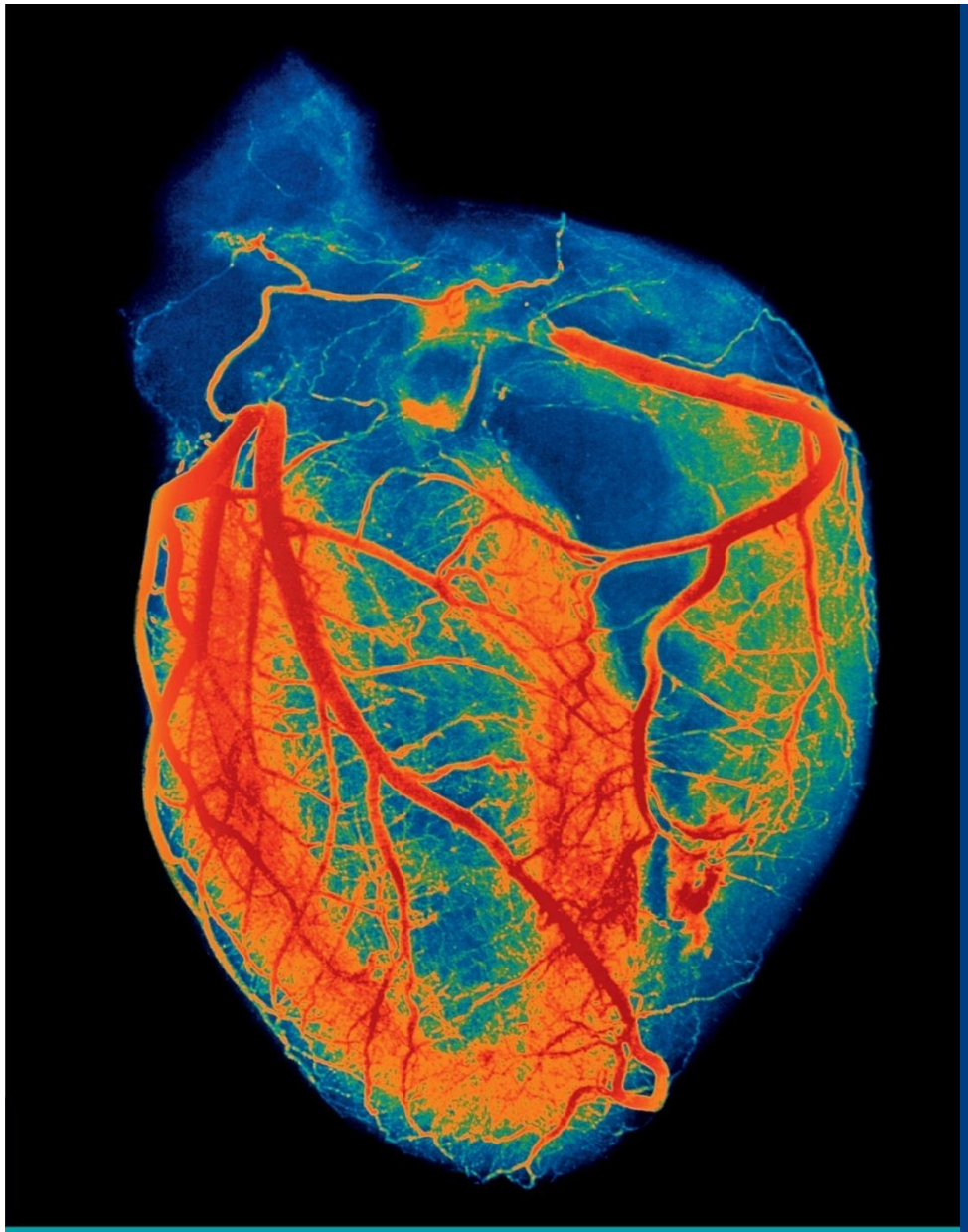


관상동맥 혈관조영도

13

심장혈관계: 심장기능

Part B

Copyright © 2012 Biosciencepublishing, Inc

개요

I. 심장주기

II. 심박출량과 조절

V. 심장주기

- 심장주기의 각 단계
- 심방과 심실압
- 대동맥압
- 심실용적
- 심음

심장주기

완전한 단일 심박동 중에 심장을 지나는
혈류와 관련된 모든 현상

심장주기의 두 단계

- 수축기(Systole)
  - 심실의 수축기
- 이완기(Diastole)
  - 심실의 이완기(Ventricle relaxation)

심장주기 중 판막의 열림

- 판막은 압력경사에 의해 수동적으로 열림
  - 방실판(AV valve)
    - 심방의 압력 > 심실의 압력일 때 열림
  - 반월판(Semilunar valve)
    - 심실의 압력 > 심방의 압력일 때 열림

