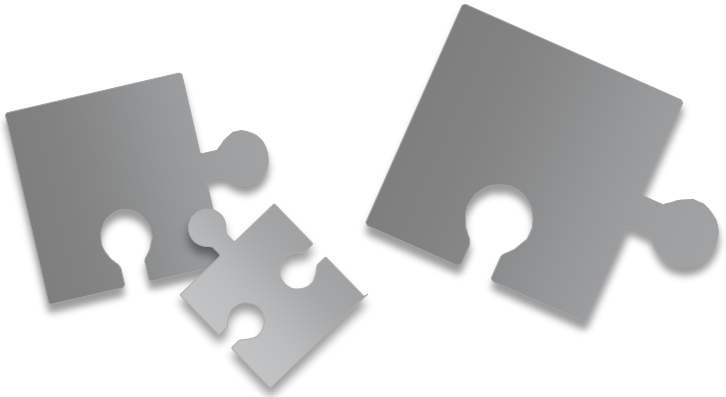


생기능의학

Dong Hyun, Nam. K.M.D., Ph.D.

College of Korean Medicine, Biofunctional Medicine and Diagnostics,

Sangji University.

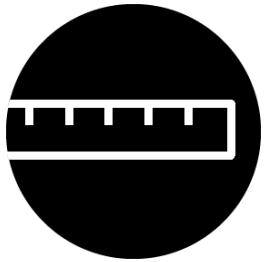
과목소개

생기능의학

- 인체의 기능을 한의학적 관점에서 정량적으로 평가하고 관리하여, 미병관리 및 건강증진을 목적으로 하는 한의학의 한 분야



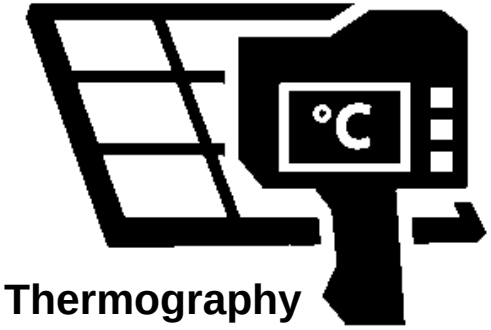
Questionnaires



Scales



Time series analysis



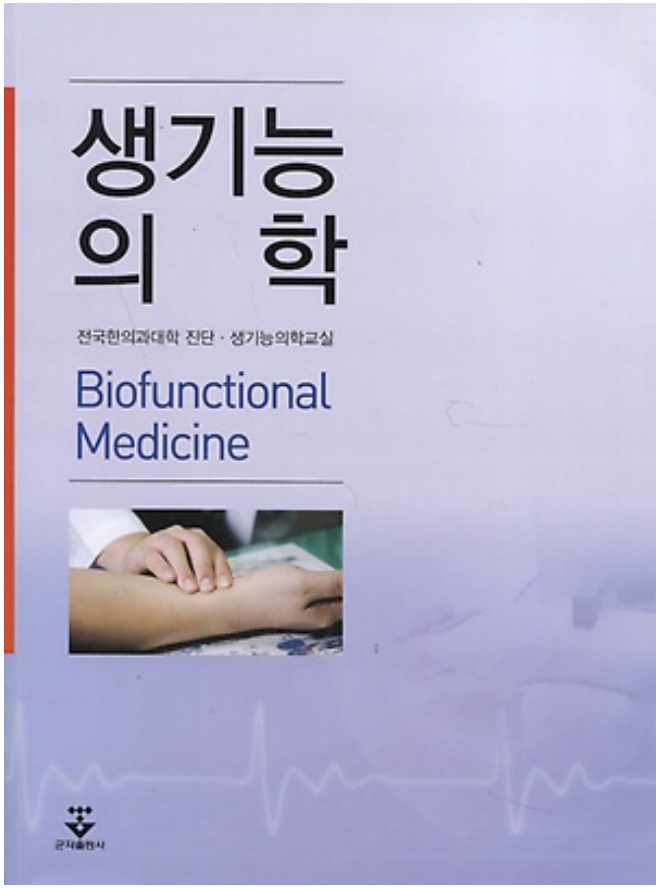
Thermography



Inbody

교재 및 강의자료

생기능의학



PPT

평가



기말고사



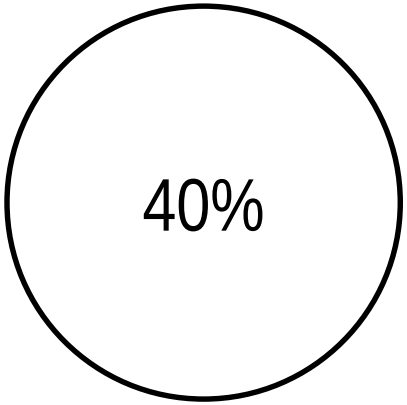
퀴즈

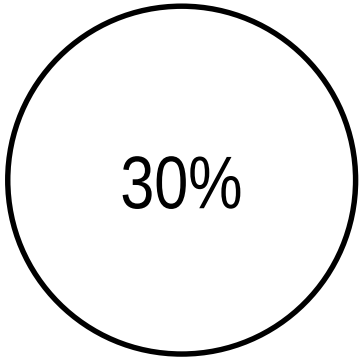


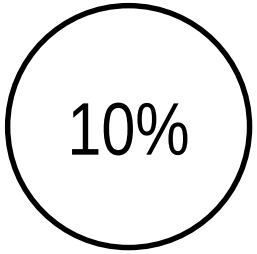
리포트

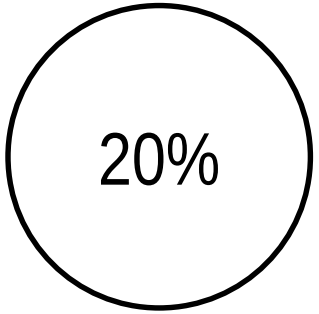


출석



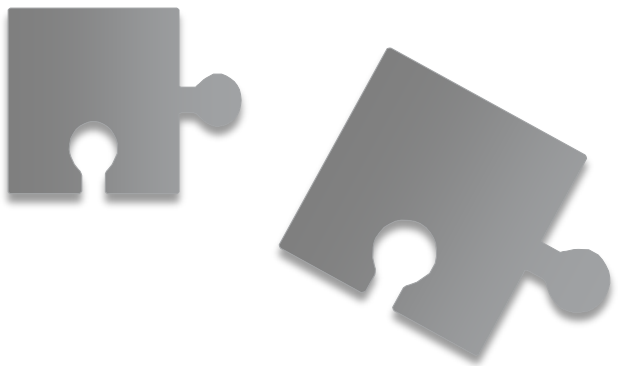








한의표준의료행위



한의사란?

의료법 제2조(의료인)

- "의료인"이란 보건복지부장관의 면허를 받은 의사·치과의사·**한의사**·조산사 및 간호사를 말한다.
- 의료인은 종별에 따라 다음 각 호의 임무를 수행하여 국민보건 향상을 이루고 국민의 건강한 생활 확보에 이바지할 사명을 가진다.
  - 한의사는 **한방 의료**와 **한방 보건지도**를 임무로 한다.

한의약육성법 제2조(정의)

- "한의약"이란 우리의 선조들로부터 **전통적으로 내려오는 한의학(韓醫學)을 기초로 한 한방의료행위**와 이를 기초로 하여 **과학적으로 응용·개발한 한방의료행위**(이하 "한방의료"라 한다) 및 한약사(韓藥事)를 말한다.

한방의료행위

한국한의표준의료행위분류

기본진료

- 외래환자진찰, 입원환자진료, 방문진료

한방검사

- 맥전도, 맥파, 가속도맥파, 맥율, 심율, 혈맥어혈, 맥파전달시간, 뇌맥혈류, 양도락, 경락기능검사 등

변증기술

- 초진/재진환자 변증

한방시술

- 침(침술, 온침, 자락, 도침 등), 구(뜸, 부항 등), 약침(약침술, 매선 등) 등

한방물리요법

- 온냉경락요법, 추나요법, 도인운동요법, 근건이완수기요법, 한방재활요법, 각종 물리치료기 등

한방정신요법

- 이정변기요법, 지언고론요법, 경자평지요법, 오지상승위치료법, 가족치료, 자율훈련법 등

처치

- 향기요법, 관장요법, 단순처치, 도수법, 삽관술, 흡입, 조정요법, 색채요법 등

복약

- 복약지도, 조제 등

사상체질

각종 검사와 한방의료시스템

질병사인분류

ICD-10

↓

KCD-7

Evidence

- 교과서
- 임상진료지침
- 체계적 문헌고찰
- 임상연구논문
- 기타

국민건강보험체계

급여

- 양도락검사
- 맥전도검사
- 경락기능검사
  - 경락기능검사
  - 양명경경락기능검사
  - 수양명경경락기능검사
- 현훈검사
- 인성검사(정신과)
- 치매검사(정신과)

↕

비급여

- 광용적맥파검사
- 가속도맥파검사
- 혈맥어혈검사
- 뇌맥혈류검사
- 체성분검사
- 경피온열검사
- 사상체질검사
- 심기도
- 기타

한의표준의료행위분류

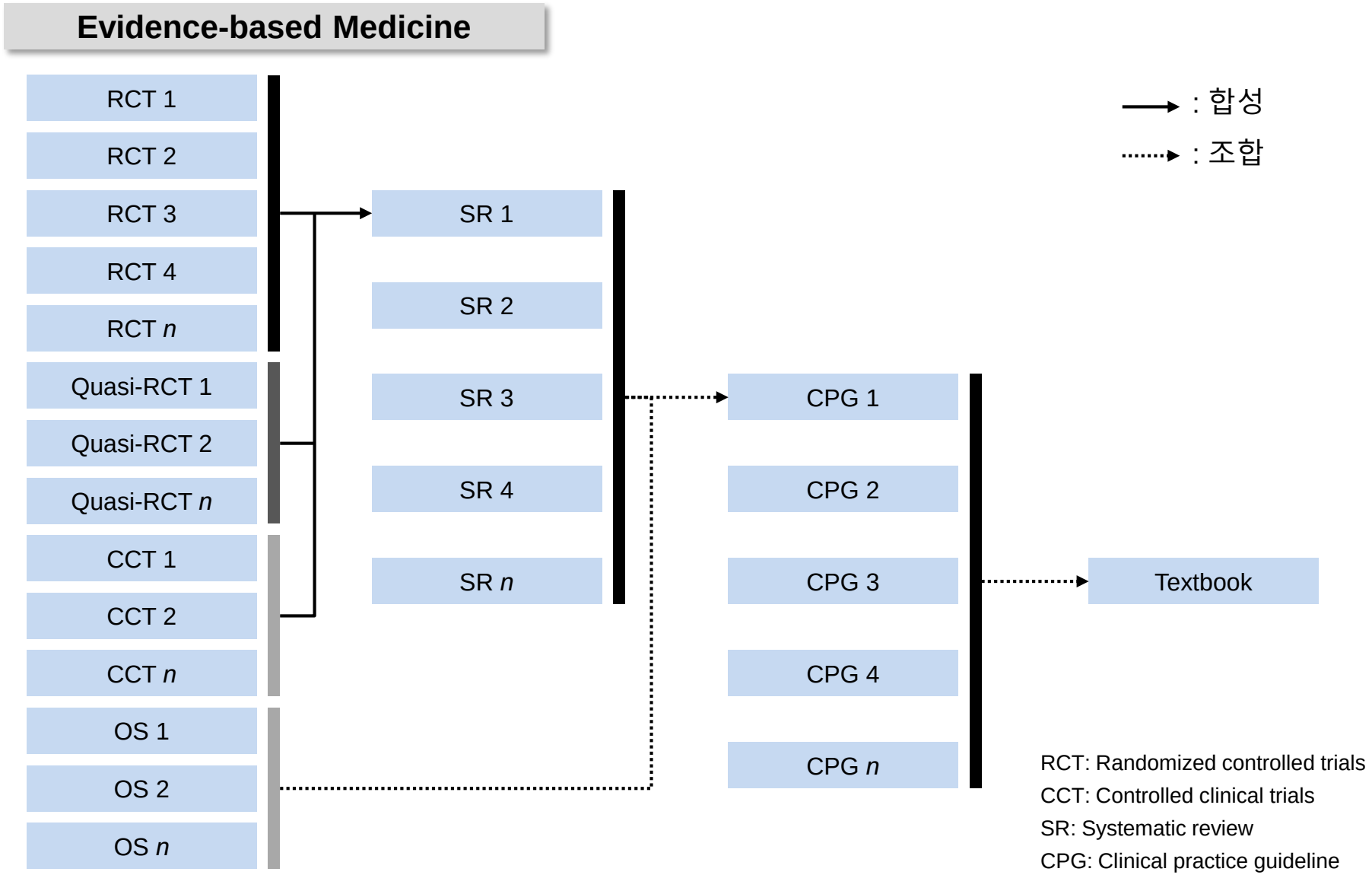
한방검사

- **맥전도검사**
- 광용적맥파검사
- 가속도맥파검사
- 맥율검사
- 심율검사
- 혈맥어혈검사
- 맥파전달시간검사
- 뇌맥혈류검사
- **양도락검사**
- **경락기능검사**
- **양명경경락기능검사**
- **수양명경경락기능검사**
- 체성분검사
- 경피온열검사
- 사상체질검사
- 사상체질검사지
- **현훈검사**
- 골도법검사
- 경근무늬측정검사
- 장부형상검사
- 심기도
- 심혈류저항도
- 종기도
- 위율검사
- 전음기양도측정검사
- 한방근력수행평가
- 보행분석
- 성음생기능검사
- 생혈구검사
- 홍채검사

↕

- X-ray
- CT
- MRI
- 일반혈액검사
- 일반생화학검사
- 항원-항체검사
- 종양표지자검사
- 기타

근거중심의학과 한의학의 과학화



합성의 전제조건

Meta-analysis

- 연구대상 (participants, P)
- 중재 (intervention, I)
- 비교중재 (comparison, C)
- 평가방법 (Outcome, O)

→ **일치성**

연구대상	중재	비교중재	평가방법
KCD	한방의료행위	Placebo	**연구대상 평가**
	기타	Sham AT	• 질환의 중증도
		No intervention	• 증후/증상
		Usual care	• 삶의 질
		한방의료행위	
		기타	

진단 도구의 사용목적

KCD 진단

양방진단명

- J00 Acute nasopharyngitis

한방진단명 (U code)

- U50 풍한증(風寒證)
- U52 태양병증(太陽病證)

→ **한방진단명 (ICD-11, KCD-8)**

- External contraction disorders™
- Wind factor pattern™
- Cold factor pattern™
- Early yang stage pattern™

→ 한의사만의 배타적 고유행위

평가

- 증후/증상
- 삶의 질
- 사망률
- **질환의 중증도**

--→ 정성 / **정량**

한의학 보장성 확대의 과정

표준화

- 한의학 용어의 표준화
- 변증/진단기준의 표준화
- 평가/진단도구의 표준화
- 안전성 평가기준의 표준화

정량화

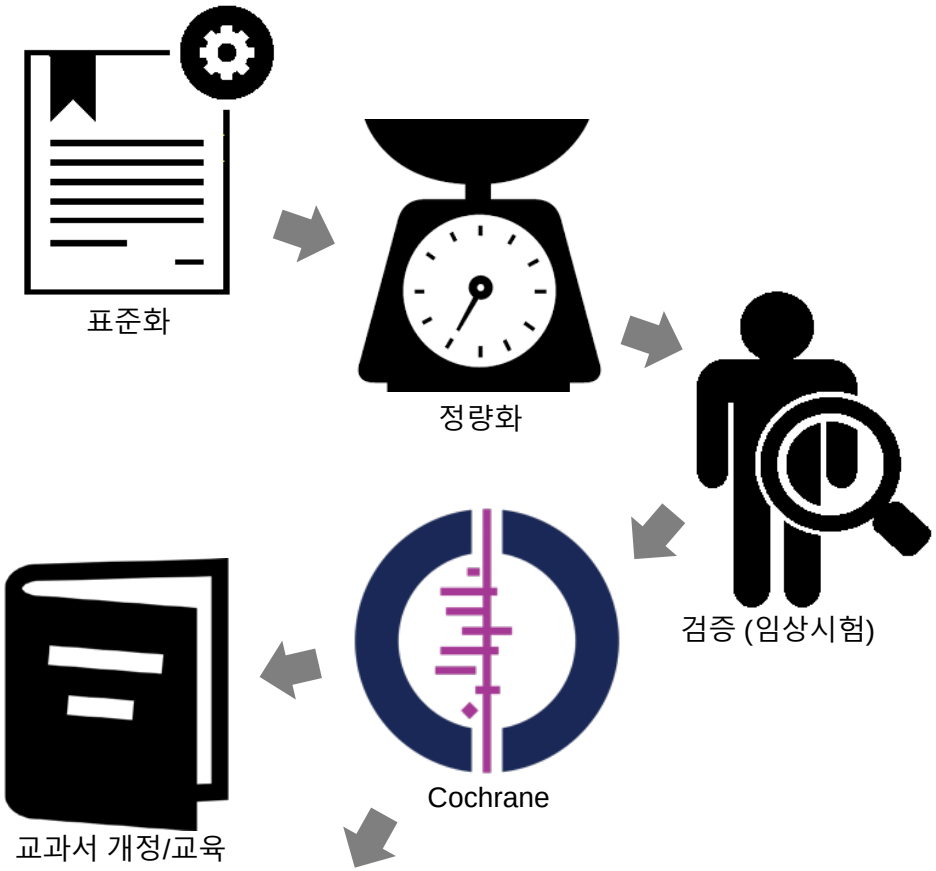
- 평가/진단도구의 정량화
- 평가/진단도구의 정확성/신뢰성 검증

안전성/유효성 검증

- 변증/진단기준의 유효성 검증
- 평가/진단도구의 안전성/유효성 검증
- 한의학 중재치료의 안전성/유효성 검증

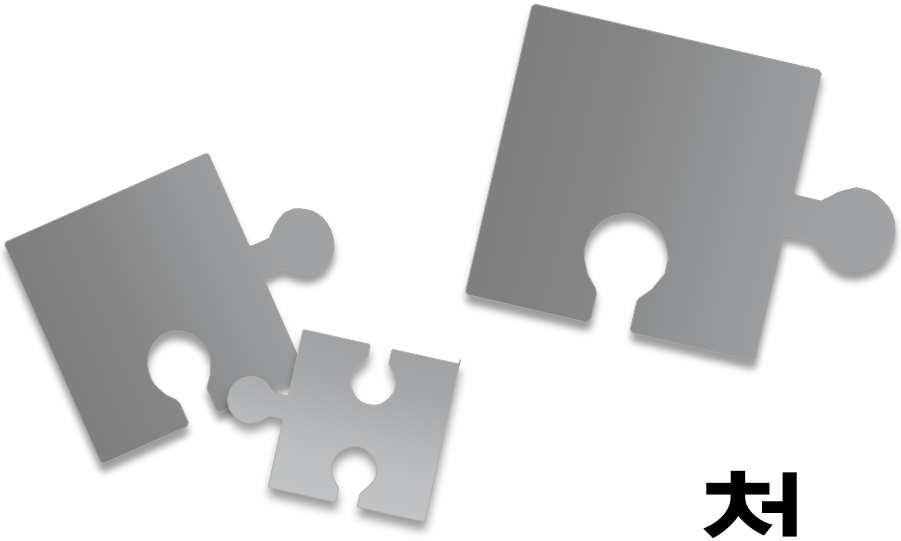
진료지침/교과서 반영

- 체계적인 문헌고찰
- 표준임상진료지침 마련
- 교과서 개정 및 한의과대학 교육 반영



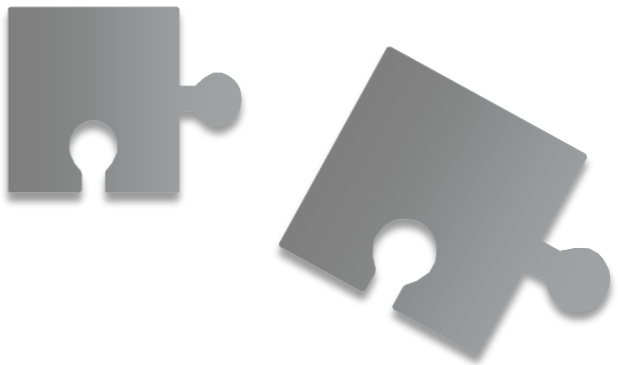
NECA 한국보건의료연구원

HIRA 건강보험심사평가원



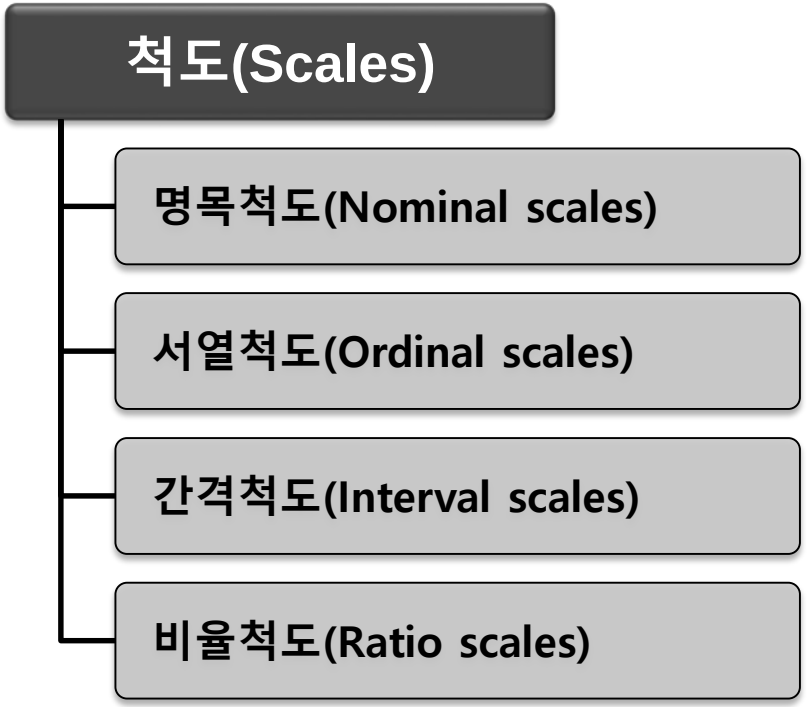
척 도

scale



척도(Scales)

◆ 척도는 추상적인 성격이 강한 변수인 construct를 측정하는 도구



명목척도(Nominal scales)

◆ 응답대안들을 상호배타적으로 분류하기 위해 각각의 응답대안에 임의적으로 숫자를 부여한 척도. => 한 마디로 '이름'입니다.

Ex) 고유명사, 주소, 남-여, 예-아니요, 미혼-결혼-이혼-재혼-기타 등.

◆ $\chi 2$ 독립성 검증, $\chi 2$ 적합도 검증, 판별분석, Sign test, Runs test 등.



서열척도 (Ordinal scales)

- 조사 대상들의 특성을 서열로써 나타낸 것. => 한 마디로 순서입니다.

  Ex) 등수, 좋아하는 순서 등.

- Spearman's 서열상관분석, Mann-Whitney U test, Kruskal-Wallis H test, 다차원척도법 등



Tips

일반적으로 명목척도 사용되는 것도 서열척도로 사용될 수 있음. 한 마디로 그때 그때 다릅니다.
예를 들어 성별에서 남-여는 일반적으로 명목척도로 주로 사용되지만, "당신은 남자와 여자 중 어느 쪽이 더 성실하다도 생각하십니까?의 대답의 경우 서열척도가 될 것입니다.

간격척도 (Interval scales)

◆ 범주와 서열의 정보와 더불어 거리의 정보를 갖는 척도로서, 간격척도에서 숫자간의 차이는 절대적 의미를 갖는 것이 핵심.

⇒ 설문지(Questionnaire)에서 가장 일반적으로 사용되는 척도.

◆ 일반적인 모수통계에서 널리 사용됨.

t-test, ANOVA, 상관분석, 회귀분석, 로지스틱 회귀분석, ANCOVA, MANOVA 등.

Tips

간격척도의 핵심이 숫자간의 차이가 절대적 의미를 갖는다는데 있기 때문에 실제 활용상에 여러 가지 문제가 생깁니다.

예를 들어 7점 척도로 "당신은 몸에 熱이 많은 편입니까?"라는 질문에 답을 생각해봅시다. A라는 사람은 3점으로 답을 했고, B라는 사람은 6점으로 답을 했을 경우, B가 A보다 열이 많다는 것은 거의 분명합니다. 그러나 "B가 A보다 熱이 정말로 두 배 많을까요?"

이 부분이 VAS나 Questionnaire를 사용했을 때 생기는 과학적 탐구영역에서의 dilemma입니다. 이 dilemma와 각 설문문항 응답결과의 분포상의 문제를 어느 정도 해소하기 위해 사용하는 것이 바로 "요인분석"이다.

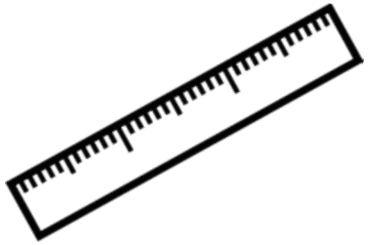
비율척도 (Ratio scales)

◆ 명목, 서열, 간격에 추가적으로 비율의 정보까지 갖는 척도.

⇒ 자연과학에서 일반적으로 사용되는 척도.

Ex) 간격척도와 적용범위는 동일하다.

◆ 간격척도와 구별하는 방법은 "절대적인 0의 개념"이 있으면 비율척도이고, 없으면 간격척도입니다.



Tips

최종적으로 정리하면, 같은 내용에 대한 질문도 4가지 척도 중에서 선택해서 작성할 수 있다.

渴症에 대한 예로 설명하면,

(1) 명목척도 - 갈증이 있다 or 없다.

(2) 서열척도 - 당신은 입마름이 있는 쪽과 없는 쪽 중 어디에 더 가깝다고 생각하십니까?

(3) 간격척도 - 당신은 입마름이 심한 정도는 어느 정도 입니까?

입마름이 없다 1 2 3 4 5 6 7 입마름이 심하다.

(4) 당신은 입마름 때문에 얼마나 자주 음료수를 마십니까? __회.

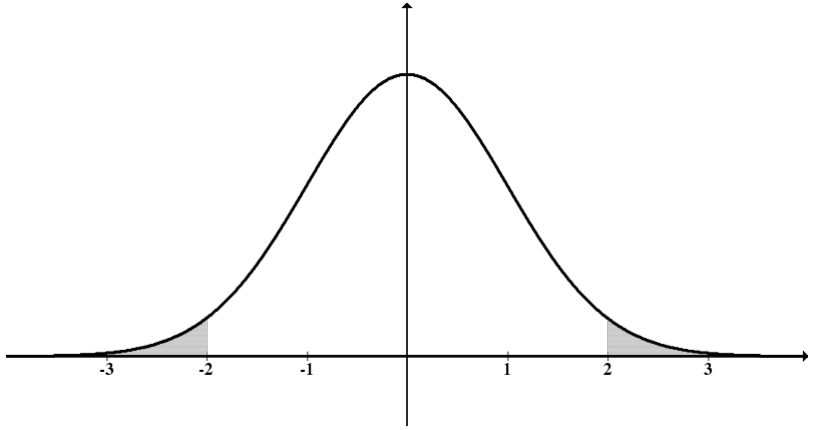
통계분석의 종류

기술통계 (descriptive statistics)

- 주어진 자료의 특성을 그대로 기술하는 것
- 신뢰성분석, 요인분석, 군집분석, 다차원척도법 등
- 일반적인 의사결정에 주로 사용

추계통계 (inferential statistics)

- 표본의 특성으로부터 모집단의 특성을 추정하는 것
- 의학적 의사결정에 주로 사용

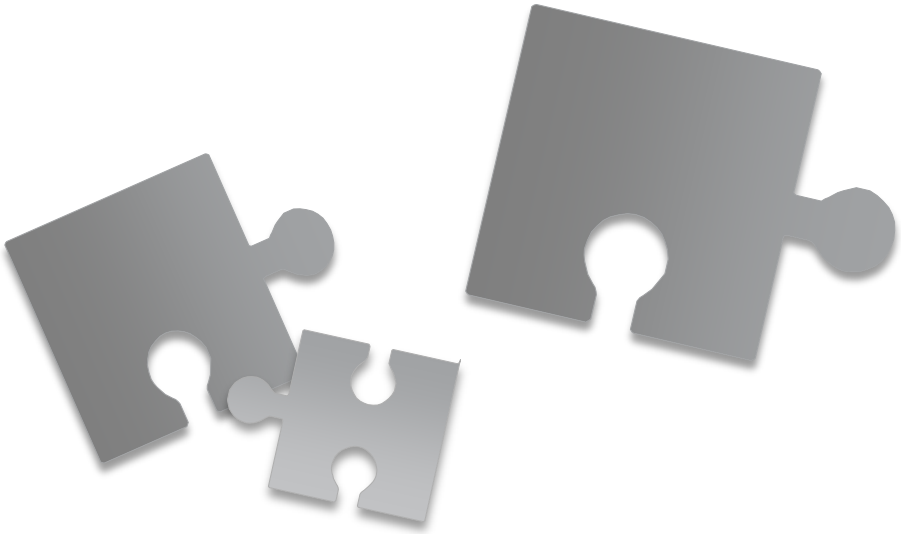


모수통계학 (parametric statistics)

- 가정이 필요함 : 정규성, 분산의 동질성 등
- 척도: **간격척도 / 비율척도**
- 통계량으로부터 모수를 추정하는 것에 관한 통계기법
- Independent samples t-test, paired samples t-test, 분산분석(ANOVA) test, ANCOVA, MANOVA, 상관분석(correlation analysis), 회귀분석(regression analysis), 로지스틱 회귀분석(logistic regression analysis) 등

비모수통계학 (nonparametric statistics)

- 가정이 필요없음
- 척도: 명목척도 / 서열척도
- 비록 모집단의 특성을 추정하기는 하나 모수와 통계량의 관계를 다루지 않음
- x^2 독립성검증, Mann-Whitney U test, Wilcoxon test, Kruskal-Wallis H test, Friedman test



Measurement system error



진단/평가시스템 오류

정확도 (accuracy, AR)의 구성요소

편의 (bias)

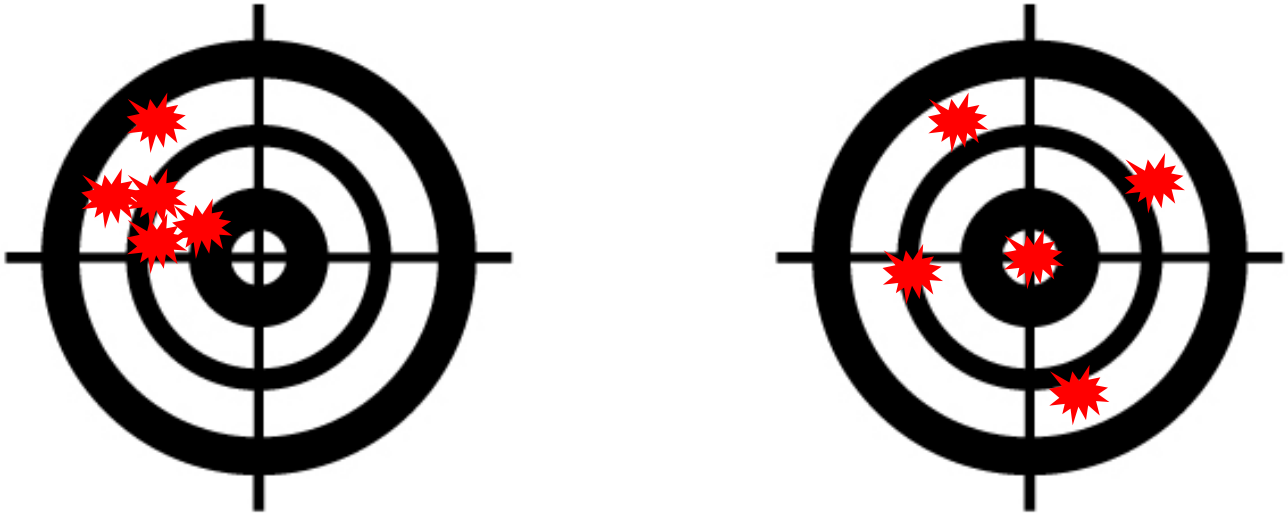
- 어떤 진단방법(진단기)으로 동일한 대상을 검사했을 때, 진단/평가결과가 실제값과의 차이
- 부정확도(inaccuracy)라고도 함

선형성 (linearity)

- 어떤 진단기의 측정범위 내에서 실제값의 변화에 따른 측정결과의 상관성

안정성 (stability)

- 시간이 지남에 따른 동일 대상에 대한 측정결과의 변동 정도



진단/평가시스템 오류



정확도 (accuracy, AR)

- 측정치와 참값과의 차이
- 얼마나 정확하게 예측하는가?

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{Total}$$

		Condition (실제)	
		Positive	Negative
Prediction (예측)	Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Negative	False Negative (FN)	True Negative (TN)

민감도(sensitivity, tpr)

- 실제 positive 중에서 positive라고 예측하는 비율

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

특이도(specificity)

- 실제 negative 중에서 negative라고 예측하는 비율

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN}$$

1-특이도(1-specificity)

- 실제는 negative인데, positive로 잘못 예측한 비율
- False positive rate (fpr)

$$1 - Specificity = 1 - \frac{TN}{FP + TN}$$

진단/평가시스템 오류

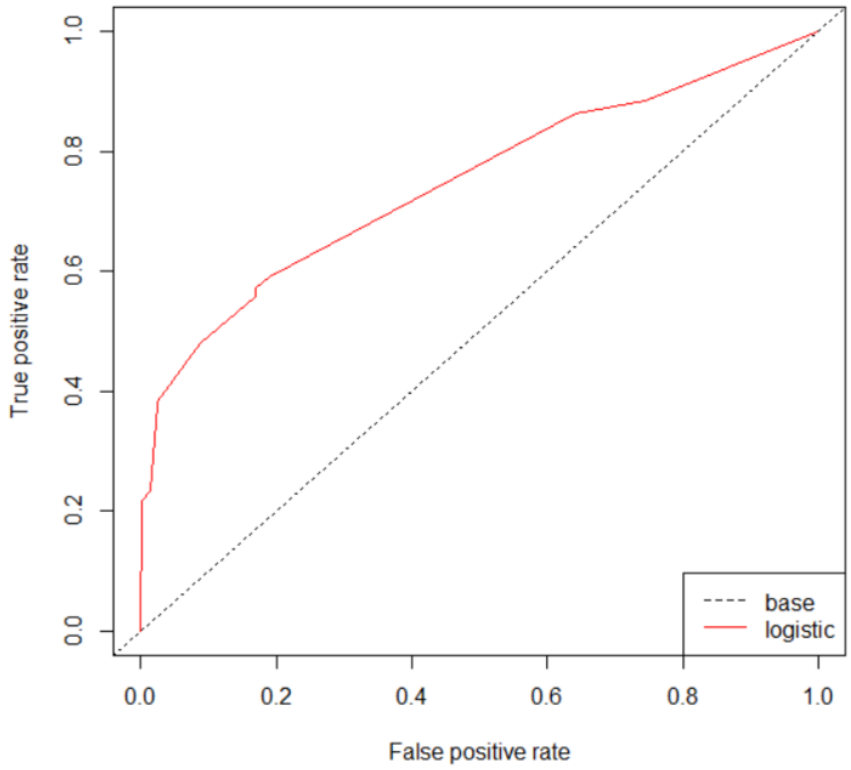
Youden's J

- 연속형 변수의 진단 검정시 cut-off 값을 결정하는데 사용

$$Sensitivity + Specificity - 1 = \frac{TP}{TP + FN} + \frac{TN}{FP + TN} - 1$$

ROC curve

- Receiver Operating Characteristic Curve



AUC

- Area Under Curve

진단/평가시스템 오류

신뢰도 (reliability)

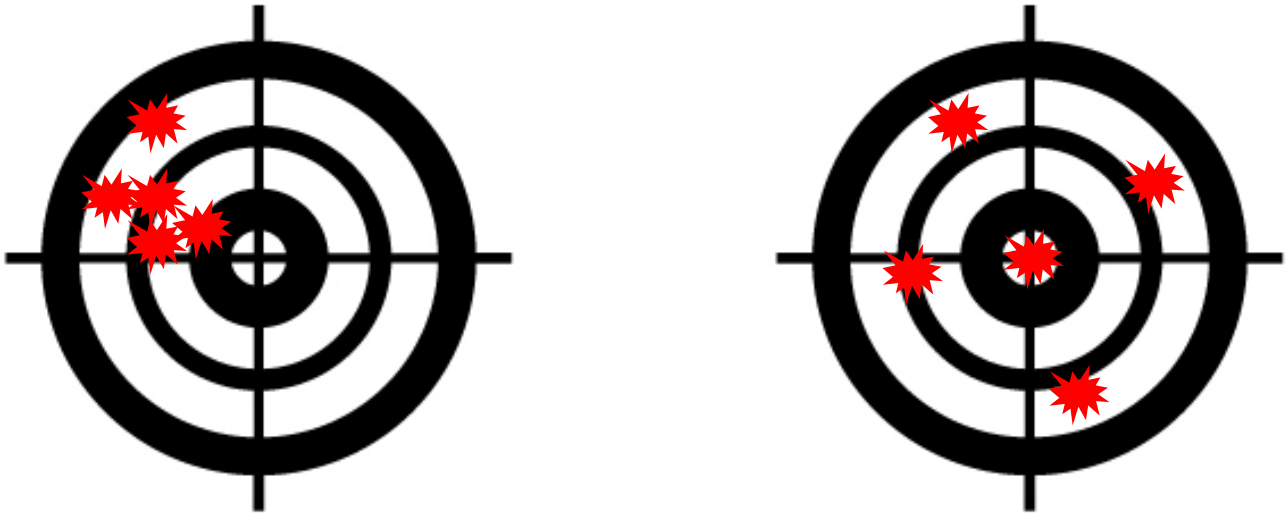
- 같은 진단방법(진단기)으로 동일한 대상을 반복 검사했을 때, 진단/평가결과의 산포
- 얼마나 일정하게 예측하는가?
- 정밀도(precision)라고도 함

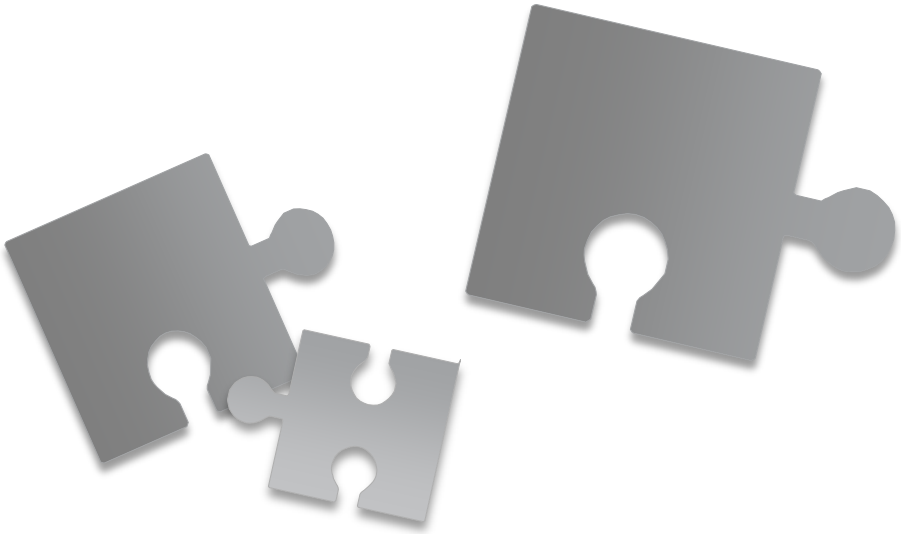
반복성 (repeatability)

- 동일한 평가자가 동일한 진단방법(진단기)를 갖고 동일한 대상을 측정했을 때, 진단/평가결과의 변동

재현성 (reproducibility)

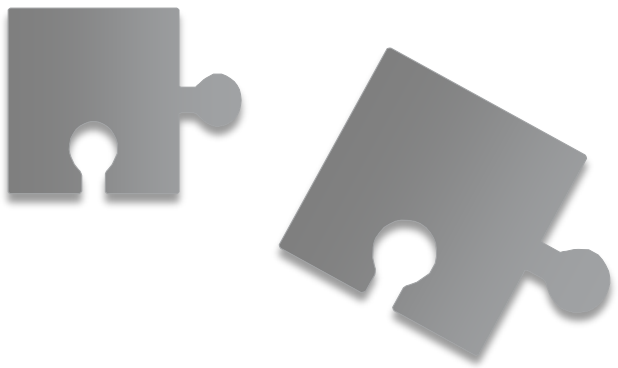
- 평가자간의 차이
- 동일한 진단방법(진단기)를 갖고 동일한 대상을 측정했을 때, 평가자간에 나타나는 진단/평가결과의 변동





설문을 통한 진단/평가

Questionnaires



국내에서 개발된 한의학분야 설문의 종류

타당도

- 타당도 : 측정하고자 하는 개념을 얼마나 실제에 가깝게 정확히 측정하고 있는가의 정도

참고

1) **내용타당도**: 검사의 문항들이 그 검사가 측정하고자 하는 내용영역을 얼마나 잘 반영하고 있는지를 말함. 즉 측정 도구 자체가 측정하고자 하는 속성이나 개념을 측정할 수 있도록 되어있는가를 평가하는 것

2) 기준타당도: 통계적인 유의성을 평가하는 것으로 어떤 측정도구와 측정결과인 점수간의 관계 비교

2-1) **동시타당도**: 새로 개발한 검사(novel)와 기존검사(conventional)를 동시에 측정하여 상관계수를 구하는 방법

2-2) **예측타당도**: 어떤 검사 결과의 예측 값(actual)과 실제 대상자가 나타낸 행위(true)와의 관계를 측정하는 것

3) 구성타당도 : 측정도구가 실제로 무엇을 측정했는가, 또는 조사자가 측정하고자 하는 추상적인 개념이 실제로 측정도구에 의해 적절하게 측정되었는지를 나타내는 것.

