principalmente el espacio intervertebral L4-L5 o a nivel del ombligo. La selección de este espacio intervertebral se basa en estudios que sugieren que es el sitio anatómico que mejor predice el volumen total del tejido adiposo visceral (Gronemeyer *et al.*, 2000; Matsuzawa *et al.*, 1995; Kvist *et al.*, 1988). Sin embargo, estudios recientes muestran que imágenes simples tomadas en

sitos anatómicos superiores a este nivel presentan asociaciones más fuertes con el volumen total del tejido adiposo visceral, además de correlaciones más altas con factores de riesgo cardiovascular (Abate *et al.*, 1997; Demerath *et al.*, 2007; Demerath *et al.*, 2008; Han *et al.*, 1997; Kuk *et al.*, 2006b; Shen *et al.*, 2004; Shen *et al.*, 2007).

### **8.1 ¿El sitio anatómico L4-L5 representa el corte que con una sola imagen de RMN predice mejor el volumen de tejido adiposo visceral?**

El presente estudio muestra que el espacio anatómico vertebral L4-L5 no es el sitio de mejor predicción del volumen del tejido adiposo visceral. El conjunto de imágenes que predijeron mejor ( $R^2: >0.95$ ) el área de TAV se encontraron entre los sitios 7 cm a 13 cm arriba de L4-L5. Específicamente, la imagen localizada 10 cm arriba (o + 10 cm) de L4-L5 explicó el 97% de la varianza del volumen total del TAV ( $R^2: >0.9749$ , error estándar = 0.1390). Esto coincide con los resultados de Shen y col. (2004) quienes reportaron que el área de TAV localizada 10 cm arriba de L4-L5 en hombres presentaba la más alta correlación con el volumen de TAV (en mujeres, ellos reportaron y 5 cm arriba de L4-L5).

De igual forma, Demerath y col. (2007) encontraron que las imágenes localizadas entre 5 y 10 cm por arriba del espacio intervertebral L4-L5, estaban altamente correlacionadas con el volumen total de TAV ( $r > 0.95$ ). El nivel de predicción del TAV que encontraron fue equivalente para hombres y mujeres de raza negra y blanca. Sin embargo, propusieron el corte 6 cm arriba de L4-L5 (aproximadamente vértebra L3) como el mejor sitio predictor del TAV para todas las razas y todos los grupos de estudio ( $R^2 = 0.9737$ ). Abate y col. (1994) y Han *et al.* (1997) concluyeron también que una imagen a nivel del espacio intervertebral L2-L3 generaba la más alta predicción del total de tejido adiposo visceral.

Kuk y col. (2006b) encontraron que los sitios L1-L2 y L2-L3 (aprox. 9 cm y 6 cm arriba de L4-L5) tenían significativamente la correlación más alta con el volumen de TAV y el error estándar de estimación más bajo que las demás imágenes; pero este estudio tenía la limitación que solo establecieron 8 sitios de espacios intervertebrales, y no utilizaron imágenes continuas. El empleo de imágenes continuas es importante para establecer con exactitud el sitio de mayor predicción con el volumen de TAV. Nuestro estudio empleó 24 imágenes continuas.

Es necesario señalar que el sitio con mayor volumen de TAV no necesariamente es el sitio que mejor predice el volumen total del TAV. En nuestro estudio se encontró que el sitio con una mayor área de TAV fue 8 cm arriba de L4-L5; sin embargo, el sitio de mejor predicción que encontramos fue de 10 cm arriba de L4-L5. Kuk y col. (2006b) también reportaron que las imágenes localizadas en L1-L2 y L3-L4 tuvieron el más alto promedio de TAV, sin embargo solamente L1-L2 predijo con mayor fuerza el volumen total de TAV. Esta misma situación fue reportada por Shen y col. 2004 quienes reportaron un sitio con mayor volumen de TAV (+ 7 cm aprox. en hombres) diferente al sitio (+ 10 cm arriba L4-L5) que mejor predijo el TAV al que mejor predijo el VTA. Esta discrepancia entre que el sitio de mayor volumen de tejido adiposo no sea necesariamente el mismo sitio que mejor predice el TAV total puede ser atribuido a que el tejido adiposo visceral tiene dos componentes, el tejido intraperitoneal y el extraperitoneal; una de las diferencias importantes entre estos dos tejidos es que el primero es metabólicamente más activo (Shen *et al.*, 2003). Otra diferencia es que la proporción o relación de ambos tipos de tejido varía en toda la cavidad abdominal. Por lo tanto, por ejemplo, una imagen que contenga más tejido intraperitoneal se podrá correlacionar mejor el volumen total del TAV, sin necesidad de que tenga el mayor contenido de área adiposa.