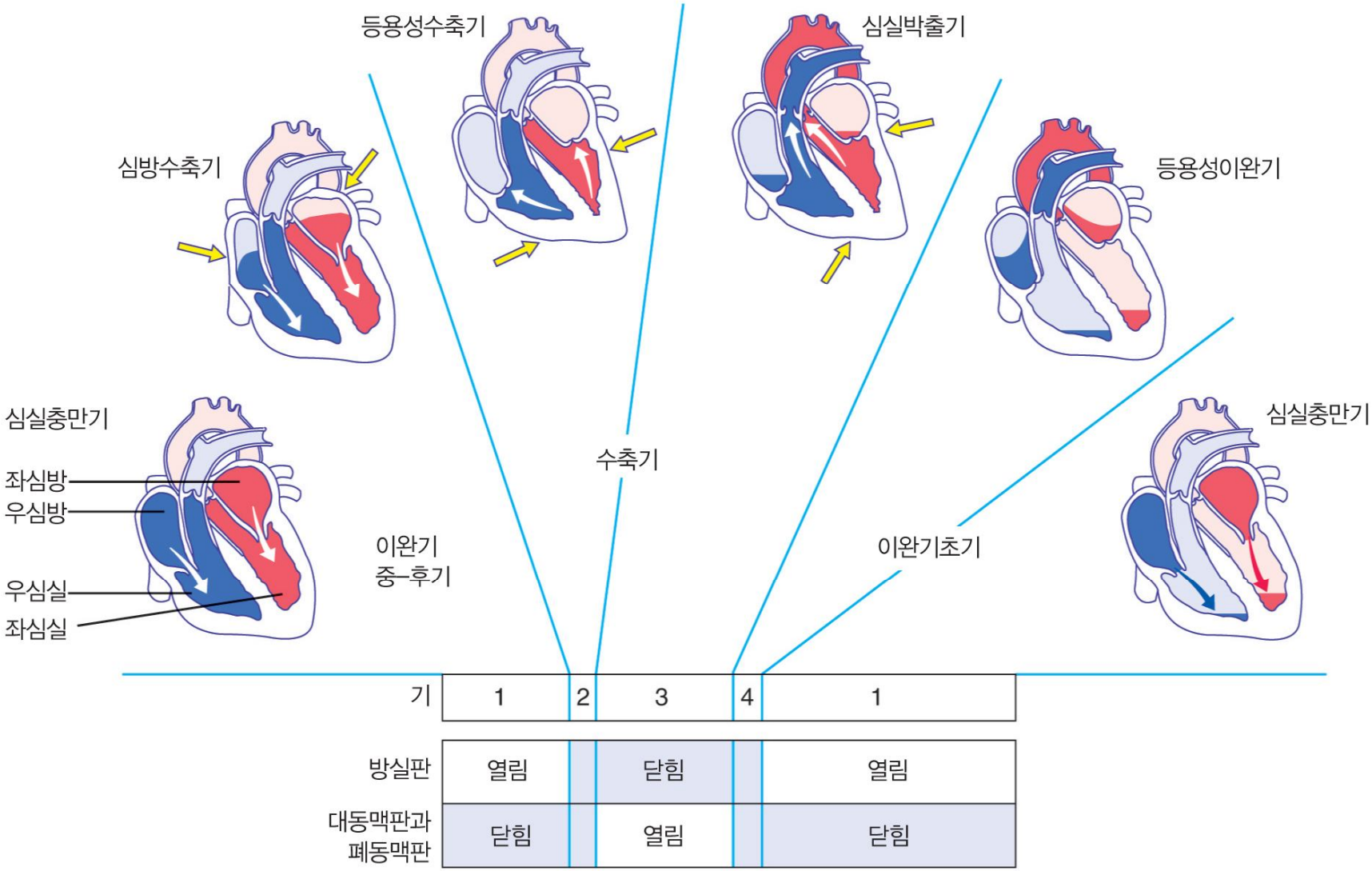
4단계의 심장주기

- 심실충만기
  - 심방의 압력 > 심실의 압력
  - 방실판 열림
  - 수동적인 단계—심방이나 심실의 수축이 없다
  - 능동적인 단계—심방수축
- 등용성 수축기
  - 심실수축—압력증가
  - 방실판과 반월판이 닫힘
  - 혈액의 유입과 유출이 없다

4단계의 심장주기

- 심실박출기
  - 심실의 압력 >심방의 압력
  - 반월판이 열림
- 등용성 이완기
  - 심실이 이완되고 압력 감소
  - 방실판과 반월판이 닫힘
  - 혈약의 유입이나 유출이 없다

심장주기


등용성수축기
심실박출기
심방수축기
등용성이완기
심실충만기
좌심방
우심방
우심실
좌심실
수축기
이완기
중-후기
이완기초기
심실충만기
기
1
2
3
4
1
방실판
열림
닫힘
열림
대동맥판과
폐동맥판
닫힘
열림
닫힘

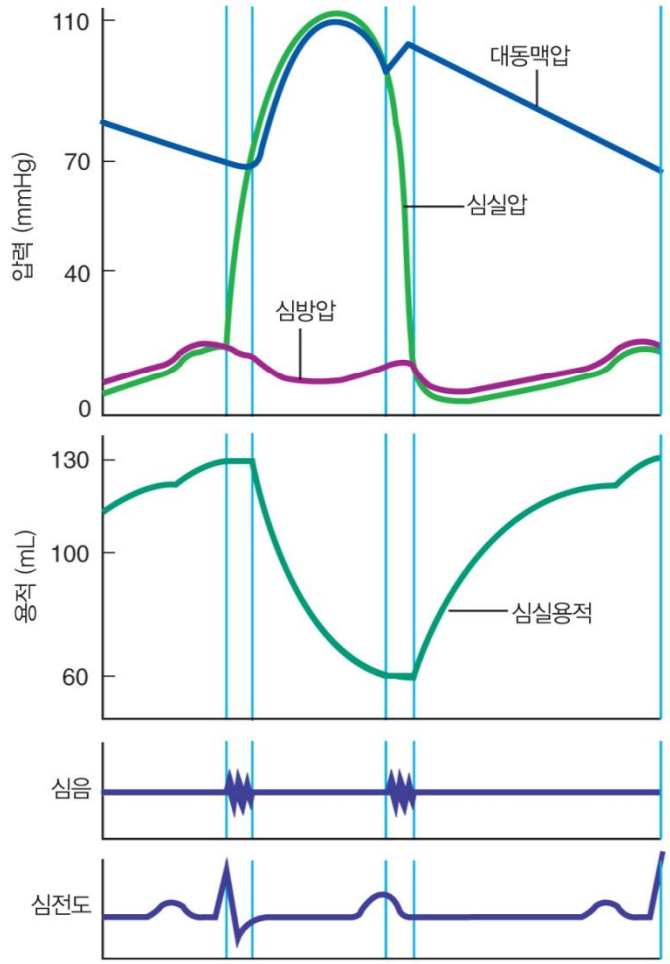


그림 13.18 심장주기. 모든 값은 좌심장에서 얻은 것이다. 이완기는 4기와 1기에 해당하고, 수축기는 2기와 3기에 해당한다. 판막 사이의 압력기울기의 변화와 판막의 개폐상태, 그리고 심실용적 변화 간의 관계를 주목한다. 심음은 판막이 닫힐 때 나는 소리다. 심전도파는 심장에서 일어나는 기계적 현상과 서로 관련이 있다. P파는 심장수축(심방압의 상승) 전, QRS 복합파는 심실수축 전에 각각 나타난다.

심실수축기

- 등용성 수축기
  - 방실판과 대동맥판이 닫힘
  - 심실압력은 심방압력이 커질 때 까지 증가함
- 심실박출기
  - 대동맥판이 열림
  - 혈액이 심실에서 대동맥으로 나간다

심실이완기

- 등용성이완기
  - 심실근육이 이완하여 대동맥보다 압력이 낮아짐
  - 대동맥판이 열림
  - 심실압이 대동맥압보다 낮아질 때 까지 계속 떨어짐
- 심실충만기
  - 방실판이 열림
  - 혈액이 심방-> 심실로 들어감
  - 심방이 수축할 때 까지 수동적

