

# EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN ARTERIAL

Dr .Mariano Forrester  
Servicio de Nefrología  
Hospital Británico de Buenos Aires

MODELADOS 3D



JOHNS

# ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DEL PULSO



# Que es la VOP ?

- La velocidad con la que la onda de pulso central se desplaza a través de las arterias de gran calibre
- Es una medida directa de rigidez arterial.
- $VOP = \text{distancia (m)} / \text{tiempo (s)}$

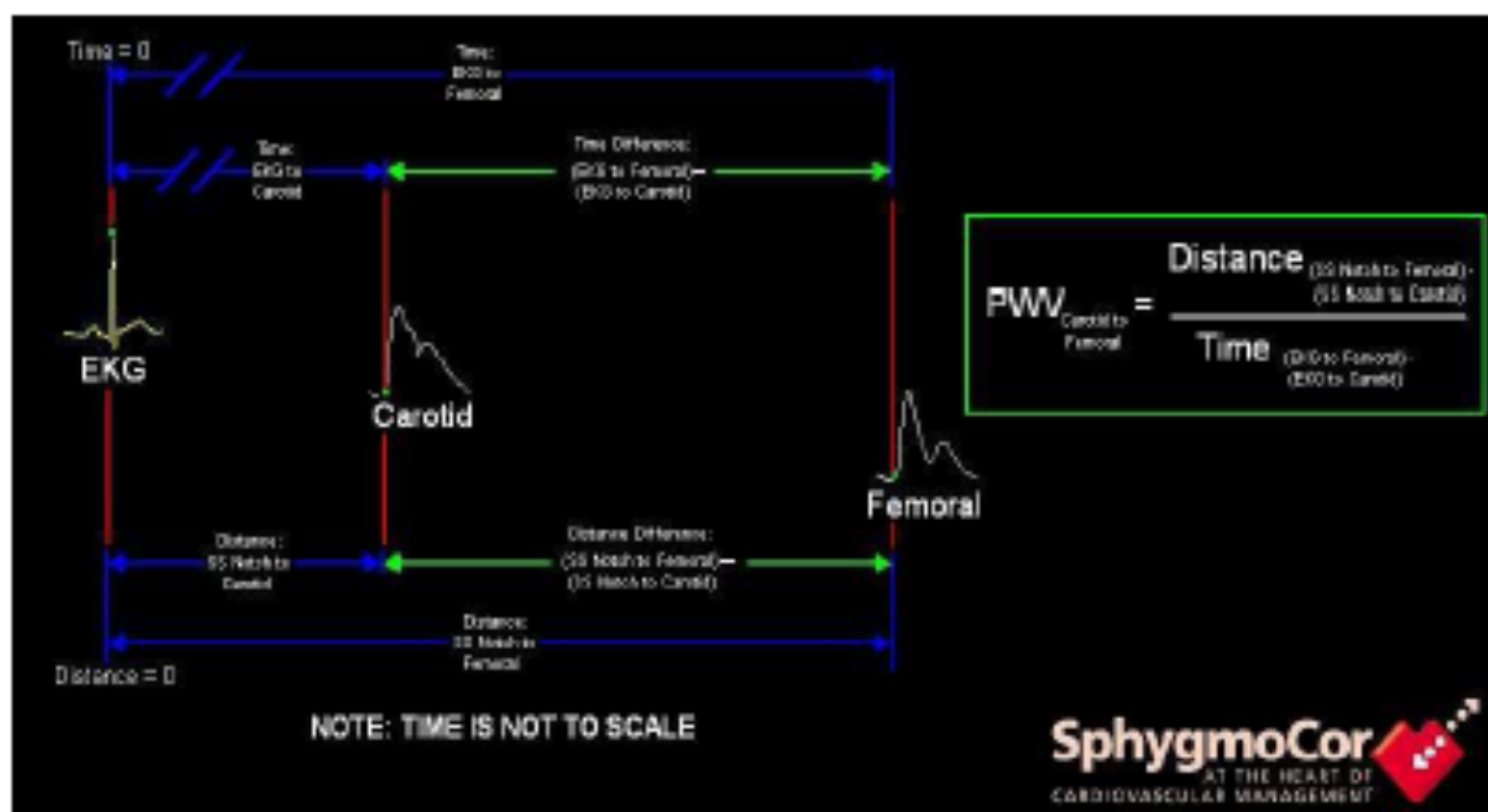
# Que es la VOP ?