## 8.2 ¿El sitio anatómico de mejor predicción se correlaciona de forma significativa con el mayor número de los factores de riesgo cardiovascular (FRC) evaluados?

Nuestro estudio muestra que el sitio anatómico + 10 cm por arriba de L4-L5 encontrado como el mejor corte para predecir el TAV total no es el sitio que se correlacionó de forma significativa con el mayor número de los FRC evaluados. De hecho, los sitios + 6, + 7 y + 8 cm presentaron el mismo número de correlaciones significativas con el TAV total predecido que el sitio + 10 cm. Aunque las correlaciones de los sitios + 6, + 7 y + 8 fueron equivalentes estadísticamente entre ellas ( $p < 0.05$ ) pero no con el sitio + 10 cm, todos los sitios coincidieron con cada uno de los FRC. Esto sugiere que el sitio + 10 cm al tener las mismas correlaciones significativas (que + 6, + 7 y + 8 cm) y el mejor valor de predicción con el volumen del TAV puede mantenerse como el mejor sitio de elección para una sola imagen por RMN.

Demerath *et al.* (2008) reportaron que en hombres a partir de + 3 cm a + 10 cm por arriba (del espacio intervertebral L4-L5 ó 0 cm) se presentaban las más altas correlaciones (hombres :  $r$  0.16-0.46, mujeres  $r$  0.17-0.43) entre el área de TAV y algunos factores de riesgo cardiometabólico (glucosa sérica, colesterol total, colesterol HDL y LDL, triglicéridos, presión arterial sistólica, proteína C reactiva y un modelo homeostático para evaluar resistencia a la insulina). En nuestro estudio observamos de forma similar que entre los sitios + 3 cm y + 8 cm, se presentaron las correlaciones más fuertes entre el TAV con algunos factores de riesgo cardiovascular. Otro estudio encontró que entre los sitios T12-L1 y L1-L2 (aproximadamente entre + 9 cm y + 12 cm) se observaron las correlaciones más fuertes con el síndrome metabólico que los sitios L4-L5 (Kuk *et al.*, 2006). Nuestro estudio, enfatizando, encontró que entre los sitios + 6 cm y + 10 cm se presentaron las más altas correlaciones con los FRC.



### **8.3 ¿En comparación con el sitio de mejor predicción del volumen del TAV, otros indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal se correlacionan también significativamente con los FRC?**

Este estudio muestra que el IMC y la circunferencia de cintura fueron los indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal que se correlacionaron significativamente con el mismo número de FRC (seis) que el sitio +10 cm. Los indicadores de riesgo evaluados fueron la velocidad de onda de pulso, presión arterial diastólica, colesterol LDL, colesterol total, triglicéridos y glucosa. No obstante, el sitio + 10 cm fue el único que se correlacionó significativamente con la velocidad de onda de pulso mientras que el IMC fue el único que lo hizo con la presión arterial sistólica. El sitio anatómico + 10 cm, el % de grasa corporal y la circunferencia de cintura se correlacionaron significativamente con la glucosa pero no el IMC. El único indicador de riesgo cardiovascular no correlacionado con los indicadores de adiposidad fue la presión de pulso (PP).

Ho y col. (2001) también encontraron que en hombres el IMC fue el indicador mejor correlacionado con factores de riesgo metabólico como insulina y triglicéridos en comparación con las mujeres, en quienes se encontró la correlación con estos factores con el índice cintura-cadera.

Un FRC importante y recientemente reconocido como factor independiente es la velocidad de la onda de pulso o VOP (Laurent *et al.*, 2006). La VOP es un indicador de la rigidez arterial y pronóstico de aterosclerosis (Estadella *et al.* 2010). Los valores reportados en sujetos sanos de la VOP braquial-radial son de 6.16 a 10.95 m/s (Chiu *et al.* 1991, Wilkinson *et al.* 1998, Graf *et al.* 2000). Los pacientes de nuestro estudio tuvieron una VOP dentro de ese rango ( $7.1 \pm 1.5$  m/s). En nuestro estudio, la VOP, a diferencia de los otros indicadores de adiposidad fue la única que correlaciono de forma significativa con el sitio o corte a +10 cm.