심실압

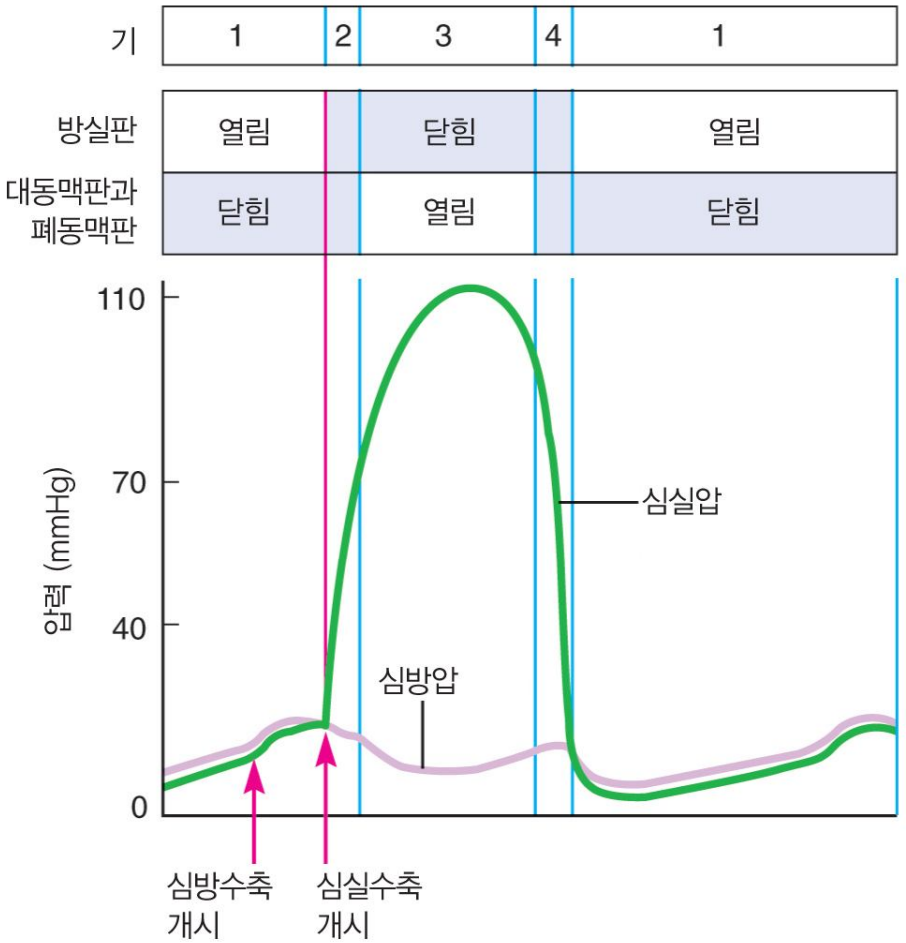


그림 13.19 **심장주기 동안의 심실압.** 심실이 수축하기 시작하여 심실압이 심방압을 넘어서면 방실판이 닫힌다는 것에 주목한다.

대동맥압

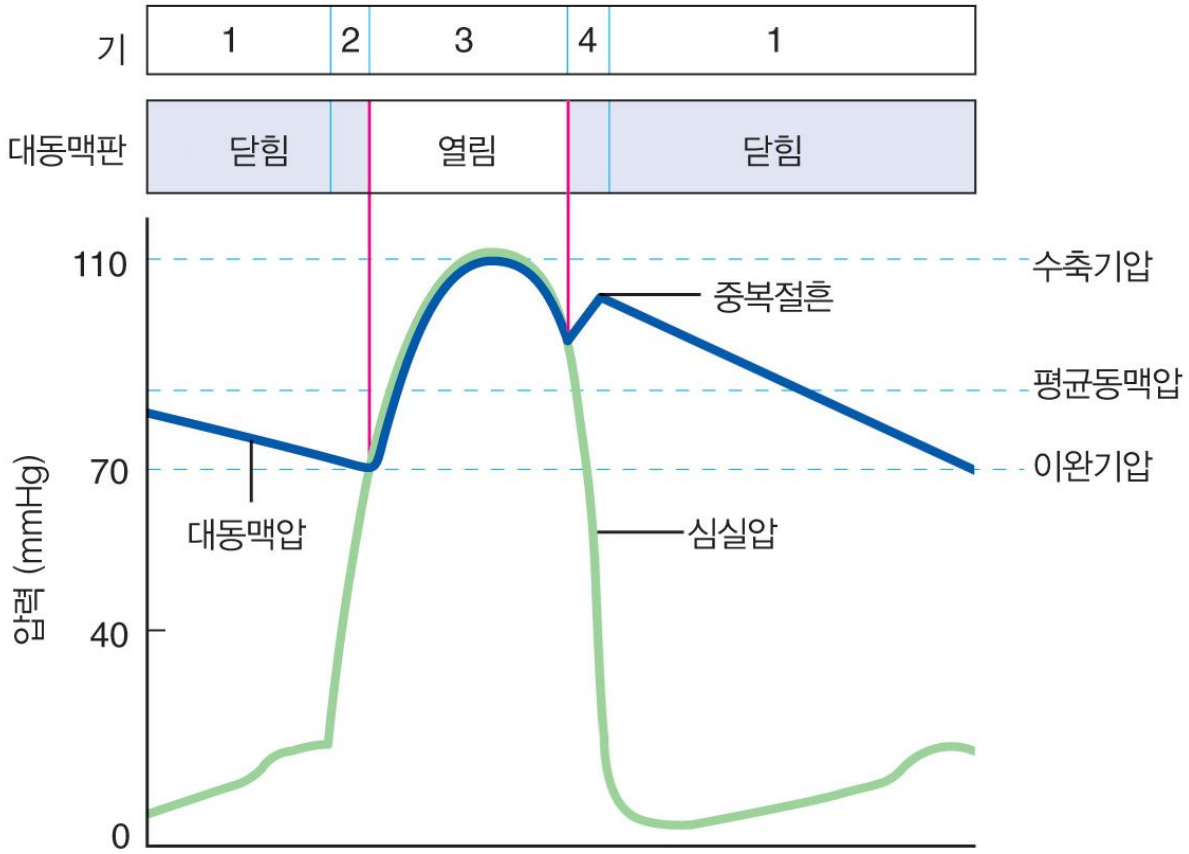


그림 13.20 심장주기 동안의 대동맥압. 좌심실압이 대동맥압을 넘어서면 대동맥판이 열리고, 대동맥압이 좌심실압을 넘어서면 대동맥판이 닫히는 것에 주목한다. 심장주기 중 가장 높은 대동맥압을 수축기압이라 하는 반면, 가장 낮을 때를 이완기압이라 한다. 심장주기 중 압력의 평균값을 평균동맥압이라 한다.

대동맥압

- 수축기압(Systolic pressure)
- 이완기압(Diastolic pressure)
- 평균동맥압(Mean arterial pressure)

심장주기 동안 혈액의 이동

- 대동맥(Aorta)—탄력성
  - 압력저장소
- 수축기동안 벽이 팽창할 때 에너지를 저장
- 이완기 때 혈관벽 탄성조직이 혈액에 안쪽으로 가하는 힘 때문에 에너지 방출
- 심장주기 매매 계속 혈관계를 통해 혈액이 흐른다