- La velocidad con la que la onda de pulso central se desplaza a través de las arterias de gran calibre
- **Es una medida directa de rigidez arterial.**
- $VOP = \text{distancia (m)} / \text{tiempo (s)}$

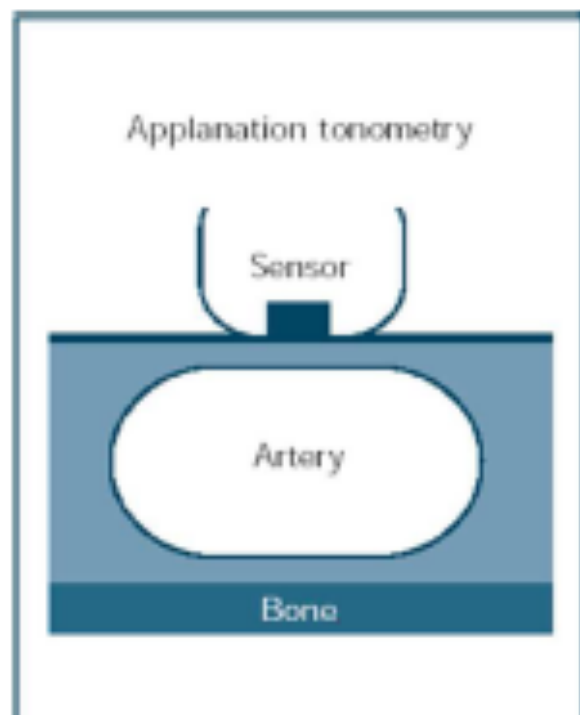
# Que es la VOP ?

- La velocidad con la que la onda de pulso central se desplaza a través de las arterias de gran calibre
- Es una medida directa de rigidez arterial.
- $VOP = \text{distancia (m)} / \text{tiempo (s)}$

# COMO SE MIDE LA VOP?



- Para representar la ondas de pulso el método que se utiliza de forma mas frecuente es la tonometría de aplanamiento



Sensor de presión

- Método incruento y reproducible para medir rigidez arterial



- Control de TA

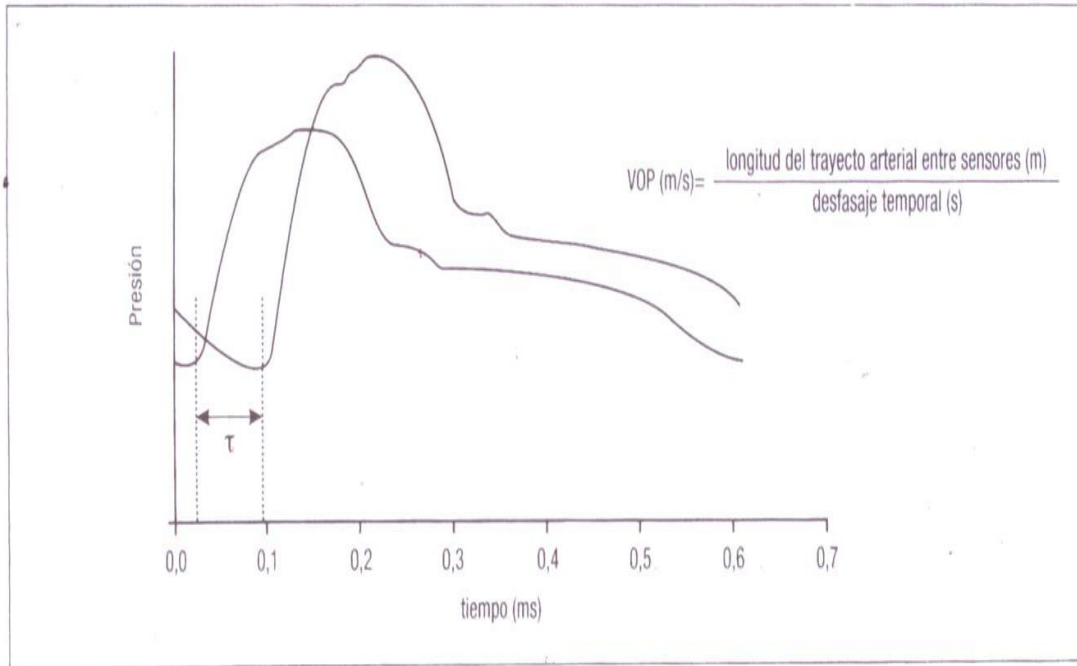
- Medición de la distancia entre punto carotideo y femoral

- Determinaciones de las ondas de la presión carotidea y femoral izquierda mediante transductores mecanográficos adosados a un polígrafo, posicionados en superficie sobre el latido de la art femoral y carótida homolateral.