3-1) 수렴타당도: 서로 다른 방법으로 동일한 개념을 측정했을 경우 각 측정결과 간 상관관계의 높고 낮음을 분석해 판단하는 방법

3-2) 판별타당도: 상이한 개념 이라면 상관관계가 낮게 나오는 것을 이용해 판별하는 방법(수렴타당도와 반대)

3-3) 이해타당도: 이론을 통해 만들어진 측정 항목개념끼리의 관계가 실제 조사를 진행 했을 시에도 체계적으로 나타나는지 분석해 타당도를 판단하는 방법

국내에서 개발된 한의학분야 설문의 종류

신뢰도

- 신뢰도 : 측정된 결과치의 안정성, 일관성, 예측가능성, 정확성 등이 내포된 개념 측정도구가 측정하고자 하는 현상을 일관성 있게 측정하는 능력 또는 동일한 개념에 대해 측정을 반복했을 때 동일한 측정값을 얻을 가능성

참고

1) **검사-재검사법(안정성계수)**: 동일한 측정도구를 이용하여 동일한 상황에서 동일한 대상에게 일정기간을 두고 반복 측정하여 최초의 결과와 동일한지를 평가하는 방법.

2) 복수양식법[동형검사법(동등법계수)]: 동일한 개념에 대해 2개 이상의 상이한 측정도구를 개발하고 각각의 측정치간의 일치여부를 검증하는 방법. A형과 B형 시험지.

3) 반분신뢰도(내적 합치도): 측정도구의 동질성이 확보되었다는 가정하에서 측정도구를 임의로 반으로 나누어 각각을 독립된 척도로 보고 이들의 측정결과를 비교하는 방법

4) **내적 일관성 분석**: 개별문항을 하나하나의 검사점수로 하여 상관관계를 구하고 이들의 평균상호상관관계를 신뢰도의 추정치로 삼는 방법으로 대표적인 것-크론바 알파계수가 있음.

국내에서 개발된 한의학분야 설문의 종류

설문의 신뢰도/타당도 검증

영역	설문의 종류	신뢰도 검증	타당도 평가
미병영역	어혈	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	내용타당도 평가
	소화장애(식적)	검사-재검사이용 (Cohen's kappa계수)	구성타당도 평가
	담음	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	(기준)동시타당도 평가
	음허	검사-재검사이용 (Cohen's kappa계수)	(기준)동시타당도 평가
	기허(노권)	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	구성타당도 평가
질병영역	경계정충	검사-재검사이용 (Cohen's kappa계수)	내용타당도 평가
	화병	검사-재검사이용 (Cohen's kappa계수)	(구성)수렴타당도 평가
	우울	검사-재검사이용 (Cohen's kappa계수)	구성타당도 평가
	중풍	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	(구성)수렴타당도 평가
	비만	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	기준타당도 평가
변증체계	기혈음양허손	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	구성타당도 평가
	장부/기혈진액	검사-재검사이용 (Cohen's kappa계수)	-
	한열허실	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	(구성)차별타당도 평가
	한열	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	(구성)차별타당도 평가
	체질	내적일관성 (Cronbach alpha 계수)	기준타당도 평가

한열변증설문

문항구성의 기초자료

內經

- 靈樞 論疾診尺篇
  - 陰主寒, 陽主熱.
- 素問, 陰陽應象大論
  - 陽盛則熱, 陰盛則寒
- 素問, 調經論
  - 陽虛則外寒, 陰虛則內熱, 陽盛則外熱, 陰盛則內寒

醫學心悟

- 寒熱虛實表里陰陽辨
  - 一病之寒熱, 全在口渴與不渴, 渴而消水與不消水, 飮食喜熱與喜冷, 煩躁與厥逆, 溺之長短赤白, 便之溏結, 脈之遲數以分之.
  - 假如口渴而能消水, 喜冷飮食, 煩躁, 溺短赤, 便結, 脈數, 此熱也.
  - 假如口不渴, 或假渴而不能消水, 喜飮熱湯, 手足厥冷, 溺淸長, 便溏, 脈遲, 此寒也.

한열변증설문

문항구성

No.	寒熱	설문문항
1	熱證	덥거나 운동을 하지 않아도 자주 갈증을 느끼십니까?
2		물이나 음료수를 자주 마십니까?
3		대변을 하루에 1회 이상 보십니까?
4		일이 생각대로 되지 않아서 짜증이 잘 난다.
5		할 일이 있으면 빨리 해버려야 마음이 편하다.
6		자주 마음이 답답해지십니까?
7		대변보기가 힘드십니까?
8		대변이 딱딱한(또는 단단한) 편입니까?
9	寒證	추위를 잘 타십니까?
10		손발이 자주 시립니까?
11		찬 음식보다는 따뜻한 음식이 더 좋다.
12		따뜻하게 옷을 입는 것을 좋아한다.
13		추울 때는 밖에 잘 안나간다.
14		따뜻한 곳에 있는 것이 좋다.
15		손발이 차가운 편이다.

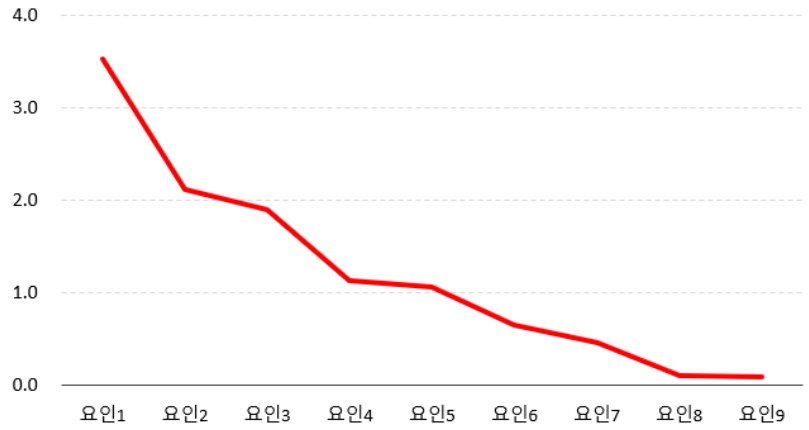
지난 1달 동안 느꼈던 몸 상태에 대한 질문입니다.
1점; 전혀 아니다, 2점; 아니다, 3점; 아닌 편이다. 4점; 보통이다, 5점; 그런 편이다, 6점; 그렇다, 7점; 매우 그렇다.

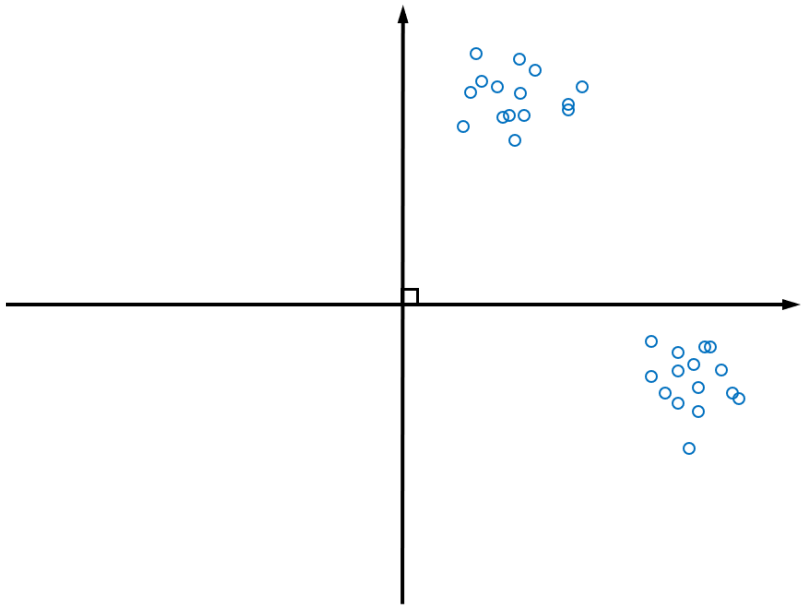
한열변증설문

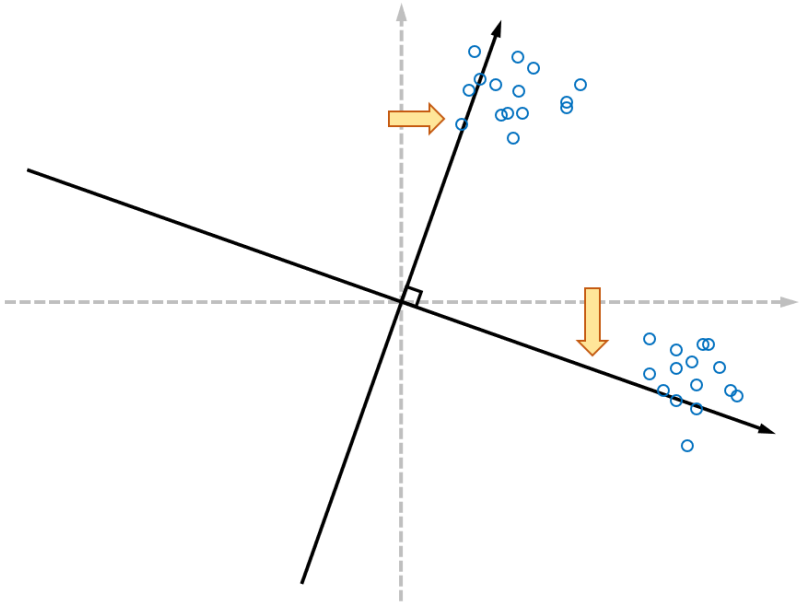
요인점수

요인	설문문항	1	2	3	4	5	6
惡寒-喜煖	따뜻하게 옷을 입는 것을 좋아한다	0.890					
	따뜻한 곳에 있는 것이 좋다	0.867					
	찬 음식보다는 따뜻한 음식이 더 좋다	0.694					
	추위를 잘 타십니까?	0.678					
	추울 때는 밖에 잘 안 나간다	0.668					
煩燥	일이 생각대로 되지 않아서 짜증이 잘 난다		0.830				
	자주 마음이 답답해지십니까?		0.787				
	할 일이 있으면 빨리 해버려야 마음이 편하다		0.683				
便秘	대변이 딱딱한(또는 단단한) 편입니까?			-0.757			
	대변을 하루에 1회 이상 보십니까?			0.717			
	대변보기가 힘드십니까?			-0.698			-0.441
口渴	물이나 음료수를 자주 마십니까?				0.929		
	덥거나 운동을 하지 않아도 자주 갈증을 느끼십니까?				0.863		
手足冷	손발이 차가운 편이다					-0.942	
	손발이 자주 시립니까?					-0.931	
泄瀉	대변을 죽처럼 무르게 보십니까?						-0.849

요인분석







한열변증설문

성별에 따른 한열평가

남성

- 熱點數 = 0.792×(煩燥요인) + 0.676×(口渴요인) + 0.282×(便秘요인)
- 寒點數 = 0.940×(惡寒-喜煖요인) + 0.722×(手足冷요인) + 0.040×(泄瀉요인)

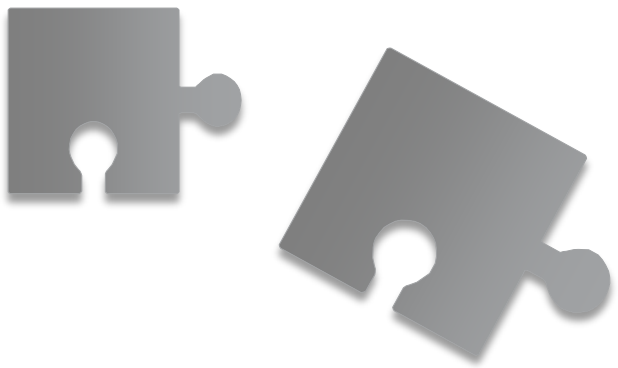
여성

- 熱點數 = 0.692×(煩燥요인) + 0.822×(口渴요인) + 0.377×(便秘요인)
- 寒點數 = 0.944×(惡寒-喜煖요인) + 0.749×(手足冷요인) + 0.059×(泄瀉요인)



심전도 [심기도검사]

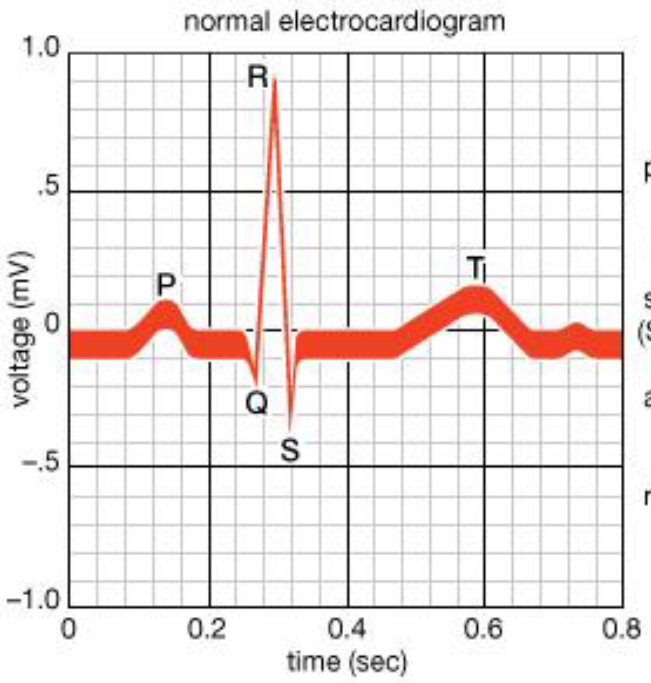
Electrocardiogram

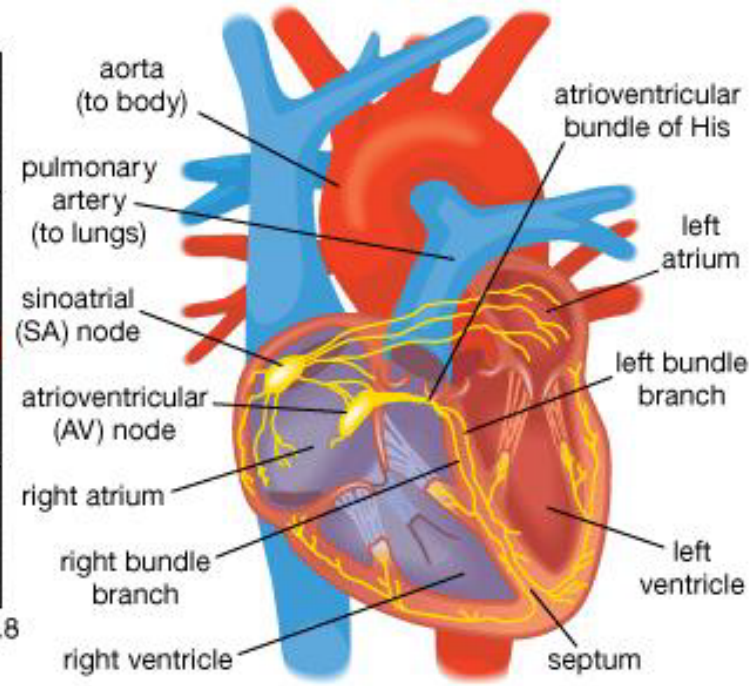


개요

심전도란?

- 심전도(electrocardiogram; ECG or EKG)는 심장세포에서 발생되는 전기적인 활동을 체표면에서 기록한 것으로 부정맥, 허혈성 심장질환, 심방 및 심실비대, 전도장애 등의 진단에 유용하며, 이외에 전해질이상, 자율신경의 이상, 각종 종합검진에도 이용된다. 또 促·結·代·散脈의 맥상감별과 순환기능 평가 등에 활용된다.



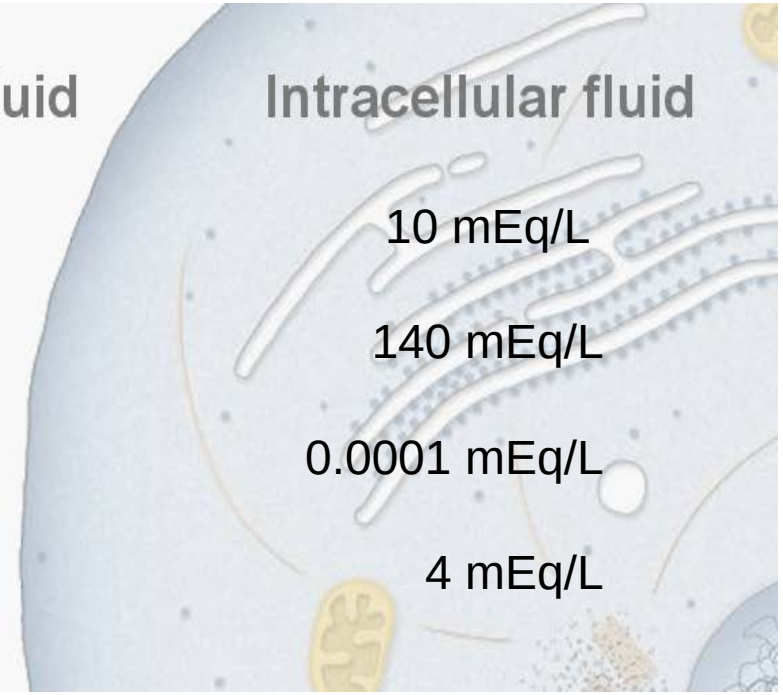


심근의 활동전위와 전도

심근의 활동전위

- 세포막을 기준으로 세포내는 상대적으로 음전하를, 세포외는 양전하를 나타낸다.

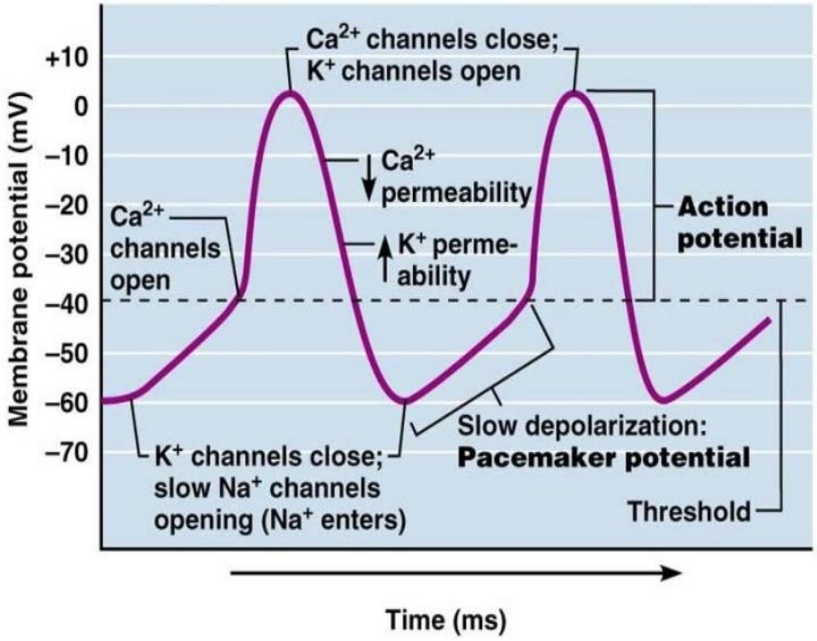
	Extracellular fluid	Intracellular fluid
Na^+	142 mEq/L	10 mEq/L
K^+	4 mEq/L	140 mEq/L
Ca^{++}	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L
Cl^-	103 mEq/L	4 mEq/L



심근의 활동전위와 전도

심근의 활동전위

- 심장은 전기적 자극을 스스로 발생시킨다. 동방결절 세포의 세포벽에 위치한 느린 Na^+ 채널은 자발적으로 열려 세포외액의 Na^+ 이 서서히 세포내로 유입된다.
- Na^+ 의 유입됨에 따라 휴지기의 막전위는 점차 상승하게 되며, 일정한 역치값에 다다르게 되면 voltage-gated Ca^{++} 채널이 열리고 Ca^{++}이 세포내로 빠르게 유입되면서 활동전위가 발생하게 된다.
- 발생한 활동전위는 심장의 전도계를 따라 심장 전체로 순차적으로 전도된다.
- 심장 박동원으로부터 도달된 활동전위는 심장근육의 T세관을 지나 심근섬유 속으로 전파되어 심장근육은 수축하게 된다.

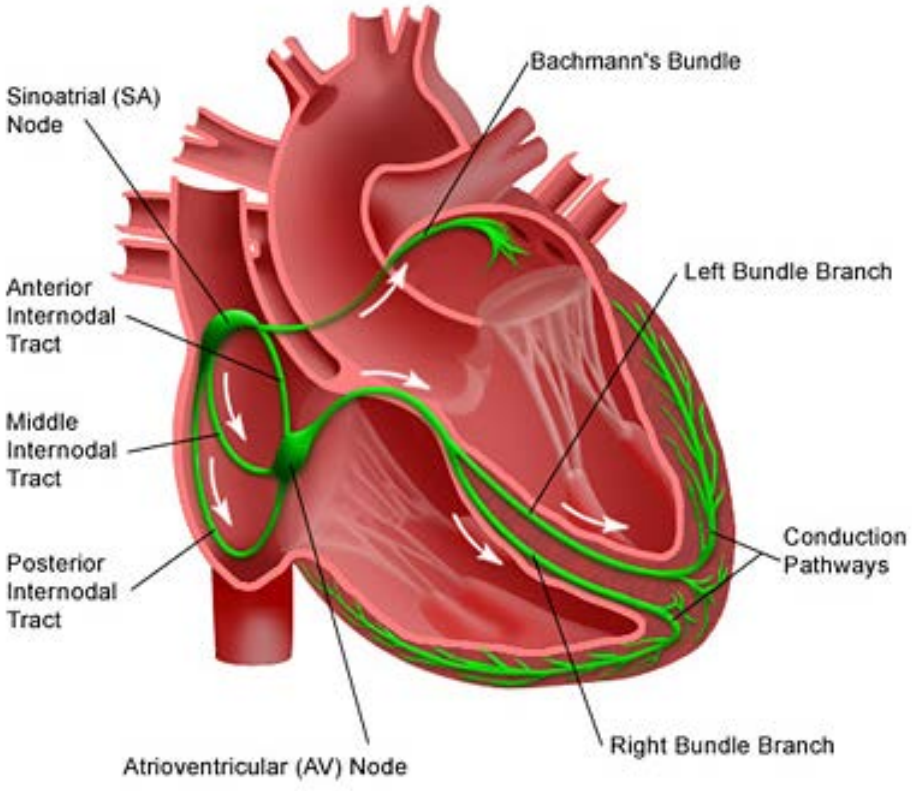


심장의 전도계

- 심장의 전도계는 심근을 흥분시키는 전기적 자극을 발생시키고 심장에 순차적으로 전달하여 심근을 수축시키는 특수한 신경조직으로 구성된다.

동방결절(sinoatrial node; SA node)

- 동방결절은 주기적으로 전기적 자극을 발생시켜 심장 박동을 일으킨다.
- 전기적 자극은 자동적으로 같은 간격을 두고 동방결절로부터 분당 60~100회의 빈도로 나오며, 정상 심장에서 심박동을 조절하는 주요 부위는 우심방에 위치하고 있는 동방결절이다.
- 이 전기적 자극은 심방을 탈분극시키며 전방, 중부 및 후방 3개의 결절간 경로(internodal pathway)를 통해 방실결절로 이동한다. 또 바흐만 속(Bachmann's bundle)이라고 불리는 4번째 경로는 좌심방으로 전기적 자극을 전달한다.



심장의 전도계

방실결절 (atrioventricular node; AV node)

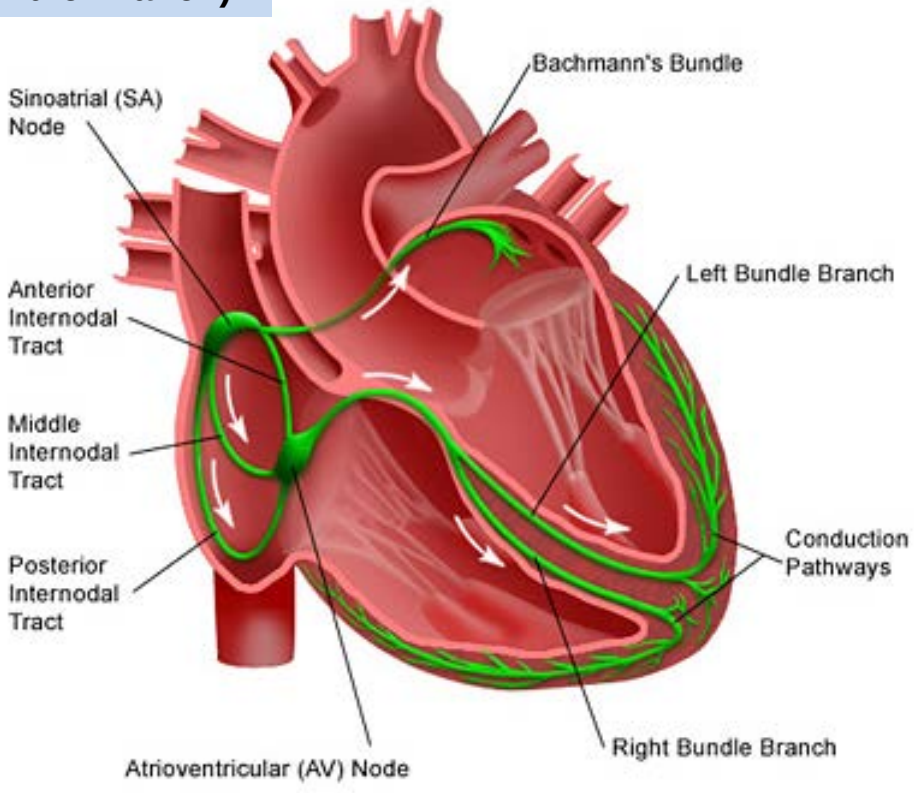
- 심방중격의 우측에 위치하는 방실결절은 동방결절로부터 도달한 전기적 자극을 심실로 전도할 때 잠깐 동안 생리학적으로 지연시킴으로서 심실이 흥분되기 전 심방이 완전히 수축할 수 있게 한다.

히스 속(Bundle of His)과 좌/우속지(Lt./Rt. Bundle Branch)

- 심실 중격 상부의 약간 우측의 심내막하에 위치한 짧고 두터운 섬유다발이며 심실 중격속에서 우측속지와 좌측속지로 나누어진다.

푸르키네 섬유(Purkinje's fiber)

- 심내막 표면에 그물처럼 놓여있고, 양 심실의 심근에 퍼져있다.



심전도계 사용시 주의사항

① 검사 전에 피검자는 침대에 편안하게 눕는다.

② 검사 전에 피검자에게 검사방법을 설명해 주어 정신적 안정을 주어 근육의 긴장이 풀어지도록 한다.

③ 피부와 전극의 접촉이 잘되도록 유의한다. 털이 많은 환자는 전극접촉부위를 면도하거나 알코올이나 물을 조금 발라서 접촉이 잘 유지도록 한다.

④ 정확한 위치에 전극을 부착해야 한다. 특히 흉부유도에서는 전극접촉부위가 조금이라도 달라지면 파형이 달라지게 되므로 주의하여야 한다.

심전도 유도의 양성파와 음성파

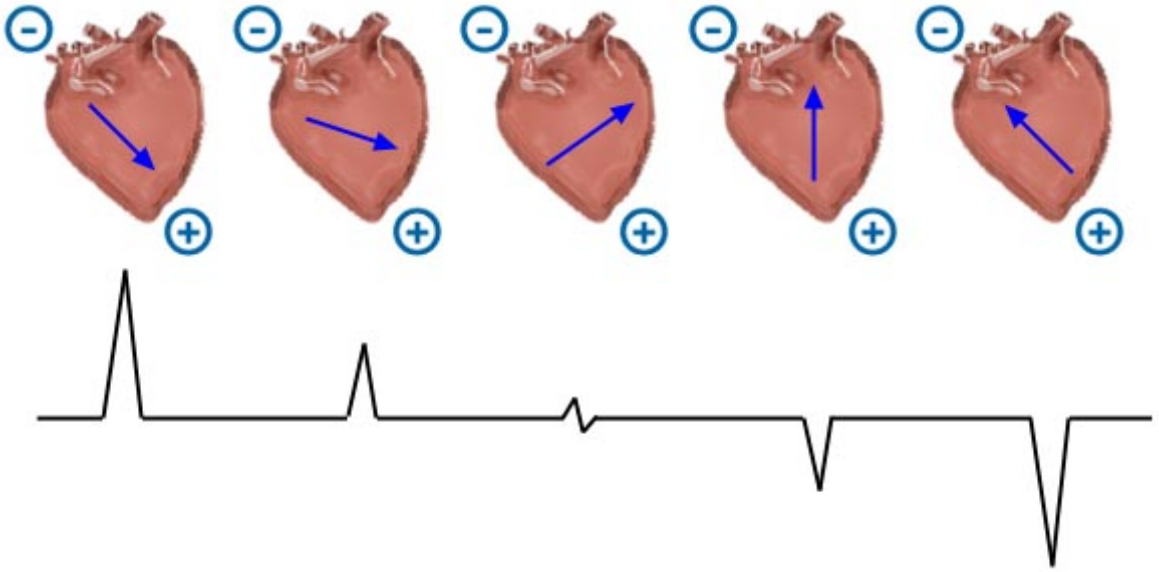
- 안정 시 심장근육 세포의 안쪽은 음전하, 바깥쪽은 양전하의 분극상태를 유지하다가 양전하를 가지는 이온들이 세포내로 이동하면서 탈분극이 시작되고, 이때 심근의 수축이 일어나게 된다. 따라서 심장의 전도계를 통해 전달되는 전기적 자극은 양전위의 전달로 이해될 수 있다. 파형은 전극이 이루는 축의 방향과 심장의 양전위 전도방향이 평행할수록 크게 기록된다.

양성파 (+)

- 양전위가 양전하를 받는 양전극에 가까워지는 방향인 경우

음성파 (-)

- 양전위가 음전극에 가까워지는 방향인 경우



유도 (leads)

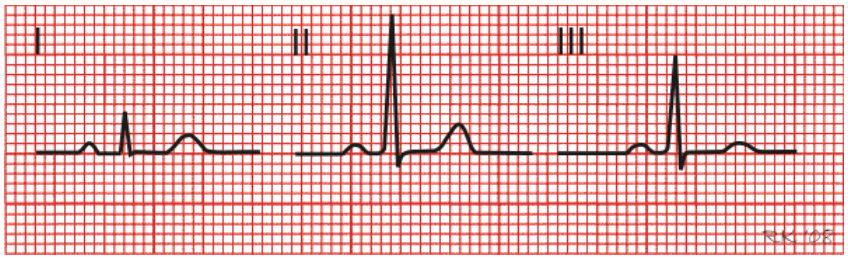
- 심전도는 일반적으로 12 유도(lead)를 사용하여 기록한다. 유도는 두 전극간의 전위차를 기록하는 양극 유도와 전극 부착부위의 전위를 기록하는 단극유도로 크게 나눈다.

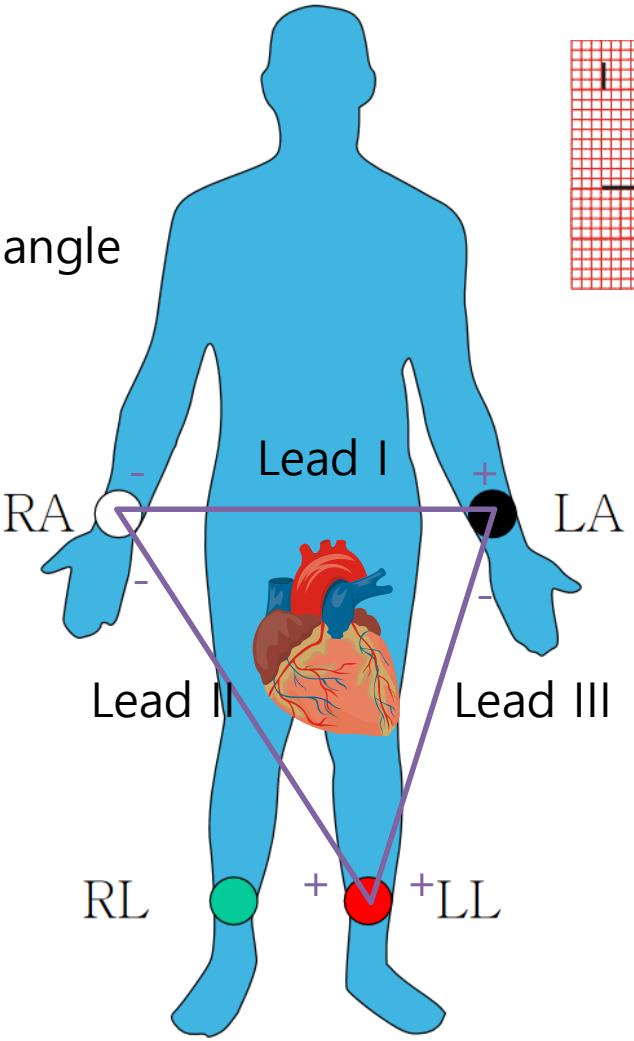
양극 표준유도(standard limb leads) - Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ

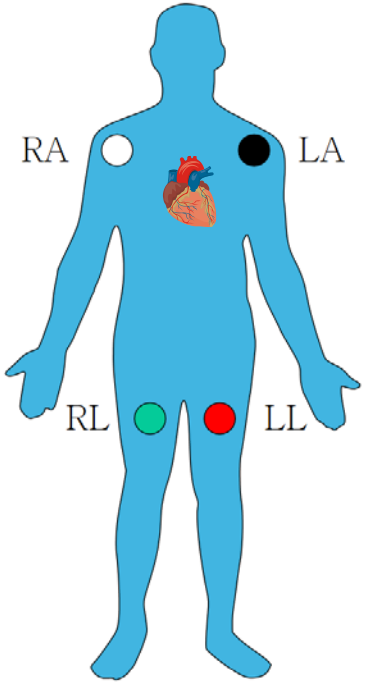
- 전극을 오른팔, 왼팔, 왼다리에 연결하여 유도하며, 오른다리에 연결한 전극은 유도전극으로 사용된다.
- 유도Ⅰ은 왼팔(+)과 오른팔(-)사이의 전위차, 유도Ⅱ는 왼다리(+)와 오른팔(-)사이의 전위차, 유도Ⅲ은 왼다리(+)와 왼팔(-)사이의 전위차가 기록된다.
- 심장이 정상 위치에 정상적인 방향으로 있을 때, 유도Ⅱ는 심장의 전기적 흐름과 거의 평행하여 전형적인 심전도 파형이 기록되므로 가장 많이 사용되는 유도이다.