심실용적

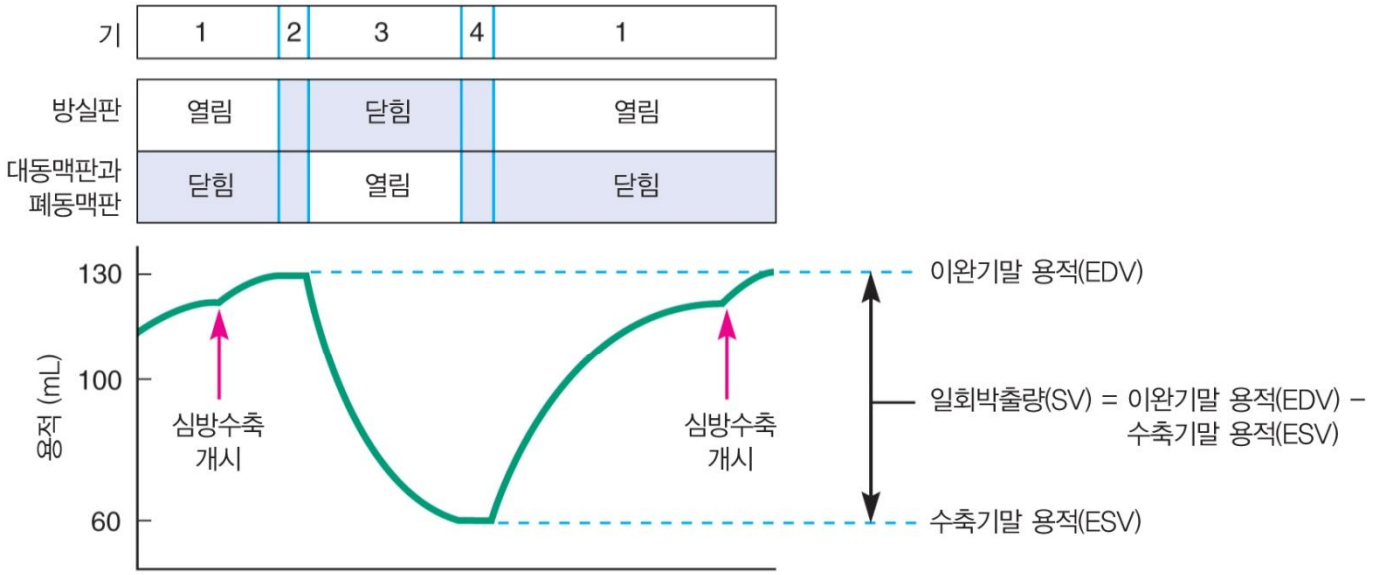


그림 13.21 심장주기 동안 심실용적의 변화. 일회박출량은 심실이 한 번 수축할 때 내보내는 혈액량으로, 이완기말 용적(EDV)에서 수축기말 용적(ESV)을 뺀 값과 같다.

- EDV(end-diastolic volume):이완기말 심실의 혈액량
- ESV(end-systolic volume): 수축기말 심실의 혈액량(용적),
- SV(stroke volume):일회 박출량, 심장이 박동하는 동안 박출되는 혈액량
- SV = EDV –ESV

일회박출량

- 심장이 박동하는 동안 박출되는 혈액량

일회박출량 =
이완기말 심실의 혈액량 –수축기말 심실의 혈액량 =
130 mL – 60 mL = 70 mL

박출분획

심박도우중 박출되는 이완기말 용적의 분획

박출분획(Ejection fraction) =
일회박출량(SV) / 이완기말 심실의 혈액량(EDV)
= 70 mL / 130 mL = 0.54

tladma

- 판막이 닫힐 때 혈액이 휘몰아치며 내는 소리
- 제1심음
  - 부드러운 저음”룹”
  - 방실판막이 동시에 닫힐 때
- 제2심음
  - 크고 날카로운 고음 “둡”
  - 반월판이 동시에 닫힐 때

심음

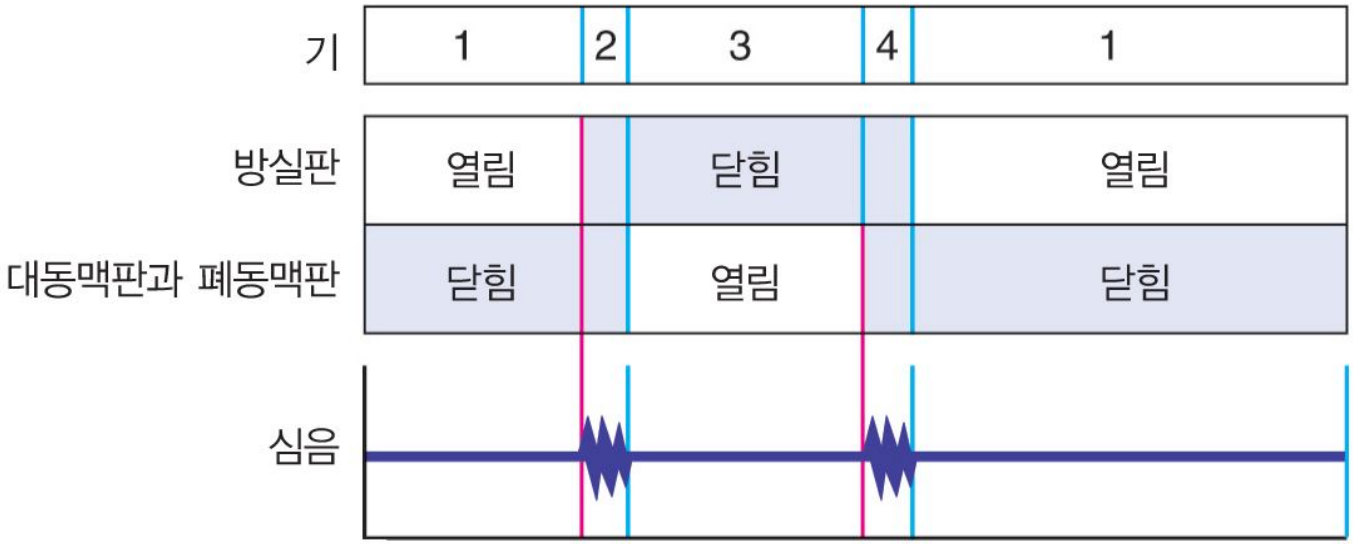


그림 13.22 심음. 제 1, 2 심음은 각각 방실판과 대동맥 및 폐동맥판이 닫힐 때 생긴다.

심전도와 기계적 현상

- ECG = 전기적 현상의 측정
- 전기적 현상이 기계적 현상을 유발하므로 전기적 현상이 먼저 일어남
  - P 파가 심방수축에 앞서 일어남
  - QRS 복합파가 심실 수축에 앞서 일어남
  - T파는 심실이완에 앞서 일어남