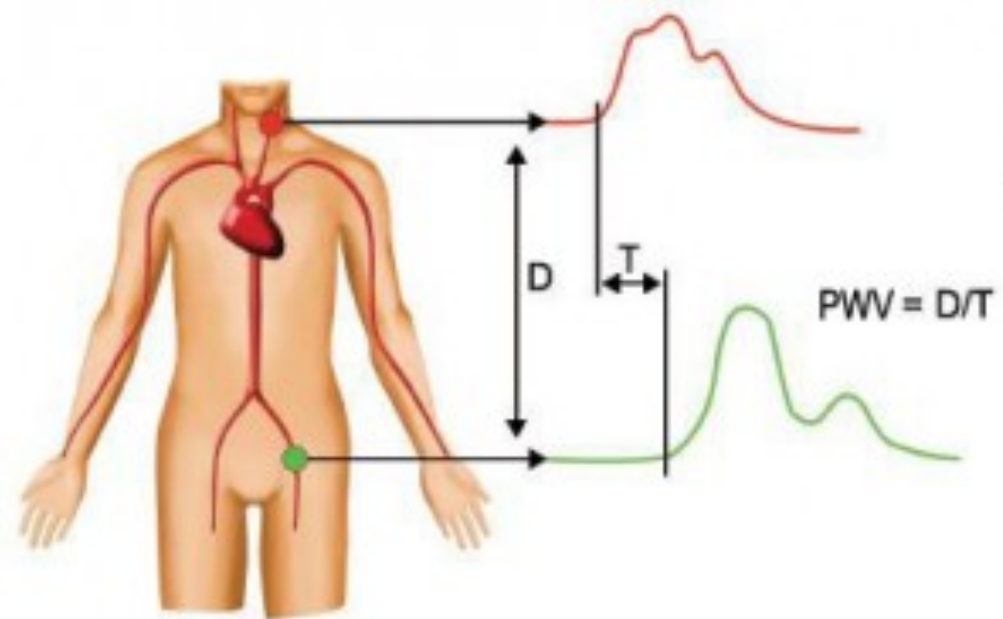
- Con dichas determinaciones se calcula la VOP en función del tiempo que separa ambos ondas arteriales carotideas y femoral y en función de la distancia medida.







Se midió el pie de la onda de pulso carótido y femoral con transductores mecanográficos y en función de la longitud entre los dos transductores y el tiempo se calcula la VOP.



## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Una arteria aorta con mucha “compliance” proporcionaría un VOP relativamente baja y una arteria aorta muy rígida proporcionaría una VOP relativamente elevada
- Según las Guías de la Sociedad Europea de Hipertensión una VOP por igual o por encima de 12 m/s se considera LOD

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Una arteria aorta con mucha “compliance” proporcionaría un VOP relativamente baja y una arteria aorta muy rígida proporcionaría una VOP relativamente elevada.
- Según las Guías de la Sociedad Europea de Hipertensión una VOP por igual o por encima de 12 m/s se considera LOD.