양극 표준유도 (standard limb leads) - Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ

Einthoven's triangle



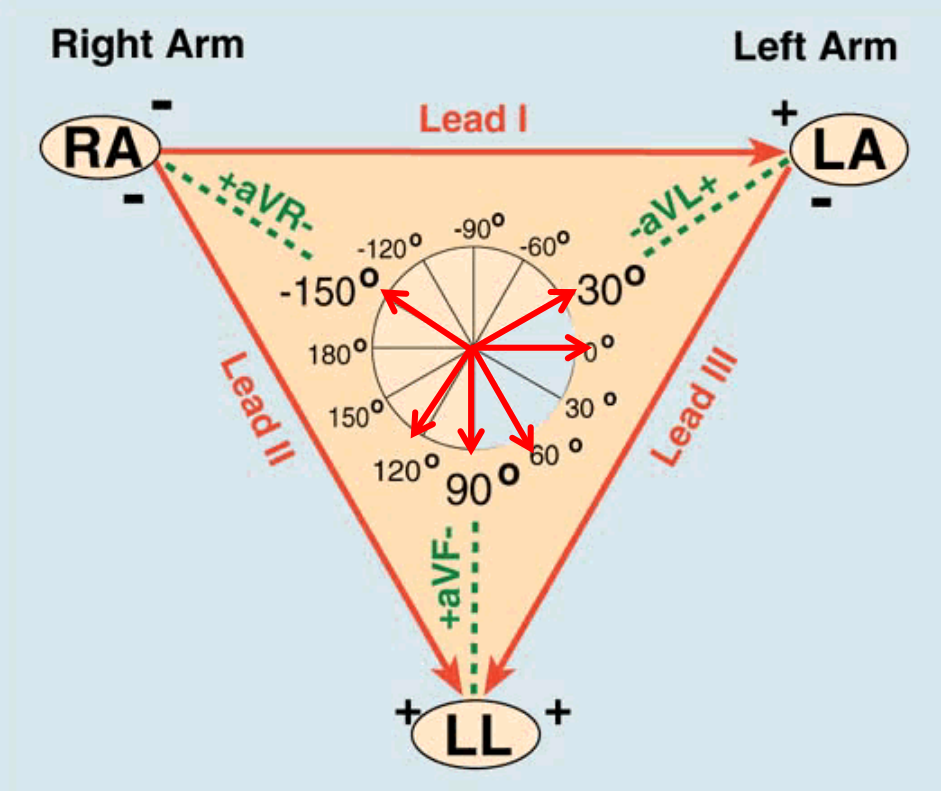




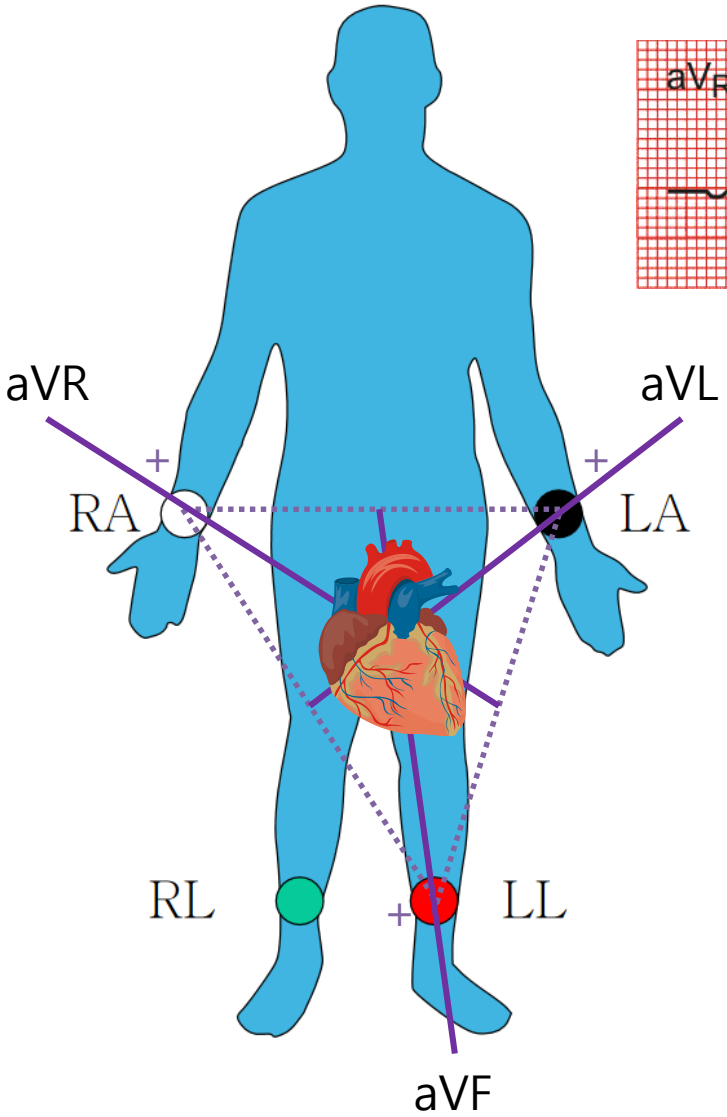
유도 (leads)

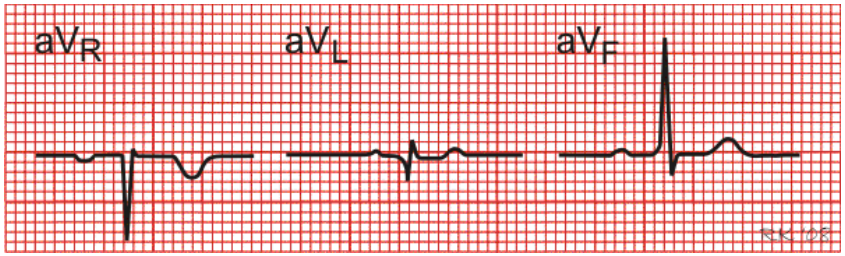
단극 사지유도 (augmented unipolar limb leads) - aVR, aVL, aVF

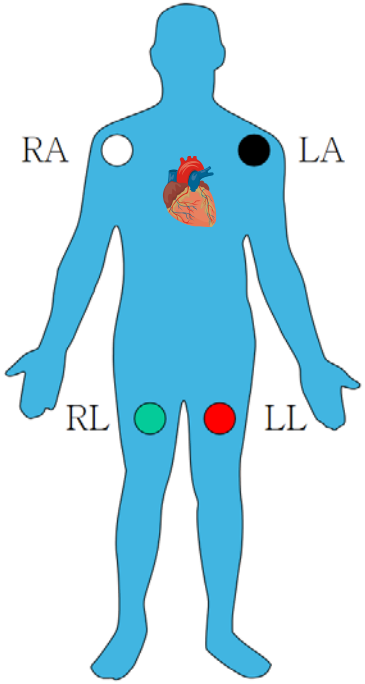
- 전극을 오른팔, 왼팔, 왼다리에 연결하여 유도하는데, 단극 사지유도로 기록되는 심전도는 작게 기록되기 때문에 파형을 1.5배 증폭하여 기록한다.
- aVR, aVL, aVF에서 a는 증폭(augmented)를 의미한다.



단극 사지유도(augmented unipolar limb leads) - aVR, aVL, aVF





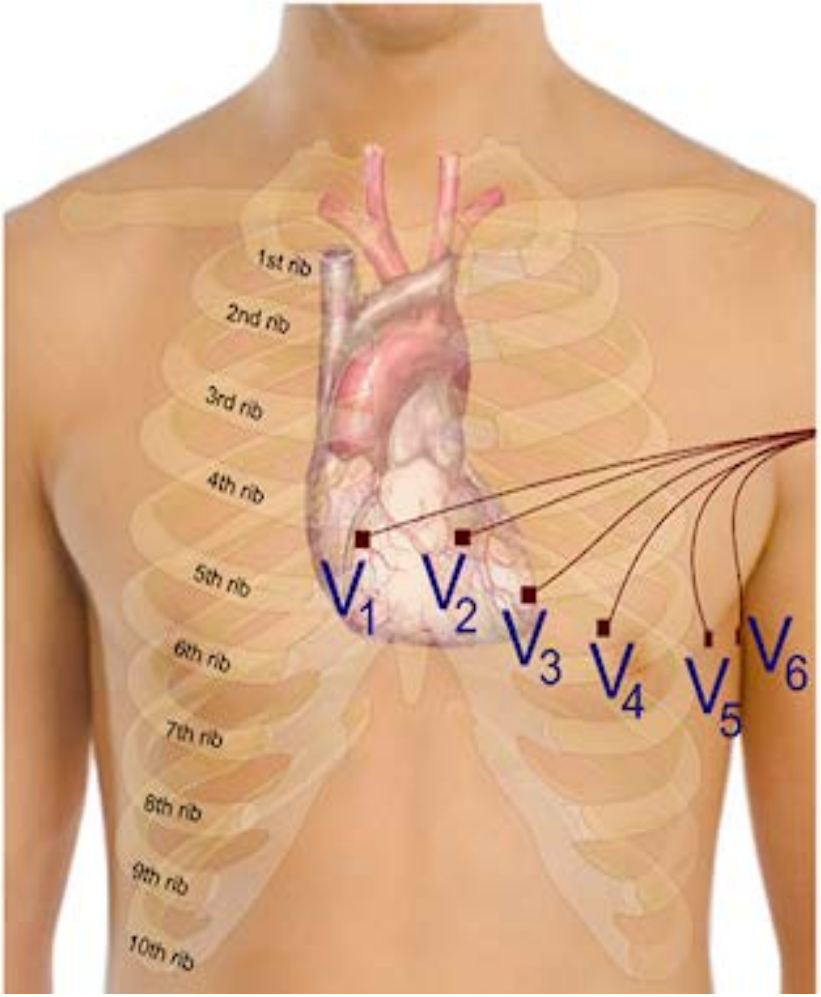


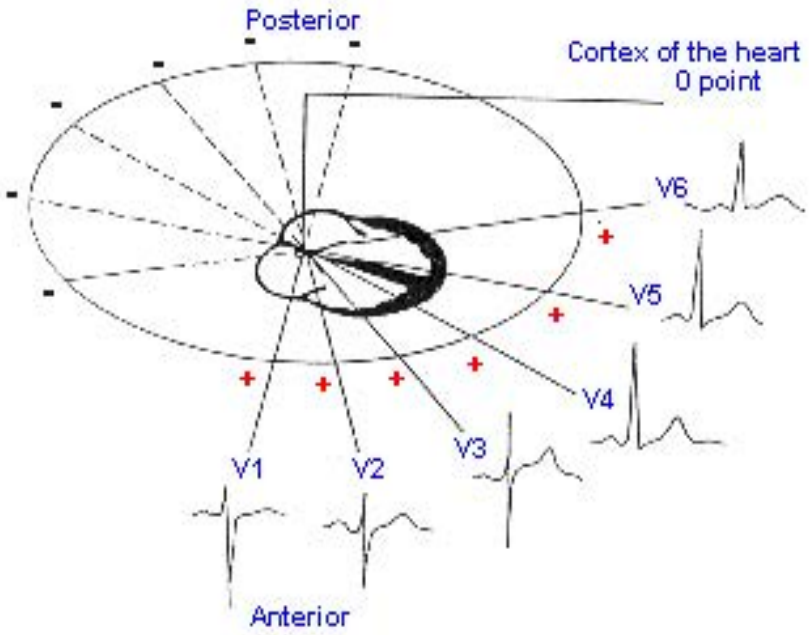
유도 (leads)

단극 흉부유도(unipolar precordial leads) - V1, V2, V3, V4, V5, V6

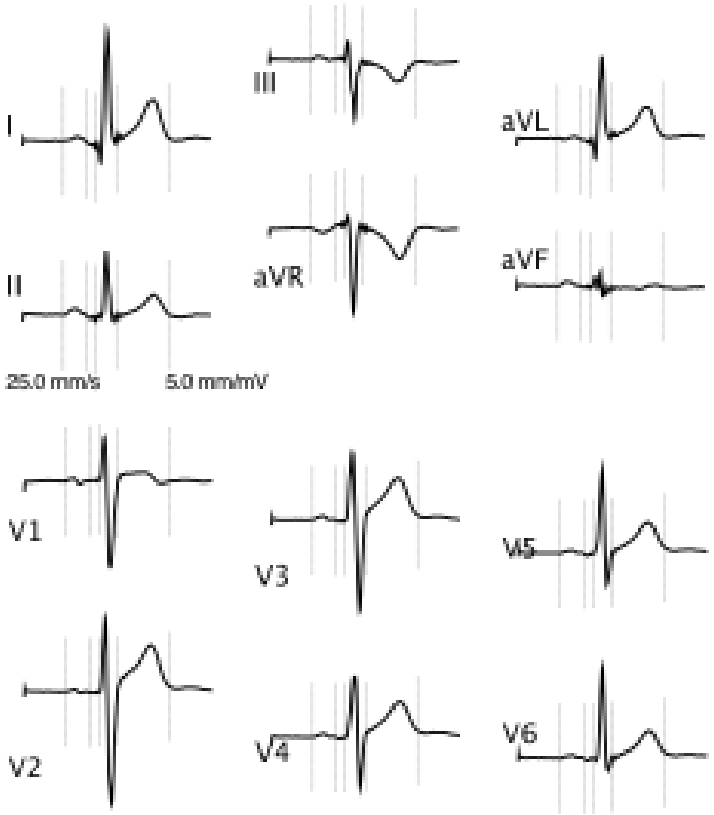
- 흉부유도는 심장의 축상면(axial plan)상의 심근수축상태를 반영한다. 각 흉부유도의 유치는 다음과 같다.
  - ① V1: 제 4늑간의 우측 흉골의 가장자리
  - ② V2: 제 4늑간의 좌측 흉골의 가장자리
  - ③ V3: V2와 V4의 중간부위
  - ④ V4: 제 5늑간과 좌측 쇄골중간선(mid-clavicular line)이 만나는 부위
  - ⑤ V5: V4와 수평되는 좌측 전방액와선(anterior axillary line) 부위
  - ⑥ V6: V4와 수평되는 좌측 중부액와선(mid-axillary line) 부위

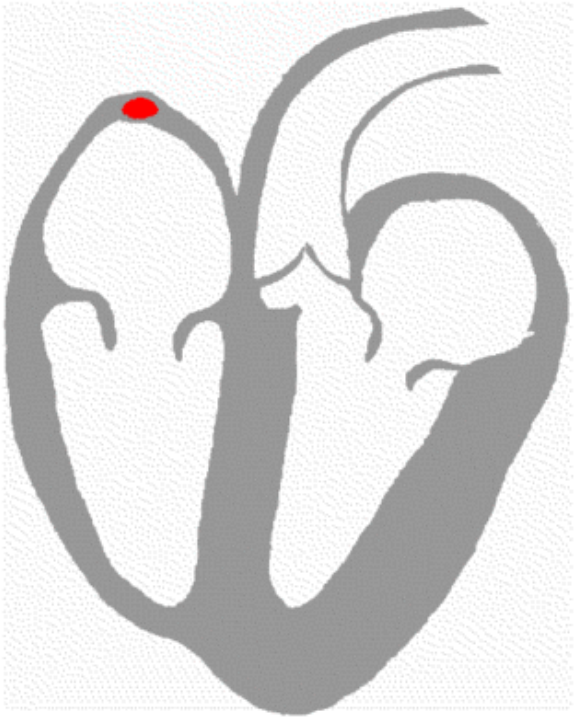
단극 흉부유도(unipolar precordial leads) - V1, V2, V3, V4, V5, V6





유도와 심장수축



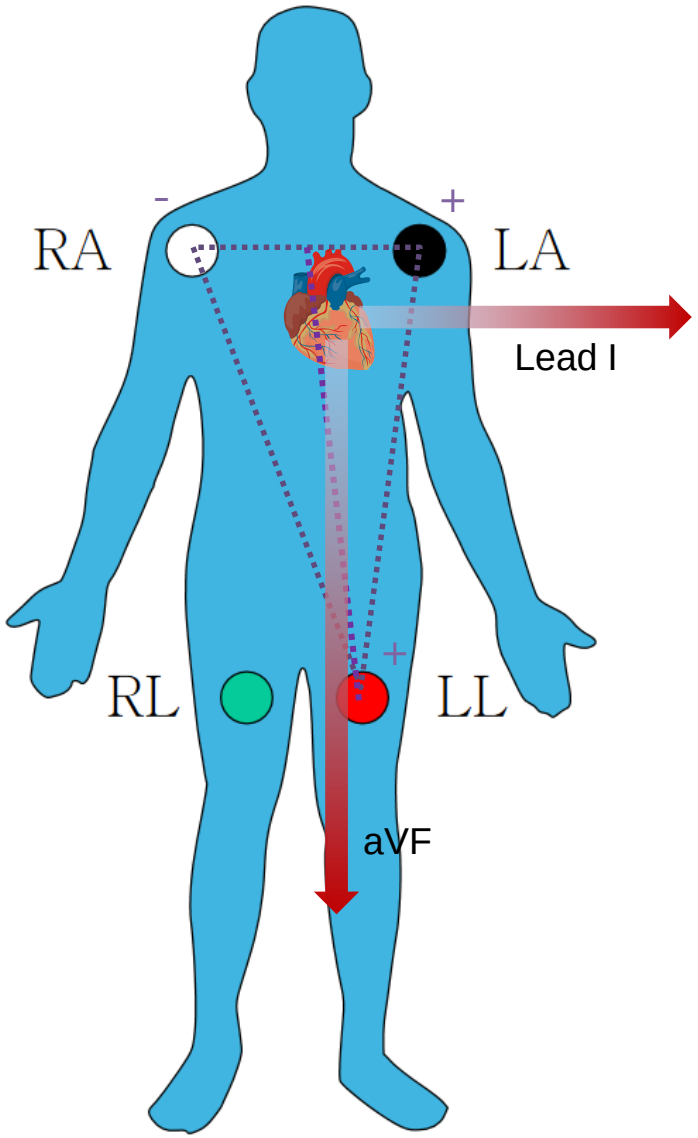


전기축 (electrical Axis)

- 각 유도의 양성파/음성파 여부, 크기를 통해 흉곽 내에 심장이 놓여있는 축의 상태를 알 수 있다.
- 이 심장의 전기축의 편위상태를 통해 심첨부의 위치와 심장의 기울기를 알 수 있으며, 우심실과 좌심실의 비대 정도도 예측할 수 있다. 즉 우심실비대의 경우, 심장 전기축의 우측편위가, 좌심실비대의 경우, 좌측편위가 나타날 수 있다.

Axis deviation & Leads

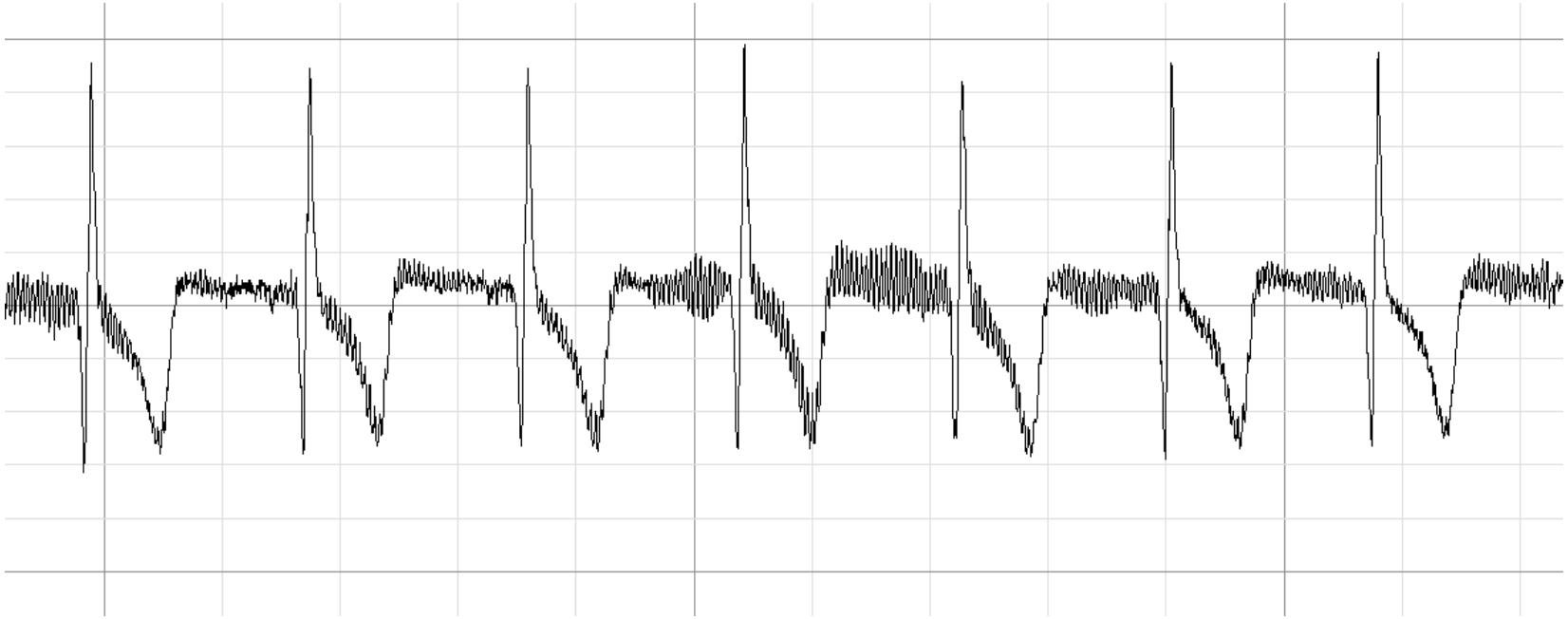
상태	Lead I	aVF
Normal axis	(+)	(+)
Right axis deviation	(-)	(+)
Left axis deviation	(+)	(-)



Characteristics of ECG Signal

- 측정범위 : 0.5 - 4 mV cf. EEG : 5 – 300 μV; EGG : 10 – 1000 μV
- 주파수범위 : 0.01 – 250 Hz cf. EMG : DC – 10,000 Hz
- 기본 센서 : 피부전극

From *Medical Engineering*, C. D. Ray (ed). 1974. Year Book Medical Publishers, Inc., Chicago.



Noise Control

- 60 Hz Noise

  250 Hz low pass filter

  60, 120, 180, 240 Hz notch filter





심전도 신호

ECG Signal

Schematic Diagram of ECG

P파 (P wave)

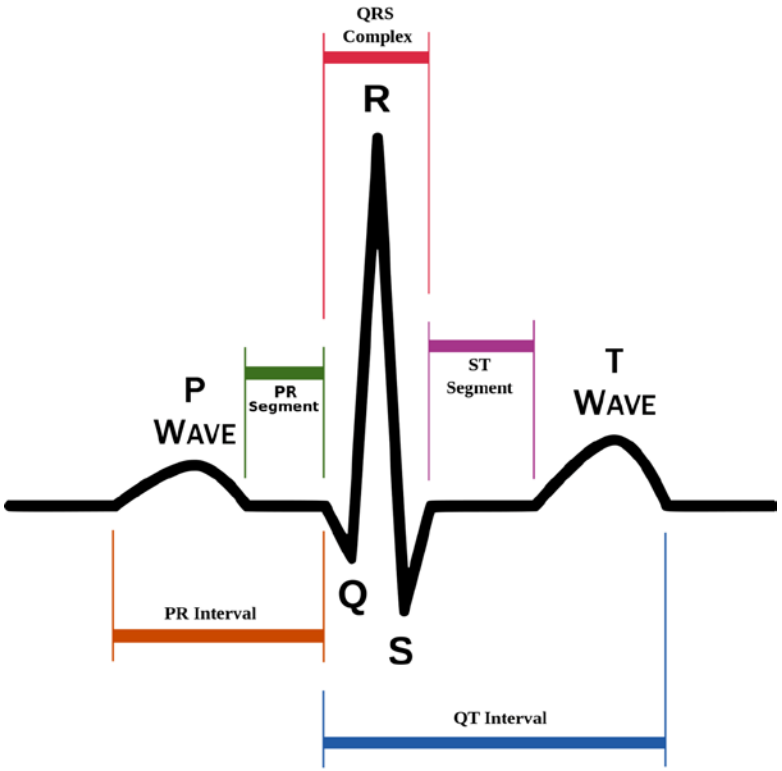
- P파는 동방결절을 통해 우심방과 좌심방을 동시에 탈분극시키면서 나타난다. P파는 약 0.08초 정도 나타나며, P파가 시작되고 약 0.1초 후 심방은 수축한다. P파의 진폭은 일반적으로 0.25 mV보다 작다.

PR 간격 (PR interval)

- 심방의 수축으로부터 심실의 수축이 일어나기까지의 시간으로, 동결절에서 심방과 방실결절을 통해 각까지 이동하는데 걸리는 시간을 나타낸다. PR 간격은 일반적으로 약 0.16 초 정도이다.

QRS군 (QRS complex)

- 심실의 탈분극 시간을 나타난다. 또한 QRS군이 복잡한 모양으로 나타나는 것은 심근 및 심장 전도계의 구조적 특성 때문이며, 심방의 재분극 역시 이 시기에 일어나지만 QRS군과 겹쳐서 기록되기 때문에 심정도상에서 따로 구분하기는 어렵다. QRS군의 지속시간은 일반적으로 약 0.08 초 정도이다.



Schematic Diagram of ECG

ST 분절 (ST segment)

- 심실의 탈분극이 끝나는 시점에서 재분극까지의 기간으로서 심실의 수축시간을 반영한다. QRS군의 끝과 ST 분절의 시작을 나타나는 지점은 J point라 한다. 기저선(baseline)을 조금 벗어날 수는 있으나 0.1 mV를 넘어서면 이상소견을 본다.

T파 (T wave)

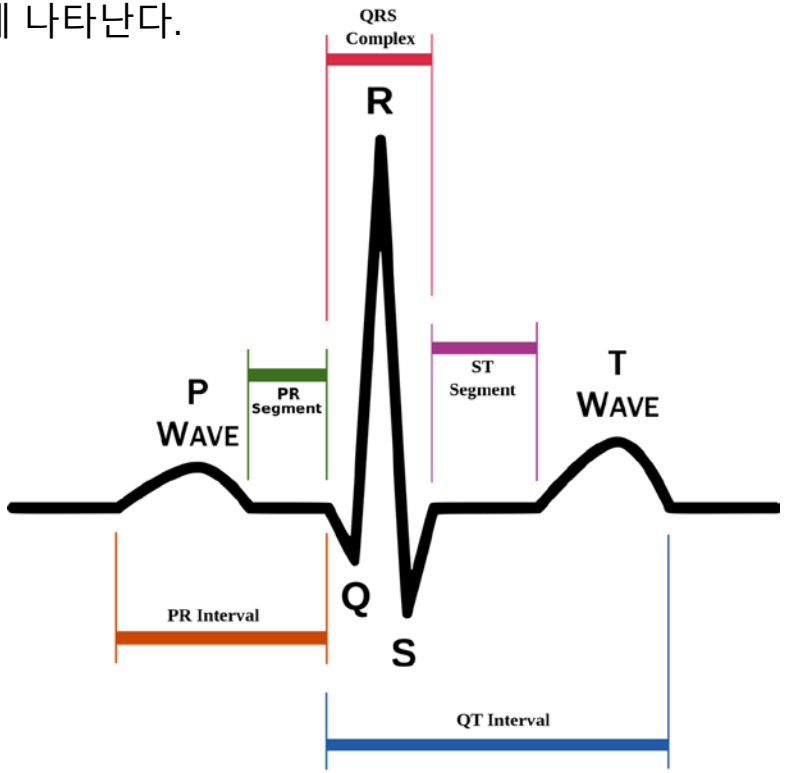
- T파는 심실의 재분극될 때 나타나며 일반적으로 약 0.16 초 정도 지속된다. 심실의 재분극은 탈분극보다 천천히 진행되며, T파는 QRS군 보다 길고 진폭도 보다 낮게 나타난다.

QT 간격 (QT interval)

- 심실의 탈분극에서 재분극까지의 기간을 나타내며, 심장의 전기적 수축기이다. 교감 및 부교감신경의 활동성에 모두 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

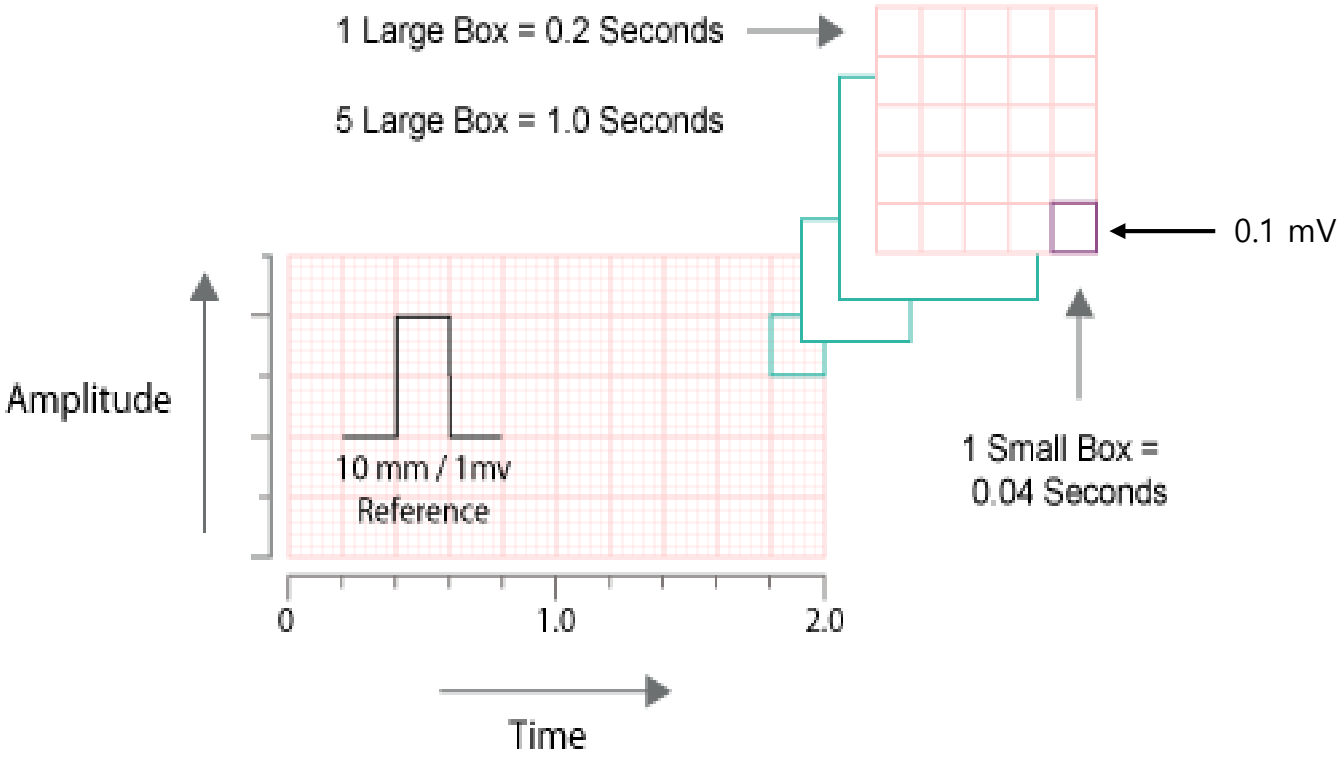
U파(U wave)

- U파의 발생원인은 아직 명확하지 않으며, 정상인에게서는 일반적으로 나타나지 않지만, 저칼륨혈증(hypokalemia), 허혈성 심장질환(ischemic heart disease) 등에서 관찰되기도 한다.



심전도의 기록

- 심전도는 25 mm/sec의 속력으로 지나가는 모눈금이 있는 기록지에 기록된다. 시간을 나타내는 수평축에 있는 작은 눈금은 0.04 초를 나타내며, 작은 눈금 다섯 개가 모인 큰 눈금은 0.2 초를 나타낸다. 전압차를 나타내는 수직축에 있는 작은 눈금은 0.1 mV, 큰 눈금은 0.5 mV를 나타낸다.
- 심전도는 심장의 전기활동을 열을 가진 바늘을 이용하여 25mm/sec의 속력으로 지나가는 열에 민감한 표준화된 모눈금이 있는 종이에 기록한다. 수평축에 있는 작은 눈금하나는 0.04초이며 작은 눈금 다섯 개는 0.2초를 나타내고 큰 눈금 하나가 된다.



심전도 판독

ECG reading

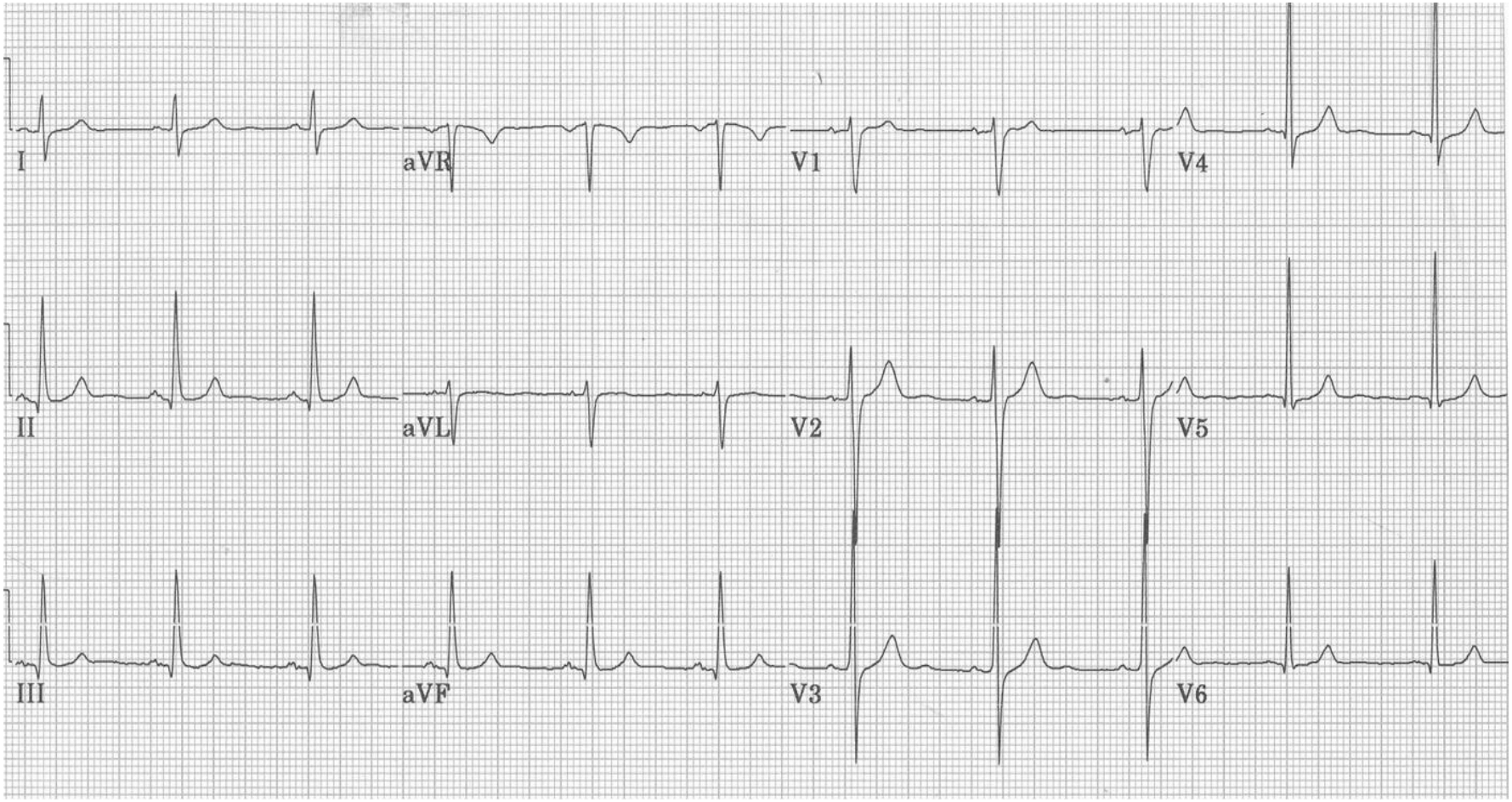
심전도의 판독

- 사소한 이상소견이라도 놓치지 않고 정확하게 판독하기 위해서는 다음과 같은 순서로 나누어 살펴보는 것이 좋다.
  - ① 심박동수(heart rate)와 리듬
  - ② PR 간격
  - ③ QRS의 파형과 간격
  - ④ QT 간격
  - ⑤ 심장의 전기축
  - ⑥ 이전에 실시한 심전도가 있다면 이전 심전도와 비교

심전도의 정상 소견

- 심전도의 정상소견의 기준은 판독자에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나, 통상적인 판독기준은 다음과 같다.
  - ① 심방리듬: 규칙적
  - ② 심실리듬: 규칙적
  - ③ 심방의 박동수: 60~100 회/분
  - ④ 심실의 박동수: 60~100 회/분
  - ⑤ P파: 위를 향한 둥근 정상모양. 정상 P파는 크기와 모양이 동일하다.
  - ⑥ PR 간격: 0.12~0.20 초
  - ⑦ QRS complex: 0.06~0.10 초. 이상 Q파가 나타나지 않는다.
  - ⑧ T파: 정상모양 (위를 향한 둥근 모양)
  - ⑨ QT 간격: 0.36~0.42 초
  - ⑩ ST 분절: 상승이나 하강이 없다

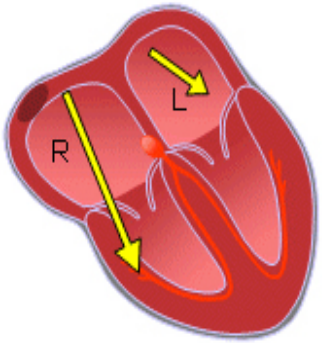
심전도의 정상 소견

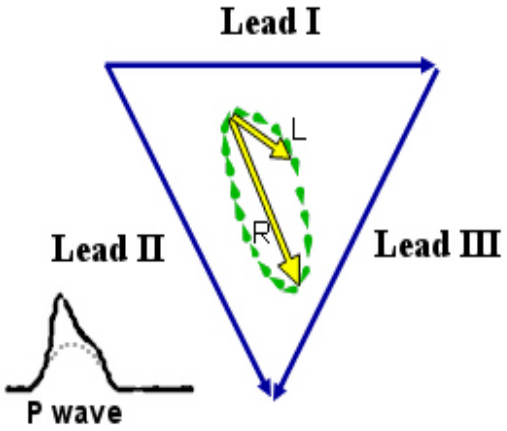


심방비대 (atrial hypertrophy)

우심방비대 (Rt. atrial hypertrophy)

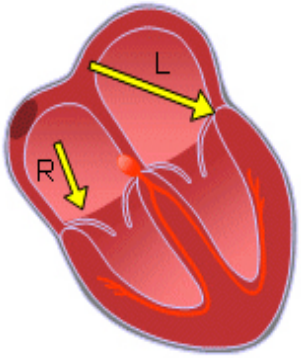
- 우심방이 비대되면 유도Ⅱ, aVF에서 P파의 파고가 0.24 mV 이상으로 증가하고, 파형은 뾰족해진다.