En adultos mayores, la VOP aortica tuvo la asociación más fuerte con el tejido adiposo visceral (Sutton-Tyrrell *et al.*, 2001). A esta edad tanto el TAV y la VOP aumentan en magnitud. Jung y col. 2010 después de estudiar la relación entre la VOP braquial-tobillo y los indicadores de adiposidad (cintura e índice cintura-cadera), concluyeron que la circunferencia de cintura fue la única asociada significativamente con la VOP en mujeres pero no en hombres de más de 40 años de edad. Por otra parte, Orr y col. (2008), sometieron a adultos jóvenes a una dieta hipercalórica por 8 semanas. Los resultados mostraron que además del peso corporal, los pacientes aumentaron el contenido de tejido adiposo visceral y subcutáneo, y además presentaron una mayor rigidez arterial. El grado de aumento de rigidez arterial fue determinado en parte por el aumento del tejido adiposo visceral, independientemente de la cantidad de grasa total incrementada.

Por último, aunque la presión de pulso no se correlacionó de forma significativa con el sitio + 10 cm de mejor predicción del TAV o los otros indicadores de adiposidad, se considera también un indicador importante de riesgo cardiovascular (Fang *et al.* 2000). El promedio de la presión de pulso en los participantes de este estudio fue de  $39.4 \pm 9.0$  mmHg. Fang y col. (2000) reportaron que sujetos jóvenes de sexo masculino con una presión de pulso  $\geq 48$  mmHg tenían mayor riesgo de mortalidad cardiovascular en comparación con personas con presión de pulso  $< 36$  mmHg.

## 9. CONCLUSIONES

En conclusión, este estudio muestra que en jóvenes adultos masculinos de de 21 a 32 años el sitio anatómico L4-L5 no es el que mejor predice el volumen de tejido adiposo visceral abdominal con un solo corte por resonancia magnética nuclear (RMN). El sitio anatómico + 10 cm por arriba de L4-L5 es el mejor corte con una mayor predicción del volumen del tejido adiposo visceral.

En nuestro estudio también hipotetizamos que el sitio anatómico de mejor predicción del volumen de tejido adiposo visceral encontrado se correlacionaría significativamente con un mayor número de los factores de riesgo cardiovascular evaluados. Los resultados rechazan esta hipótesis; el sitio + 10 cm por arriba de L4-L5 como mejor predictor del TAV no fue el que se correlacionó significativamente con el mayor número de FRC; los sitios entre + 6 a + 8 cm también se correlacionaron con el mismo número de FRC que a + 10 cm. No obstante, dado que el valor predictivo del volumen del TAV es importante, el sitio + 10 cm puede considerarse como una referencia válida para realizar un solo corte o imagen por RMN.

Por último, en comparación con otros indicadores de adiposidad y distribución de grasa corporal como el IMC y la circunferencia de cintura, el sitio + 10 cm presentó también correlaciones significativas y con un mismo número de FRC. No obstante, la glucosa sérica no se asoció significativamente con el IMC. Por otra lado, la velocidad de la onda de pulso, un factor independiente de riesgo cardiovascular, fue el único asociado con el sitio + 10 cm. Esto sugiere que el empleo de la RMN en estudios de intervención sobre la función endotelial circulatoria y el riesgo de otros padecimientos como la aterosclerosis es pertinente. Además, los resultados de este estudio revalidan que el sitio + 10 cm puede ser más confiable que el sitio L4-L5 (sitio cero) para la asociación con

factores de riesgo cardiovasculares en estudios epidemiológicos y de intervención.

El presente estudio incluyó pacientes con IMC adecuado y con sobrepeso. No obstante el número de muestra en cada grupo (15 con IMC saludable y 25 con IMC sobrepeso) es insuficiente para establecer diferencias entre los dos grupos con todas las variables que se analizaron. Este estudio continuará para determinar la influencia del grado de IMC y la variación del TAV entre sujetos con un peso adecuado y con sobrepeso sobre la selección del sitio anatómico de mejor predicción y la utilidad para el pronóstico de indicadores de riesgo cardiovascular.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abate N, Burns D, Peshock R, et al. (1994). Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: validation against dissection in human cadavers. *Journal of Lipid Research*, 35: 1490-1496.