# Ejemplo práctico



## Estudios sobre asociaciones independientes entre parámetros de rigidez arterial y mortalidad o evento cardiovascular

**Table 1** Studies reporting independent associations between parameters of arterial stiffness and outcome variables

Principal Investigator	Predictor	Clinical setting (n)	Age (years)	Outcome variables	Relative risk (95% CI)
Blacher et al <sup>1</sup>	PWV	ESRD (241)	51	CV mortality	OR 5.9 (95% CI, 2.3–15.5) <sup>a</sup>
				All-cause mortality	OR 5.4 (95% CI, 2.4–11.9) <sup>a</sup>
Laurent et al <sup>2</sup>	PWV	HTs (1980)	50	CV mortality	OR 1.51 (95% CI, 1.08–2.11)
				All-cause mortality	OR 1.34 (95% CI, 1.04–1.74)
Meaume et al <sup>3</sup>	PWV	Elderly >70 years (141)	87	CV mortality	OR 1.19 (95% CI, 1.03–1.37)
Shoji et al <sup>4</sup>	PWV	ESDR (265)	55	CV mortality	HR 1.18 (95% CI, 1.00–1.39) <sup>b</sup>
				All-cause mortality	HR 1.16 (95% CI, 1.03–1.29) <sup>b</sup>
Boutouyrie et al <sup>5</sup>	PWV	HTs (1045)	51	CHD	HR 2.66 (95% CI, 1.27–5.56) <sup>b</sup>
				All CV events	HR 1.49 (95% CI, 0.82–2.71) <sup>b</sup>
Laurent et al <sup>6</sup>	PWV	HTs (1715)	51	Fatal stroke	OR 1.39 (95% CI, 1.08–1.72) <sup>b</sup>
Shokawa et al <sup>7</sup>	PWV	Hawaii-Los Angeles-Hiroshima study (492)	64	CV mortality	HR 4.24 (95% CI, 1.39–12.96) <sup>c</sup>
				All-cause mortality	HR 1.42 (95% CI, 0.96–2.11) <sup>c,d</sup>
Willum-Hansen et al <sup>8</sup>	PWV	General population, MONICA study (1678)	55	Composite CVEP	HR 1.17 (95% CI, 1.04–1.32)
				CV mortality	HR 1.20 (95% CI, 1.01–1.41)
				CHD	HR 1.16 (95% CI, 1.00–1.35)
Inoue et al <sup>11</sup>	PWV	Middle-aged and elderly Japanese men (3960)	61	All-cause mortality	OR 1.28 (95% CI, 0.97–1.68) <sup>e</sup>
Mitchell et al <sup>12</sup>	PWV	Framingham Heart	63	CV events	HR 1.48 (95% CI, 1.16–1.91) <sup>f</sup>

Notes: <sup>a</sup>Adjusted also for peripheral diastolic blood pressure; <sup>b</sup>adjusted also for peripheral blood pressure; <sup>c</sup>adjusted also for peripheral systolic blood pressure; <sup>d</sup> = 0.08; <sup>e</sup>adjusted also for peripheral pulse pressure; <sup>f</sup>adjusted also for 24-hour blood pressure.

Abbreviations: PWV, pulse wave velocity; PP, pulse pressure; AI, augmentation index; SBP, systolic blood pressure; ESRD, end-stage renal disease; HTs, hypertensive patients; CV, cardiovascular; CVEP, cardiovascular end point; NTs, normotensive subjects; RI, renal impairment; MI, myocardial infarction; CHD, coronary heart disease; SD, sudden death; CHF, congestive heart failure; CI, confidence interval; OR, odds ratio; HR, hazard ratio; MONICA, Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease.

# Aortic Stiffness Is an Independent Predictor of All-Cause and Cardiovascular Mortality in Hypertensive Patients

Stéphane Laurent, Pierre Boutouyrie, Roland Asmar, Isabelle Gautier, Brigitte Laloux, Louis Guize, Pierre Ducimetiere, Athanase Benetos

TABLE 3. Relative Risk of All-Cause Mortality According to Cardiovascular Risk Factors in Multivariate Analysis: Various Models Including PWV, PP, or SBP

Parameters	OR	Lower 95% CI	Higher 95% CI	P
Model 1 CHF=135				
Previous CVD, yes/no	4.31	2.79	6.88	<0.0001
Age, 10 y	1.78	1.46	2.17	<0.0001
HR, 10 bpm	1.29	1.08	1.55	<0.01
PWV, 5 m/s	1.34	1.04	1.74	0.02
Model 2 CHF=130				
Previous CVD, yes/no	4.42	2.78	7.03	<0.0001
Age, 10 y	1.92	1.59	2.31	<0.0001
HR, 10 bpm	1.34	1.13	1.60	<0.001
PP, 10 mm Hg	---	---	---	NS
Model 3 CHF=132				
Previous CVD, yes/no	4.34	2.72	6.92	<0.0001
Age, 10 y	1.89	1.56	2.28	<0.0001
HR, 10 bpm	1.31	1.10	1.56	<0.01
SBP, 10 mm Hg	1.06	0.97	1.17	NS

Diabetes (yes/no), included in each of the 3 models, was not significantly associated with all-cause mortality.