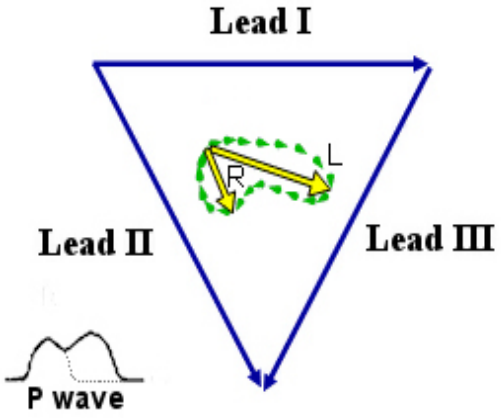




좌심방비대 (Lt. atrial hypertrophy)

- 좌심방이 비대되면 유도Ⅰ, Ⅱ에서 P파는 0.12초 이상으로 넓어지면서 notch가 생긴다.





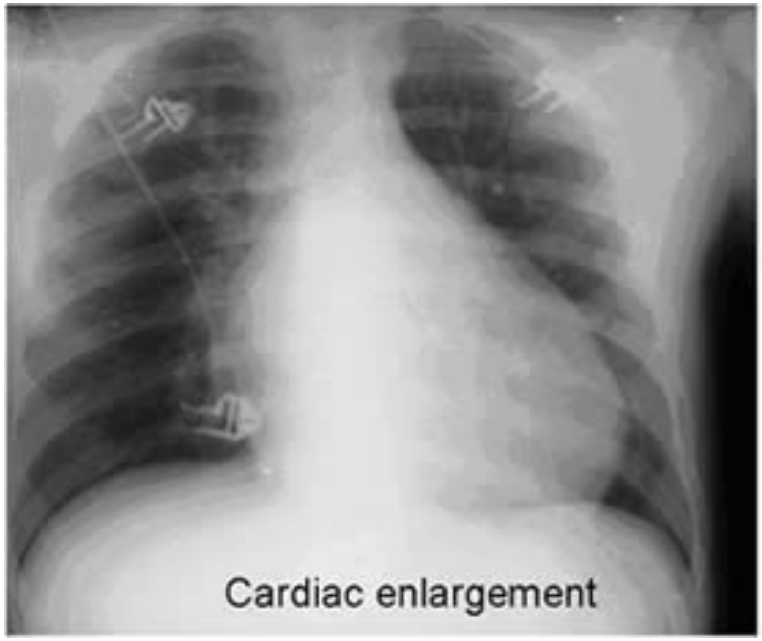
심실비대 (ventricular hypertrophy)

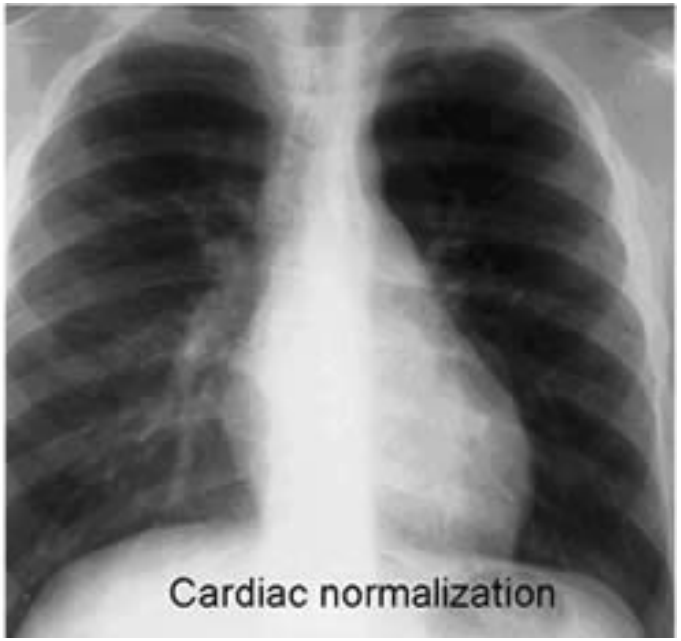
우심실비대 (Rt. ventricular hypertrophy)

- V1의 R파가 S파보다 크거나, 심장축의 우측편위나 만성폐질환이 있는 경우 흉부유도 전체에서 S파가 관찰되기도 한다.

좌심실비대 (Lt. ventricular hypertrophy)

- 여러 가지 기준이 있으나 가장 일반적으로 사용되는 기준은 V1의 S파와 V5의 R파를 합친 것이 3.5 mV 이상이면 좌심실비대를 의심한다. 이 기준에 심전도의 좌심방비대 소견이 함께 나타나거나 ST 분절 또는 T파의 이상소견이 함께 관찰되면 좌심실비대로 판단한다.





방실차단(AV block)

- 심방에서 심실로 전기적 자극이 전달되는 과정에 방실결절 부근에서 전도가 늦거나 두절된 경우를 방실차단이라 한다.
- 방실차단은 심방, 방실결절, His속 등 방실전도계 어느 곳이든 전도지연이나 차단이 발생할 수 있다. 일반적으로 방실차단의 예후는 차단이 발생하는 위치에 따라 차이가 있는데, 방실결절 이상부위에서 발생한 경우는 상대적으로 예후가 좋은 편이지만, His속 이하에서 발생한 경우는 예후가 불량한 경우가 많다.

1도 방실차단 (1st degree AV block)

2도 방실차단 (2nd degree AV block)

- **Mobitz Ⅰ형 방실차단**
- **Mobitz Ⅱ형 방실차단**

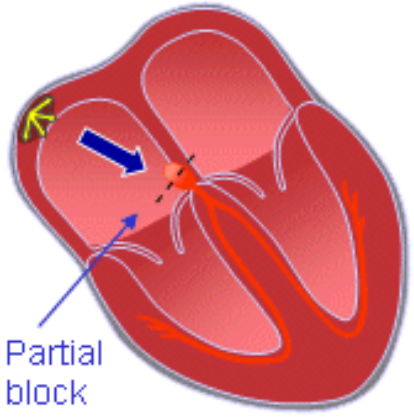
3도 방실차단 (3rd degree AV block)

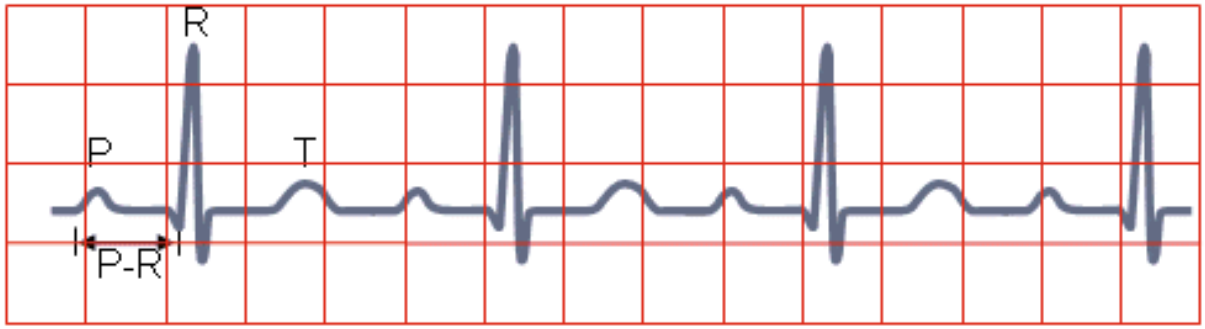
1도 방실차단 (1st degree AV block)

- 1도 방실차단은 **PR 간격이 0.2 초 이상**인 것을 특징으로 한다. 일단 PR 간격이 정상보다 길어졌다면 방실차단의 가능성을 고려하는 것이 좋다.

A-V BLOCK, FIRST DEGREE

Atrioventricular conduction lengthened





P-wave precedes each QRS-complex but interval is > 0.2 s

2도 방실차단 (2nd degree AV block)

- 2도 방실차단은 방실차단이 발생하는 위치에 따라 Mobitz Ⅰ형과 Mobitz Ⅱ형으로 분류된다.

Mobitz Ⅰ형 방실차단

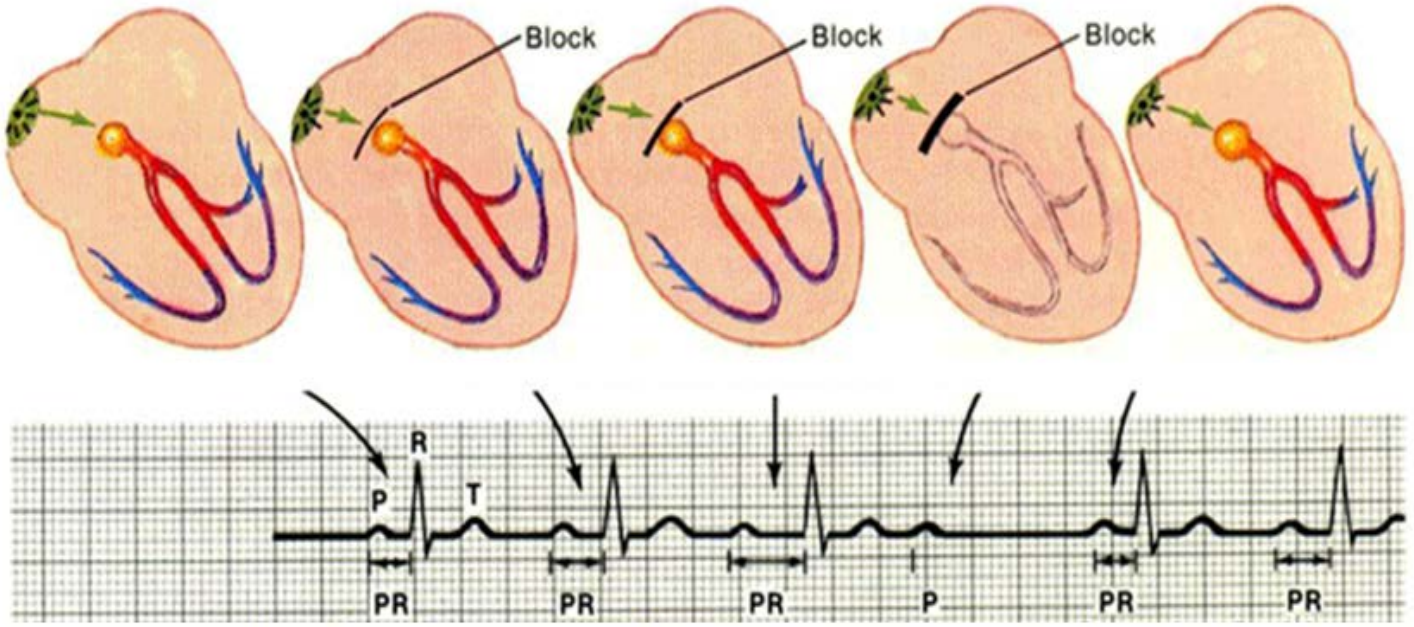
- Wenckebach형 방실차단이라도 한다.
- 동성 또는 상실성(preventricular) 자극이 방실결절 부근에서 전도가 지연되거나 차단된 경우

Mobitz Ⅱ 형 방실차단

- 동성 또는 상실성 자극이 방실결절이하 부위에서 차단되어 간헐적으로 심실로 전도되지 않는 경우

Mobitz Ⅰ형 방실차단

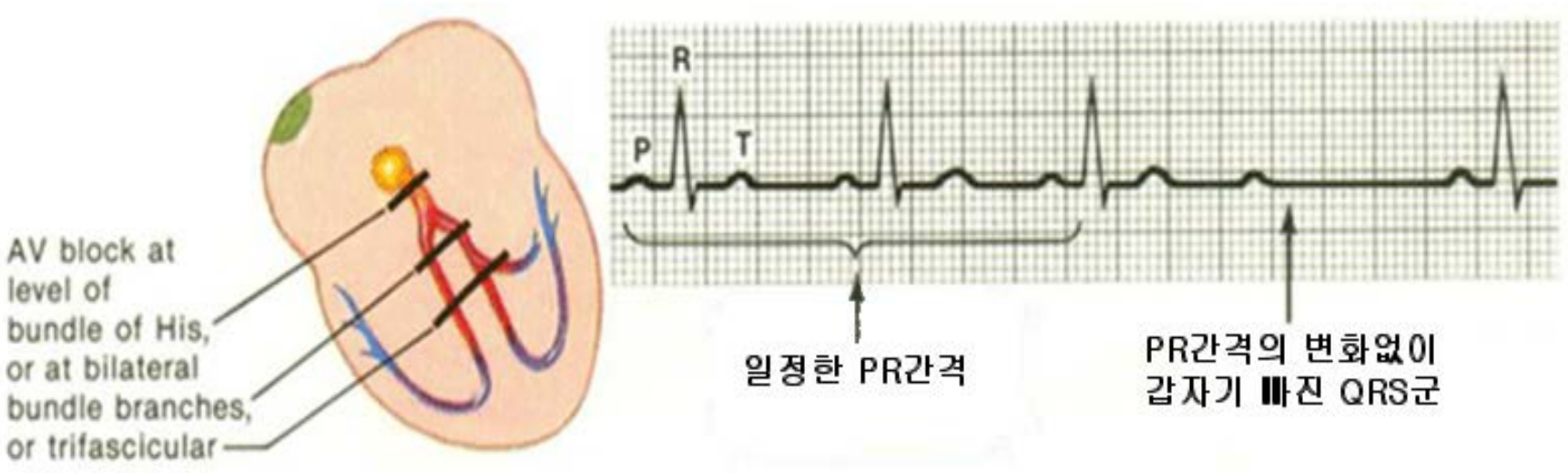
- Wenckebach형 방실차단이라도 한다. 동성 또는 상실성(preventricular) 자극이 방실결절 부근에서 전도가 지연되거나 차단된 경우이다.
- Mobitz Ⅰ형 방실차단에서는 동성 또는 상실성 자극이 심실로 전달되기 어렵기 때문에 **PR간격은 점점 길어지다가 전도가 차단되어 QRS군이 발생하지 않는다**. 이렇게 전도되지 않는 P파 때문에 생기는 휴지기간동안 방실전도기능이 회복되어 다음 P파는 정상 또는 약간 긴 PR간격을 보이면서 다시 QRS군은 나타나게 된다. 심실수축 리듬은 불규칙적인 경우도 자주 발생하나, 심방수축 리듬와 QRS군의 파형은 일반적으로 정상이다.



- 代脈은 맥박이 한 번씩 중지하되, 정지하는 데 규칙성이 있는 것을 특징으로 하는 맥상이다. Wenckebach형 방실차단에서는 규칙적인 QRS군의 소실이 나타나 규칙적인 맥박의 중지가 관찰된다. 따라서 Mobitz Ⅰ형 방실차단은 대맥의 범주에 포함시킬 수 있을 것이다.

Mobitz Ⅱ형 방실차단

- Mobitz Ⅱ형 방실전도차단은 동성 또는 상실성 자극이 방실결절이하 부위에서 차단되어 **간헐적으로 심실로 전도되지 않는 경우이다**.
- PR간격은 정상이거나 연장되어 있으나 일정하면서 전기적 자극은 심실로 전달되지 않는다. 2개 이상의 P파가 잇달아 심실로 전달되지 않을 때에서는 '고도방실전도차단'이라 한다.

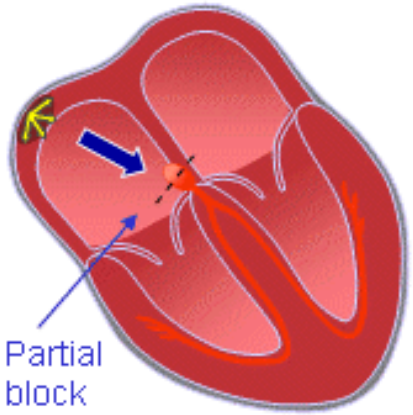


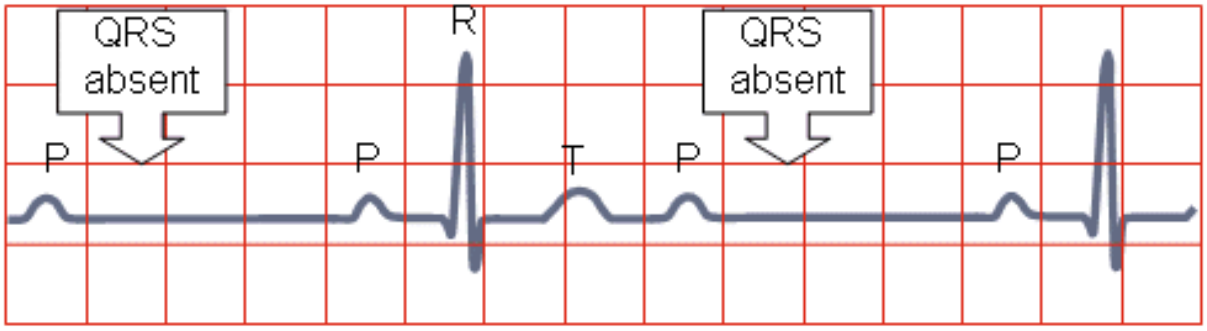
3도 방실차단 (3rd degree AV block)

- 3도 방실차단은 동성 또는 상실성 자극이 방실결절에서 완전히 차단되어 심실로 전도되지 않는 경우이다.
- 대신 방실결절에서 기원하는 전기 자극이 심실로 전달되어 심실의 수축이 발생하게 되며, 심실수축은 심방수축과 동조없이 분당 20~55회 정도의 서맥으로 심박수의 변화없이 거의 일정하게 발생한다.

A-V BLOCK, SECOND DEGREE

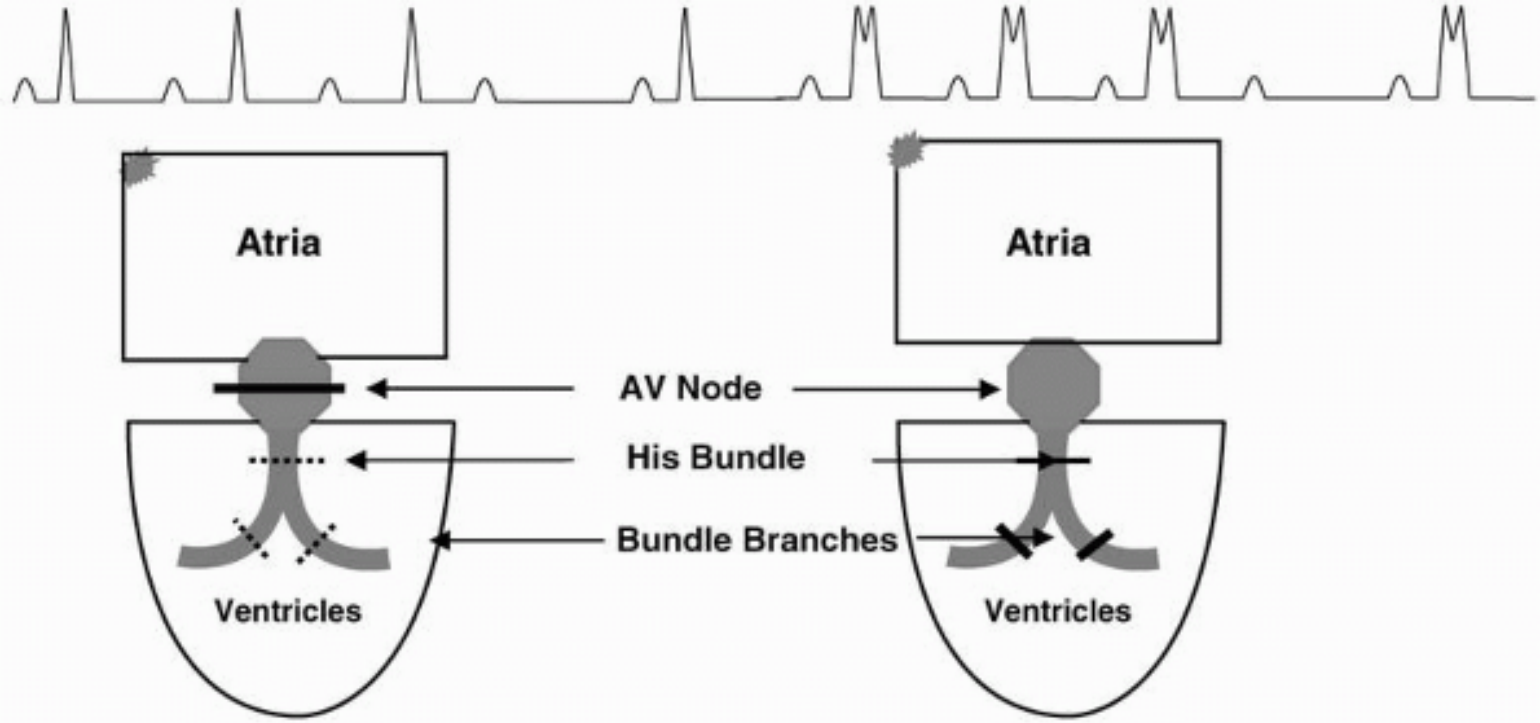
Sudden dropped QRS-complex





Intermittently skipped ventricular beat

기타 전도장애



AV block

Bundle branch block

심장조율장애

동성 빈맥 (sinus tachycardia)

- 분당 심박수: 100회 이상

동성 서맥 (sinus bradycardia)

- 분당 심박수: 60회 이하

심방세동(atrial fibrillation)

- 진정한 P파를 구분하기 어려운 부정맥

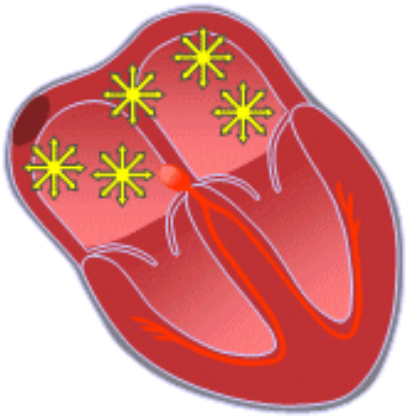


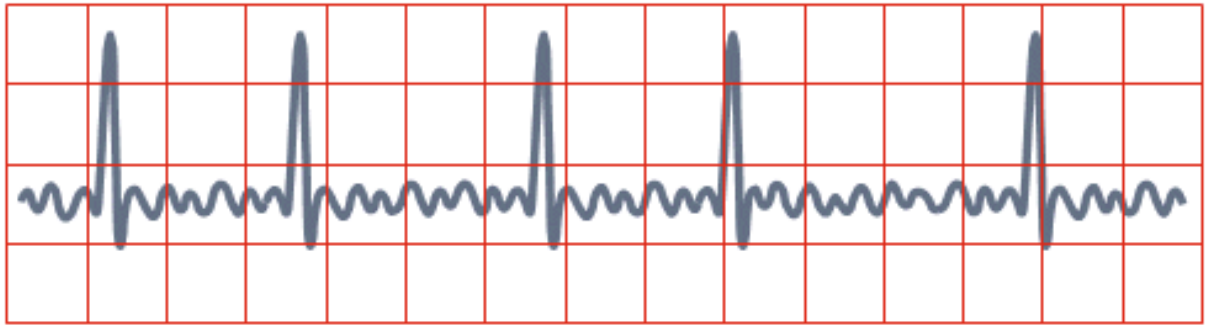
심방세동 (atrial fibrillation)

- 여러 개의 이소성 심방흥분중추가 각각 다른 속도로 흥분하여 무질서하고 불규칙적인 심방조율이 나타난다. 하나의 이소성 흥분중추는 심방의 일부분만 탈분극시키며 너무 많은 이소성 중추가 빠른 속도로 흥분하기 때문에 심장의 전도계는 규칙적으로 작동하지 못한다.
- 너무나 많은 이소성 심방파 때문에 **진정한 P파를 구분하기 어렵고**, **무질서하고 불규칙적인 심실조율 (부정맥)**이 특징적인 심전도 소견이다.

ATRIAL FIBRILLATION

Impulses have chaotic, random pathways in atria





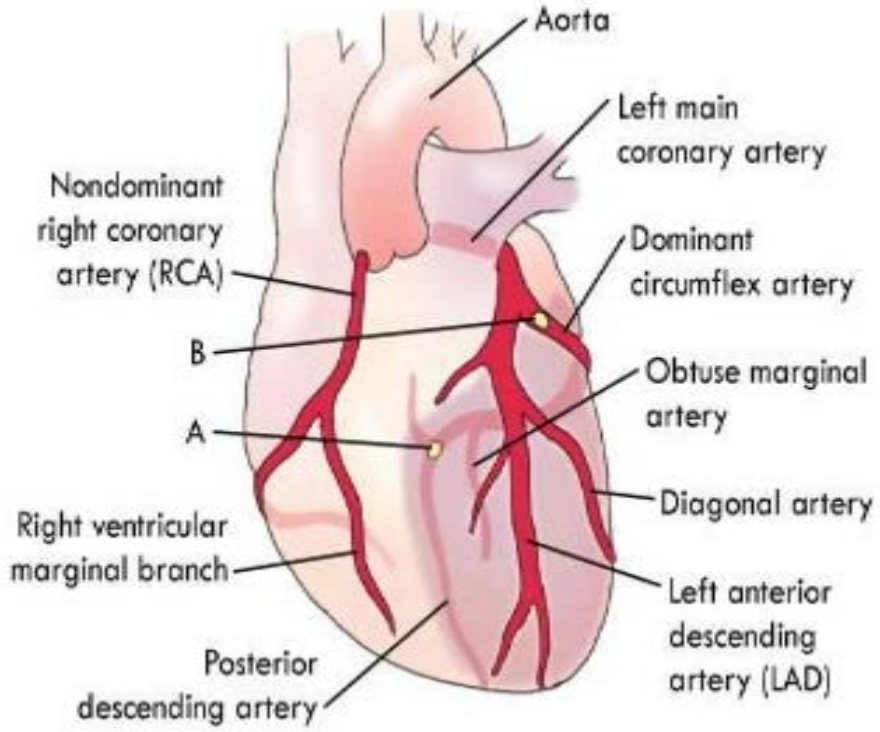
Baseline irregular, ventricular response irregular

- 무질서하고 불규칙적인 심실조율은 혈전색전증의 위험을 증가시켜 뇌, 신장 등의 주요 장기의 허혈성 괴사를 유발할 수 있다.
- 散脈은 浮散無根하여 가볍게 누르면 없고 遲數이 가지런하지 않은 것을 특징으로 하는 맥상이다. 기본적인 심실의 조율을 상실한 상태로서 심방세동도 散脈의 범주에 포함시킬 수 있을 것이다.

급성 심근경색 (Acute myocardial infarction)

급성 심근경색의 3징후

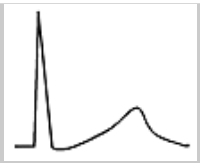
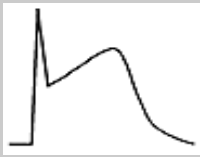
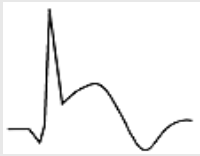
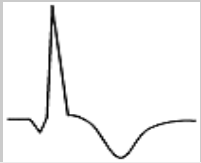
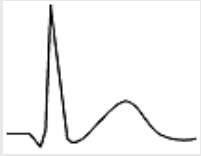
- 이상 Q파의 출현 (pathologic Q-wave)
- ST분절의 하강 (ST segment depression)
- T파의 역전 (T wave inversion)



I Lateral	aVR	V_1 Septum	V_4 Anterior
II Inferior	aVL Lateral	V_2 Septum	V_5 Lateral
III Inferior	aVF Inferior	V_3 Anterior	V_6 Lateral

급성 심근경색 (Acute myocardial infarction)

발생 후 심전도의 변화

ECG	Period	Sign
	- 0 hr	Normal ECG prior to MI
	+ minutes	Increased **T wave amplitude and width**; may also see ST elevation
	+ minutes ~ hours	**Marked ST elevation** with hyperacute T wave changes
	+ hours ~ days	**Pathologic Q waves**, less ST elevation, **terminal T wave inversion** - Pathologic Q wave: duration ≥ 0.04 s or ≥ 25% of R-wave amplitude
	+ days	**Pathologic Q waves**, **T wave inversion**
	+ weeks ~ months	**Pathologic Q waves**, upright T waves

급성 심근경색 (Acute myocardial infarction)

Anatomic Groups

Standard	Augmented	Chest	
I Lateral	aVR None	V_1 Septal	V_4 Anterior
II Inferior	aVL Lateral	V_2 Septal	V_5 Lateral
III Inferior	aVF Inferior	V_3 Anterior	V_6 Lateral

전해질 이상

저칼륨혈증 (hypokalemia)

- 혈중칼륨농도가 낮으면 T파가 낮아진다.

고칼륨혈증 (hyperkalemia)

- 혈중칼륨농도가 높으면 뾰족한 텐트모양의 T파가 나타난다.

저칼슘혈증 (hypocalcemia)

- 혈중칼슘농도가 낮아지면 ST부분이 연장되어 QT간격이 연장된다.

고칼슘혈증(hypercalcemia)

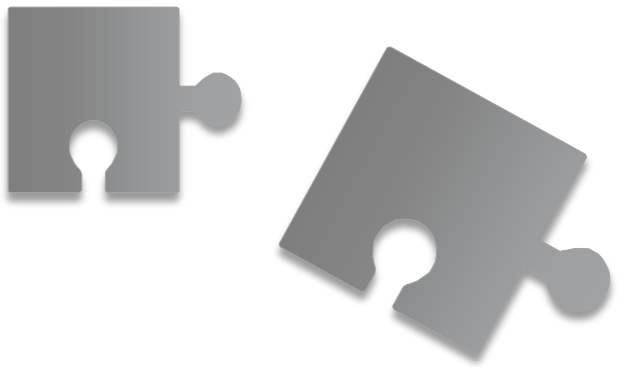
- 혈중칼슘농도가 높아지면 ST부분이 단축 내지는 소실되어 QT간격이 단축된다.





심박변이도 [수양명경경락기능검사]

Heart Rate Variability



심박변이도 (heart rate variability, HRV)

- 시간에 따른 심박수의 변이를 정량적으로 나타낸 것
- 심장의 자율신경기능을 반영
- 심혈관계 질환의 예측인자

개요

- 연속한 심박의 변이, 혹은 연속한 RR간격의 변이
- 심장 박동수는 외부환경의 변화에 대응하여 체내의 항상성을 유지하고자 끊임없이 변동

Biomarker

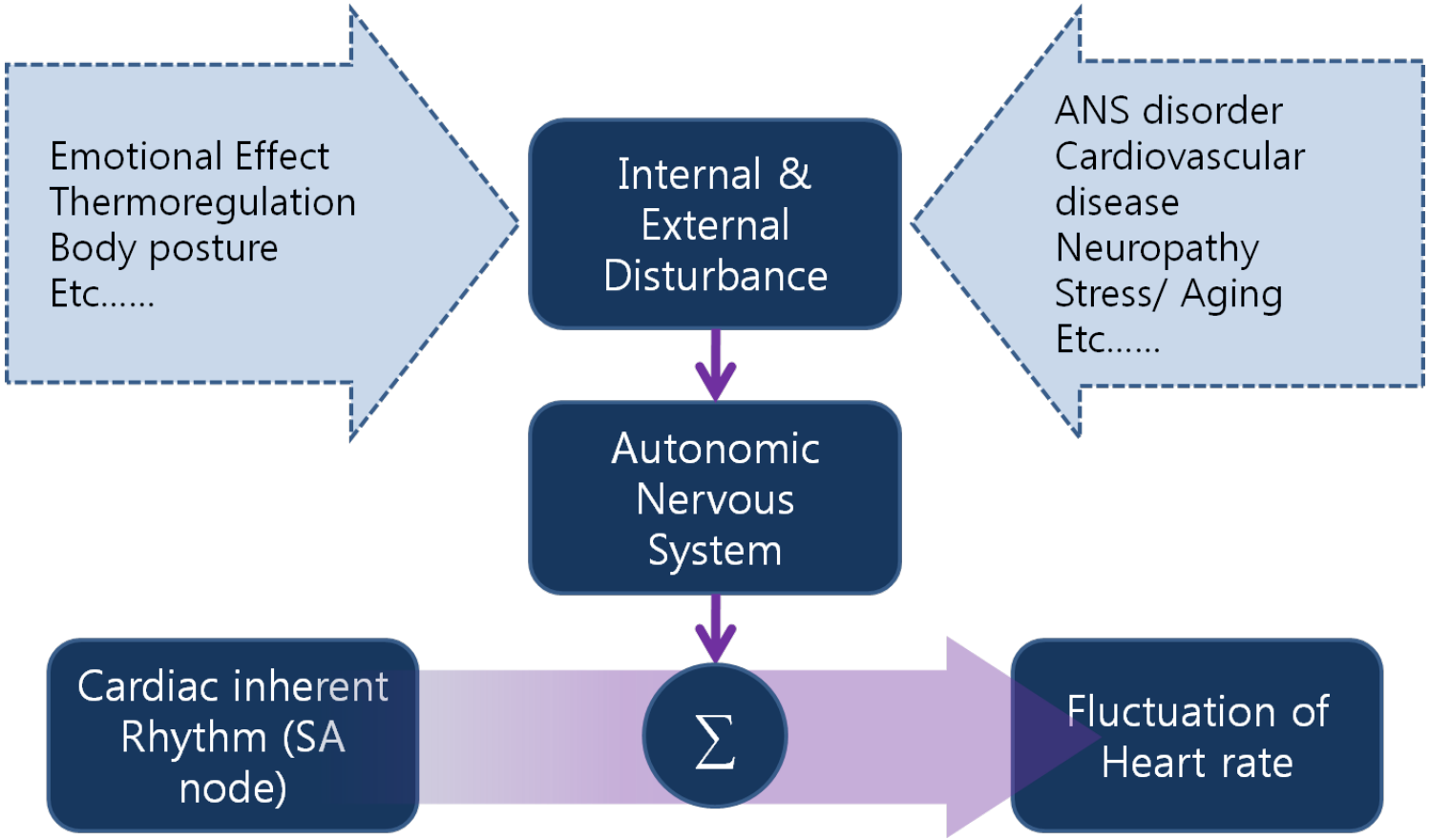
- 심혈관계 질환
- 심신증
- 명상 등과 같은 정신활동
- 虛證

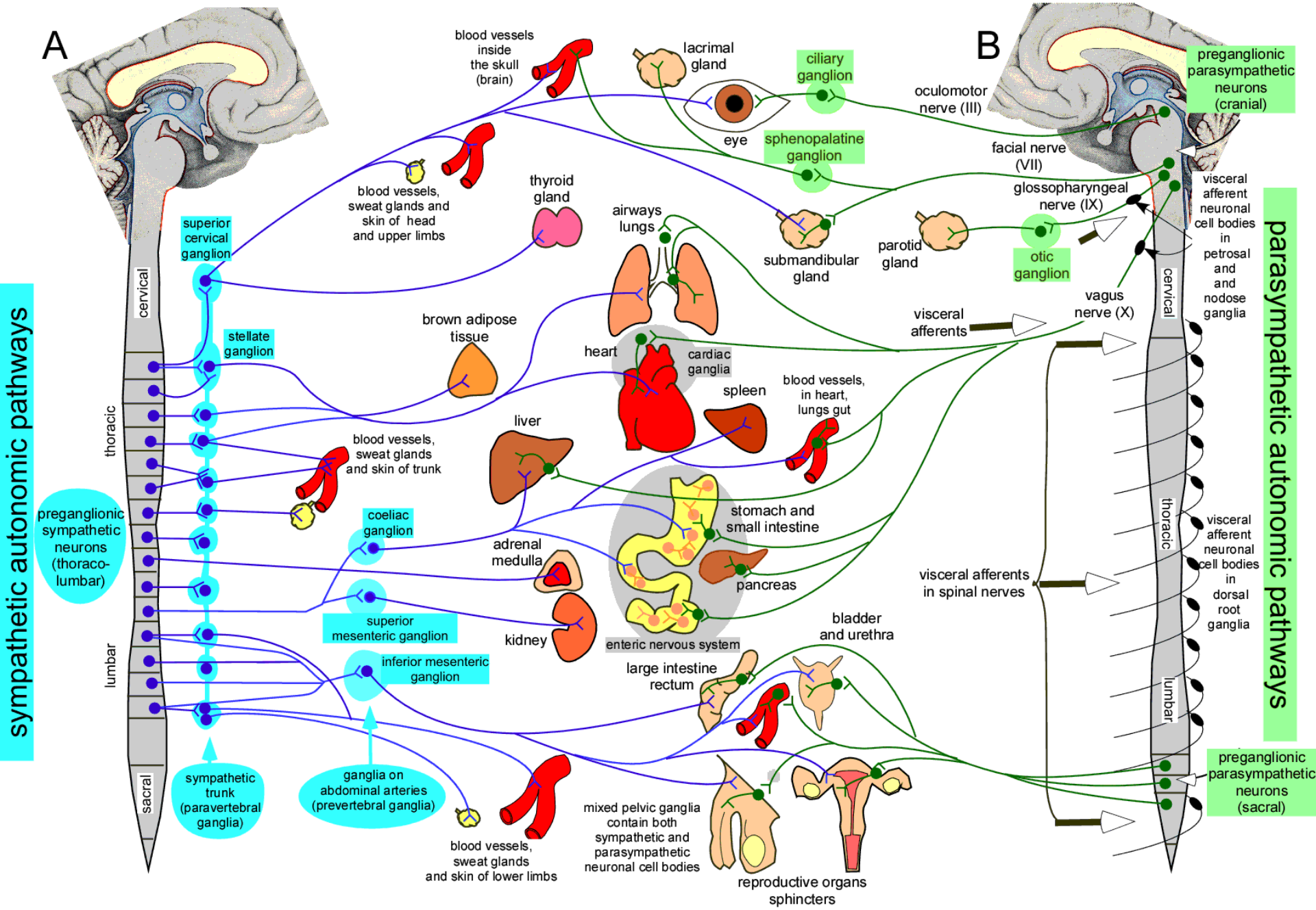


RR interval or NN interval

심장박동수의 조절

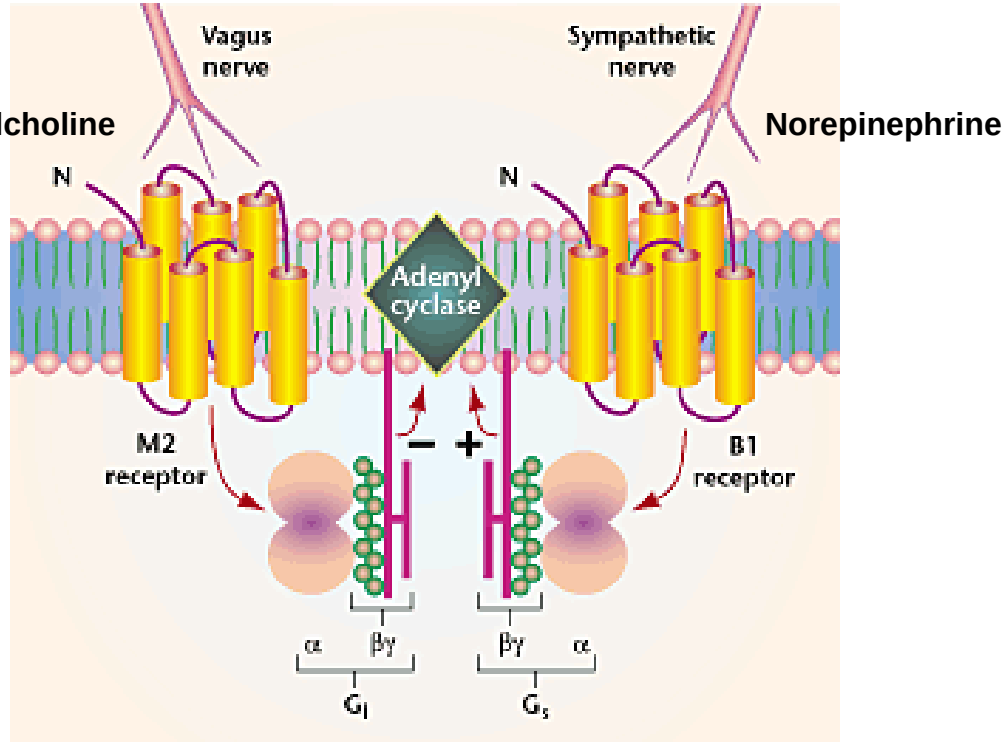
- 동방결절(sinoatrial node; SA node)의 세포막에서 일어나는 일련의 과정에 의해서 조절되며, 자율신경계의 교감신경과 부교감신경은 동방결절의 세포막에 작용.




