



5주차 물의 행성

3교시 부력과 혈액순환

TITANIC

영화로도 여러 번 구성된 사건, 타이타닉호의 침몰 이유는 무엇이이었을까요?



1. 부력과 타이타닉호의 비극

✎ 1912년 4월 14일 엄청난 참사가 북대서양에서 일어났습니다.

그 당시 세계 최대 여객선 타이타닉(S.S. Titanic)호가 영국의 Southampton항을 출항, New York항으로 처녀 항해하던 중 오후 11시 40분경 유빙(流水)과 충돌하는 사고가 발생했습니다. 그리고 다음 날인 15일 오전 2시 20분경 New Foundland에서 북위 41도 46분 서경 50도 14분 지점에서 마침내 침몰하였습니다.

✎ 영국은 타이타닉을 절대로 가라앉지 않는 불침선(不沈船)이라고 장담했었습니다.

높이 30m, 너비 28m, 길이 270m, 무게 4만 6천 톤으로 당시 지구상에서 첫째 가는 큰 배였습니다. 그러나 이 배는 영국을 떠나 미국으로 처녀 항해에 나선지 겨우 4일 17시간 30분 만에 돌아오지 못할 길을 가고 말았습니다. 이 사고로 배에 탔던 2208명 가운데 1513명이 목숨을 잃었습니다. (기록이 엇갈리므로 실제 죽은 사람은 더 많았다고 합니다.)

1. 부력과 타이타닉호의 비극



타이타닉호가 침몰한 원인은 빙산과의 충돌인데 **부력에 의해 떠 있는 빙산**에 대해서 알아보시다.

타이타닉호가 침몰한 1912년에는 아직 레이더가 개발 되지 않았기 때문에 떠다니는 빙산을 선원들이 망원경 으로 찾아야 했습니다. 빙산은 약 90%는 물속에 잠겨있고, 약 10%만이 물 위에 떠 있기 때문에 빙산을 피하려면 크게 우회하여야 합니다.

✎ 물 위에 물체가 뜨거나 가라앉는 이유는 무엇일까?

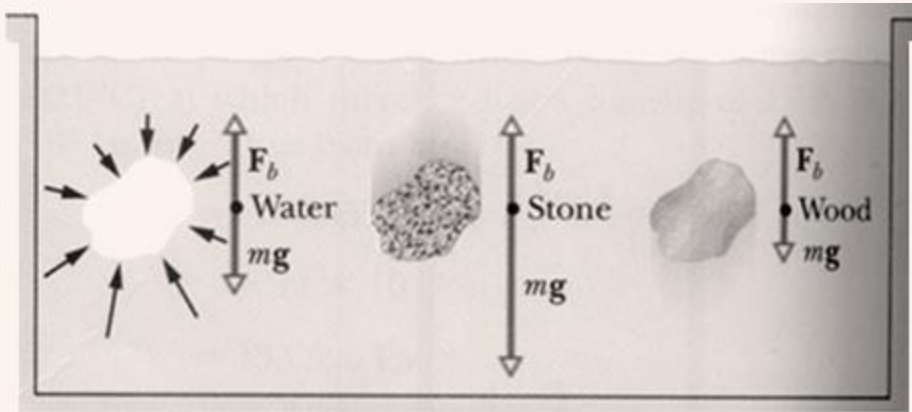
바로 부력 때문입니다.

부력의 원리는 약 2000년 전에 그리스의 학자 **아르키메데스**(B.C 287~222)가 발견하였습니다.

아르키메데스의 원리

“유체 속에 부분적으로 또는 완전히 잠겨있는 물체는 그 물체가 밀어낸 ()의 무게와 같은 크기의 위쪽 방향 힘(부력)을 받는다.”

1. 부력과 타이타닉호의 비극



<부력의 원리>

부력은 왼쪽 그림과 같이 원래 물이 있어야 할 곳에 다른 물체가 그 자리를 차지 하기 때문에 발생합니다. 다른 물체가 원래 물이 있는 공간을 차지 하지 않으면 물 자체는 사방에서 받는 압력 차이에 의한 힘과 물의 무게가 서로 상쇄되어 물은 정지해 있게 됩니다.

물체의 밀도를 ρ , 물의 밀도를 ρ_w 라 합시다.

물체가 물에 뜰지 가라앉을지는 밀도에 의해서 결정됩니다.

$\rho < \rho_w$, 물체가 물에 뜨고, 물체의 일부분만 물에 잠긴다.

$\rho = \rho_w$, 물체가 물 속에 넣어준 위치에 그대로 머문다.

$\rho > \rho_w$, 물체가 물에 가라 앉는다.

▶ 기구가 뜨는 이유를 설명하시오.

▶ 무거운 강철로 만든 배가 물에 뜨는 이유는 무엇인가?