# Does aortic stiffness improve the prediction of coronary heart disease in elderly? The Rotterdam Study

GC Verwoert<sup>1,2</sup>, SE Elias-Smale<sup>1</sup>, D Rizopoulos<sup>3</sup>, MT Koller<sup>4</sup>, EW Steyerberg<sup>5</sup>, A Hofman<sup>1</sup>, M Kavousi<sup>1</sup>, EJG Sijbrands<sup>2</sup>, APG Hoeks<sup>3</sup>, RS Reneman<sup>7</sup>, FUS Mattace-Raso<sup>1,2</sup>, and JCM Witteman<sup>1</sup>

**Table 4** Coronary heart disease

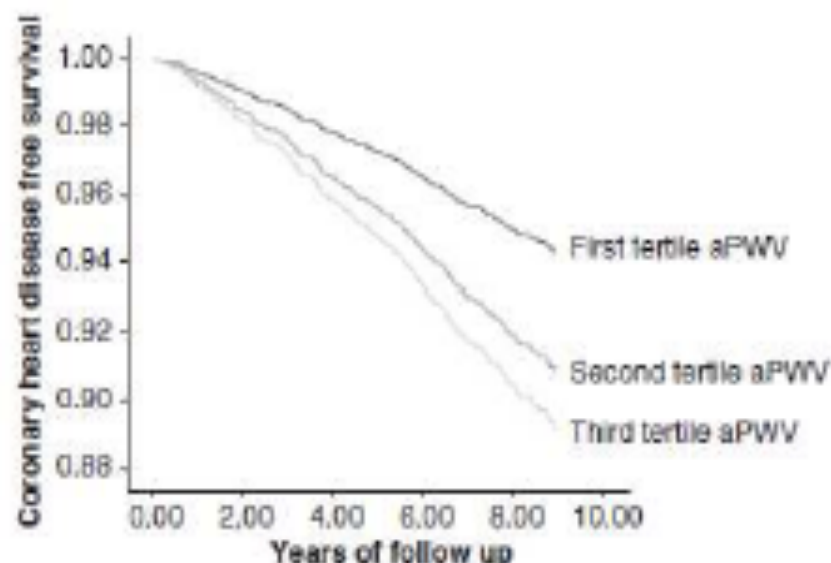
10-year risk for CHD

0-10% (low)

10-20% (intermediate)

>20% (high)

Abbreviations: aPWV, aortic



Additionally including aPWV

Total n reclassified (%)

% (high)

0 61 (5)

NA

1 (3) 79 (9)

.03-0.44

1 (94) 20 (6)

.24-0.36

**Figure 2** Coronary heart disease-free survival by tertiles of aPWV in models adjusted for age and gender.



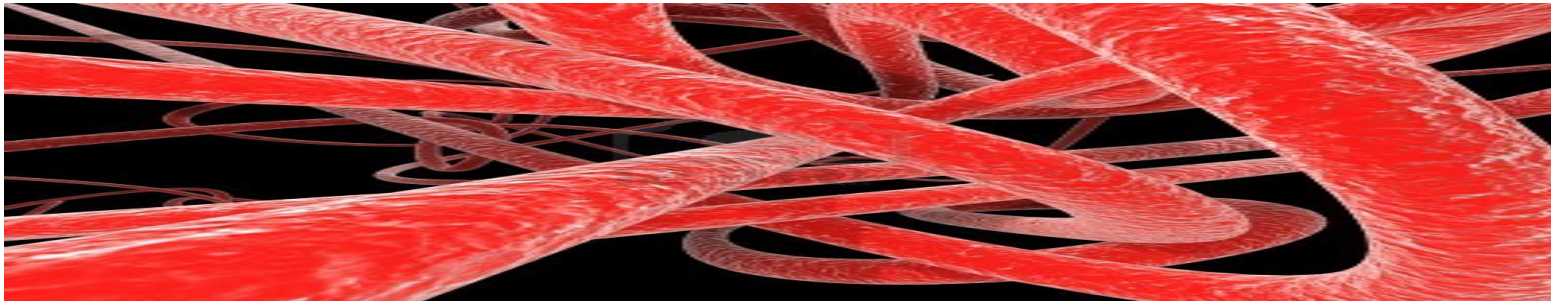
# CONCLUSIONES

- La detección precoz del daño vascular en el paciente con HTA contribuye a la correcta estratificación del riesgo vascular.