Abate N, Garg A, Peshock R, et al. (1995). Relationships of generalized and regional adiposity to insulin sensitivity. *The Journal of Clinical Investigation*, 96:88-98.

Abate N, Garg A, Coleman R, et al. (1997). Prediction of total subcutaneous abdominal, intraperitoneal, and retroperitoneal adipose tissue masses in men by a single axial magnetic resonance imaging slice. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65:403-408.

Altomonte J, Harbaran S, Dong R, et al. (2003). Fat depot-specific expression of adiponectin is impaired in Zucker fatty rats. *Metabolism Clinical and Experimental*, 52 (8): 958-963.

Anan F, Masaki T, Umenoc Y, et al. (2008). Correlations of visceral fat accumulation and atherosclerosis in Japanese patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism Clinical and Experimental*, 57: 280-284.

Carmona R, Acosta F, Pérez A, et al. (2006). Presión arterial media y presión del pulso en pacientes hipertensos jóvenes. *Medicina Clínica (Barcelona)*, 126(8):289-290.

Chan R, Woo J. (2010). Prevention of Overweight and Obesity: How effective is the current public health approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7:165-783.

Czernichow S, Bertrais S, Oppert J-M, et al. (2005). Body composition and fat repartition in relation to structure and function of large arteries in middle-aged adults (the SU.VI.MAX study). *International Journal of Obesity*, 29, 826-832.

Daniels S, Morrison J, Sprecher D, et al. (1999). Association of body fat distribution and cardiovascular risk factors in children and adolescents. *Circulation*, 99: 541-545.

Demerath E, Shen W, Lee M, et al. (2007) Approximation of total visceral adipose tissue with a single magnetic resonance image. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85:362-368.

Demerath E, Reed D, Rogers N, et al. (2008). Visceral adiposity and its anatomical distribution as predictors of the metabolic syndrome and cardiometabolic risk factor levels. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88:1263–1267.

Després J-P, Lemieux I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, 444 (14):881-887.

Diamant M, Lamb H, Van de Ree M, et al. (2005). The association between abdominal visceral fat and carotid stiffness is mediated by circulating inflammatory markers in uncomplicated type 2 diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90:1495-1501.

Estadella C, Vázquez S, Oliveras A. (2010). Rigidez arterial y riesgo cardiovascular. *Hipertensión y riesgo vascular*.27 (5): 203-210.

Fang J, Madhavan S, Alderman MH. (2000). Pulse pressure: a predictor of cardiovascular mortality among young normotensive subjects. *Blood Pressure*, 9(5): 260-266.

Ferguson M, Capra S, Bauer J, et al. (1999). Development of a valid and reliable malnutrition screening tool for adult acute hospital patients. *Nutrition*, 15 (6), 458-464.

Ferreira A, Santos M, Barbosa J, et al. (2004a). Determination of radial artery compliance can increase the diagnostic power of pulse wave velocity measurement. *Physiological measurement*, 25: 37-50.

Ferreira I, Snijder M, Twisk J, et al. (2004b). Central fat mass versus peripheral fat and lean mass: opposite (Adverse versus favorable) associations with arterial stiffness? The Amsterdam growth and health longitudinal study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89: 2632-2639.

Gastaldelli A, Miyazaki Y, Pettiti M, et al. (2002). Metabolic effects of visceral fat accumulation in type 2 diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87 (11): 5098-5103.

Glickman S, Marn Ch, Supiano M, et al. (2004). Validity and reliability of dual –energy X-ray absorptiometry for the assessment of abdominal adiposity. *Journal of Applied Physiology*, 97:509-514.

Gray D, Fujioka K, Colletti P, et al. (1991). Magnetic-resonance imaging used for determining fat distribution in obesity and diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54:623-627.

Gronemeyer S, Steen R, Kauffman W, et al. (2000). Fast adipose tissue (FAT) assessment by MRI. *Magnetic Resonance Imaging*, 18:7, 815-818.