VI. 심박출량과 조절

- 심장에 대한 자율신경입력
- 심박출량에 영향을 미치는 요인:심박동수의 변화, 1회 박출량의 변화

심박출량

분당 심실에서 내보내는 혈액량

- 심박출량 = CO = SV × HR
- 평균심박출량(CO) = 5 리터/분 , 안정시
- 평균혈액량 = 5.5 리터

심박출량의 조절

- 심장박동수와 1회박출량을 조절
- 외인성조절과 내인성 조절
  - 외인성—신경과 호르몬에 의한
  - 내인성—자동조절

심장의 자율신경 입력

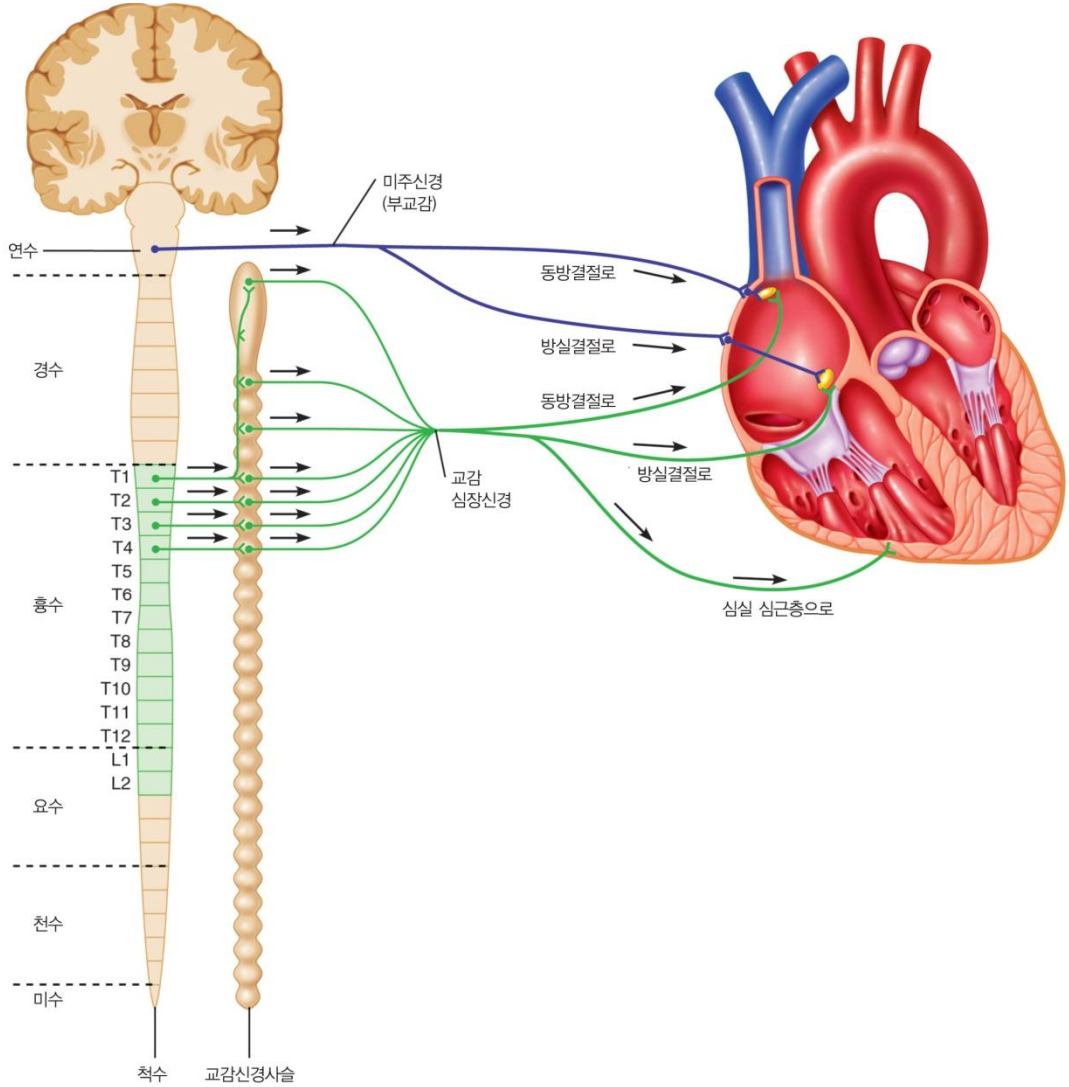


그림 13.23 심장의 주요 자율신경입력. 교감신경은 심실 심근층과 동방결절 및 방실결절에 분포하는 반면, 부교감신경은 결절에만 분포한다.

심장박동수 — 동방결절의 활동전위 빈도에 의해 결정

- 동방결절의 내인성 전위빈도 = 100회/분
  - 심장에 대한 외인성 조절은 없음, HR = 100
- 자율신경계와 호르몬 조절하에서의 동방결절
  - 안정시: 부교감활동의 증가, HR = 75
  - 흥분시: 교감활동의 증가, HR 증가

심장박동수에 대한 교감뉴런 활동의 효과

교감뉴런 활동의 증가
(신경 또는 에피네프린)

↓

동방결절의 베타 1 수용체

↓

칼슘통로의 개방을 증가시킴

↓

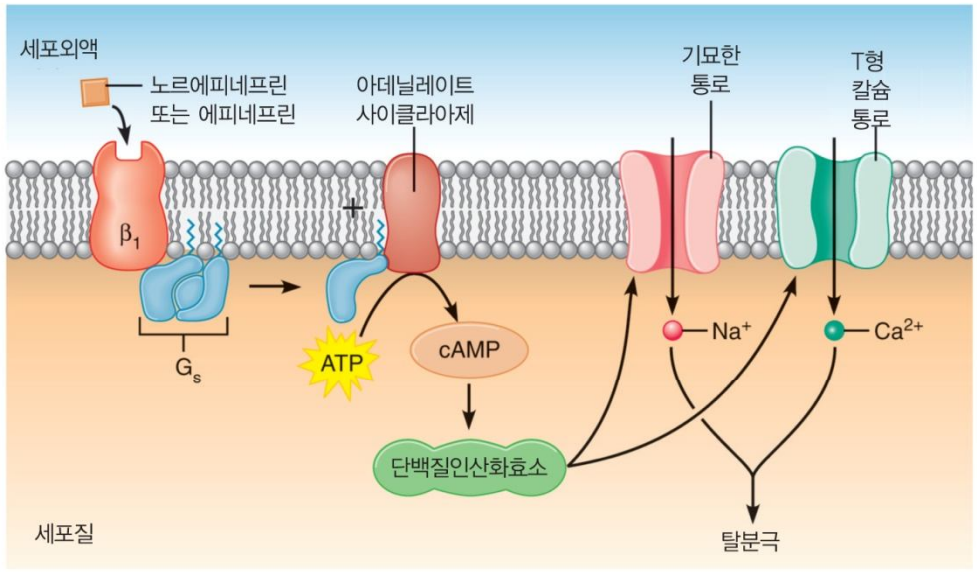
자발적인 탈분극율이 증가

↓

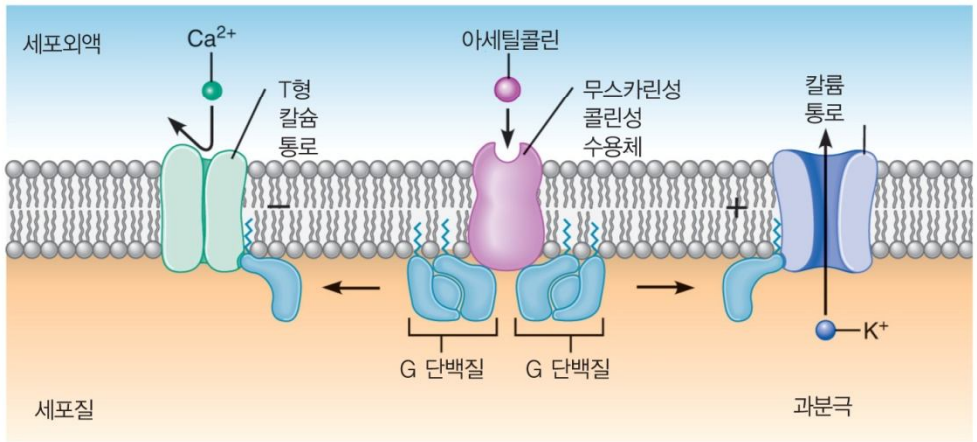
심박동수 증가

부교감신경의 효과: 박동원세포

그림 13.24 **동방결절세포에 미치는 자율신경계의 효과.** **(a)** 교감신경계는 박동원세포 안으로 나트륨과 칼슘 유입을 촉진시키는 cAMP-의존성 기작을 통해 자발적인 탈분극의 속도를 증가시킨다. **(b)** 부교감신경계는 세포 안으로 나트륨과 칼슘의 유입은 억제시키고 칼륨의 유출은 증가시키는 무스카린성 수용체를 통해 자발적인 탈분극의 속도를 감소시킨다.