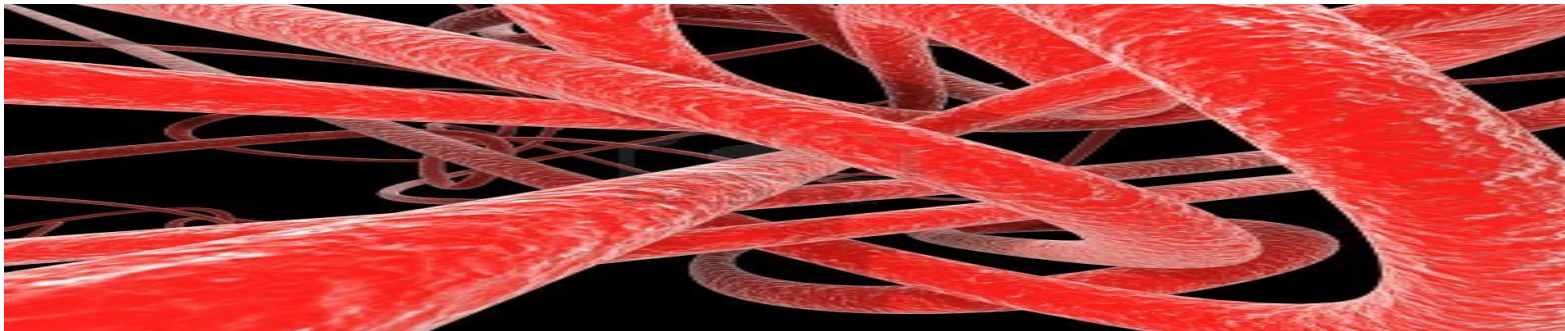




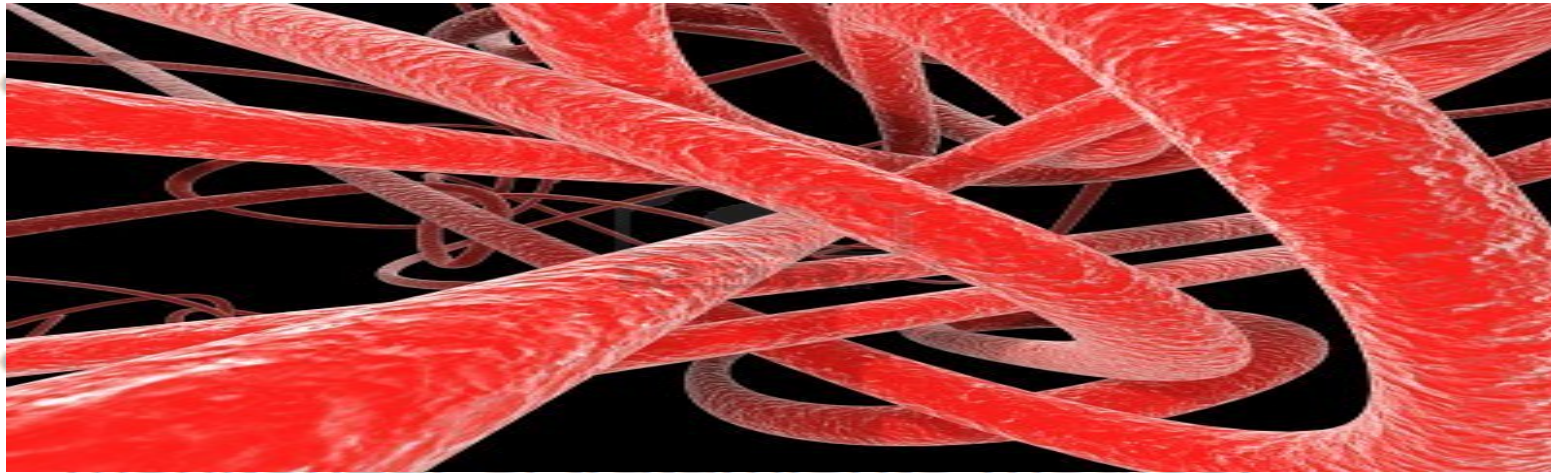
# CONCLUSIONES



- Puede resultar un instrumento útil para monitorizar el tratamiento médico.



# CONCLUSIONES



- La velocidad de la onda del pulso aórtica parece ser el mejor método para estimar la rigidez arterial como marcador de daño vascular.