Goodpaster B, Thaete F, Simoneau J, et al. (1997). Subcutaneous abdominal fat and thigh muscle composition predict insulin sensitivity independently of visceral fat. *Diabetes*, 46:1579-1585.

Hamdy O, Porramtikul S, Al-Ozairi E, et al. (2006). Metabolic obesity: the paradox between visceral and subcutaneous fat. *Current Diabetes Reviews*, 2(4): 367-373.

Han TS, Kelly IE, Walsh K, et al. (1997). Relationship between volumes and areas from single transverse scans of intra-abdominal fat measured by magnetic resonance imaging. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 21 (12): 1161-1166.

Hayashi T, Boyko E, Leonetti D, et al. (2004). Visceral adiposity is an independent predictor of incident hypertension in japanese americans. *Annals of internal medicine*, 140: 992-1000.

Hegazi R, Sutton-Tyrell K, Evans R, et al. (2003). Relationship of adiposity to subclinical atherosclerosis in obese patients with type 2 diabetes. *Obesity Research*, 11: 1597-1605.

Heymsfield S, Lohman T, Wang Z, Going S. (2007). Composición corporal. Mc Graw Hill, p.p 63-78, 129-134.

Ho SC, Chen YM, Woo JLF, et al. (2001). Association between simple anthropometric indices and cardiovascular risk factors. *International Journal of Obesity*; 25, 1689-1697.



Ibrahim M. (2010). Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. *Obesity reviews*; 11, 11-18.

Infante O, Sánchez G, Martínez R, et al. (1999). Sistema para la medición no invasiva de la velocidad del pulso arterial en diferentes territorios vasculares. *Archivos del Instituto de Cardiología de México*, 69: 330-337.

Jellinger P. (2000). The american association of clinical endocrinologists medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and treatment of dyslipidemia and prevention of atherogenesis. *Endocrine Practice*, 6(2):163-213.

Jung M, Kyung M, Shin J, et al. (2010). Relations of pulse wave velocity to waist circumference independent of hip circumference. *Epidemiology and health*, 32:1-7.

Kahan B, Flier J. (2000) Obesity and insulin resistance. *The Journal of Clinical Investigation*, 106:478-481.

Katsi V, Skiadas I, Souretis G, et al. (2010) Visceral adiposity: discordance between arterial stiffness and peripheral wave reflections, 28:e51.

Koning L, Merchant A, Pogue J, Anand S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *European Heart Journal*, 28:850-856.

Kuk J, Katzmarzyk P, Nichaman M, et al. (2006a). Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity*, 14:336-341.

Kuk J, Church T, Blair S, Ross R, et al. (2006b). Does measurement site for visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue alter associations with the metabolic syndrome?. *Diabetes Care*, 29(3):670-684.

Kvist H, Chowdhury B, Grangard U, et al. (1998). Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *The American Journal of Clinical Nutrition*; 48:1351-1361.

Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, et al. (2006). Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *European Heart Journal*; 27- 2588-2605.

Lee S-W, Lee H-R, Shim J-Y, et al. (2007). Viscerally obese women with normal body weight have greater brachial-ankle pulse wave velocity than nonviscerally obese women with excessive body weight. *Clinical Endocrinology*, 66: 572-578.

Li Ch, Ford E, et al. (2006). Recent trends in waist circumference and waist-height ratio among US children and adolescents. *Pediatrics*, 118: e1390-e1398.

Lohman T, Roche A, Martorell R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.

Matsuzawa Y, Nakamura T, Shimomura I, et al. (1995). Visceral fat accumulation and cardiovascular disease. *Obesity Research*, 5:645-647.

Millar J, Lever A, Burke V. (1999). Pulse pressure as a risk factor for cardiovascular events in the MRC mild hypertension trial. *Journal of Hypertension*, 17(8):1065-1072.

Natale F, Tedesco M, Mocerino R, et al. (2009). Visceral adiposity and arterial stiffness: echocardiographic epicardial fat thickness reflects, better than waist circumference, carotid arterial stiffness in a large population of hypertensives. *European Journal of Echocardiography*, 10(4):549-555.

NORMA Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-1999, Para la prevención, tratamiento y control de la hipertensión arterial.

Olaiz G, Rivera J, Shamah T, Rojas R, Villalpando S, Hernández M. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2006.