(a) 교감신경



(b) 부교감신경

심장박동수에 대한 부교감뉴런 활동의 효과

부교감뉴런 활동의 증가(미주신경)

↓

동방결절의 무수카린성 콜린성 수용체에 결합

↓

칼륨통로의 개방을 증가,칼슘통로는 억제

↓

자발적인 탈분극의 경사도감소,막전위에 과분극

↓

심박동수 감소

교감신경의 효과: 동방결절 전위

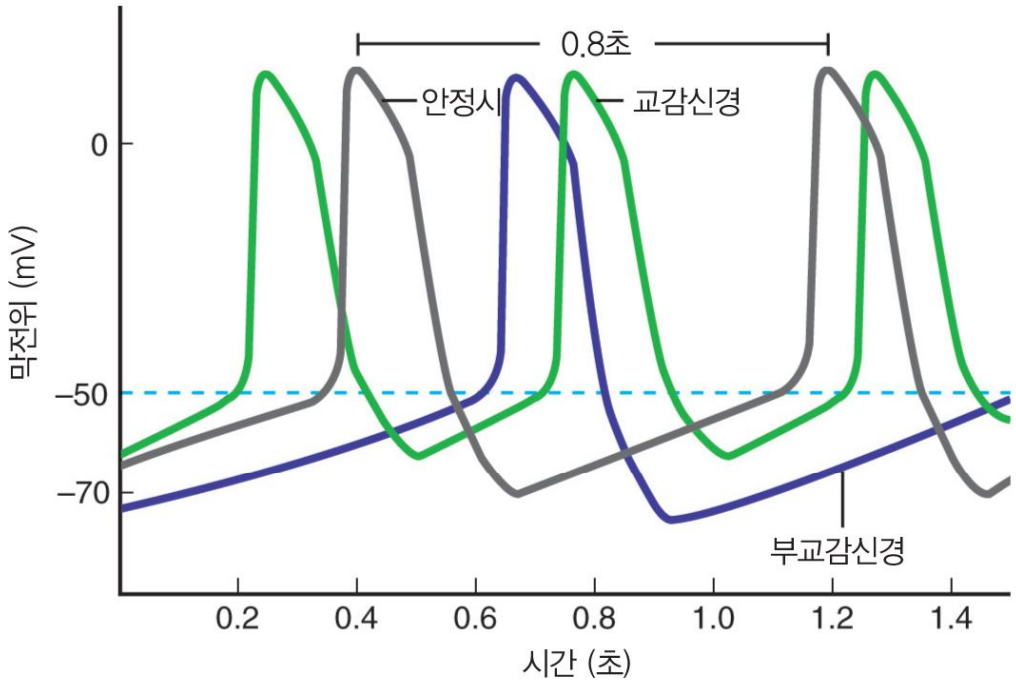


그림 13.25 자율신경의 동방결절세포 전위에 미치는 효과. 교감신경이 활성되면 자발적인 탈분극의 속도를 증가시키는 반면, 부교감신경이 활성되면 자발적인 탈분극의 속도를 감소시킨다.

방실결절의 신경지배

- 교감신경
  - 결절을 통한 전도속도 증가
- 부교감신경
  - 결절을 통한 전도속도 감소

심장박동수의 호르몬 조절

- 에피네프린(Epinephrine)
  - 교감신경계와 같은 효과
- 글루카곤(Glucagon)
  - 심장박동수 증가

심박출량에 영향을 미치는 요인: 일회박출량의 변화

일회박출량에 영향을 미치는 주요 요인

- 심실수축성
- 이완기말 용적
- 후부하(Afterload)

일회박출량(SV)

- 심실은 혈액을 완전히 비우지는 않는다
  - 더욱 강력한 수축이 더 많은 혈액을 밀어낸다
- SV의 외인성 조절
  - 교감신경계가 심실근 섬유에 자극을 둔다
  - 호르몬의 조절
- SV의 내인성 조절
  - 이완기말 심실의 혈액량 (EDV)의 변화

일회박출량의 외인성 조절

- 수축성세포에 대한 교감신경지배
  - 심장의 신경 지배
  - NE이 β_1 아드레날린성 수용체에 결합
  - 심장 수축성을 증가시킴
- 수축성세포에 대한 부교감신경지배
  - 별로 중요하지 않음
- 호르몬
  - 갑상선호르몬, 인슐린, 글루카곤은 수축력을 증가시킴

심실수축성에 미치는 교감신경의 효과

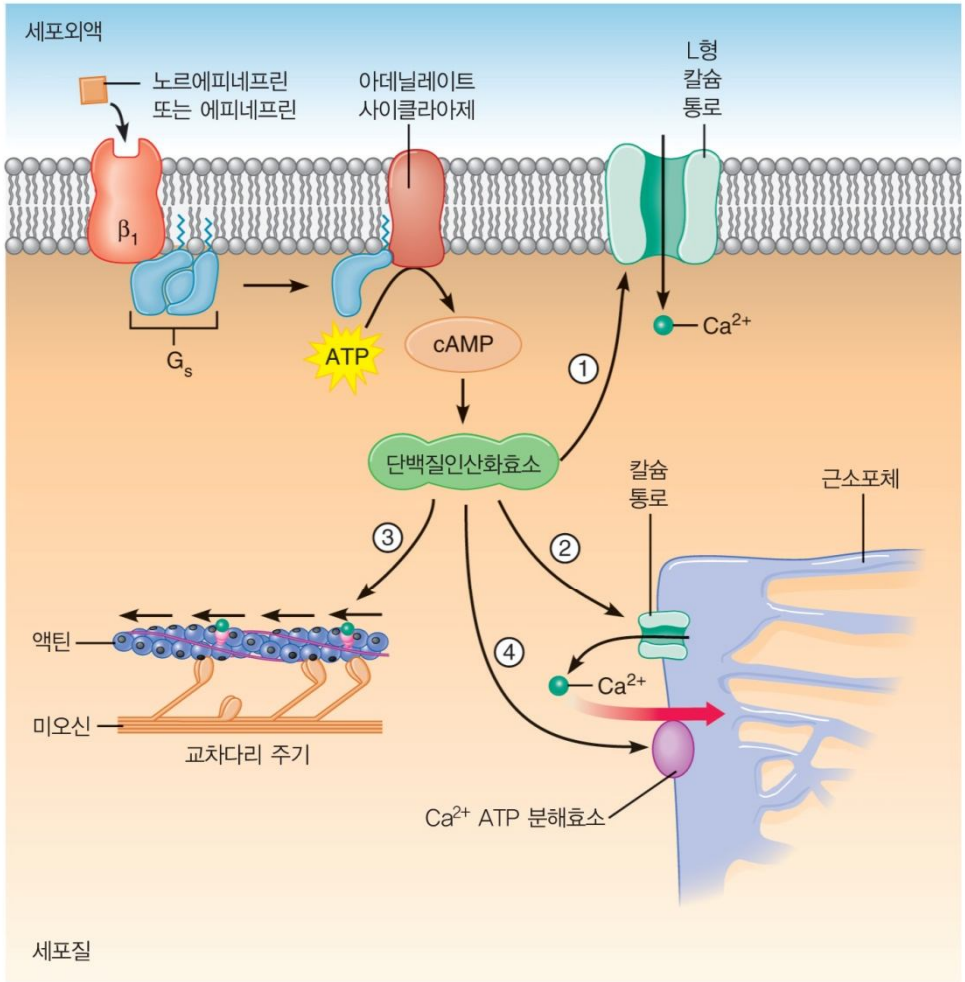


그림 13.26 심실수축성에 미치는 교감신경의 효과. 교감신경계는 **(1)** 세포 밖에서 세포질 내로 이동하는 칼슘 증가. **(2)** 근소포체에서 세포질로 나오는 칼슘 증가. **(3)** 미오신 ATP 분해효소의 활성 증가. **(4)** 근소포체로 다시 들어가는 칼슘의 이동 속도 증가 등을 통해 심실수축성 세포의 수축 강도와 수축 속도를 증가시킨다.