# OTROS ESTUDIOS DE LA FUNCION ARTERIAL

.PRESION DE PULSO

.ESTUDIO DE LA ONDA REFLEJA

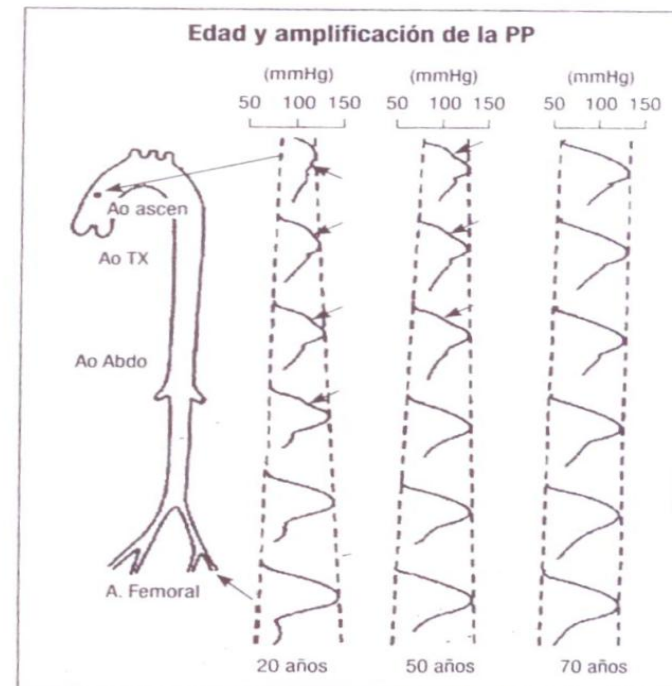
.INDICE DE AUMENTACIÓN



# Presión de pulso

PP : PAS/ PAD

A mayor PP,  
mayor rigidez arterial



Árbol arterial y las modificaciones de la PP a lo largo de este y las modificaciones sufridas por la edad. PP: presión de pulso; Ao TX: aorta torácica; Ao Ascend: aorta ascendente; AO Abdo: aorta abdominal.

# Estudio de la Onda Refleja

- La forma de la onda de la PA esta influenciada por la estructura y la función de las grandes y pequeñas arterias.
- Su forma varia también de acuerdo con el lugar donde se la registra

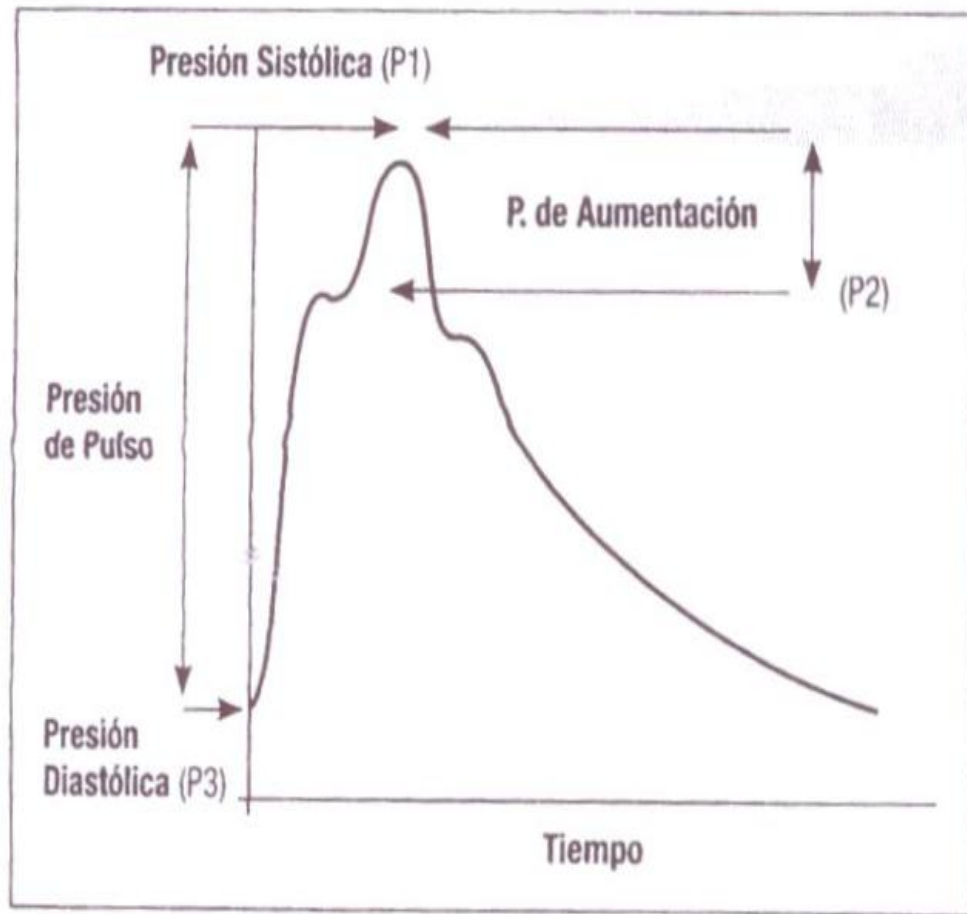
Hacia distal el pico de la presión sistólica es mas alto, la incisura dicota esta alterada .