OMS (1995). *El estado físico: Uso e interpretación de la antropometría*: Informe de un comité de expertos de la OMS. Ginebra: OMS.

Orr J, Gentile C, Davy B, Davy K. (2008). Large artery stiffening with weight gain in humans. Role of visceral fat accumulation. *Hypertension*, 51: 1519-1524.

Paajanen T, Oksala N, Kuukasjärvi P, Karhunen P. (2010). Short stature is associated with coronary heart disease: a systematic review of the literature and a meta-analysis. *European Heart Journal*, doi:10.1093/eurheartj/ehq155

Rankinen T, Kim S-Y, Pérusse L, et al. (1999). The prediction of abdominal visceral fat level from body composition and anthropometry: ROC analysis. *International Journal of Obesity*, 23: 801-809.

Ritchie C and Davidson R. (2007). Regional body composition in college-age Caucasians from anthropometric measures. *Nutrition & Metabolism*, 4:29.

Ross R, Aru J, Freeman J, et al. (2002). Abdominal adiposity and insulin resistance in obese men. *American Journal of Physiology, Endocrinology and metabolism*, 282: E657-E663.

Ruderman N, Chisholm D, Sunyer X, Schneider S. (1998). The metabolically obese, normal weight individual. *Diabetes*, 47:699-713.

Safar M, Czernichow S, Blacher J. (2006). Obesity, arterial stiffness and cardiovascular risk. *Journal of the American Society of Nephrology*, 17:S109-S111.

Sandeep S, Gokulakrishnan K, Velmurugan K. (2010). Visceral & subcutaneous abdominal fat in relation to insulin resistance & metabolic syndrome in non-diabetic south Indians. *Indian Journal of Medical Research*, 131:629-635.

Savva SC, Tornaritis M, Savva ME, et al. (2000). Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. *International Journal of Obesity*, 24:1453-1458.

Shaikh W, Patel M, Singh SK. (2010). Association of adiposity with pulse pressure amongst gujarati indian adolescents. *Indian Journal of Community Medicine*, 35 (5): 406-408.

Shen W, Wang Z, Punyanitya M, et al. (2003). Adipose tissue quantification by imaging methods: a proposed classification. *Obesity Research*, 11(1): 5-16.

Shen W, Punyanitya M, Wang Z, et al. (2004). Visceral adipose tissue: relations between single-slice areas and total volume. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80:271-278.

Shen W, Punyanitya M, Chen J, et al. (2007). Visceral adipose tissue: relationships between single slice areas at different locations and obesity-related health risks. *International Journal of Obesity (Lond)*.31 (5): 763-769.

Sjöström C, Håkangård A, Lissner L, et al. (1995). Body compartment and subcutaneous adipose tissue distribution – risk factor patterns in obese subjects. *Obesity Research*, 3:9-22.

So R, Matsuo T, Sasal H, et al. (2012). Best single-slice measurement for estimating visceral adipose tissue volume after weight loss in obese, Japanese men. *Nutrition & Metabolism*, 9:56.

Sparling P, Snow T, Beavers B. (1999). Serum cholesterol levels in college students: opportunities for education and intervention. *Journal of American college Health*, 48(3):123-127.

Sutton-Tyrrell K, Newman A, Simonsick E, et al. (2001). Aortic Stiffness is associated with visceral adiposity in older adults enrolled in the study of health, aging, and body composition. *Hypertension*, 38:429-433.

Tranche S, Marín R, Prieto M, et al. (2001). La presión de pulso como marcador de riesgo cardiovascular. *Hipertensión*, 18 (5):218-224.

Urbina E, Williams R, Alpert B, et al. (2009). Noninvasive assessment of subclinical atherosclerosis in children and adolescents: recommendations for standard assessment for clinical research: a scientific statement from the american heart association. *Hypertension*, 54:919-950.

Vague J. (1956). The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 4 (1):20-34.

Wang Y, Rimm EB, Stampfer MJ, et al. (2005). Comparison of abdominal adiposity and overall obesity in predicting risk of type 2 diabetes among men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(3): 555-563.

Wildman R, Mackey R, Bostom A, et al. (2003). Measures of obesity are associated with vascular stiffness in young and older adults. *Hypertension*, 42:468-473.

Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, et al. (2004). Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet*, 364(9438):937-952.