심실수축성에 미치는 교감신경의 효과

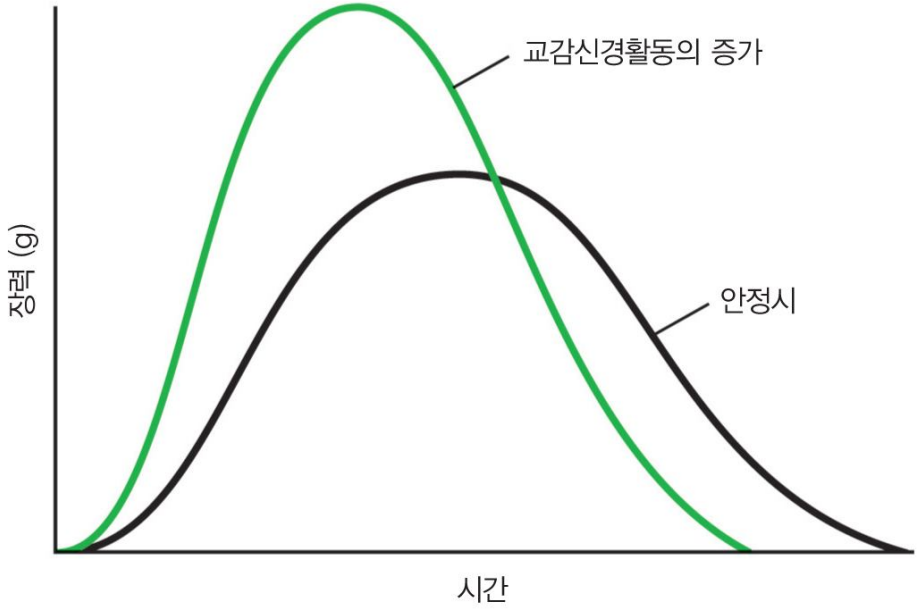


그림 13.27 교감신경활동이 유발하는 심실수축성의 변화. 교감신경흥분은 심실 심근층세포를 더 강하고 빠르게 수축시킨다.

- 교감신경활동의 증가
  - 에피네프린 방출을 증가시킴
  - 수축성을 증가시킴
  - 수축속도 증가
  - 이완속도 증가

스탈링 법칙의 원리

- 증가된 EDV로 근섬유가 늘어남
- 근섬유는 최적 길이에 가까워짐
- 최적의 길이(Optimum length)=더 큰 힘으로 수축
- 그 결과 SV가 증가

내인성조절 —스탈링 법칙

정맥에서 되돌아오는 혈류속도 증가

↓

수축력 증가

↓

일회박출량 증가

스탈링 법칙

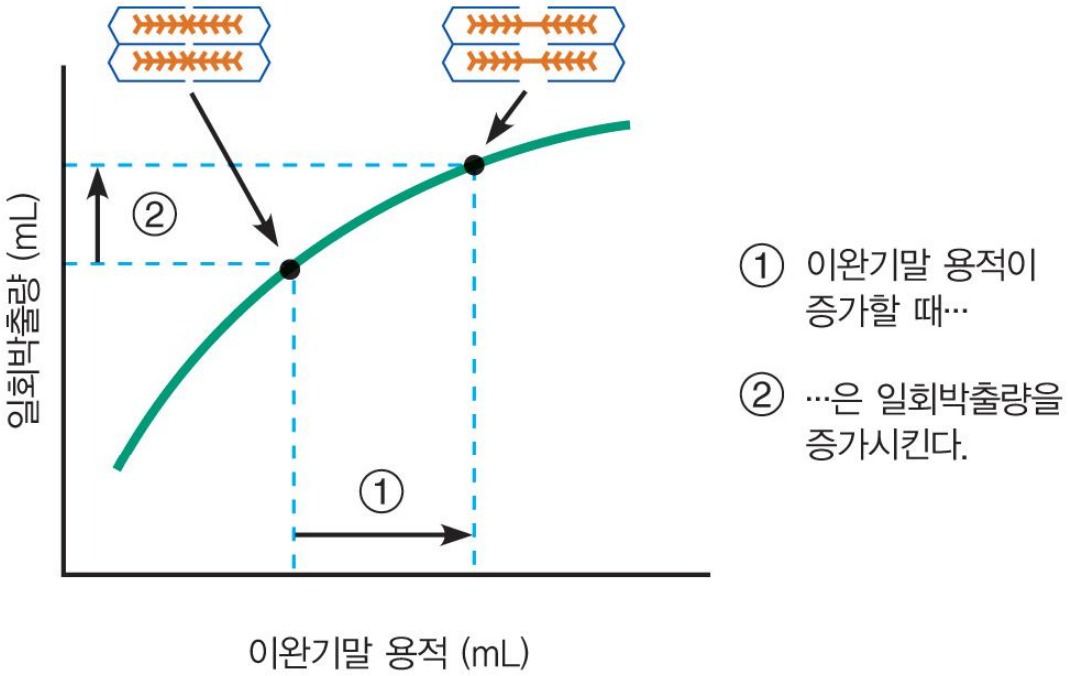


그림 13.28 이완기말 용적의 변화에 따라 일회박출량이 어떻게 변하는지를 보여주는 스탈링곡선. 스탈링곡선은 근육의 길이(이완기말 용적)가 장력발생(일회박출량)에 미치는 효과를 보여준다. 건강한 사람의 심근은 최적의 길이에 도달하지 않기 때문에, 이완기말 용적의 증가는 언제나 일회박출량을 증가시킨다.

스탈링 법칙

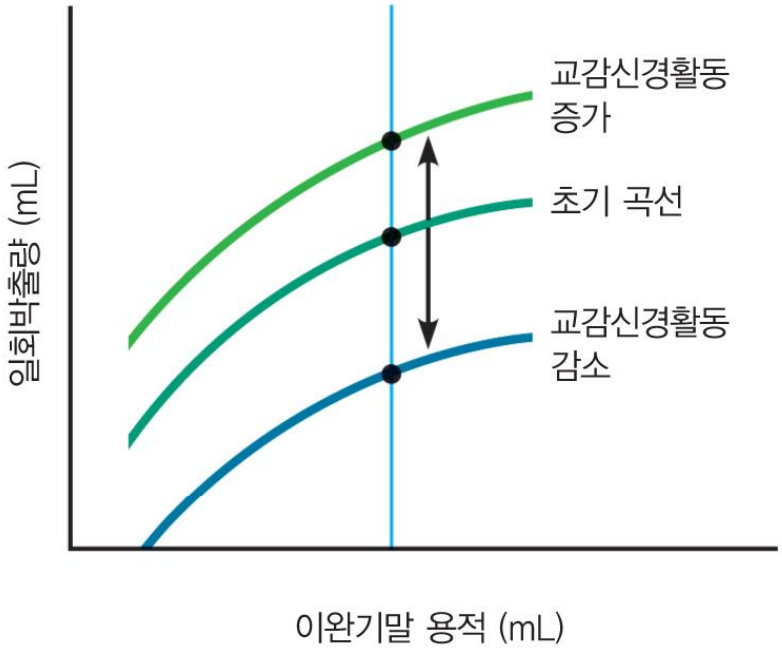


그림 13.29 교감신경 입력이 심실수축성에 미치는 영향을 보여주는 스탈링곡선. 어느 이완기말 용적에서든 교감신경의 활동이 증가하면 일회 심장박출량은 증가하는데, 이때 스탈링곡선이 상향 이동한다. 같은 조건에서 교감신경의 활동이 감소되면 일회 심장박출량은 감소하는데, 이때 스탈링곡선이 하향 이동한다. 스탈링곡선의 상향이동과 하향이동은 각각 심실수축성의 증가와 감소를 나타낸다.