El contorno de la onda de pulso depende de dos ondas : la onda incidente, generada por el volumen sistólico y la onda reflejada, generada por la reflexión de la sangre en las bifurcaciones arteriales y el tono de la pared arterial.

Normalmente la onda reflejada aparece después de la onda dicrota, una vez cerrada la válvula aortica en diástole

Pero en personas ancianas o con arteriopatía periférica y rigidez arterial , esta onda aparece en la sístole tardía.

FIGURA 6.



*Análisis del contorno de la onda del pulso. Pico sistólico tardío (P1) por encima del punto de inflexión (P2). Entre P1 y P2= presión de aumento, índice de aumento (IAx)% = es la relación  $P-P2/PP \times 100$ .*

# Índice de Aumentación

- La onda de pulso arterial esta compuesta por una onda incidente generada por el ventrículo que viaja hacia delante y por ondas reflejadas que viajan desde la periferia hacia el corazón.
- Estas ondas reflejas se generan en la periferia principalmente en los puntos de bifurcación o sitios de mayor rigidez.
- En la arterias elásticas la VOP es baja y entonces la onda refleja tiende a llegar de regreso hacia la aorta durante la diástole.
- Con las arterias rígidas ,la VOP es mayor y la velocidad con que viaja la onda del pulso hacia delante y cuando se refleja es mayor. Por lo tanto la onda reflejada llega mas rápido hacia la aorta, sumándose a la onda incidente y produciendo una presión sistólica de aumentación. Este aumento esta bien cuantificado por el índice de aumentación, definido como la diferencia entre el segundo y el primer pico sistolico, expresado como porcentaje de la PP.

$$IAx = (DP/PP) \times 100$$

## ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO CARDIOVASCULAR

Presión arterial (mm Hg)					
Otros factores de riesgo, lesión orgánica o enfermedad	Normal PAS 120-129 o PAD 80-84	Normal Alta PAS 130-139 o PAD 85-89	HTA Grado 1 PAS 140-159 o PAD 90-99	HTA Grado 2 PAS 160-179 o PAD 100-109	HTA Grado 3 PAS $\geq$ 180 o PAD $\geq$ 110
Sin FRCV adicionales	Riesgo de referencia	Riesgo de referencia	Riesgo bajo añadido	Riesgo moderado añadido	Riesgo alto añadido
1-2 FRCV adicionales	Riesgo bajo añadido	Riesgo bajo añadido	Riesgo moderado añadido	Riesgo moderado añadido	Riesgo muy alto añadido
3 o más FRCV, SM, LOD o Diabetes	Riesgo moderado añadido	Riesgo alto añadido	Riesgo alto añadido	Riesgo alto añadido	Riesgo muy alto añadido
Enfermedad CV o renal establecida	Riesgo muy alto añadido	Riesgo muy alto añadido	Riesgo muy alto añadido	Riesgo muy alto añadido	Riesgo muy alto añadido



---

#### Lesión subclínica de órganos

---

HVI electrocardiográfica (Sokolow-Lyon  $> 38$  mm;

Cornell  $> 2.440$  mm/ms) o:

HVI ecocardiográfica<sup>a</sup> (IMVI: varones,  $\geq 125$  g/m<sup>2</sup>; mujeres,  $\geq 110$  g/m<sup>2</sup>)

Engrosamiento de pared carotídea (GIM  $> 0.9$  mm) o placa

Velocidad de onda de pulso carotídeo-femoral  $> 12$  m/s

Índice de PA tobillo/brazo  $< 0.9$

Ligero aumento de creatinina plasmática:

Varones, 115-133  $\mu\text{mol/l}$  (1,3-1,5 mg/dl);

Mujeres, 107-124  $\mu\text{mol/l}$  (1,2-1,4 mg/dl)

Filtración glomerular estimada baja<sup>a</sup> ( $< 60$  ml/min/1,73 m<sup>2</sup>)

o aclaramiento de creatinina bajo<sup>a</sup> ( $< 60$  ml/min)

Microalbuminuria 30-300 mg/24 h o cociente albúmina-creatinina:

$\geq 22$  (varones) o  $\geq 31$  (mujeres) mg/g de creatinina

Gracias