A
B
sympathetic autonomic pathways
parasympathetic autonomic pathways
blood vessels inside the skull (brain)
lacrimal gland
ciliary ganglion
eye
sphenopalatine ganglion
blood vessels, sweat glands and skin of head and upper limbs
thyroid gland
submandibular gland
parotid gland
otic ganglion
oculomotor nerve (III)
facial nerve (VII)
glossopharyngeal nerve (IX)
vagus nerve (X)
preganglionic parasympathetic neurons (cranial)
visceral afferent neuronal cell bodies in petrosal and and nodose ganglia
visceral afferents
superior cervical ganglion
cervical
thoracic
lumbar
sacral
stellate ganglion
brown adipose tissue
airways
lungs
heart
cardiac ganglia
spleen
blood vessels, in heart, lungs gut
liver
blood vessels, sweat glands and skin of trunk
preganglionic sympathetic neurons (thoraco-lumbar)
coeliac ganglion
adrenal medulla
kidney
stomach and small intestine
pancreas
enteric nervous system
superior mesenteric ganglion
inferior mesenteric ganglion
large intestine
rectum
bladder and urethra
visceral afferents in spinal nerves
visceral afferent neuronal cell bodies in dorsal root ganglia
sympathetic trunk (paravertebral ganglia)
ganglia on abdominal arteries (prevertebral ganglia)
blood vessels, sweat glands and skin of lower limbs
mixed pelvic ganglia contain both sympathetic and parasympathetic neuronal cell bodies
reproductive organs sphincters
preganglionic parasympathetic neurons (sacral)

심장박동수의 조절기전

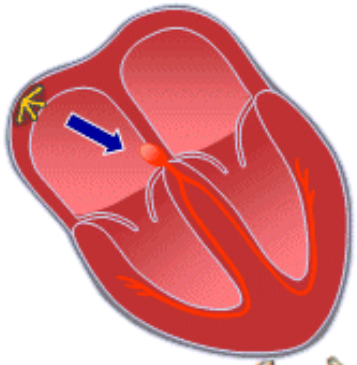
- 부교감신경 절후섬유 말단에서 분비되는 **아세틸콜린**은 무스카린성 아세틸콜린 수용체와 결합하여 세포막 표면의 포타슘 채널(K channel)을 활성화하여 동방결절의 탈분극을 억제한다. 이 결과 심박수는 감소한다.
- 반면, 교감신경 절후섬유 말단에서 분비되는 **노르에피네프린**은 동방결절 세포막에 존재하는 β1수용체와 결합하여 심박동수를 증가시키게 된다. 또한 신경전달반응은 여러 종류의 뉴로펩타이드에 의해도 조절되는데, 동방결절에 작용하는 대표적인 뉴로펩타이드인 neuropeptide Y는 자율신경 말단에서 분비되는 아세틸콜린이나 노르에피네프린과 함께 발견된다.

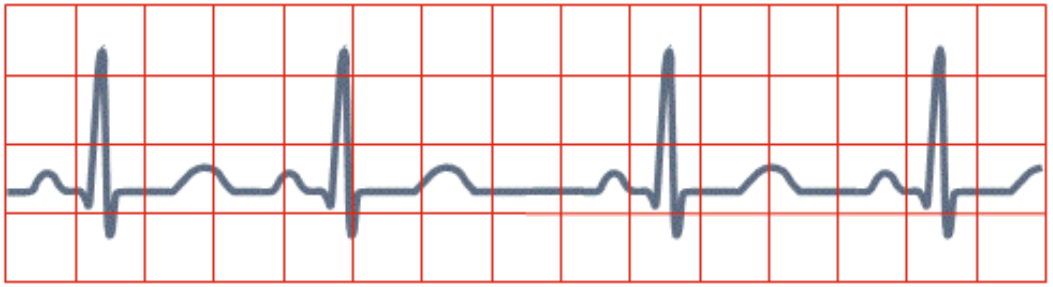


호흡성 동성 부정맥 (respiratory sinus arrhythmia)

SINUS ARRHYTHMIA

Impulses originate at S-A node at varying rate



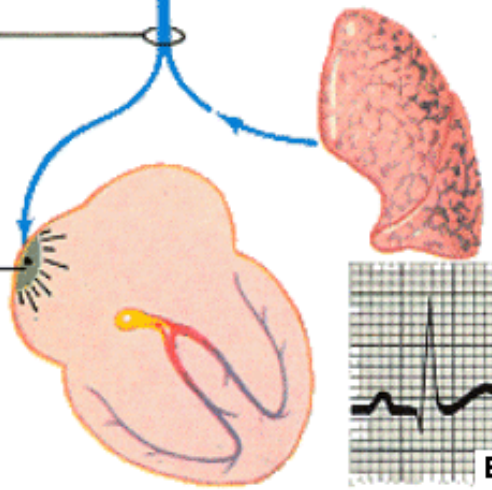


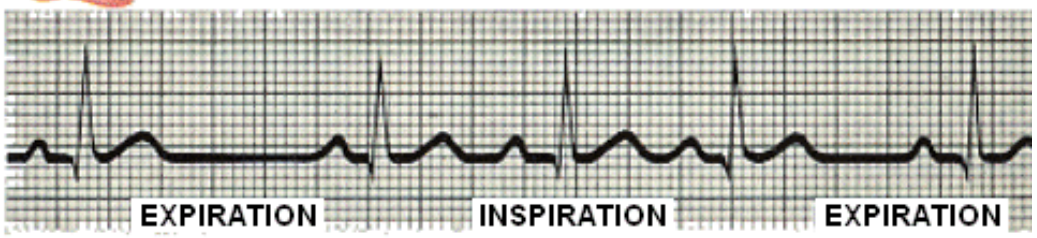
All complexes normal, rhythm is irregular
Longest R-R interval exceeds shortest > 0.16 s

MEDULLA OBLONGATA

VAGUS NERVE

S-A NODE PACEMAKER ACTIVITY VARIES REFLEXLY WITH RESPIRATION





심박수 측정방법

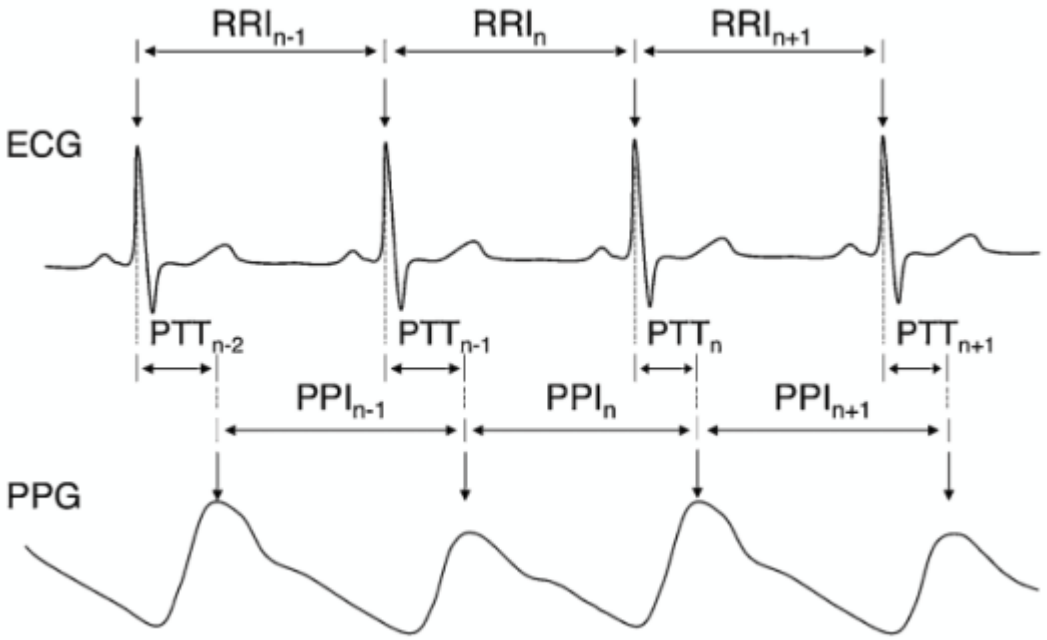
- 일정시간 동안 심전도/맥파 신호를 기록한 후, 기록된 심전도/맥파 신호를 소프트웨어를 활용하여 박동 간의 시간을 검출한다.
- 5분 정도의 짧은 시간의 심박변이도를 분석하는 방법이 일반적으로 사용된다.
- Holter 등을 활용하여 피검자에게 착용시킨 후, 장시간(일반적으로 24시간)의 심박변이도를 기록하여 분석하는 방법이 사용되기도 한다.

심박변이도

- 심전도 : short term, long term

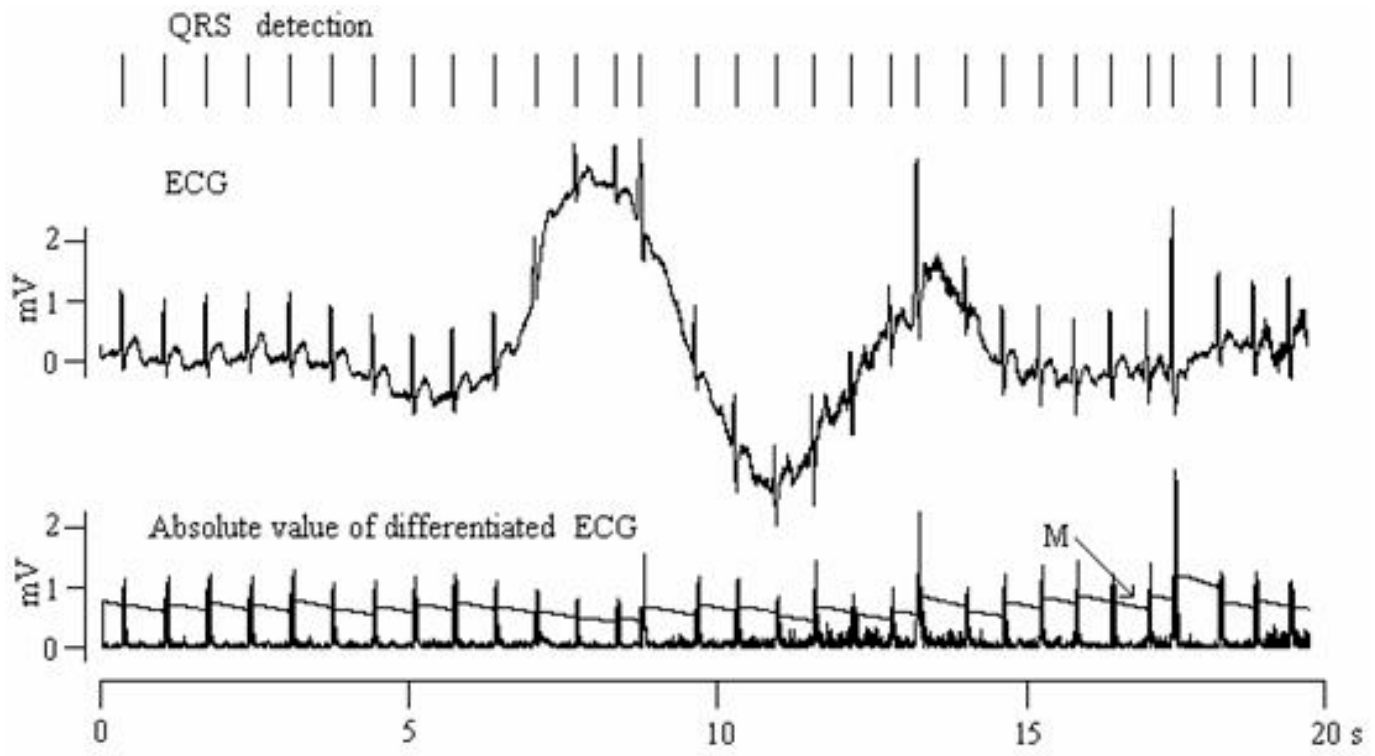
맥박변이도

- 맥파계 : short term



측정 및 결과해석시 유의사항

- ECG상으로 분석할 때 단시간 지표와 장시간지표의 의미를 명확히 구분해야 한다.
- Baseline의 불안정은 tachogram 스펙트럼의 저주파성분에 영향을 미친다. 따라서 심전도 신호의 baseline이 불안정하면 tachogram을 관찰했을 때 저주파성분은 과장된다.
- QRS complex의 자동 위치검출을 위해서는 QRS complex의 template 설정이 중요하다. Ectopic beats, arrhythmic events, missing data, noise 등은 QRS complex의 template 설정에 오류를 야기하여, 자동추출 알고리즘에 bias를 발생시킨다.



신뢰도 (reliability)

- Nolan 등은 24시간 심전도로부터 추출된 심박변이도를 대상으로 정상인과 심허혈환자군에 대해 2~16주후 재검사를 실시하여 반복성을 분석했다. 그 결과 높은 장기간 반복성을 나타냈다.
- Pizalis는 10분간 심전도로부터 추출된 심박변이도를 대상으로 단기간(2주), 장기간(7개월)사이의 반복성을 연구했다. 그 결과 높은 집단간 상관성을 나타냈다.

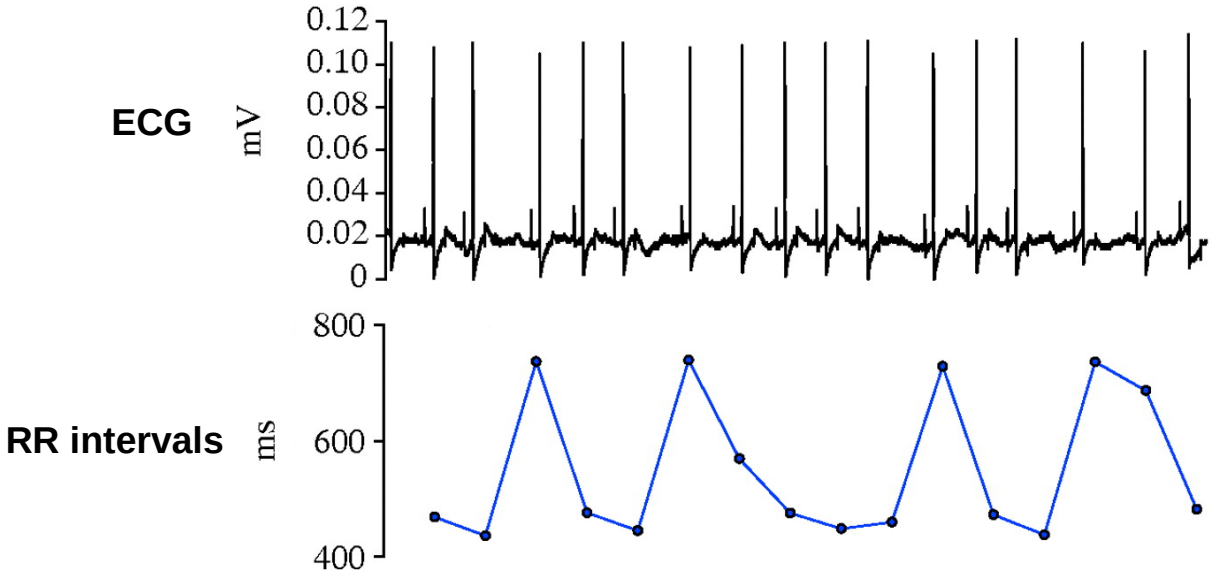


심박변이도 분석

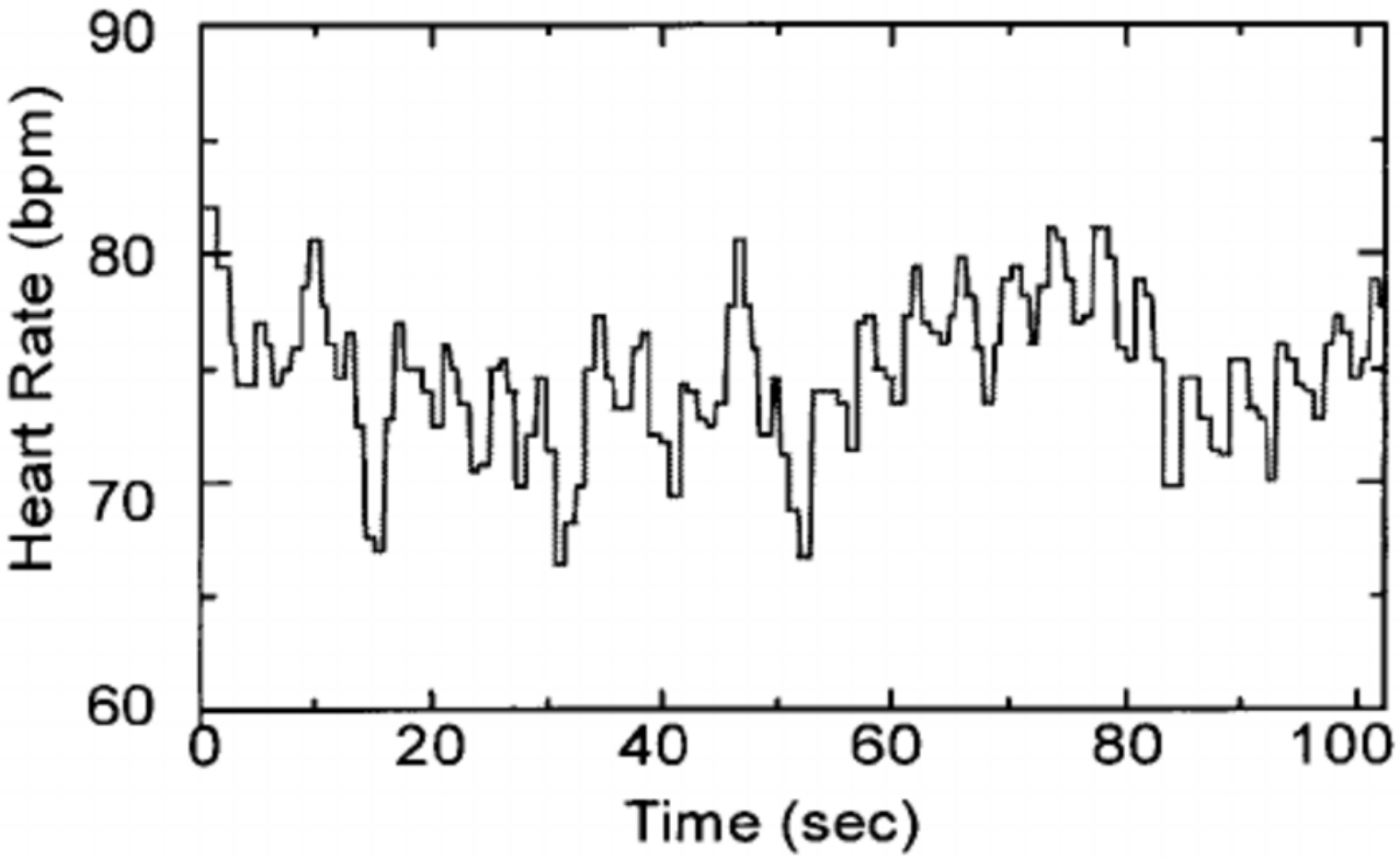
시간영역 분석법 (time domain methods)

- 시간영역 분석법은 특정 시간내 특정 시각에서의 심박수, 혹은 연속적인 정상 심전도 사이의 간격을 측정한 후, 기술통계분석 결과를 산출함.





Tachogram

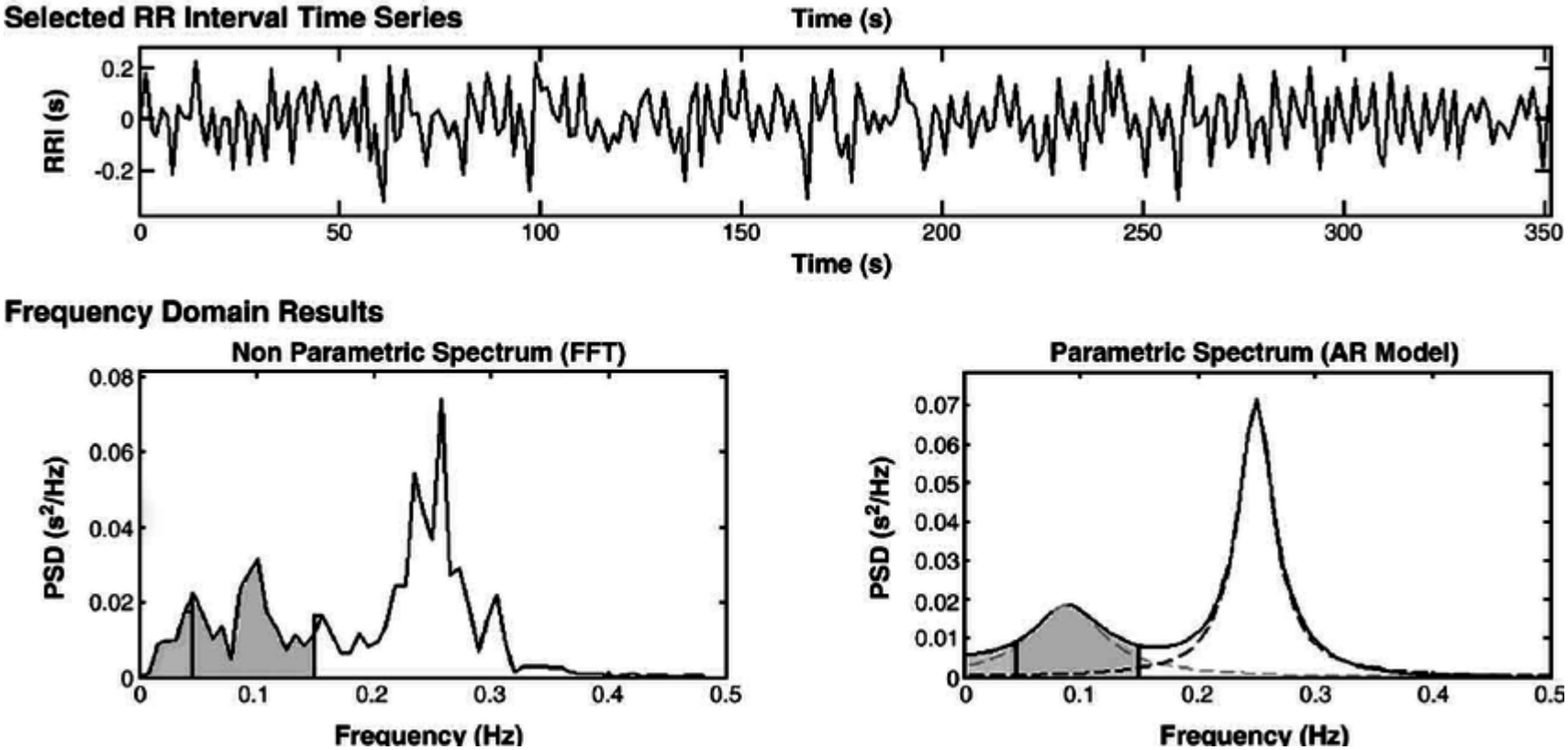


시간영역 분석법의 평가지표

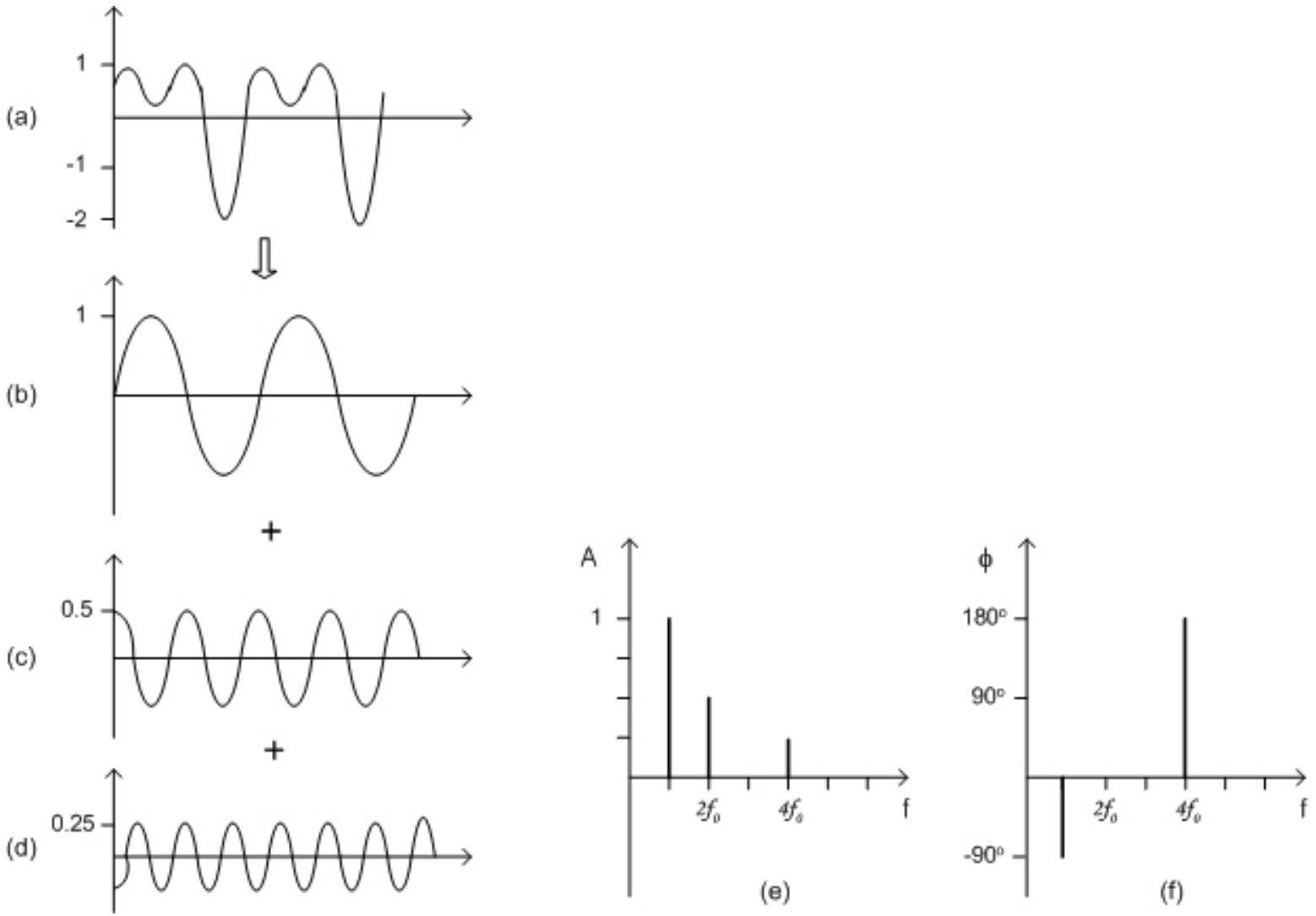
측정지표	단위	정의
Statistical measures		
NN	msec	NN interval의 평균
SDNN	msec	NN interval의 표준편차
SDANN	msec	5분간 측정된 NN interval 평균값의 표준편차
RMS-SD	msec	인접한 NN interval간 차이의 제곱의 평균을 다시 제곱근한 것
NN50 count		인접한 NN interval이 50ms를 넘는 총 숫자
pNN50	%	NN50을 인접한 NN interval의 총 숫자로 나눈 값
CV	%	변이계수. 평균값에 대한 표준편차의 비를 백분율로 표시한 것
Geometric measures		
HRV triangular index		밀도분포를 최대 밀도의 NN interval 수로 나눈 값

주파수영역 분석법 (frequency domain methods)

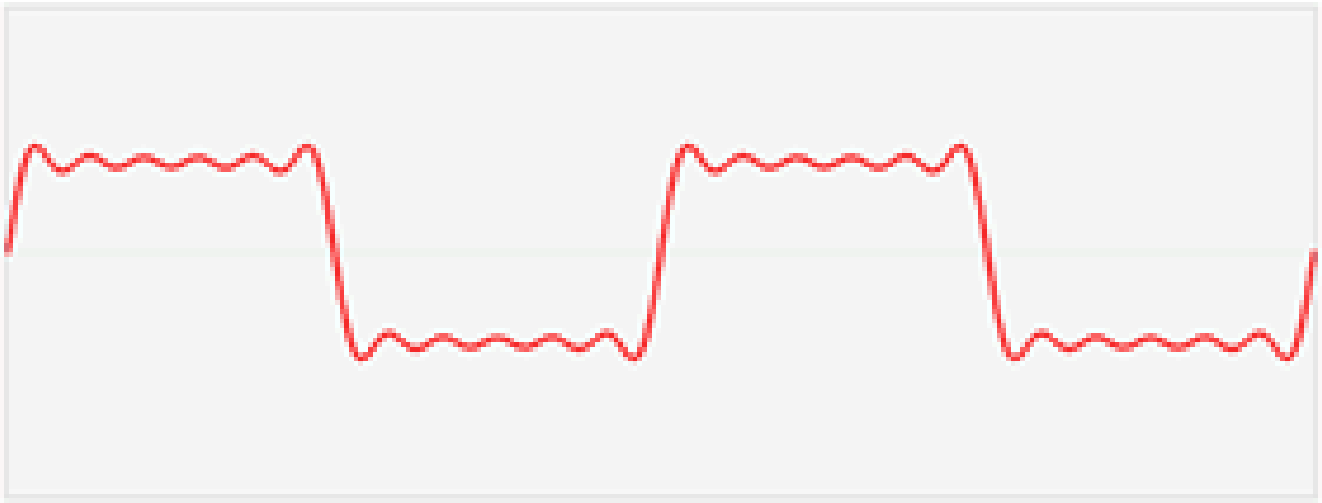
- 시간의 변이에 따른 심박수의 변화는 tachogram으로 표현할 수 있음
- Tachogram에 대하여 빠른 푸리에변환(fast Fourier transformation, FFT)을 통해 파워스펙트럼 (power spectrum)을 얻은 후, 주파수에 따라 어떻게 파워가 분포하는지 분석함



Fourier Transformation

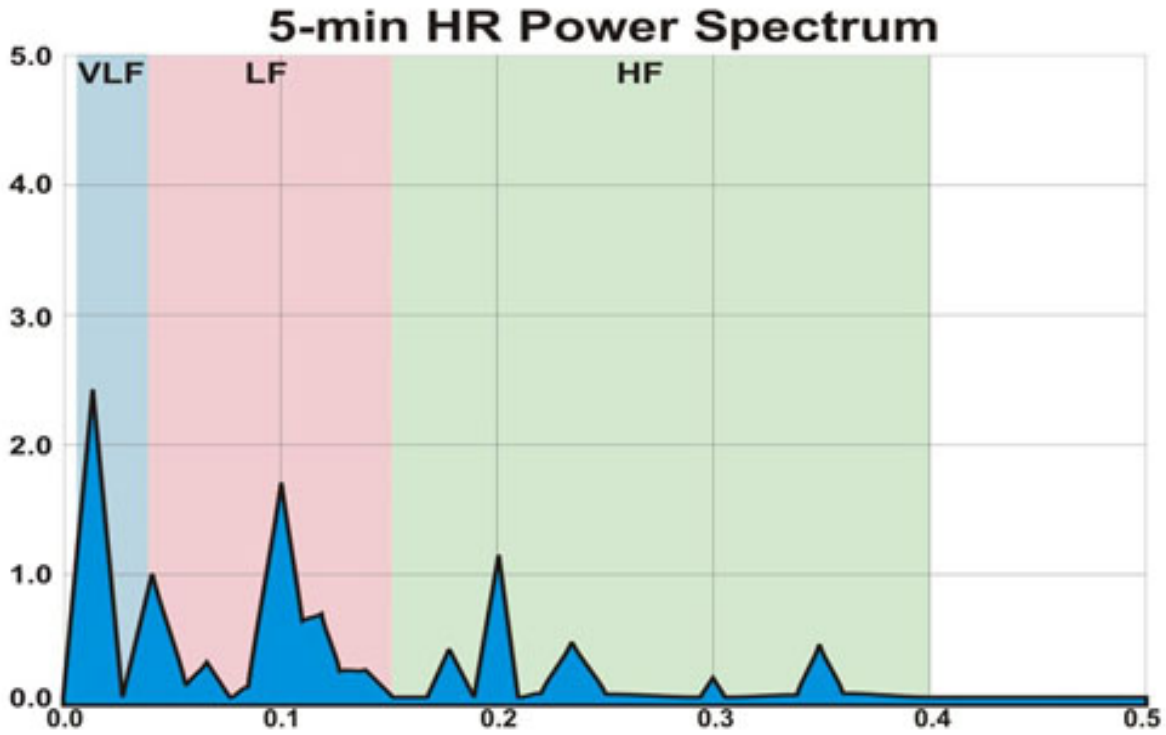


Fourier Transformation



파워 스펙트럼 (power spectrum)

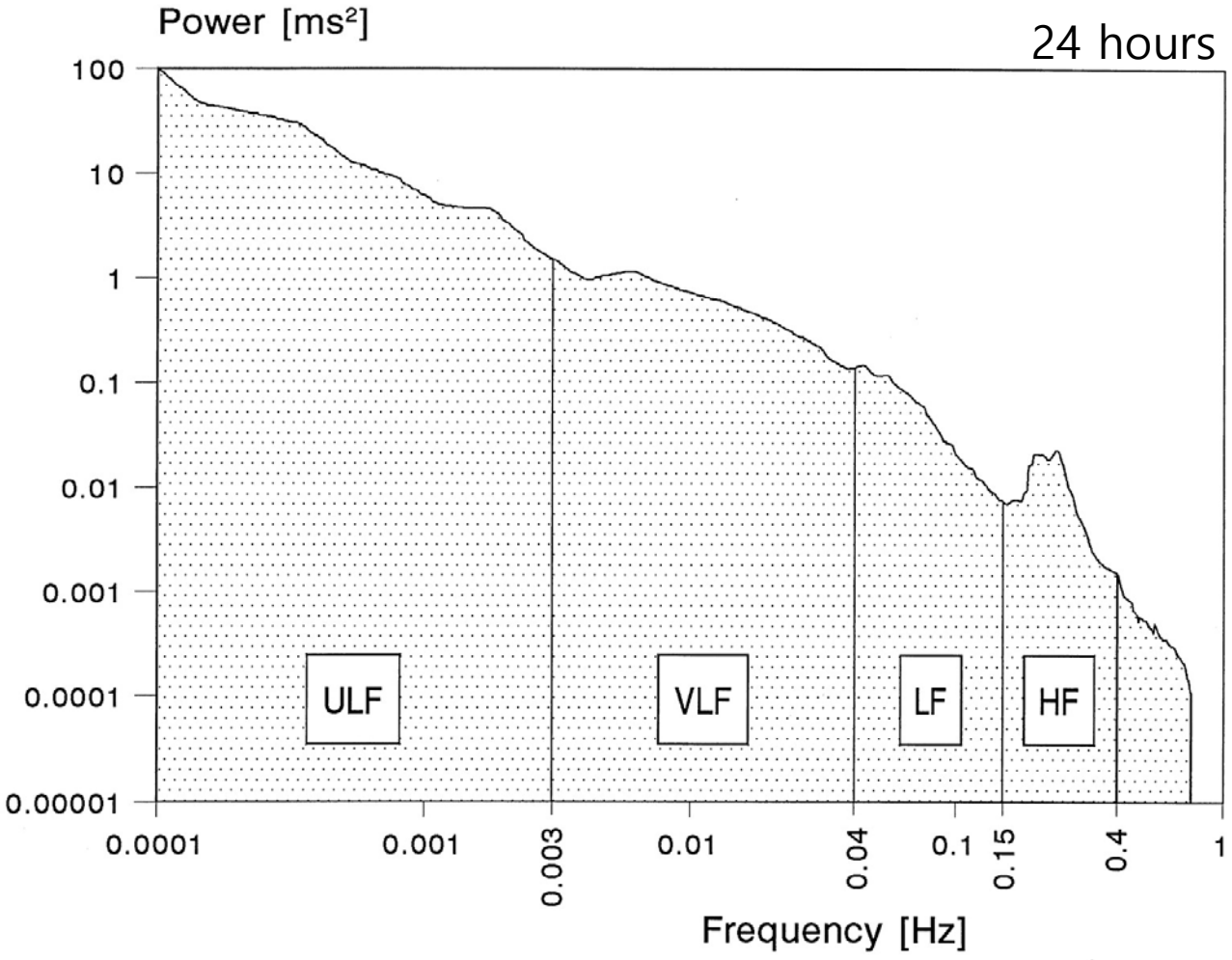
- 스펙트럼이 그래프로 표현될 경우 스펙트럼 **밀도함수 아래 부분으로 정의되는 면적**은 시계열의 분산과 같아지며, 만약 봉우리를 갖고 있다면 인근의 진동수들이 시계열의 분산(총변동량)에 기여하는 비중이 가장 높다는 것을 의미함



주파수영역 분석법의 평가지표

측정지표	단위	정의	주파수 대역
Analysis of short-term recordings			
TP	ms^2	Total power	approximately ≦0.4Hz
VLF	ms^2	Power in very low frequency range	≦0.04Hz
LF	ms^2	Power in low frequency range	0.04-0.15Hz
LF norm	n.u.	LF power in normalized units LF/(Total Power-VLF) ×100	
HF	ms^2	Power in high frequency range	0.15-0.4Hz
HF norm	n.u.	HF power in normalized units HF/(Total Power-VLF) ×100	
LF/HF		Ratio LF [ms^2]/HF [ms^2]	
Analysis of long-term recordings			
TP	ms^2	Total power	approximately ≦0.4Hz
ULF	ms^2	Power in the ultra low frequency range	≦0.003Hz
VLF	ms^2	Power in the very low frequency range	0.003-0.04Hz
LF	ms^2	Power in the low frequency range	0.04-0.15Hz
HF	ms^2	Power in the high frequency range	0.15-0.4Hz

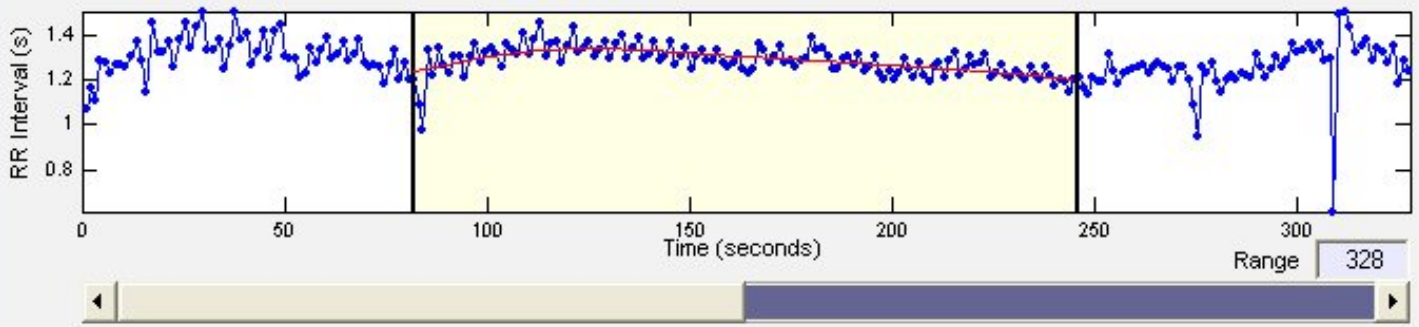
HRV in Long term



HRV analysis

File Report Help

File Name: **r-r ivan 09 1 2007.txt**



HRV Analysis Options

Frequency Bands

VLF (Hz)	0	-	0.04
LF (Hz)	0.04	-	0.15
HF (Hz)	0.15	-	0.4

Use Defaults

Detrending of RR Series

Trend: Smoothn priors

Model: Eye

Alpha: 1000

Interpolation of RR Series

Interpol Rate (Hz): 2

RR Sample Selection

Number of Samples: 1

Sample 1

Start (s): 82

End (s): 246

Length (s): 164

Spectrum Estimation

Points in Freq Domain: 1024

Welch's Periodogram

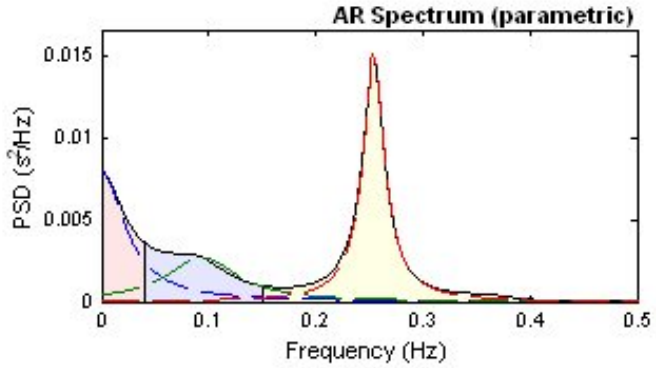
Window Width: 1024

Window Overlap: 512

AR Spectrum

AR Model Order: 16

AR spectrum | FFT spectrum | Statistics | Poincare plot



Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms^2)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF	0.0000	289	25.7	
LF	0.0938	218	19.4	25.9
HF	0.2539	617	54.9	73.3
LF/HF			0.353	

심박변이도 활용

정상 심박변이도

Time domain (24 hr)

- RMS-SD, sNN50은 연령 증가에 따라 감소함.