Zeng Q, Nan Sun X, Fan L, et al. (2008). Correlation of body composition with cardiac function and arterial compliance. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 35: 78–82.

## **11. ANEXOS**

### **ANEXO A Consentimiento informado**

**Universidad Autónoma de Nuevo León.**

**Facultad de Salud Pública y Nutrición**

#### **Forma de consentimiento informado**

**Investigación:** Predicción del volumen del tejido adiposo visceral con una imagen simple de resonancia magnética y su relación con factores de riesgo cardiovascular en hombres adultos jóvenes.

Por este medio me permito invitarlo a usted a participar en el protocolo de investigación “Predicción del volumen del tejido adiposo visceral con una imagen simple de resonancia magnética y su relación con factores de riesgo cardiovascular en hombres adultos jóvenes.” el cual se realizará en la Facultad de Salud Pública y Nutrición de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Dicho estudio tiene como objetivo principal: identificar el sitio anatómico de mayor predicción del volumen de tejido adiposo visceral abdominal y determinar si el sitio anatómico identificado se asocia significativamente con algunos factores de riesgo cardiovascular en hombres de 21 a 32 años.

Una vez enterado de la importancia del proyecto, se le exhorta a leer las siguientes cláusulas:

Me doy por enterado que:

- a) Se me medirán la talla, el peso y la circunferencia de cintura.
- b) Se me realizarán mediciones de composición corporal por DXA (absorciometría dual de rayos X) en el laboratorio de Composición Corporal de la Facultad de Salud Pública y Nutrición y por Resonancia magnética en el Centro de Radiodiagnóstico e imagen.

- c) Se me tomará muestra de sangre, para determinación de colesterol, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicéridos y glucosa.
- d) Por medio de un aparato similar al electrocardiograma, se me registrará la velocidad de onda de pulso, para determinar mi rigidez arterial.
- e) Se me tomará la presión arterial.
- f) Que se me proporcionarán todos los datos que se me midan y la interpretación de los resultados correspondientes así como información adicional del estado de salud nutricia de mi parte como beneficios directos por participar en el estudio.
- g) Que estoy en mi derecho de retirarme del estudio en cualquier momento si así lo deseo y sin ningún compromiso.

Reconozco que este estudio no representa ningún tipo de riesgo para mi salud.

Nombre:

---

Dirección:

---

Teléfono: \_\_\_\_\_

Mail: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_ d/ \_\_\_\_ m/ \_\_\_\_ a

---

Firma



## ANEXO B

### FORMATO DE LLENADO DE DATOS

#### Velocidad de Onda de Pulso (VOP)

#### Sistema de Evaluación Cardi Arterial



Nombre

[\_\_\_\_\_]

Fecha: d[ ]I[ ]m[ ]I[ ]a[ ]I[ ] : ID [ ]I[ ]I[ ]I[ ]

#### Posición Clinostatica

• Distancia Braquial-Radial (cm)	
• Distancia Braquial-Digital (cm)	
• Presión Sistólica mm/Hg	
• Presión Diastólica mm/Hg	
• PP mm/Hg	
• PM mm/Hg	

	Mediciones				Promedio
	1	2	3	4	
• VOP Braquial-Radial					
• VOP Braquial-Digital					

**Facultad de Salud Pública y Nutrición**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública. Área de Gasto Energético y Composición Corporal**  
**ANEXO C**

**“Hoja de vaciado de datos antropométricos ”**

Día de la medición d[ ][ ]m[ ][ ]a[ ][ ] Número de Expediente ó ID [ ] - [ ][ ][ ][ ]

**Datos del sujeto**

Nombre [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Grupo edad: [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

Fecha nacimiento	d[ ][ ]m[ ][ ]a[ ][ ]	Edad años [ ][ ] Meses [ ][ ]	Sex M [ ][ ] F [ ][ ]
------------------	-----------------------	-------------------------------	--------------------------

**Antropometría básica**

Peso kg	Estatura / Longitud cm	Perímetro de cuello cm	Longitud brazo cm	Perímetro parte media brazo cm
1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]
2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]
Pliegue subescapular mm	Pliegue tricipital mm	Anchura codo cm	Perímetro muñeca cm	Cintura 1 Lohman cm
1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	Apófisis distal	+ prominente
2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]
3 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	3 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]	2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ]
Cintura 2 Última costilla cm	Cintura 3 NHANES cm Debajo ombligo	Cintura 4 OMS cm Cresta iliaca/ult. costilla	Perímetro cadera cm max glúteos	Diámetro abdominal cm