이완기말 용적에 영향을 미치는 요인

- 이완기말 압력(End-diastolic pressure) =전부하(preload)
  - 혈액이 채워지는 시간
  - 심방압(Atrial pressure)
  - 중심정맥압(Central venous pressure)
- 후부하(Afterload) : 박출기 동안 대동맥내의 압력

일회박출량에 영향을 미치는 요인

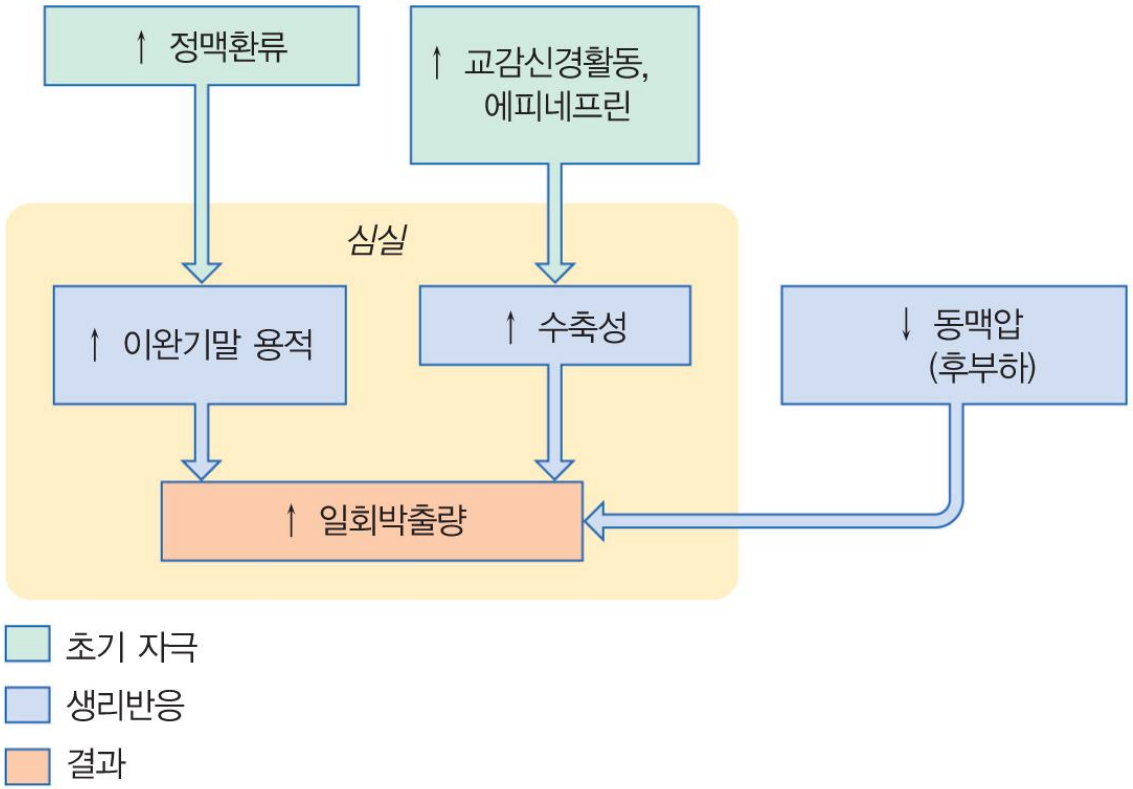


그림 13.30 일회박출량에 영향을 주는 요인들.

심박출량의 조절

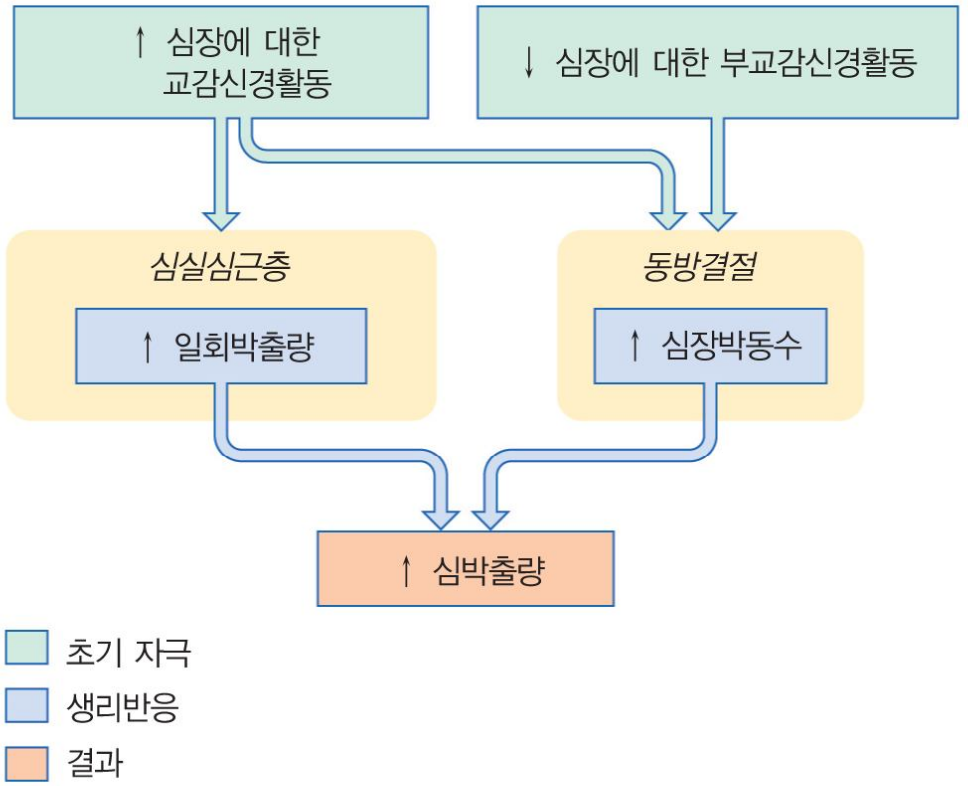


그림 13.31 자율신경에 의한 심박출량의 조절. 교감신경의 활동 증가는 부교감신경의 활동 감소를 동반한다. 결과적으로 심장박동수와 일회박출량의 증가로 심박출량이 증가한다.