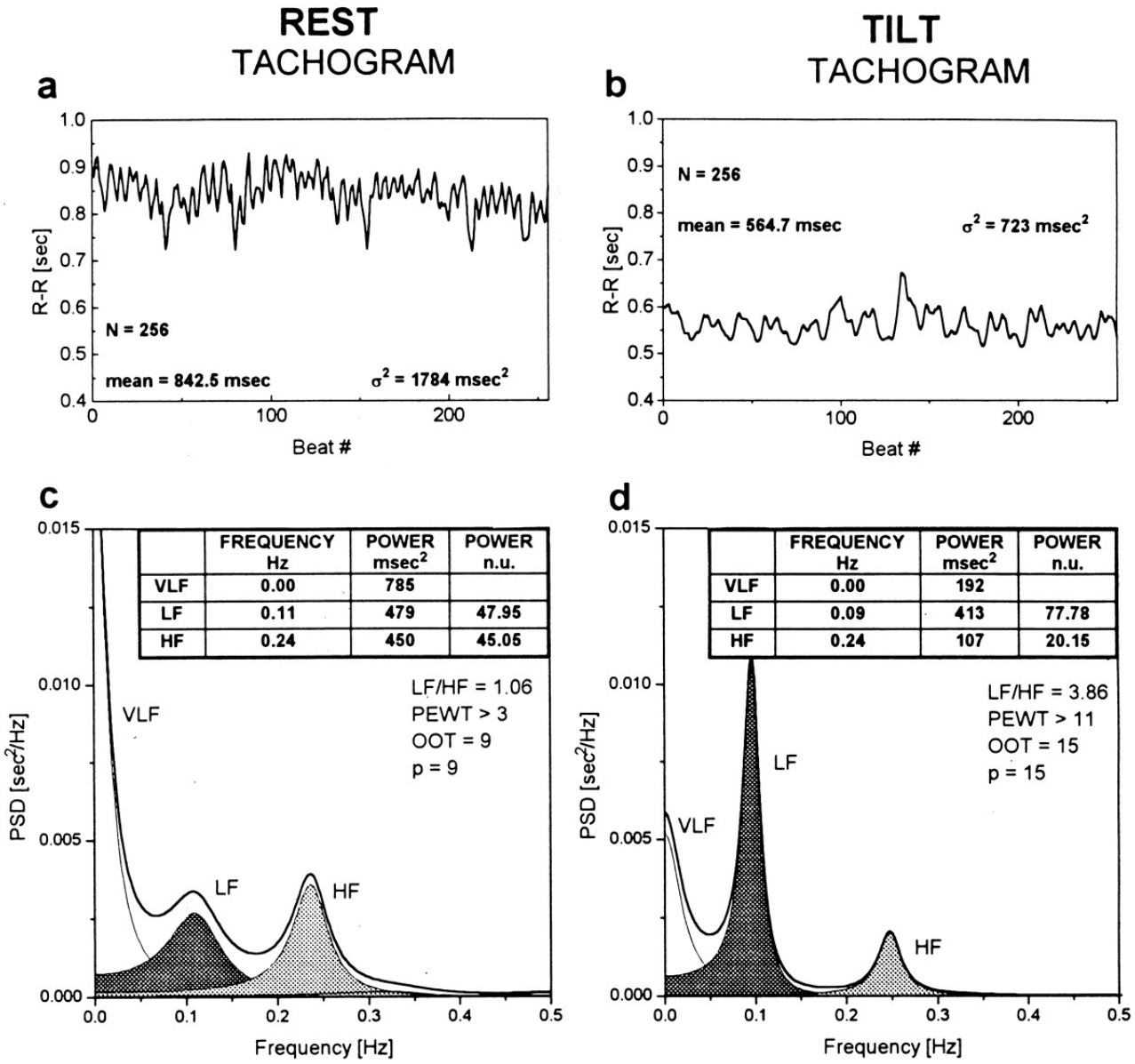
Age group	20-29	30-39	40-49	50-59	60-70
RMS-SD (ms)	46.3 (17.9)	35.5 (15)	26.1 (9.1)	24.2 (10.9)	18.8 (6.8)
sNN50	810.1 (395.6)	555.1 (419.6)	273.7 (208.9)	218.3 (279.8)	109.4 (155.8)

Frequency domain (5 min)

- HF의 경우 여성이 남성에 비해 높으며, LF의 경우 남성이 여성에 비해 높다. 그런데 이러한 성별에 따른 차이는 50대 이후에는 거의 나타나지 않음

Age group		30~39	40~49	50~59	60~69
ln HF (ms^2)	Male	4.5 (1.2)	4.3 (0.7)	3.9 (1.0)	3.4 (1.3)
	Female	5.0 (1.2)	4.5 (1.0)	4.1 (1.2)	3.9 (0.8)
ln LF (ms^2)	Male	5.4 (1.2)	5.4 (1.0)	5.2 (1.0)	4.6 (1.1)
	Female	5.4 (0.9)	4.8 (1.3)	5.0 (0.9)	4.6 (1.1)

자세에 따른 심박변이도 변화



시간영역 분석법의 평가지표

SDNN

- 전체 심박간격의 표준편차
- 분산은 수리적으로 주파수영역분석에서의 total power(TP)와 유사한 의미를 가지며, 기록되는 기간동안 변화를 가져오게 하는 모든 주기적인 요소들이 반영됨
- SDNN이 큰 경우에는 심박변동신호가 그만큼 복잡하다는 것을 의미하며, 반대로 SDNN이 작다는 이유는 심박변동신호가 그만큼 단조롭다는 것을 의미함
- **SDNN의 감소**는 외부환경변화에 따른 적응력 저하를 의미하며, **전반적인 건강 상태의 저하, 만성 질환을 시사**함
- **SDNN의 현저한 저하**는 **관상동맥의 허혈성 질환 및 심정지로 인한 돌연사의 위험**을 가지고 있음을 시사함
- **虛證에서 SDNN의 감소**가 관찰됨

RMS-SD

- 인접한 심박주기의 차이의 표준편차
- 심장에 관여하는 자율신경 중 **부교감 신경의 활동상태를 평가**하고자 할 때 가장 흔하게 이용되는 변수
- 심장에 관여하는 부교감 신경의 활동은 심장의 전기적인 안정에 관여하며, 심장에 이상이 있는 경우나 이상 징후가 나타나기 전에 RMS-SD는 건강한 사람에 비해 저하됨
- **SDNN의 감소와 더불어 RMS-SD의 감소**는 **심장 질환**의 발병 위험이 높다는 것을 시사함

주파수영역 분석법의 평가지표

총전력 (total power, TP)

- VLF, LF, HF를 포함한 모든 spectrum band에서의 power 합
- **자율신경계의 전체적인 활동성을 반영**
- 심혈관계 자율신경계 활동성의 저하 또는 항진을 전반적으로 평가할 때 사용
- **급성 스트레스**에 의한 불안 상태에 있는 경우, 자율신경기능 항진으로 **total power가 현저하게 증가**
- **만성 피로**를 호소하는 경우에는 자율신경계 기능이 저하되어 **total power는 저하**

초저주파 (very low frequency, VLF)

- 교감신경의 부가적인 정보를 제공해주는 것을 알려져 있으나 이견이 많음
- 부교감 및 교감신경활동과 함께 체온조절 및 국소 혈류조절에 따른 말초혈관 긴장도의 변화와 관련
- 피로한 경우 VLF power가 감소하고, LF와 HF보다 각종의 사망 원인과 보다 깊은 관련이 있다는 보고도 있음
- 아직 충분한 연구가 이루어지지 못하고 있어 임상적으로 크게 활용되지는 못하고 있음

저주파 (low frequency, LF)

- **교감신경계의 활동성**을 나타내는 지표로 알려짐
- Blood pressure rhythm 역시 0.1Hz이므로 저주파가 baroreflex resonance를 반영함
- 다른 여러 방법을 활용한 임상시험에서는 저주파 내지 정규저주파가 과연 교감신경활성을 반영하는지에 관한 일관성 있는 결과가 도출되지 않았음.

주파수영역 분석법의 평가지표

고주파 (high frequency, HF)

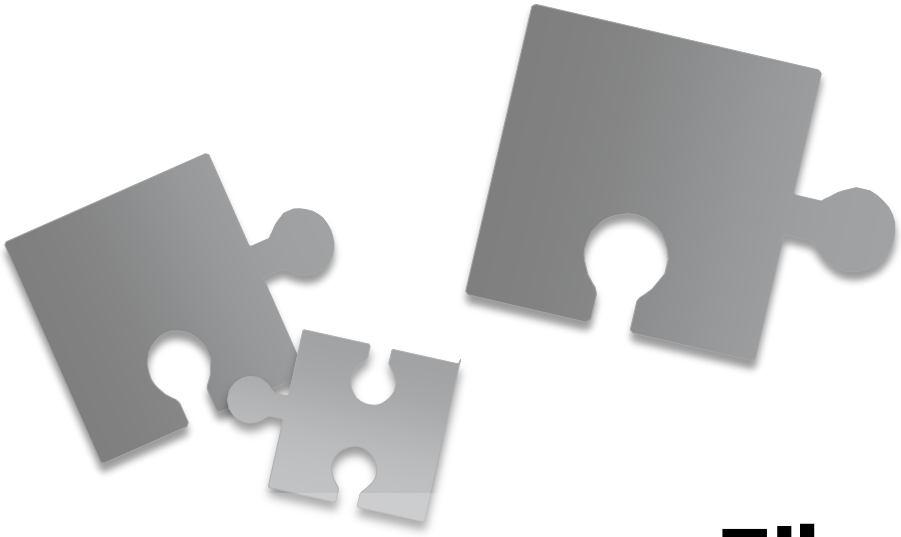
- **부교감신경계의 활동성**에 대한 지표
- 심장의 전기적인 안정도와 밀접한 관련
- 심폐기능이 노화되거나 **심장 돌연사**로 사망한 환자의 경우 사망 전에 **HF power는 현저하게 감소**됨
- HF power의 감소는 노화에 따라 감소하는 심박변이도의 많은 부분을 설명해 주는데, 다른 지표에 비해서 **연령에 따라 그 감소의 폭이 큼**
- 호흡주기나 호흡성 동성부정맥(RSA)과 관련된 심박동의 변화와 관련이 깊어 'respiratory band'라고도 하며, 이 영역의 power는 호흡이 느리거나 깊은 경우에 과다해짐

저주파/고주파비(LF/HF ratio)

- LF/HF ratio는 HF에 대한 LF의 비
- 교감신경과 부교감신경 활동성의 균형정도를 평가
- LF power가 교감신경 외에 다른 여러 원인들에 의해 영향을 받으며, LF power와 HF power가 각각 교감신경과 부교감신경의 활동성을 같은 비율로 선형적으로 반영하는가에 대해서는 회의적으로 보는 견해도 있음

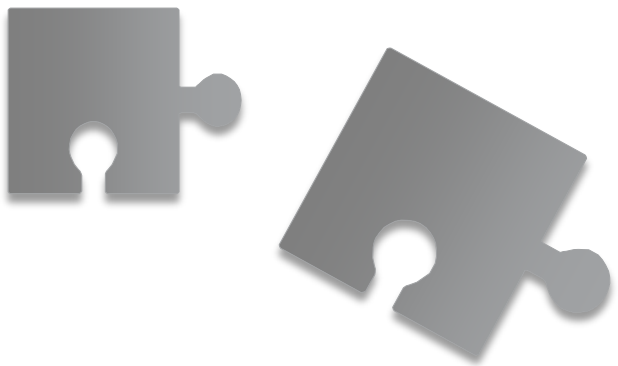
정규저주파 & 정규고주파(LF norm & HF norm)

- TP에서 VLF를 뺀 것에 대한 LF 또는 HF의 비
- LF norm=LF/(LF+HF), HF norm=HF/(LF+HF)
- LF norm과 HF norm은 자율신경계 두 계통의 조절 정도와 균형 정도를 강조하는 지표



맥 파

Pulse wave



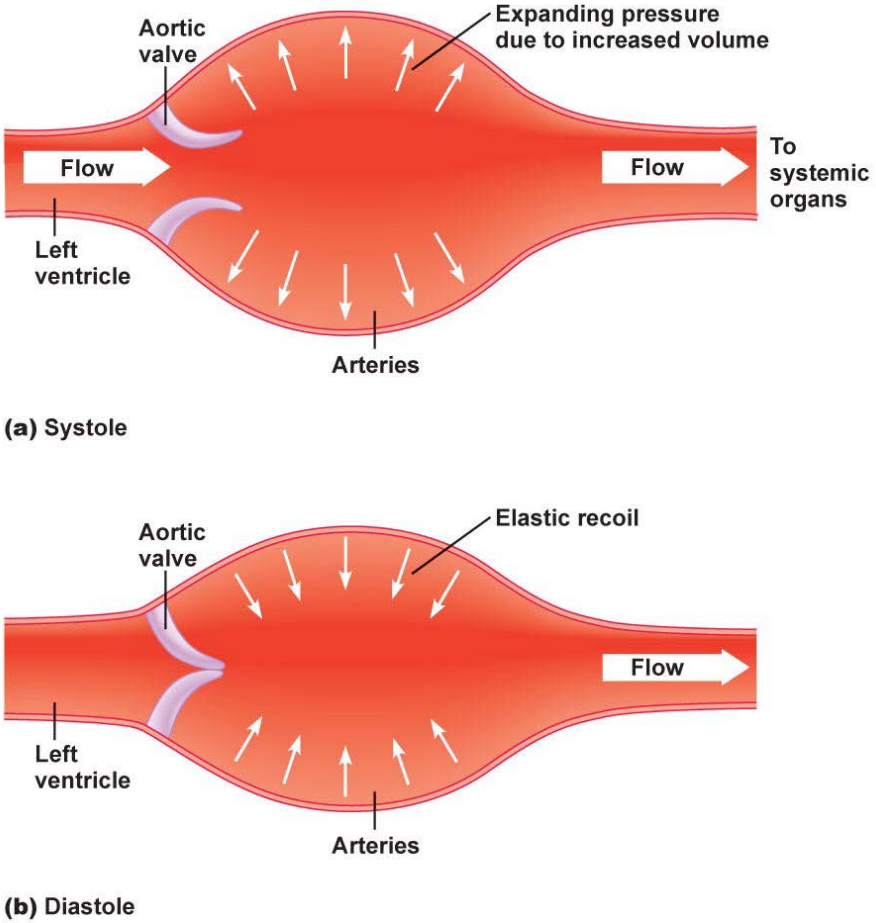
개요

맥파 (pulse wave)

- 좌심실로부터 혈액이 대동맥으로 구출(ejection)됨과 동시에 대동맥이 확장되면서 생성된 위치에너지가 운동에너지로 상호전환되면서 혈관벽을 따라 말초로 이동하는 일종의 파동
- 위치에너지와 운동에너지의 상호전환을 통한 파동의 전파

Windkessel 모델

- 맥파가 대동맥판에서 손가락 끝까지 전달되는데 약 1~2초 정도 소요되며, 심박출 혈액은 약 16초 정도 소요되므로, 맥파전달속도는 혈류속도에 비해 약 10배 정도 빠르다.

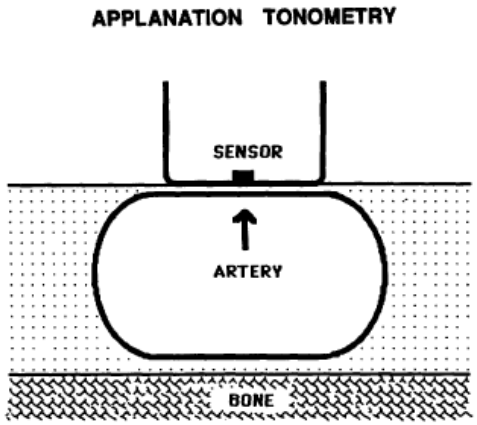


맥파의 종류

검출방법

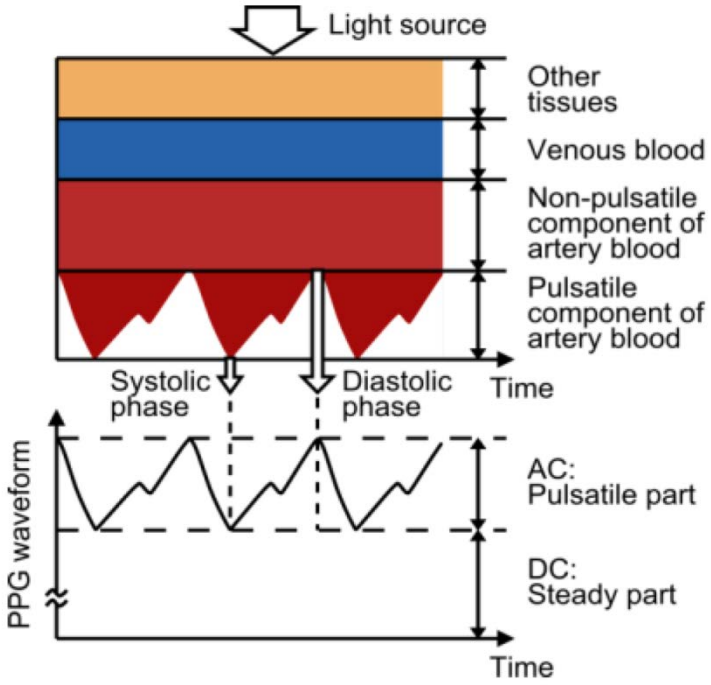
압맥파 (pressure pulse wave)

- 동맥이 박동하는 피부 윗부분에 센서를 부착한 후, 센서가 동맥을 일정한 압력으로 압박하면 시간에 따른 동맥의 압력변화가 센서를 통해 기록되는 신호



광용적맥파 (photoplethysmograph, PPG)

- 광센서를 통해서 피부 근처에 분포하는 모세혈관들의 시간에 따른 혈액 용적변화를 기록



측정 부위의 수

- 단일부위
- 다중부위

센서의 수

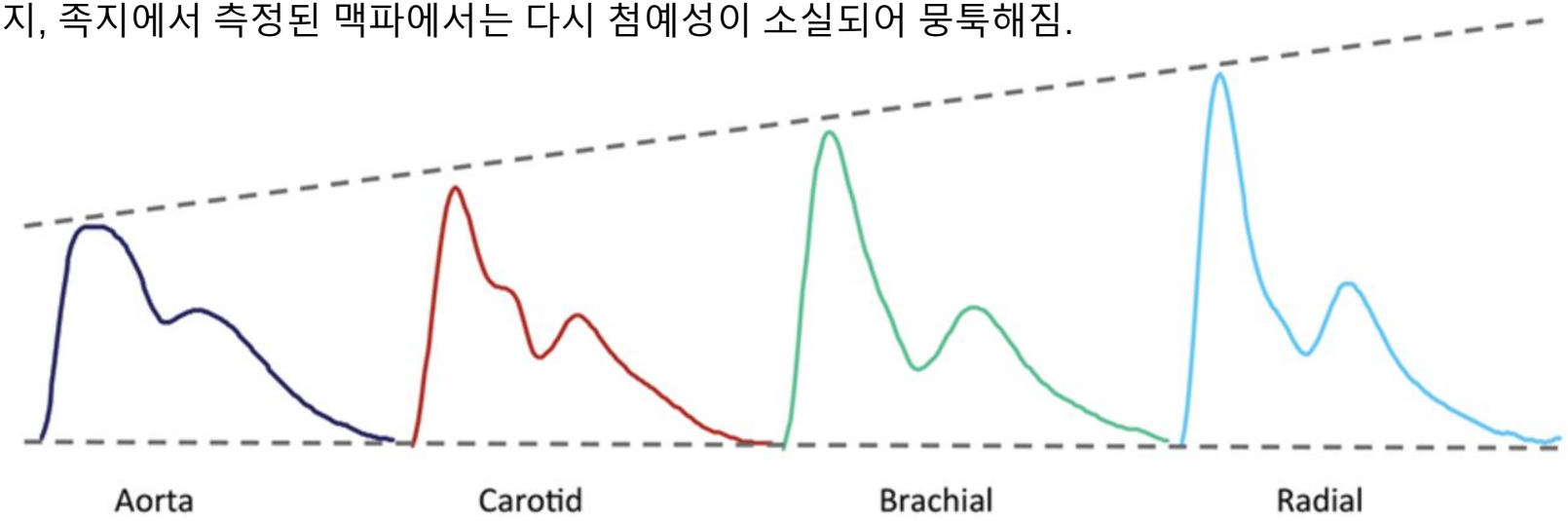
- 단일센서
- 다체널센서

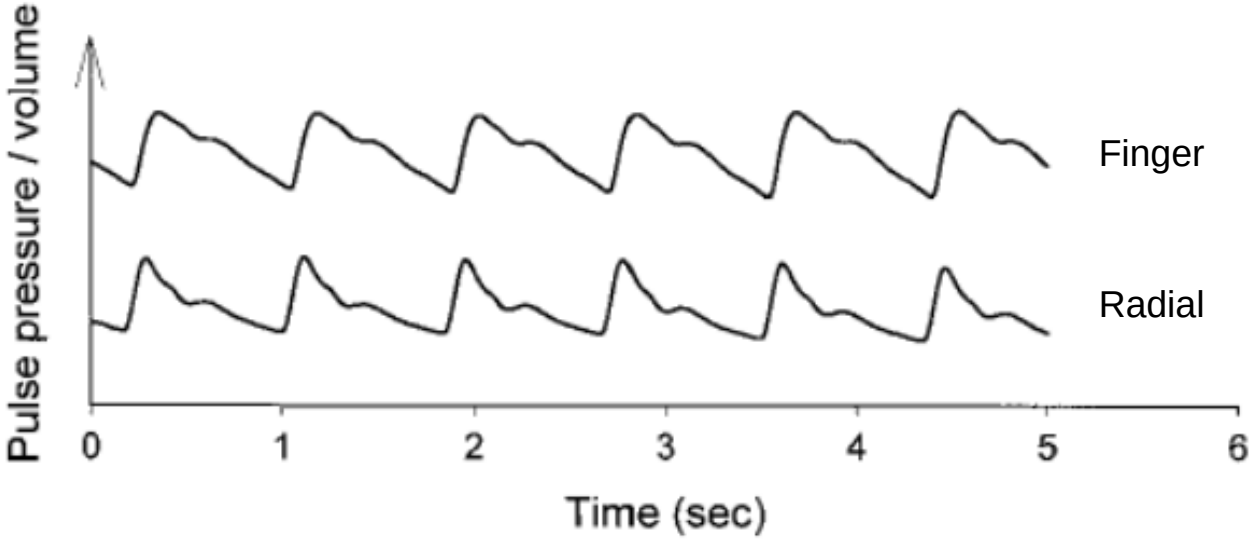
분석방법

- 원맥파
- 속도맥파
- 가속도맥파

부위에 따른 맥파 파형

- 상행대동맥에서 경동맥, 상완동맥, 요골동맥으로 이행할수록 맥파 파형은 더 첨예화됨
- 수지, 족지에서 측정된 맥파에서는 다시 첨예성이 소실되어 뭉툭해짐.

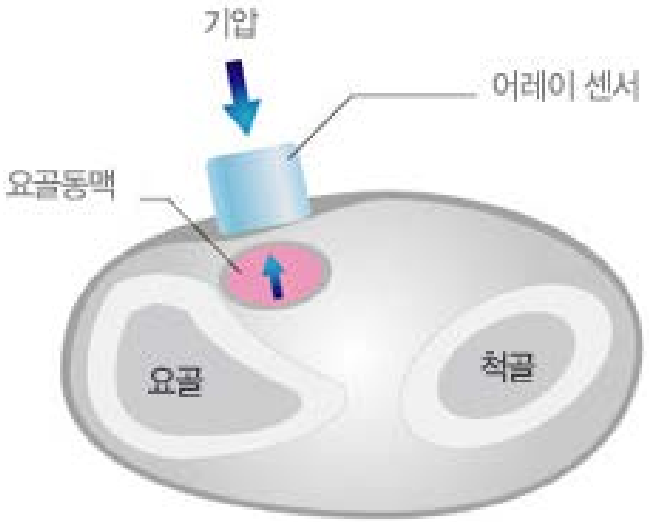




맥파의 신뢰도

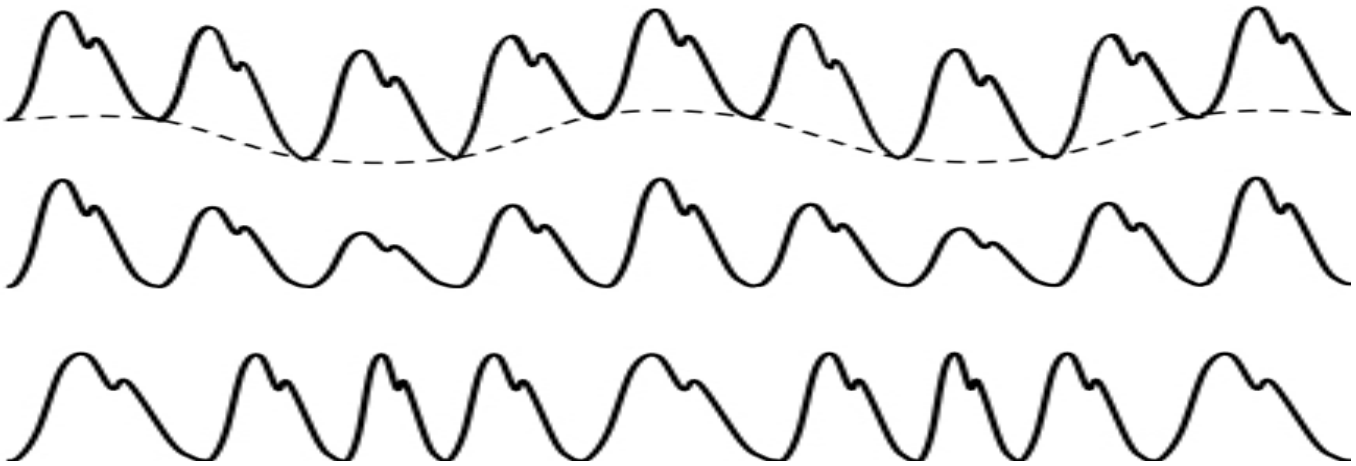
측정시 영향인자

- 피검자의 자세
- 정신적/육체적 이완
- 호흡
- 검사실 온도
- 동맥 박동부위와 센서 접촉상태
- 센서 가압력 등



신뢰도 개선

- 최소한 1 호흡주기를 포함하는 연속된 맥파들에 대한 평균값 활용



인구학적 특성과 맥파

성별

- 여성이 남성에 비해 대동맥 경화도가 더 크며, 난포자극호르몬 농도와 강한 음의 상관관계를 나타냄

체질량지수

- 체질량지수가 높을수록 혈관경화도는 증가함

일중변동

- 아침에 측정한 혈관경화도가 정오, 오후에 각각 측정한 값보다 높음

기본 맥파파형

기시점 (start point, S)

- 좌심실이 수축하고 대동맥판이 개방되면서, 좌심실의 혈액이 대동맥궁으로 구출(ejection)되는 시점

충격파 (percussion wave, P)

- 혈액이 좌심실로부터 대동맥궁으로 빠르게 유입되면서, 혈관내 압력과 용적이 최대가 되는 시점

조랑파 (tidal wave, T)

- 이전에 생성되었던 맥파가 말초에서 반사되어 되돌아오는 반사파에 의해 형성됨

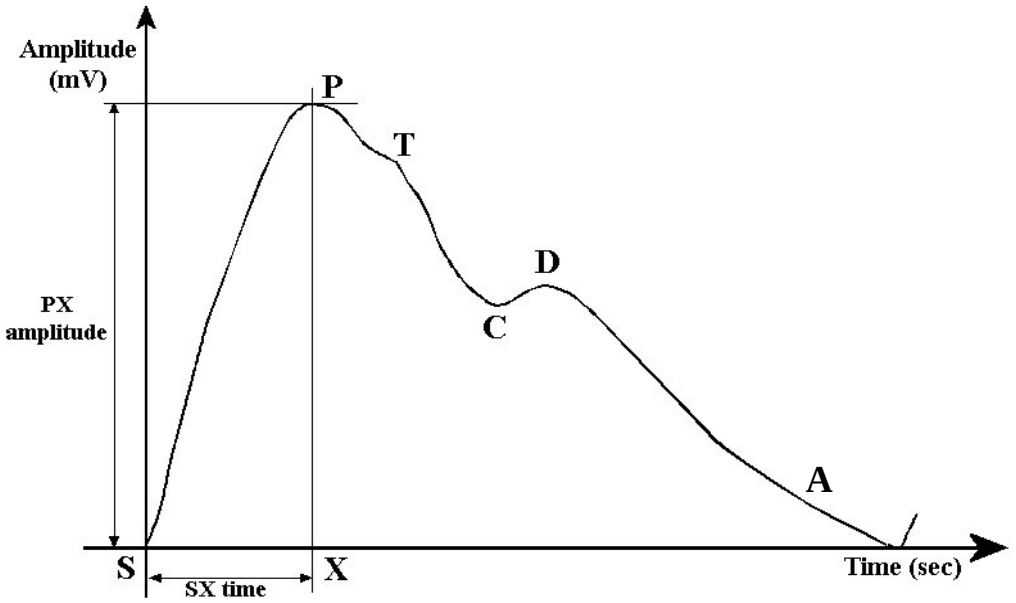
절흔 (incisura, C)

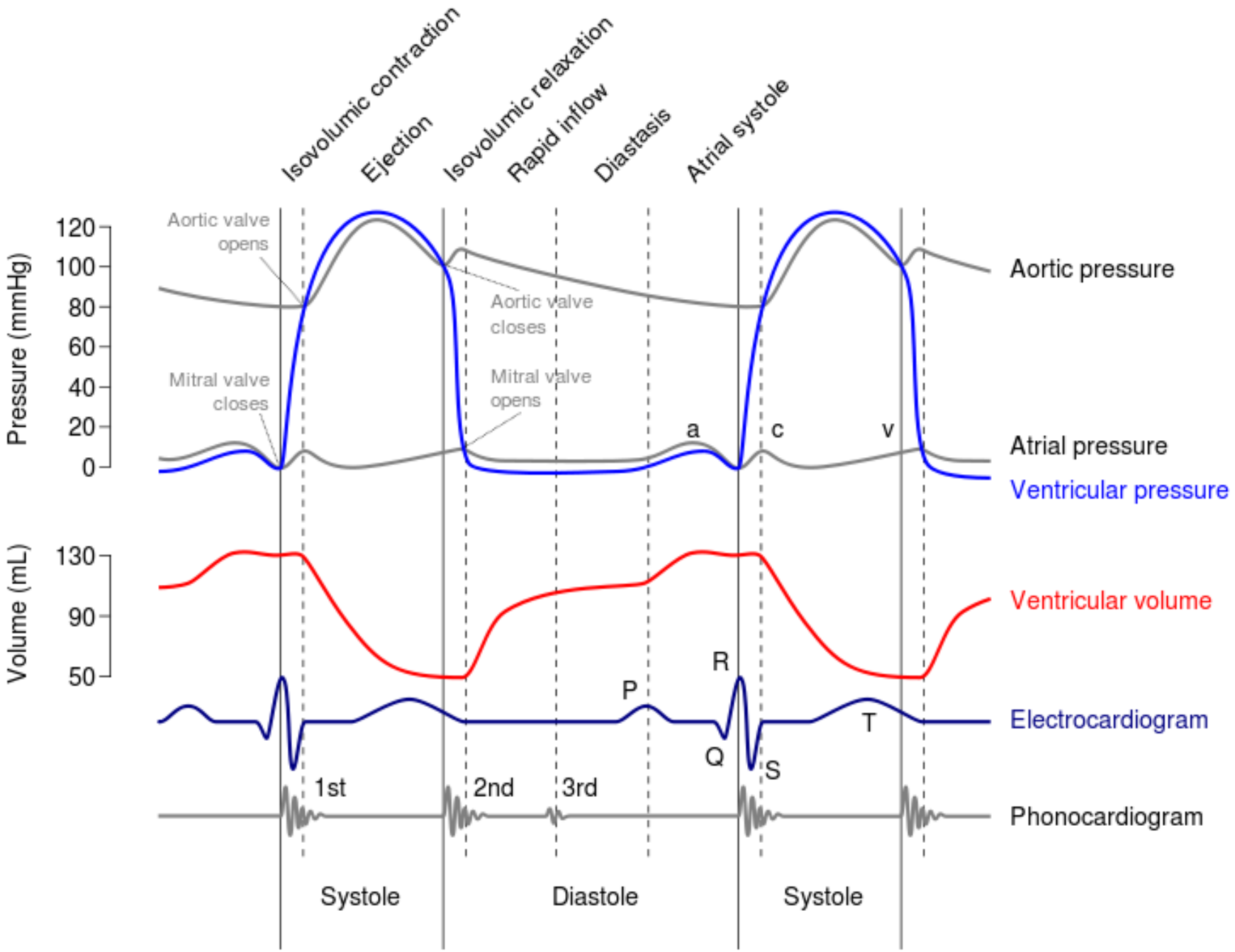
- 좌심실내압이 상행대동맥 내압보다 낮아져 대동맥판막이 폐쇄되는 시점

중복파 (dicrotic wave, D)