## ANEXO D

### Historia Clínica del Adulto

<b>Municipio</b>		<b>Localidad</b>		<b>FOLIO</b>	[ ] - [ ][ ][ ]
			<b>Fecha</b>	d[ ][ ]	M[ ][ ] a[ ][ ][ ][ ]

#### Ficha de Identificación

<b>Nombre</b>		Edad años [ ][ ]
---------------	--	------------------

Genero M [ ] F [ ]	Fecha nacimiento día [ ][ ] Mes [ ] Año [ ]
--------------------	---

#### Datos Socioeconómicos

Ocupación [ ]	Horario [ ]	Ingreso mensual \$ [ ]
---------------	-------------	------------------------

#### Antecedentes Heredo Familiares

HTA [ ]	Hipercolesterolemia o hipertrigliceridemia [ ]	Infarto al miocardio [ ]
DM 2 [ ]	Otra [ ]	Prematuro: Hombres < 55 años [ ] Mujeres < 65 años [ ]

### Datos Patológicos

¿Actualmente presenta alguna enfermedad? cuál si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Marque con una "x" cuál:	En caso de ser SI ¿Cuál de las siguientes?: Marque con una "x" cuál específicamente:
<input type="checkbox"/> Cardiovasculares	HTA <input type="checkbox"/> insuficiencia cardiaca <input type="checkbox"/> infarto <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cardiocirculatorio	Varices <input type="checkbox"/> hinchazón de piernas <input type="checkbox"/> hemorragias <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cerebro vasculares	ACV <input type="checkbox"/> Alzheimer <input type="checkbox"/> Parkinson <input type="checkbox"/> hemorragias <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Endocrinológicas	Diabetes mellitus <input type="checkbox"/> hipotiroidismo <input type="checkbox"/> hipercolesterolemia <input type="checkbox"/> ó TG altos <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Musculo esquelético	Varices <input type="checkbox"/> hinchazón de piernas <input type="checkbox"/> varices <input type="checkbox"/> hemorragias <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Bucales	adoncia <input type="checkbox"/> gingivitis <input type="checkbox"/> lesiones en la lengua <input type="checkbox"/> carrillos <input type="checkbox"/> encías <input type="checkbox"/> paladar <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Gastrointestinal	úlcera <input type="checkbox"/> cáncer <input type="checkbox"/> diarreas <input type="checkbox"/> parásitos <input type="checkbox"/> hepatopatías <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cáncer	¿Cuál?
<b>Signos Clínicos</b>	

Cardiovascular	Otros
Edema si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Nicturia si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
Mareo si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Poliuria si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
Visión borrosa si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Insomnio si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
Zumbido oídos si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Depresión si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
Cefalea si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Vómito si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
Disnea si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Estreñimiento si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>

## Hábitos y Costumbres

Tabaco si [ ] no [ ] cantidad/día [ ]	Alcohol si [ ] no [ ] cantidad/día [ ] Cuál?: vino ó cerveza, por ejemplo:
Drogas si [ ] no [ ] cantidad/día [ ]	Medicamentos/día si [ ] no [ ] Cuales [ ] cantidad/día [ ]
Café si [ ] no [ ] tazas/día [ ]	Té si [ ] no [ ] tazas/día [ ]
Chocolate si [ ] no [ ] frecuencia [ ] Tipo [ ]	Refresco de cola si [ ] no [ ] refrescos/día [ ] Bebida energizantes si [ ] no [ ] ejemplos:
Actividad física si [ ] no [ ] Horas/día [ ] Tipo [ ]	Horas sueño [ ] Hora a la que se duerme [ ] Hora a la que se levanta [ ]

### Perfil Bioquímico

### Presión arterial

Accu Trend

Glucosa [                      mg/dl ]	Presión arterial 1 [            /            mm Hg ]
Colesterol [                      mg/dl ]	Presión arterial 2 [            /            mm Hg ]
Triglicéridos [                      mg/dl ]	Presión arterial 3 [            /            mm Hg ]

Evaluador: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_