- 대동맥판이 폐쇄된 이후 동맥내 압력 및 용적이 근소하게 상승하면서 생성

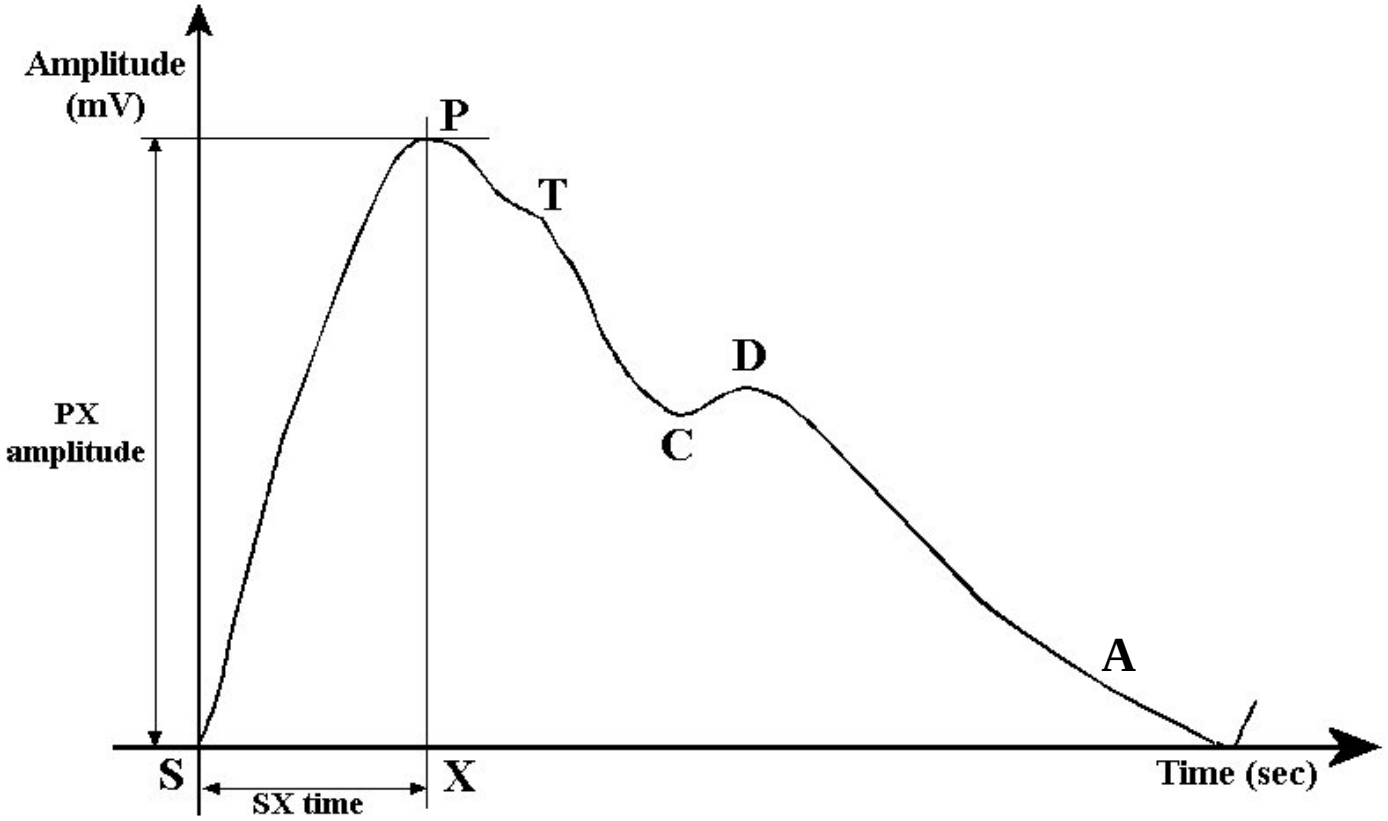
심방파 (atrial wave, A)




Isovolumic contraction
Ejection
Isovolumic relaxation
Rapid inflow
Diastasis
Atrial systole
Pressure (mmHg)
120
100
80
60
40
20
0
Aortic valve opens
Aortic valve closes
Mitral valve closes
Mitral valve opens
a
c
v
Aortic pressure
Atrial pressure
Ventricular pressure
Volume (mL)
130
90
50
Ventricular volume
R
P
T
Q
S
Electrocardiogram
1st
2nd
3rd
Phonocardiogram
Systole
Diastole
Systole

승각시간 (upstroke time / crest time, SX time)

- S점에서부터 최대 정점인 P점에 이르는 시간
- 연장: 심부전, 대동맥판협착증, 대동맥의 동맥경화, 고혈압 등과 같이 혈관저항이 증가되거나 심수축력이 약한 경우, 빈맥
- 단축: 혈관저항이 감소되거나 심수축력이 강한 경우, 서맥

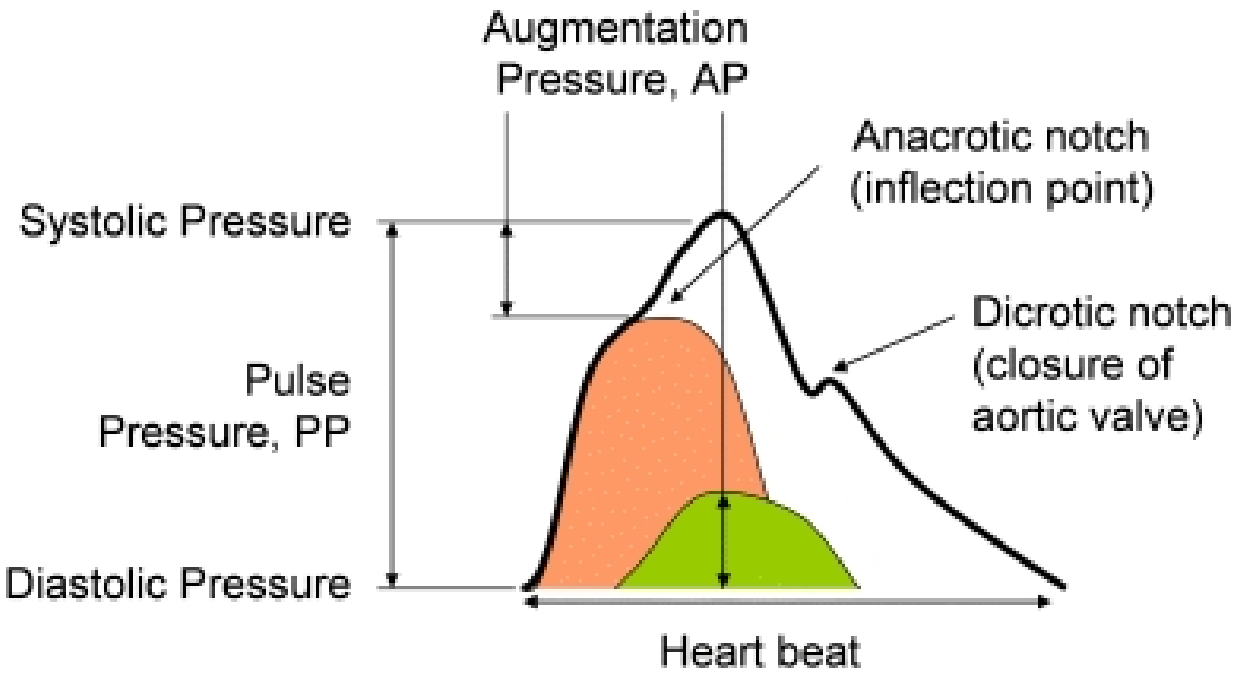


증대지수 (augmentation index, AIx)

- 심혈관계 질환 발생의 대표적인 예측지표

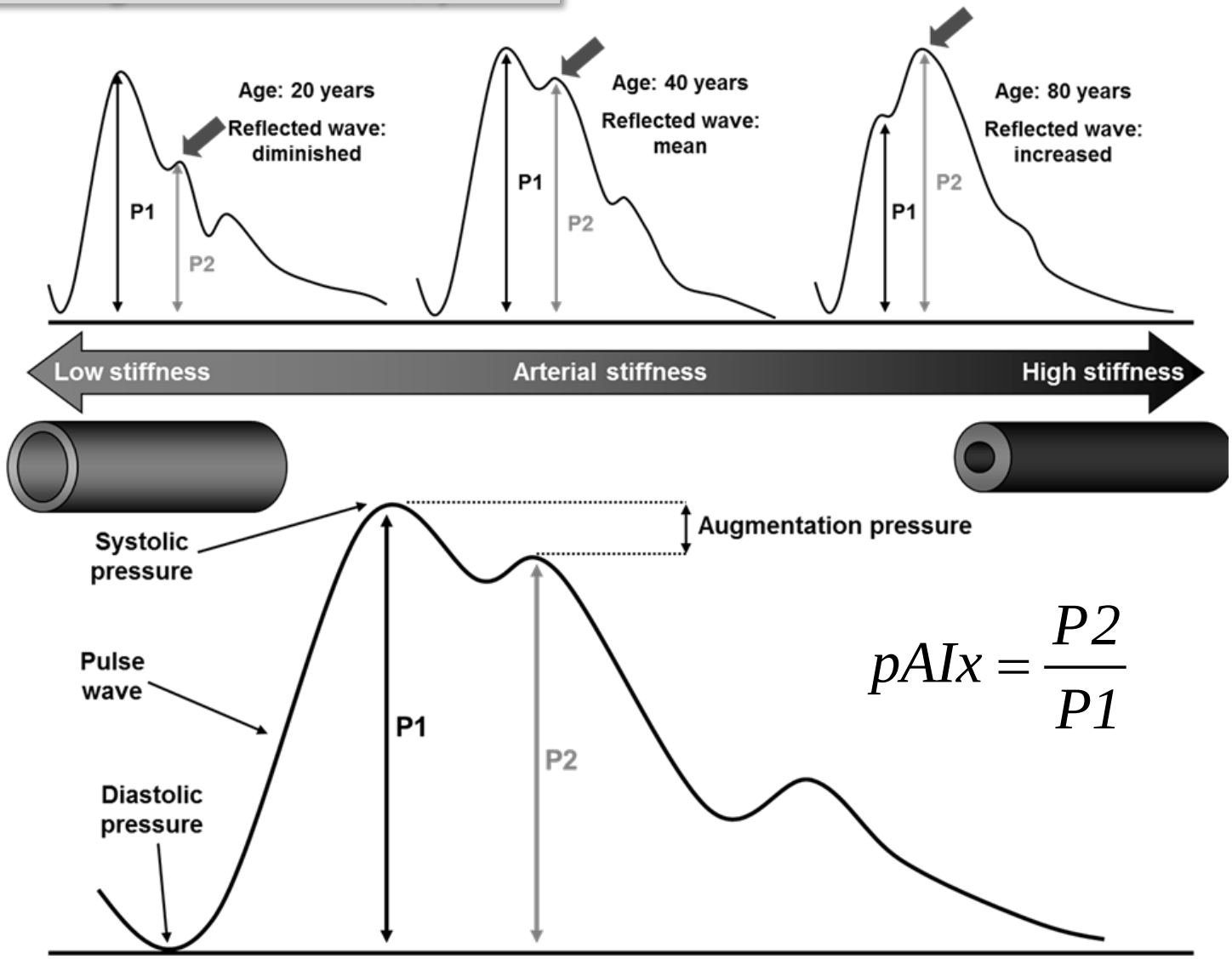
Central augmentation index, cAIx

$$cAIx = \frac{AP}{PP}$$



증대지수 (augmentation index, AIx)

Peripheral augmentation index, pAIx



$$pAIx = \frac{P2}{P1}$$

절흔 (incisura, C)

구혈시간 (ejection time)

- 기시점(S)에서 절흔(C)까지의 시간

절흔계수 (coefficient of incisura)

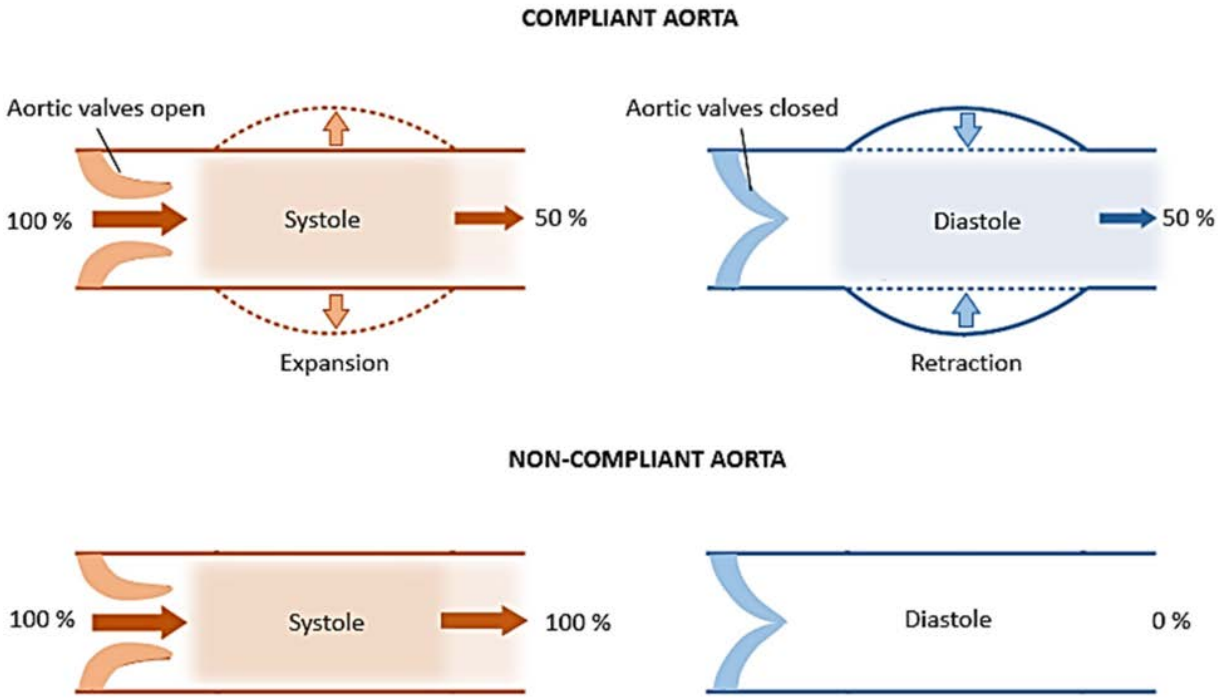
- 절흔 높이에 대한 최대 systolic peak의 비(C/P ratio)
- 말초혈관저항에 비례

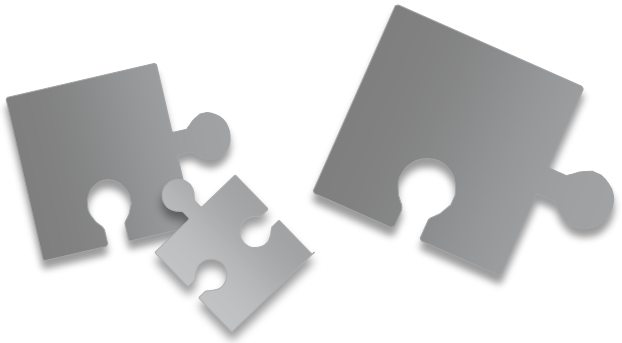
절흔의 소실

- 대동맥판 폐쇄부전증, 대동맥판 역류(aortic regurgitation)
- 동맥경화증과 같이 혈관유순도(vascular compliance)의 심한 저하

Vascular compliance (C)

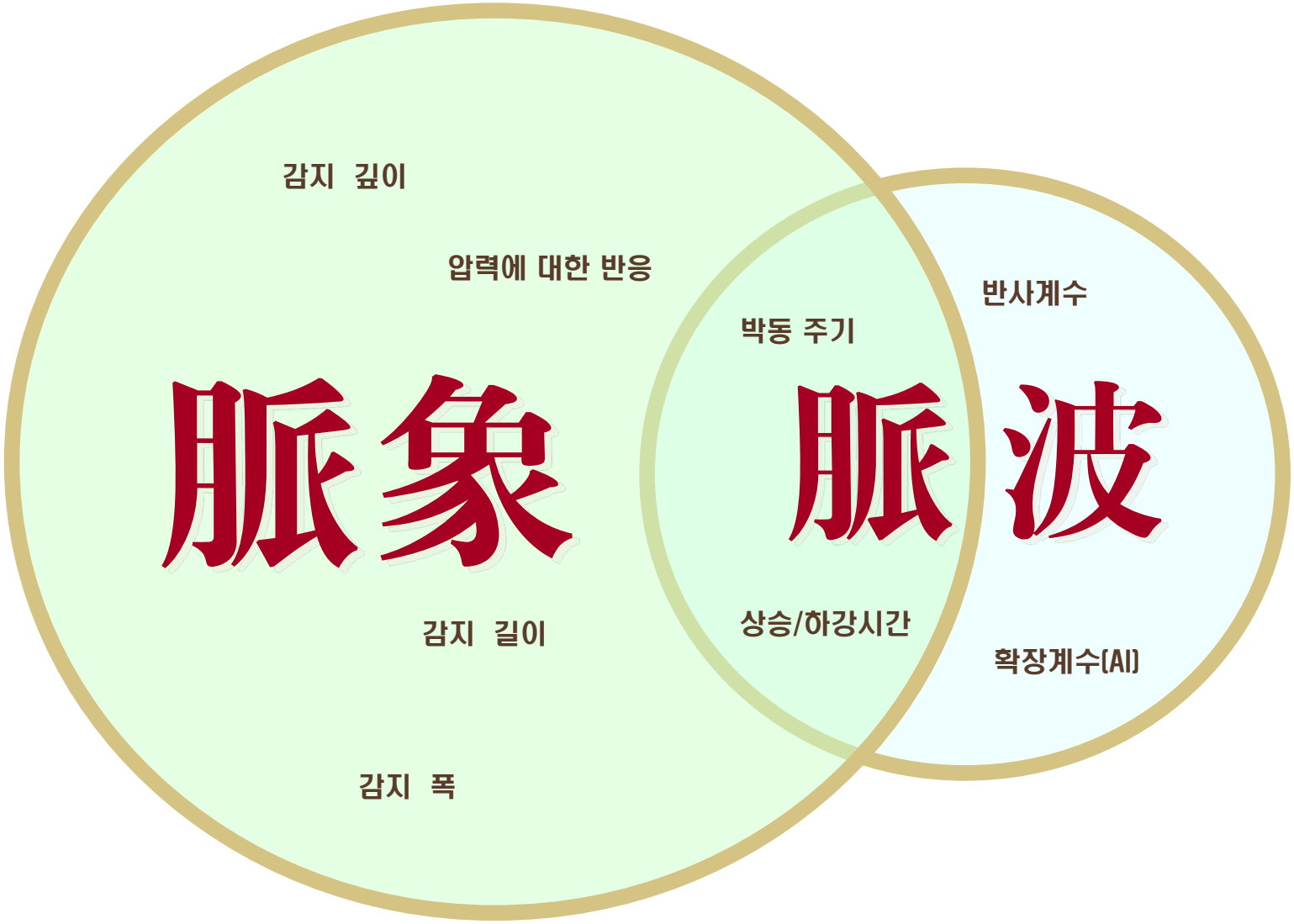
$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$





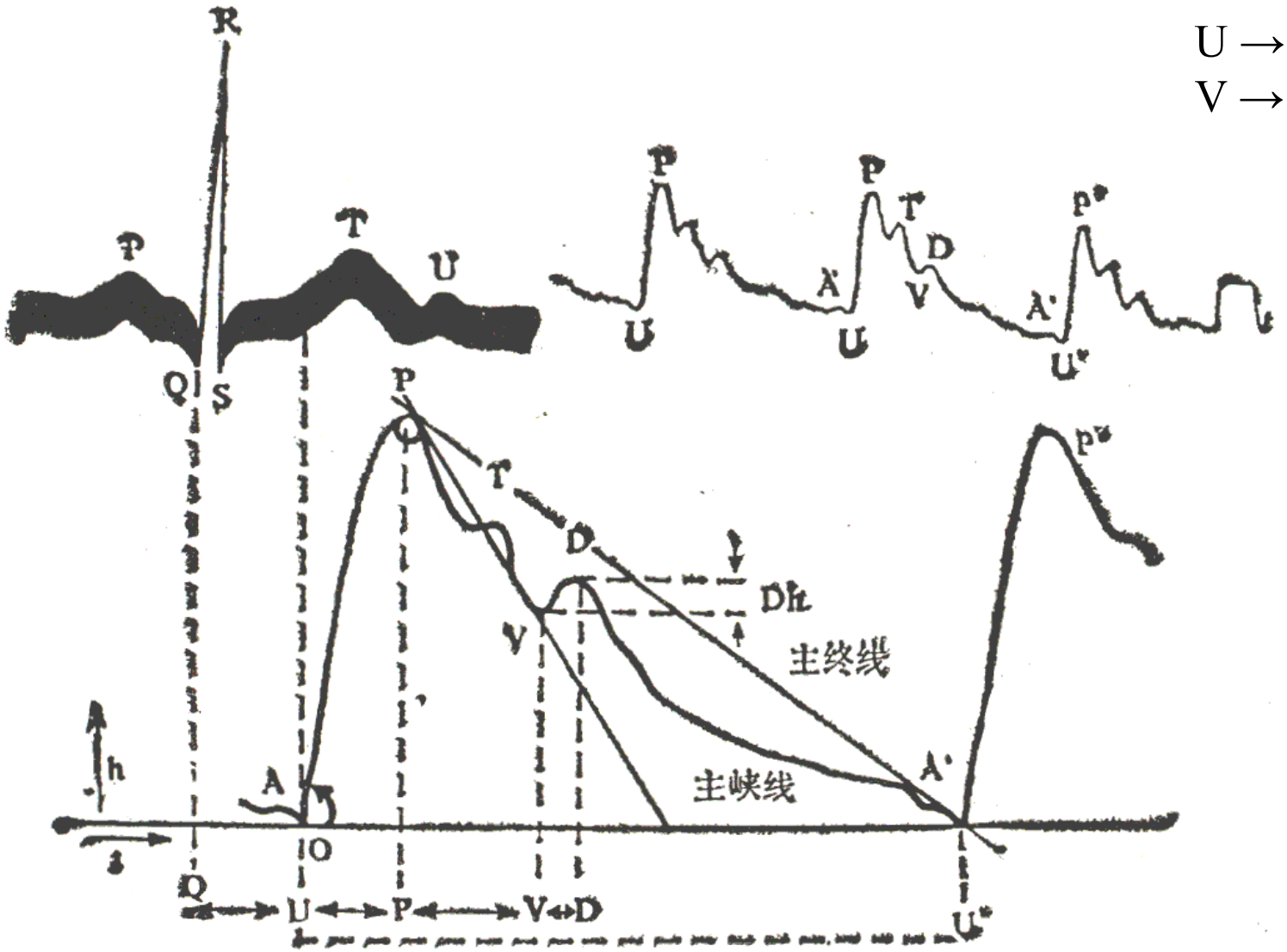
압맥파 [맥전도검사]

맥상과 맥파



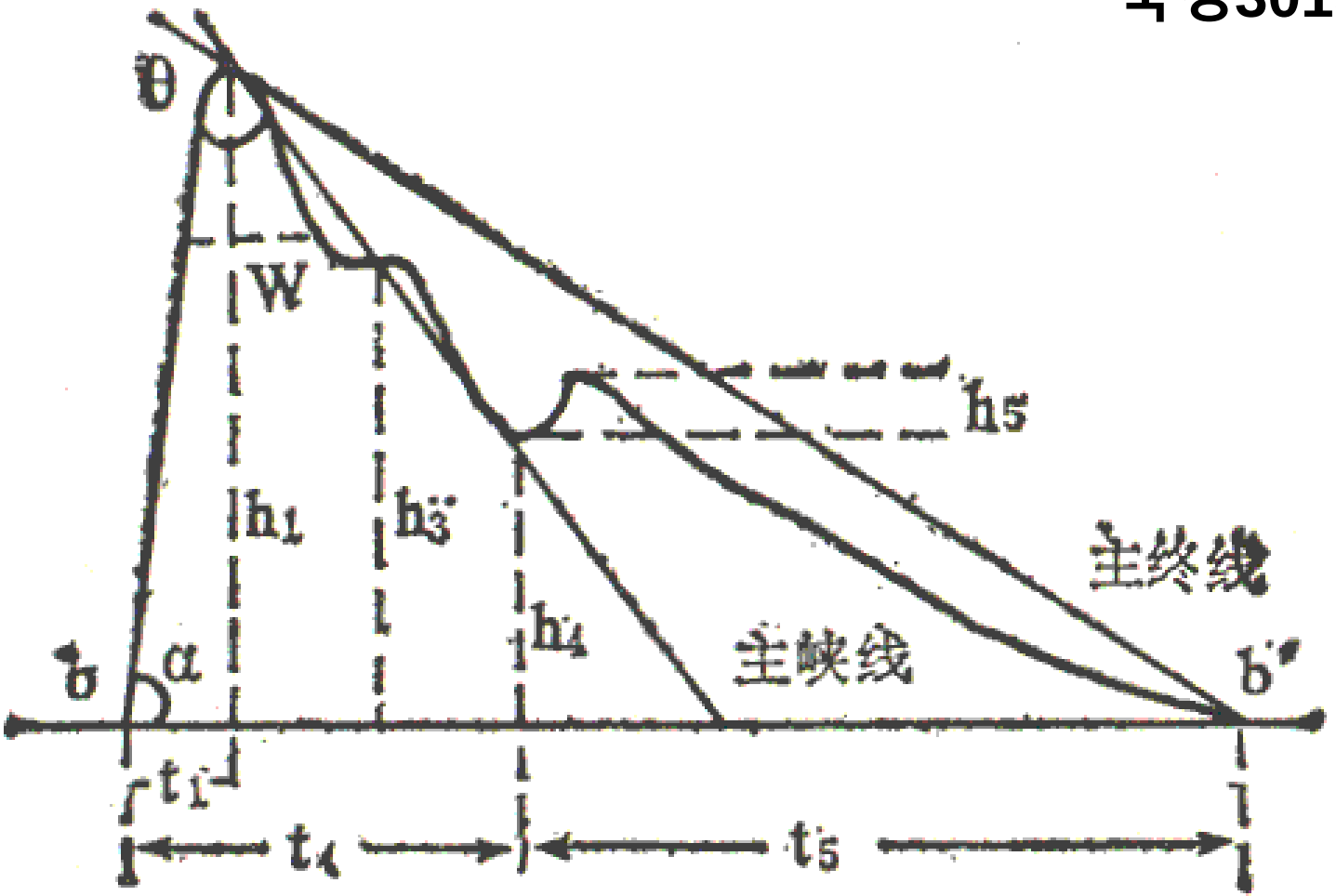
맥파 성분에 대한 다양한 정의

U → S
V → C



맥파 성분에 대한 다양한 정의

북경301의원



맥상도에 나타난 맥진 (浮沈脈)

- 가압력(Applied pressure; AP)

  擧 : 10~40 mmHg (AP1)

  尋 : 50~80 mmHg (AP2)

  按 : 90~120 mmHg (AP3)

浮脈

- AP1에서 P가 비교적 크고, AP2, AP3에서 P는 비교적 작음
- ∠S 증가, Ut-Pt (up-stroke time) 정상 or 약간 감소
- ∠P 약간 증가
- %C : ≦30%
- ΔD 다소 감소

浮脈

- AP3에서 P가 비교적 크고, AP1, AP2에서 P는 비교적 작음

※ 弦脈과 맥파의 형태가 비슷한 경우도 있음

맥상도에 나타난 맥진 (滑澁脈)

滑脈

- AP1, AP2, AP3 모두에서 滑脈
- ∠S 증가, Ut-Pt (up-stroke time) 감소 (0.07~0.09 sec)
- ∠P 감소 (17~22°)
- %C : 중 or 하
- ΔD 증가 (>2mm)

※ 먼저 맥의 浮中沈과 至數를 판단한 후에 滑弦을 판단해야 함

澁脈

- P 다소 감소 or 정상
- ∠U 약간 감소
- Ut-Pt (up-stroke time) 증가 (0.09~0.16 sec)
- ∠P 증가 (28~50°)
- T, D 감소 or 소실

※ 澁脈은 弦脈과 contour가 비슷함

맥상도에 나타난 맥진 (弦脈, 大小脈)

弦脈

- AP1, AP2, AP3 모두에서 현맥
- ∠U 감소 (<84°)
- Ut-Pt (up-stroke time) 증가 (>0.09 sec)
- ∠P 증가 (>40°)
- T 소실 or %T 매우 상승하여 상 or 중상
- %C 상승 (>50%)
- D 소실 or ΔD 감소 (≦0.5mm)

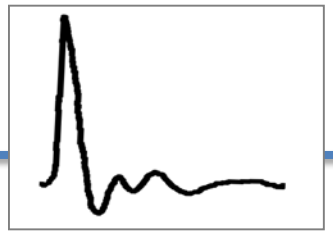
大脈

※ 洪脈과 거의 동일하지만, 洪脈이 病脈인데 반해, 大脈은 생리적인 의미로 사용되는 경우도 많음.

小脈

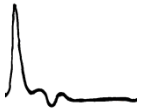
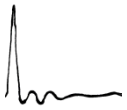
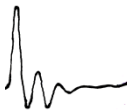
- P 감소 (<8mm)
- ΔD 감소
- %C (≦55%)

1차 미분파

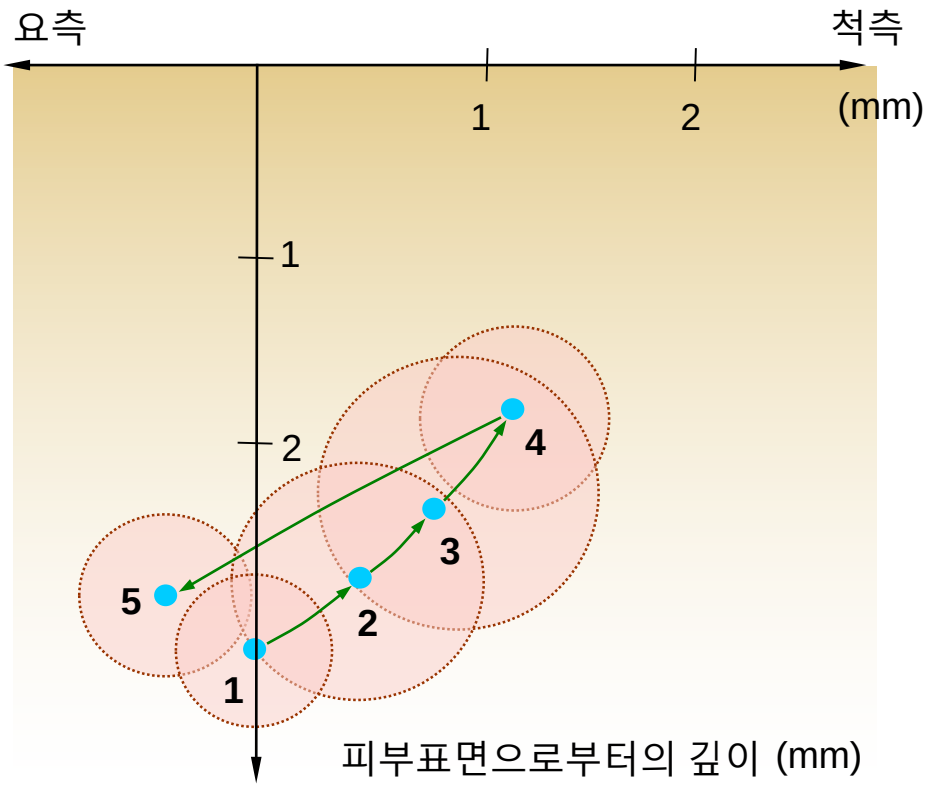


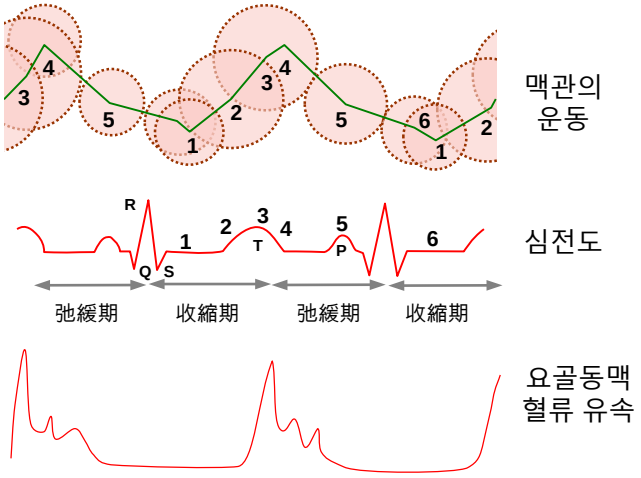
八要脈

- 이봉교 박사(1970년대 초반)는 한의학적 이론과 연계된 일차미분맥파의 임상적 의의에 관한 연구 수행

맥상	파형	P	T	C	D	A	Pulse rate (bpm)
부맥			↓ 38%		↑ 197%		
침맥			↓ 31%		↓ 100%		
지맥							50.8 (47.6 ~ 54.6)
삭맥							90.9 (85.1 ~ 97.6)
대맥					↑ 202.5%		
소맥					↓ 40.2%		
활맥			↑ 20%		↑ 128%	↑ 232%	
삽맥			↑ 147.5%		↑ 39%	↓ 70%	

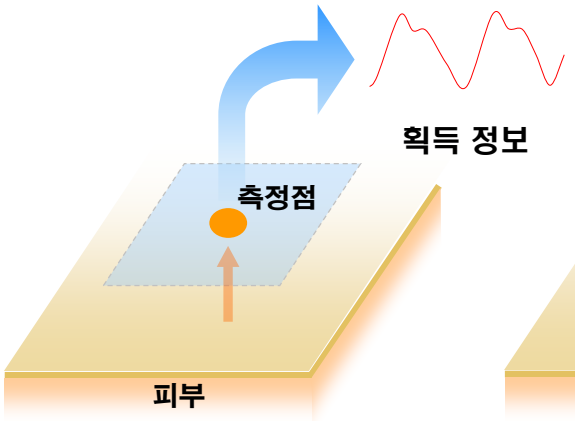
요골동맥의 3차원적 운동



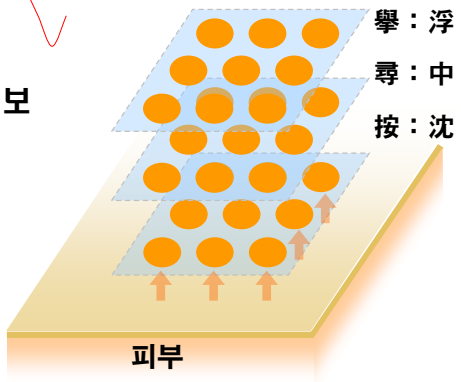


牛欣，楊學智，傅驄遠，劉昭武，劉望彭,橈動脈的三維運動與脈診位數形勢,中國中西醫結合雜志, 1994(07): 435-437

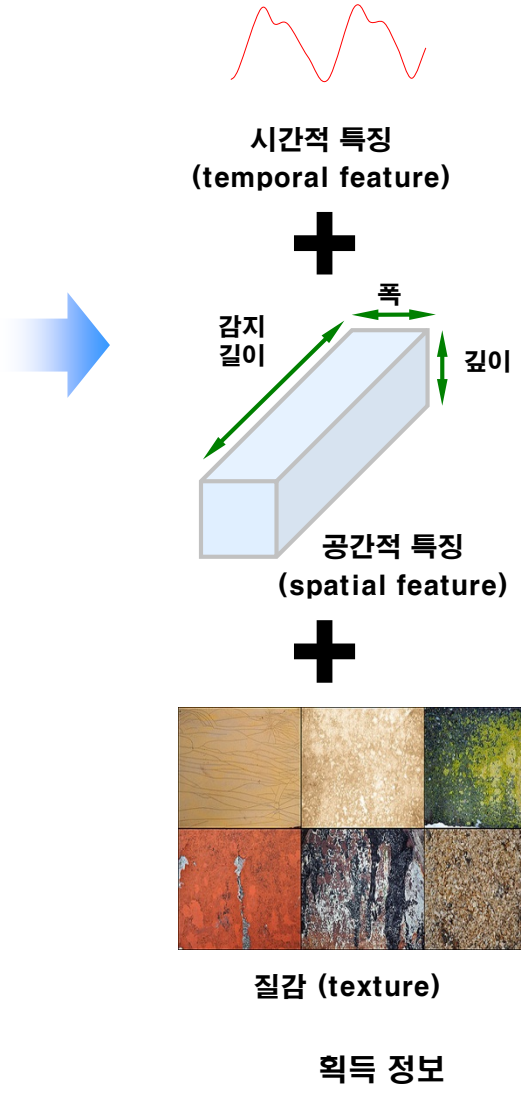
맥진의 측정지표

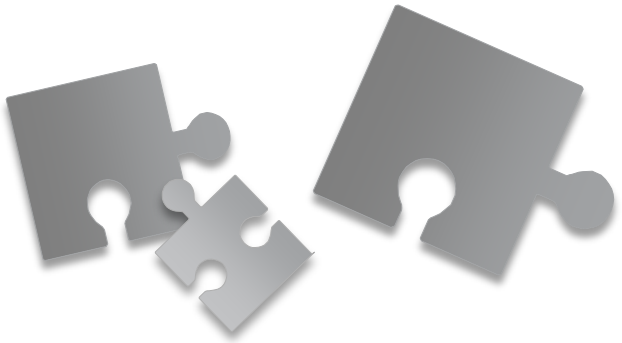


현행 맥진기에 의
해 획득되는 정보



전통적 맥진법에 의
해 획득되는 정보





광용적맥파 [광용적맥파검사]

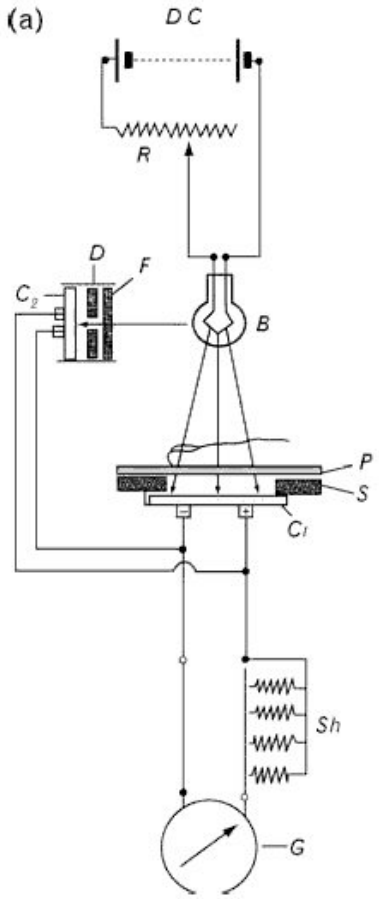
광용적맥파

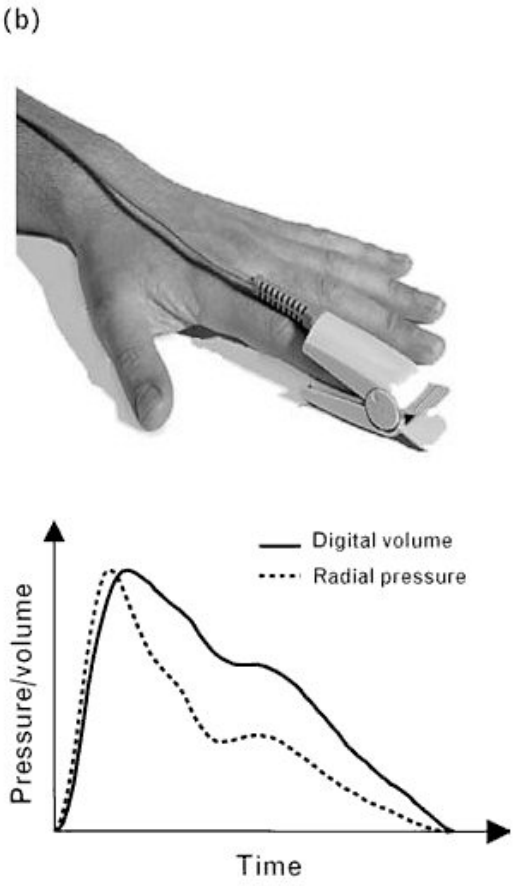
개요

- 광학기술을 기반으로 하여 미세순환계의 혈액용적 변화를 측정

원리

- Alrick Hertzman (1937년)은 Lambert-Beer 법칙에 기초하여 혈액 속에 포함된 조직의 변화에 의해 발생하는 광흡수의 차이를 측정하는 photoelectric phethysmograph 개발
- Robert Goetz (1940년)는 photocell을 이용하여 손끝에서 광투과성을 측정하여 보고함으로써 현재 사용하고 있는 지첨용적맥파의 기본 형태를 확립
- Morikawa (1967년)는 반사형 광전식 용적맥파를 연구에 활용함으로써 용적맥파의 측정 부위를 광투과가 불가능했던 피부 다른 부위로까지 확대





기본파형

개요

- 일반적으로 수축기의 전반부에서 나타나는 조기 수축기파(early systolic peak), 절흔(incisura), 조기 이완기파(early diastolic peak)로 이루어지는 기본적인 맥파의 구성요소는 모두 동일함.

조기 수축기파 (early systolic peak)

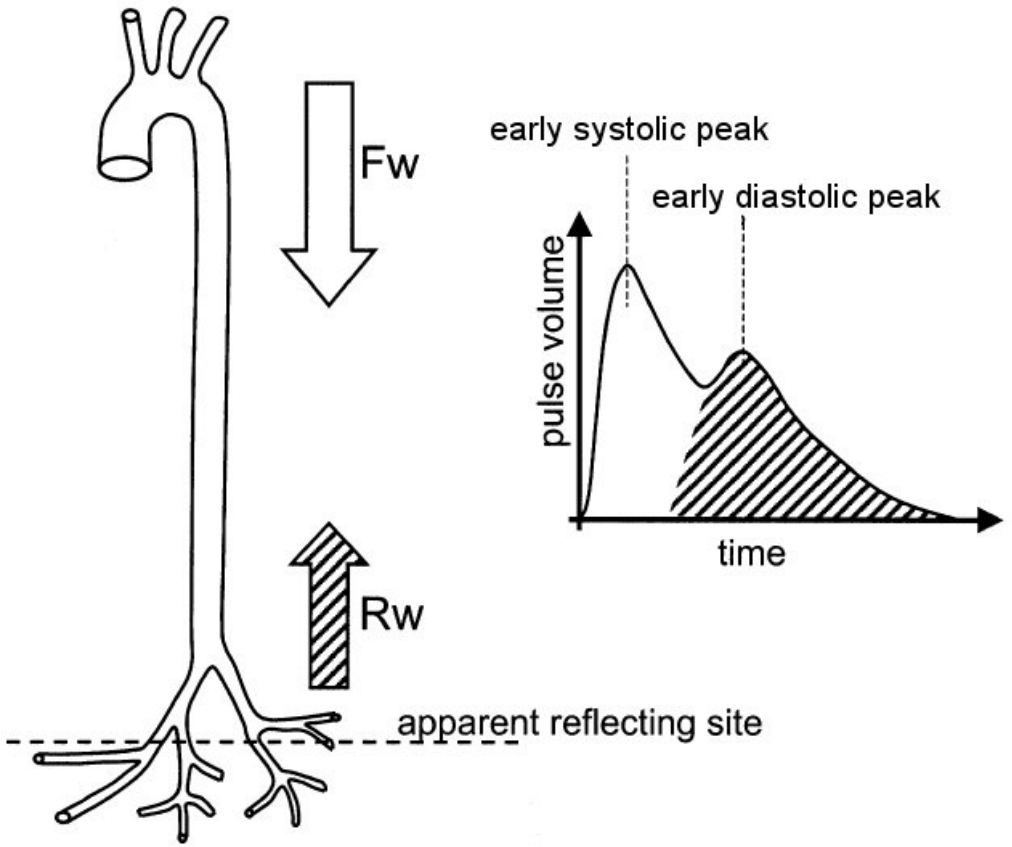
- 좌심실에서 손끝으로 바로 전달되는 압력파에 의해 주로 형성됨

조기 이완기파 (early diastolic peak)

- 동맥의 분지점에서 형성된 반사파들이 동맥계를 통해 전달하고, 충격파와 중첩되면서 나타남
- 인체 순환계에서 대동맥의 경도나 저항이 큰 세동맥 말단부위의 상태에 의해 영향을 받음

절흔 (incisura)

- 충격파와 중복파 사이의 계곡



파형분석 (contour analysis)

노화/고혈압/동맥경화증

- 승각시간의 연장
- 조기 수축기파 (early systolic peak)와 조기 이완기파 (early diastolic peak) 사이의 시간 감소
- 조기 이완기파 (early diastolic peak)와 절흔 높이의 증가

Alcohol

- 절흔 높이의 감소

Dawbert's classification

Pattern	Contour	Criteria
Class 1		A distinct notch is seen on the downward slope of the pulse wave
Class 2		No notch develops but the line of descent becomes horizontal
Class 3		No notch develops but there is a well-defined change in the angle of the descent
Class 4		No notch develops or no change in angle of descent

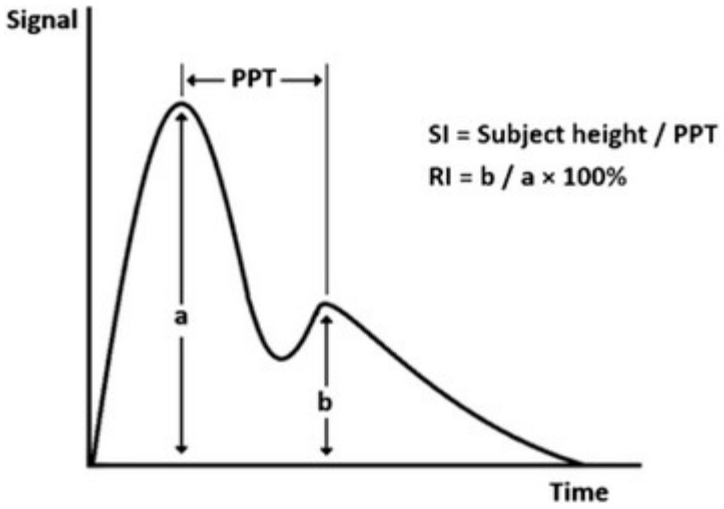
평가지표

반사지수 (reflection index)

- 조기 수축기파 (early systolic peak) 파고에 대한 조기 이완기파 (early diastolic peak) 파고의 비

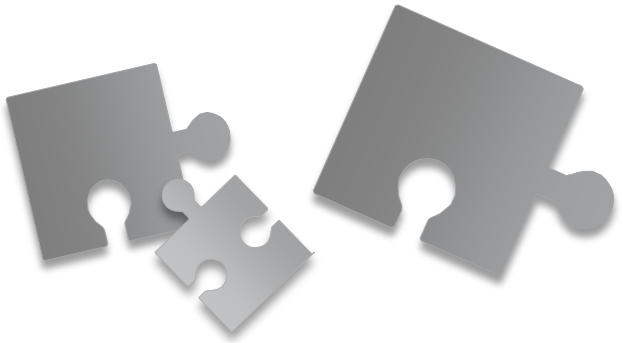
경화지수 (stiffness index)

- 키를 조기 수축기파 (early systolic peak)와 조기 이완기파 (early diastolic peak) 사이의 시간차로 나누어 준 값



Parameters for contour analysis

Parameter	definition	formula
Reflection index	the ratio of amplitude of the early systolic peak to that of the early diastolic peak	$RI = \frac{A_d}{A_s} \times 100\%$
Stiffness index	height divided by time between the early systolic peak and the early diastolic peak	$SI = \frac{height}{PPT}$



가속도맥파[가속도맥파검사]

가속도맥파

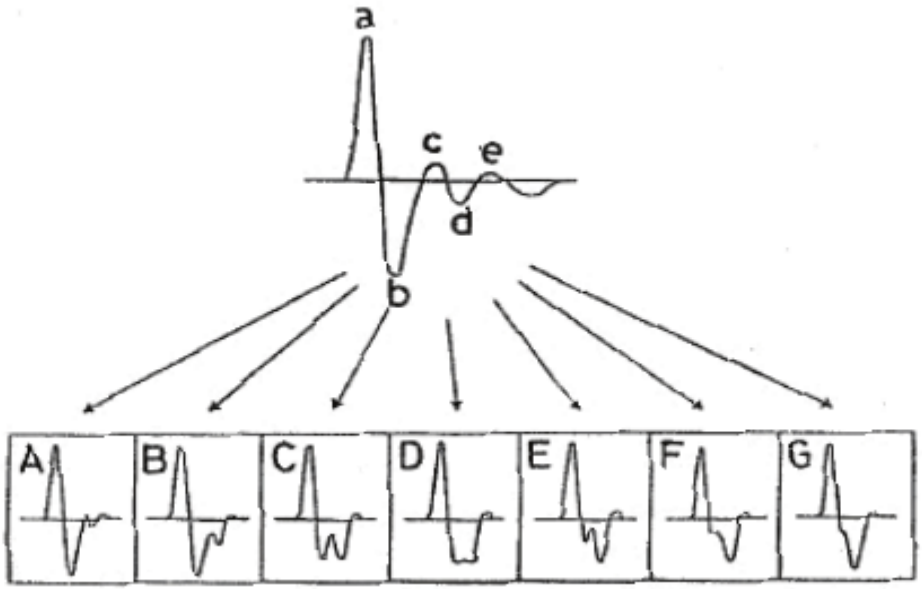
개요

- 지첨용적맥파를 시간축에 대해 2차 미분하여 얻어지는 파형 (d^2PPG/dt^2)

원리

- Ozawa (1972년)에 의해 1차 미분파 분석을 위한 보조적인 목적으로 최초로 기록
- Ozawa (1978년)는 가속도맥파가 연령증가에 따라 일정한 패턴으로 변화함을 관찰하여, 혈관노화의 지표로 이용할 수 있음을 확인
- Takazawa (1998년)는 가속도맥파 표준화 연구에서 연령에 따른 가속도맥파 측정지표들의 변화정도를 제시함.

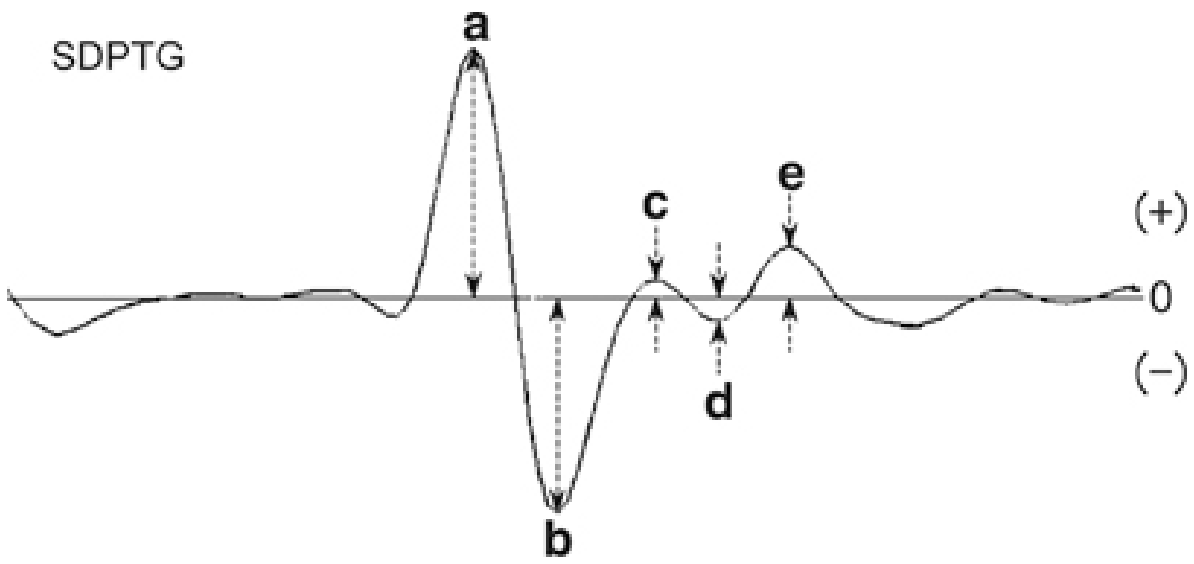




가속도맥파의 기본파형과 연령지수

기본파형

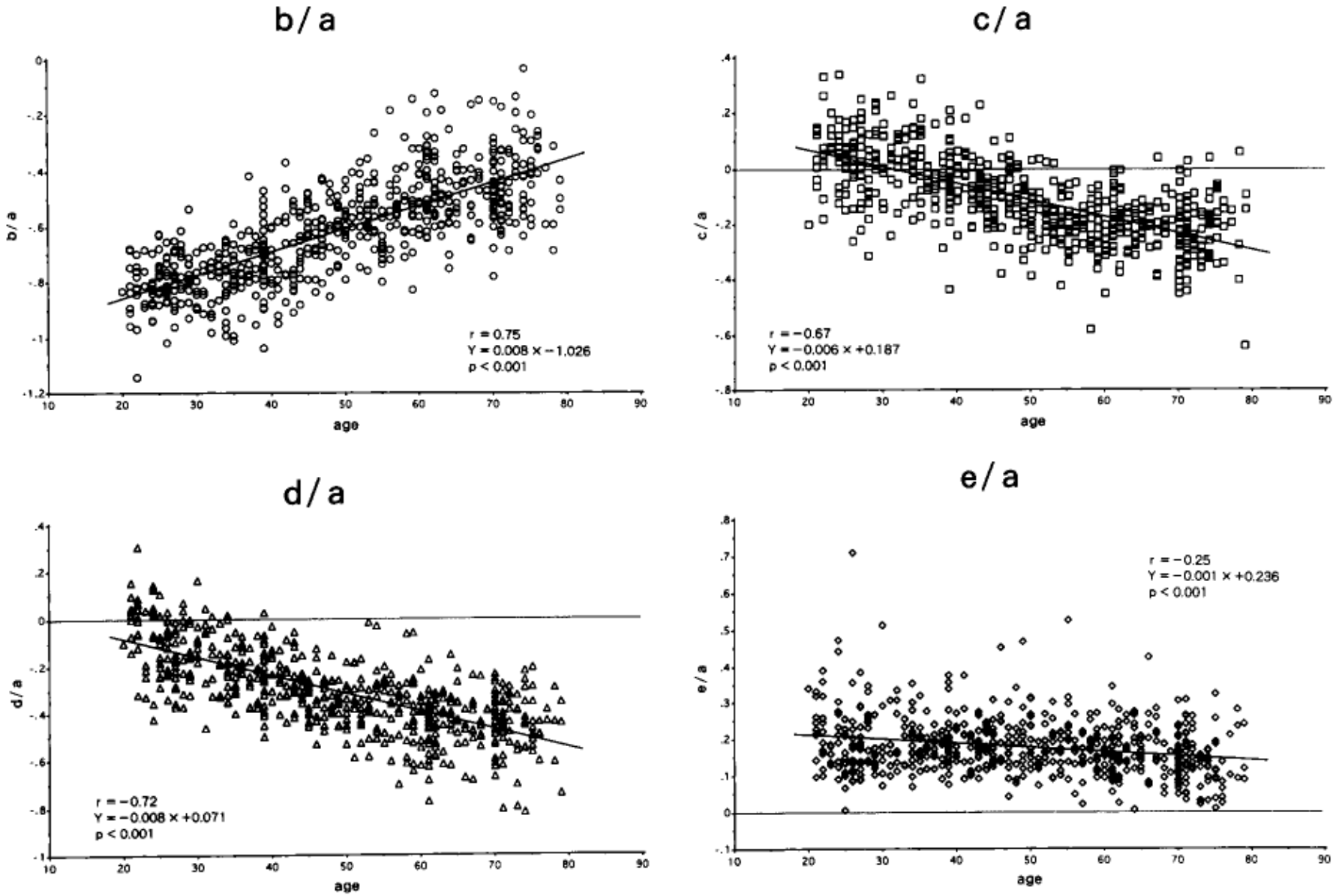
- 양성파 : a, c, e
- 음성파 : b, d



연령지수

- Aging index of the second derivative of photoplethysmography, SDPTG AI

$$SDPTG\ AI = \frac{b - c - d - e}{a}$$


b/a
b/a
age
r = 0.75
Y = 0.008 × −1.026
p < 0.001
c/a
c/a
age
r = −0.67
Y = −0.006 × +0.187
p < 0.001
d/a
d/a
age
r = −0.72
Y = −0.008 × +0.071
p < 0.001
e/a
e/a
age
r = −0.25
Y = −0.001 × +0.236
p < 0.001

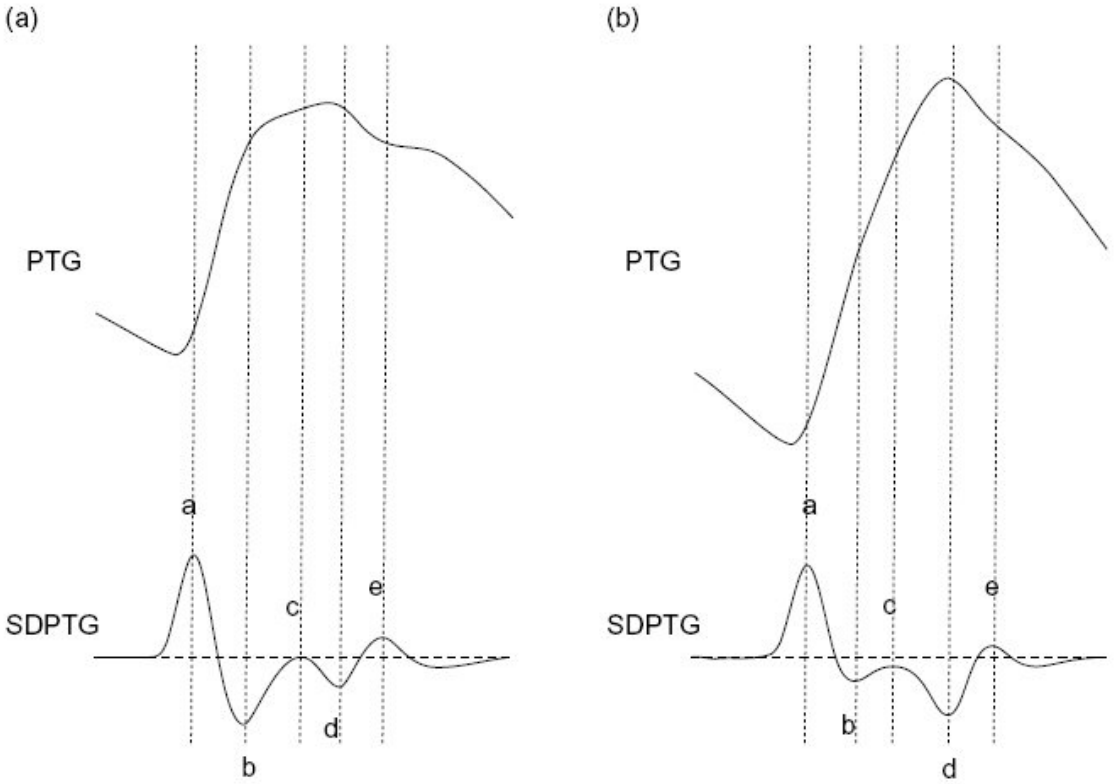
가속도맥파의 파형의 의미

b/a

- Vascular compliance – arterial stiffness – atherosclerosis

d/a

- Reflexion wave – arterial stiffness – atherosclerosis



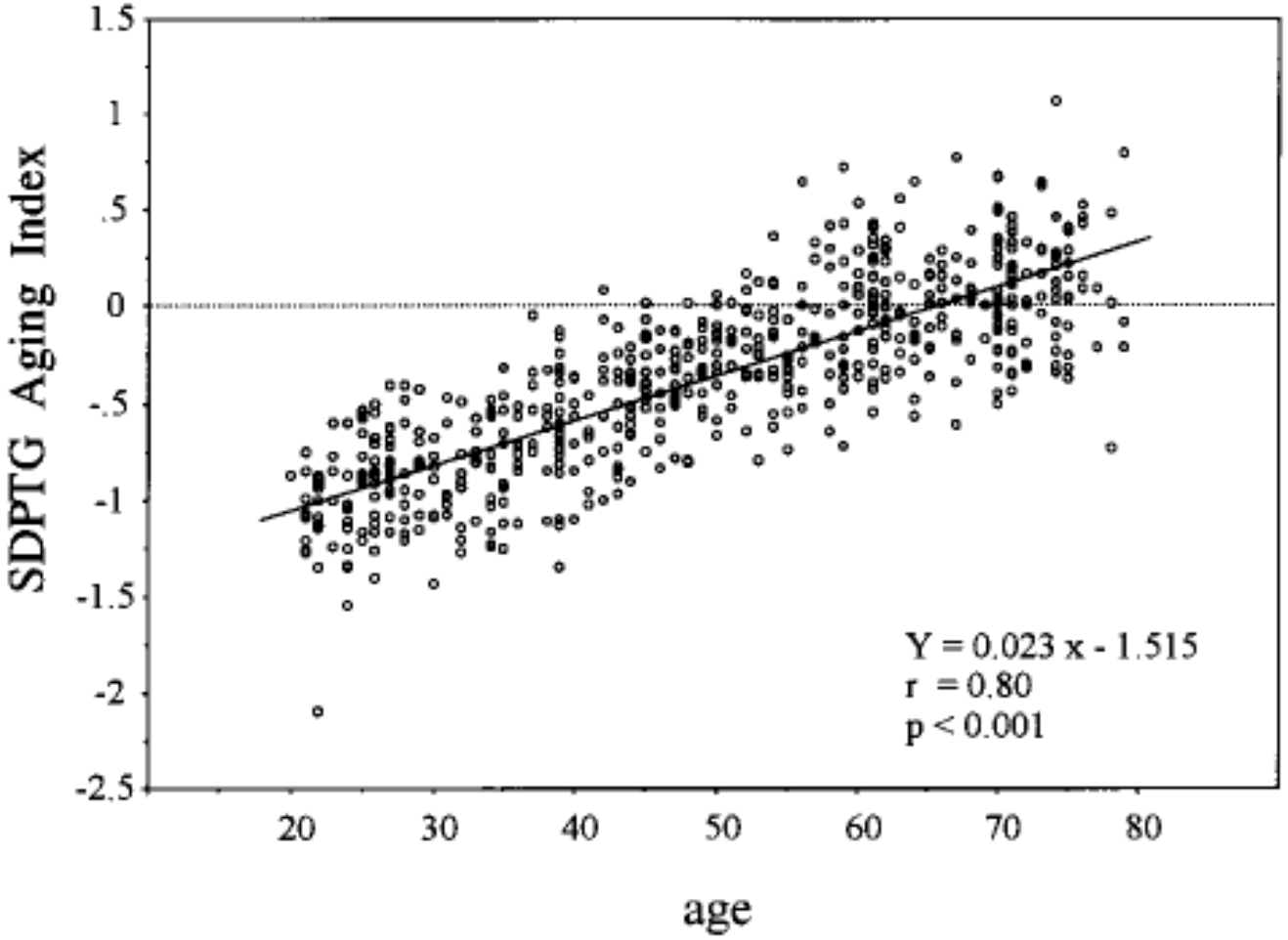
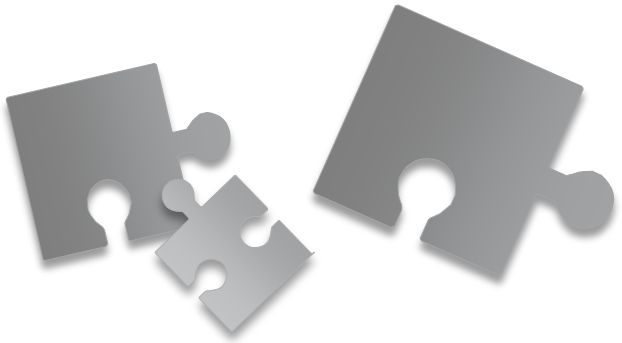


Figure 5. Relationship between SDPTG aging index and age. SDPTG aging index (b-c-d-e/a) (Y) increased with age (X); Y=0.023X−1.515 ($P<0.001$, $r=0.80$).



맥파전달속도[혈맥어혈검사]

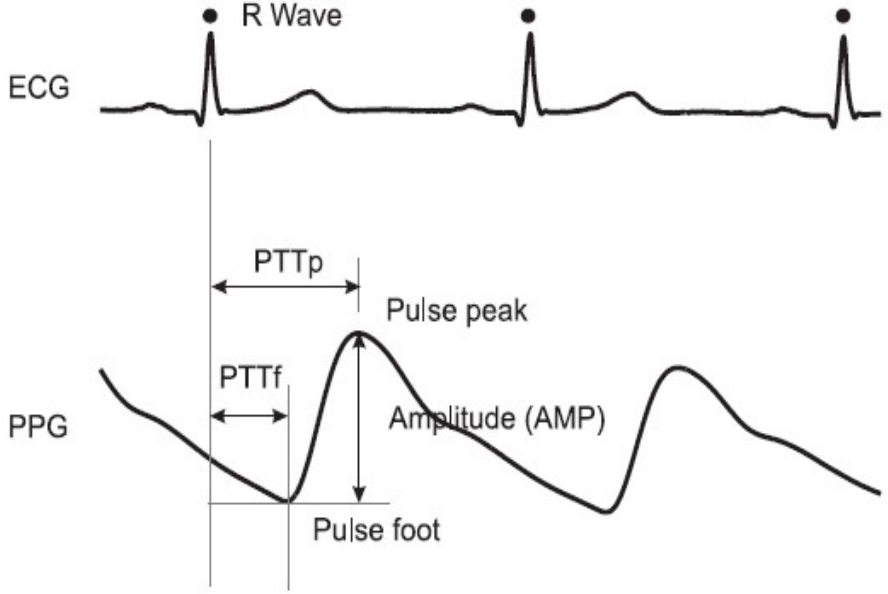
맥파전달속도와 혈류속도

맥파전달속도 (pulse wave velocity, PWV)

- 압맥파 파동의 전달속도 (맥파가 전달되는 거리 / 맥파전달시간)
- 혈액의 흐름과 맥파의 흐름은 어느 정도 독립적이며, 혈류속도보다 훨씬 빠름
- 맥파가 대동맥판에서 손가락 끝까지 전달되는데 약 0.16초 정도 소요되며, 심박출혈액의 말초도달시간은 약 1 ~ 2초 정도 소요되므로, 혈류속도는 맥파전달속도에 비해 약 10배 정도 느림

맥파전달시간 (pulse transit time, PTT)

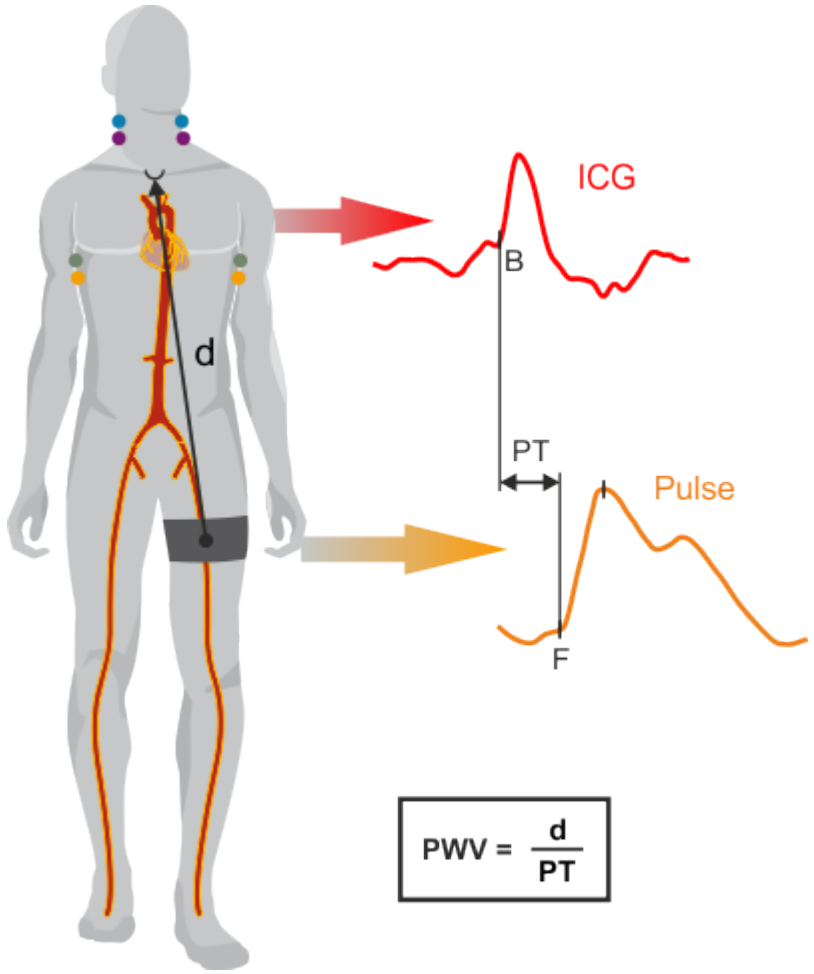
- 심전도 신호가 생성된후 약간의 시간이 흐른 후 맥파가 검출되는 시간
- 동맥계 두 지점에서 맥파가 이동하는데 소요된 시간



맥파전달속도의 임상적 의의

맥파전달속도 (pulse wave velocity, PWV)

- 동맥의 유순도가 저하되어 경화가 진행될수록, 심박수가 증가할수록, 수축기 혈압이 상승할수록 증가
- 대동맥의 맥파전달속도는 심혈관계 질환의 발병율과 사망률을 예측하는 인자
- 대동맥의 맥파전달속도가 1 m/sec 증가할수록 심혈관계 질환이 발병할 가능성이 39% 증가



Cardio-ankle vascular index; CAVI

- 수축기 및 이완기 혈압, 심전도, 심음도, 상완동맥 맥파, 경골동맥 맥파를 동시에 측정하여 대동맥에서 경골동맥에 이르는 동맥계의 경화도를 산출한 것
- 기존 PWV에 비해 CAVI 지표는 elastin위주의 대동맥계 뿐만 아니라, 심혈관계 질환의 진행정도를 잘 반영하지 않는 smooth muscle 위주의 동맥계-즉 고동맥에서 경골동맥까지-를 포함하고 있음

1. Bramwell-Hill's equation

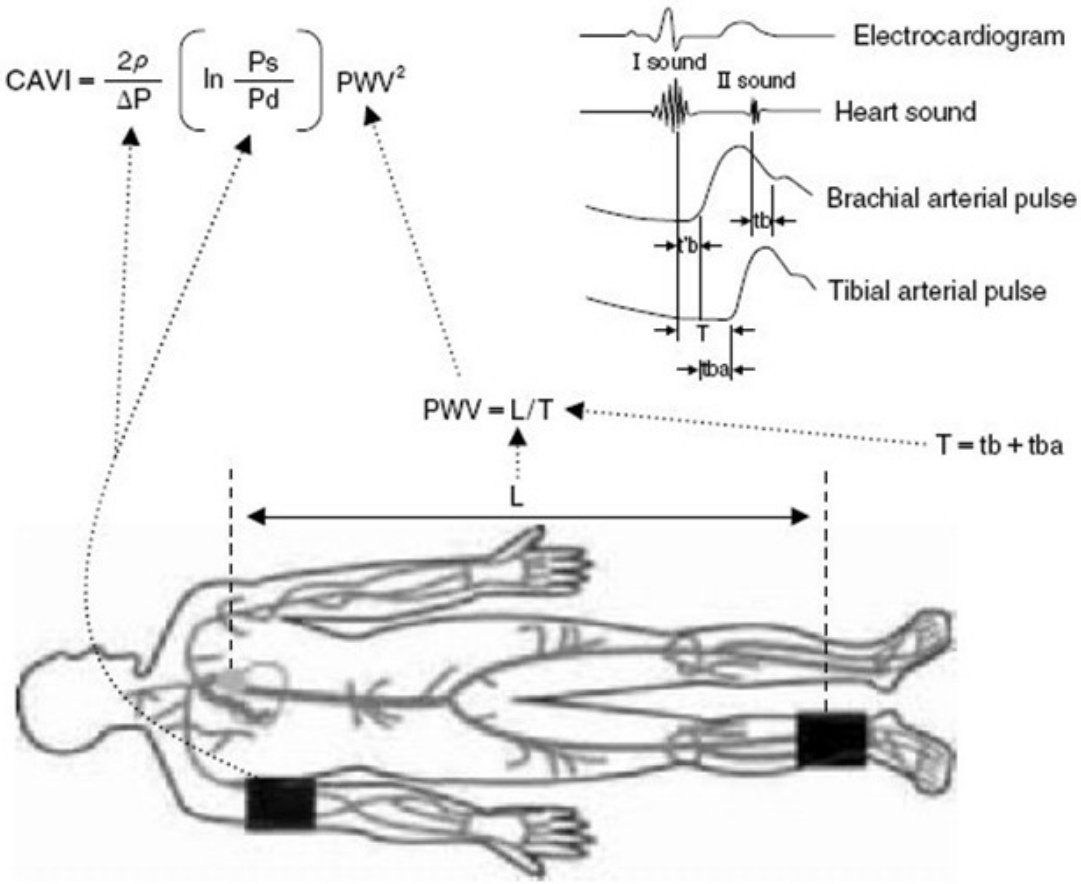
$$PWV^2 = \frac{\Delta P}{\rho} \cdot \frac{V}{\Delta V} = \frac{\Delta P}{2\rho} \cdot \frac{D}{\Delta D}$$

2. Stiffness Parameter β

$$\beta = \left(\ln \frac{P_s}{P_d} \right) \left(\frac{D}{\Delta D} \right)$$

3. Cardio-ankle vascular index; CAVI

$$CAVI = \frac{2\rho}{\Delta P} \cdot \left(\ln \frac{P_s}{P_d} \right) \cdot PWV^2$$

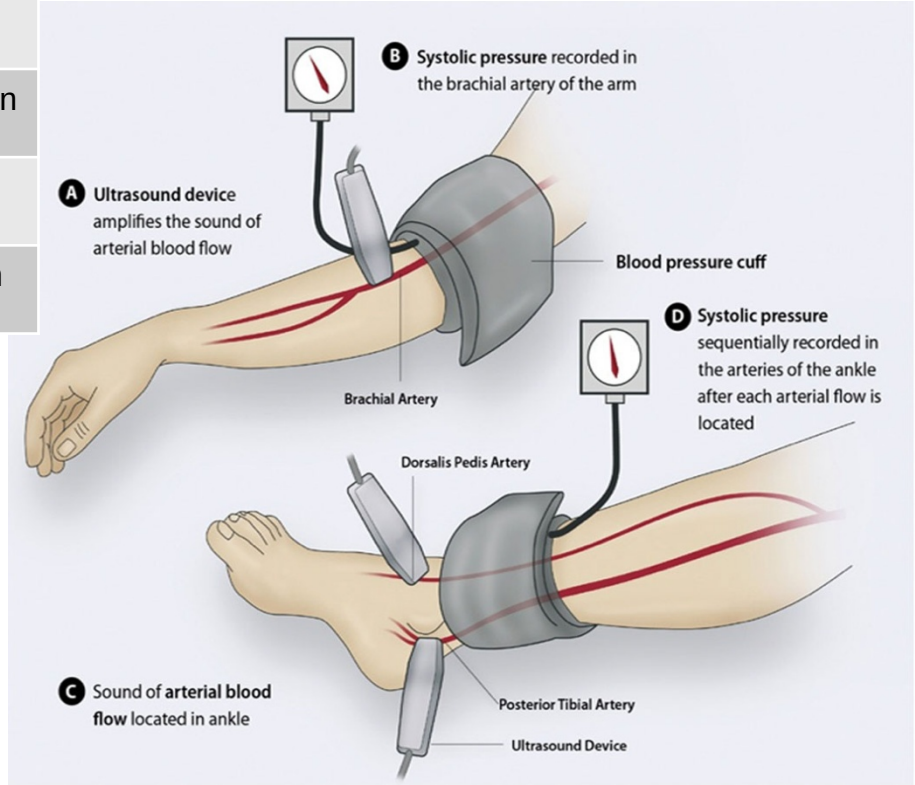


ABI (ankle-brachial index)

- 양측 경골동맥의 수축기혈압을 양측 상완동맥의 수축기혈압으로 나눈 비 (ratio)

ABI in peripheral arterial disease

Range	Meaning
> 1.2	Peripheral vascular disease
1.2 ~ 0.90	Normal
0.90 ~ 0.75	Mild arterial disease – intermittent claudication
0.75 ~ 0.50	Moderate arterial disease – claudication
<0.5	Severe arterial disease – Severe claudication



The End