2. 빙산의 몇 %가 물에 뜨나?



그림과 같이 얼음 덩이가 물에 뜨면 10%만이 물 위에 보입니다. 앞에서 공부한 부력을 사용하여 얼음이 물 위에 보이는 %를 계산해 봅시다.

얼음의 밀도 $\rho = 917\text{kg/m}^3$ 입니다.

물의 밀도는 $\rho_w = 1024\text{kg/m}^3$ (해수의 밀도) 입니다.

얼음 덩이 전체의 부피를 V_o 라 하고, 물위에 보이는 얼음의 부피를 V 라 합시다.

얼음 덩이의 무게, $W = \rho V_o g$

부력, $B = \rho_w (V_o - V) g$

얼음 덩이가 물에 떠서 균형을 유지하므로, $W=B$ 입니다.

따라서 물위에 보이는 얼음의 부피 비,

$$\frac{V}{V_o} = 1 - \frac{\rho}{\rho_w} = 1 - \frac{917}{1024} = 0.10$$

= 즉, 전체 얼음의 10%만이 물 위에 보입니다.

3. 계곡에서 급류

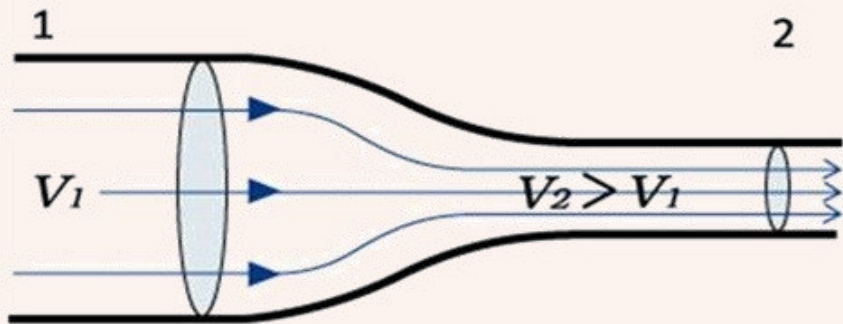
✏ 강이 넓으면 물이 천천히 흐르고, 강의 폭이 좁아지면 급류가 흐르는 것을 흔히 볼 수 있습니다.

임진왜란 중에 이순신 장군은 울돌목의 빠른 물살을 이용하여 왜군을 물리쳤습니다. 수돗물 호스의 끝 부분을 좁게 하면 나오는 물줄기가 더 강해집니다. 즉, 뿜어져 나오는 물의 유속이 빨라집니다.

이러한 현상은 왜 일어날까?

그림과 같이 단면적이 줄어드는 관을 생각해 봅시다. 물, 기름과 같은 유체는 거의 압축되지 않습니다. 따라서 어떤 시간 동안에 계곡의 어떤 부분을 통과하는 유체의 양은 같은 시간 동안에 계곡의 다른 부분을 통과하는 유체의 양과 같습니다.

이것을 식으로 나타내면



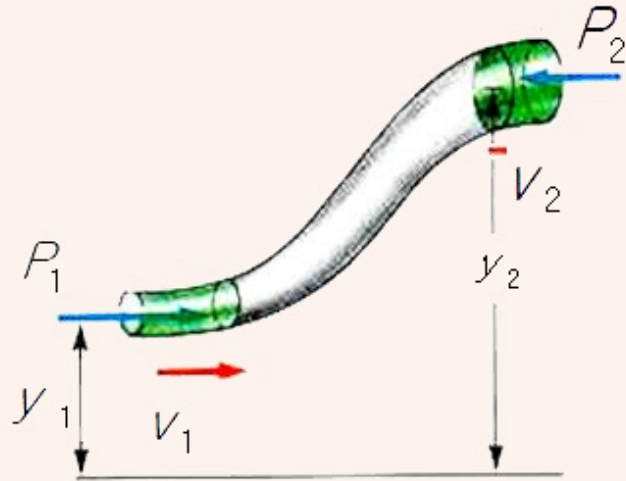
< 좁은 계곡의 급류: 단면적이 작아지면 유속은 빨라진다 >

$$\text{단면적} \times \text{속력} = \text{일정}$$

이 식은 소용돌이가 없는 계곡의 모든 곳에서 성립합니다. 따라서 단면적이 넓은 곳에서 물이 천천히 흐르고, 면적이 좁아지면 물이 빨리 흐릅니다.

4. 베르누이의 원리

✎ 유체의 속도가 증가하면 ()이 작아진다.



베르누이 방정식(베르누이 정리):

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

P 는 유체의 압력, ρ 는 유체의 밀도, g 는 중력가속도, y 는 기준점에 대한 유체의 높이, v 는 유체의 속도를 나타낸다.

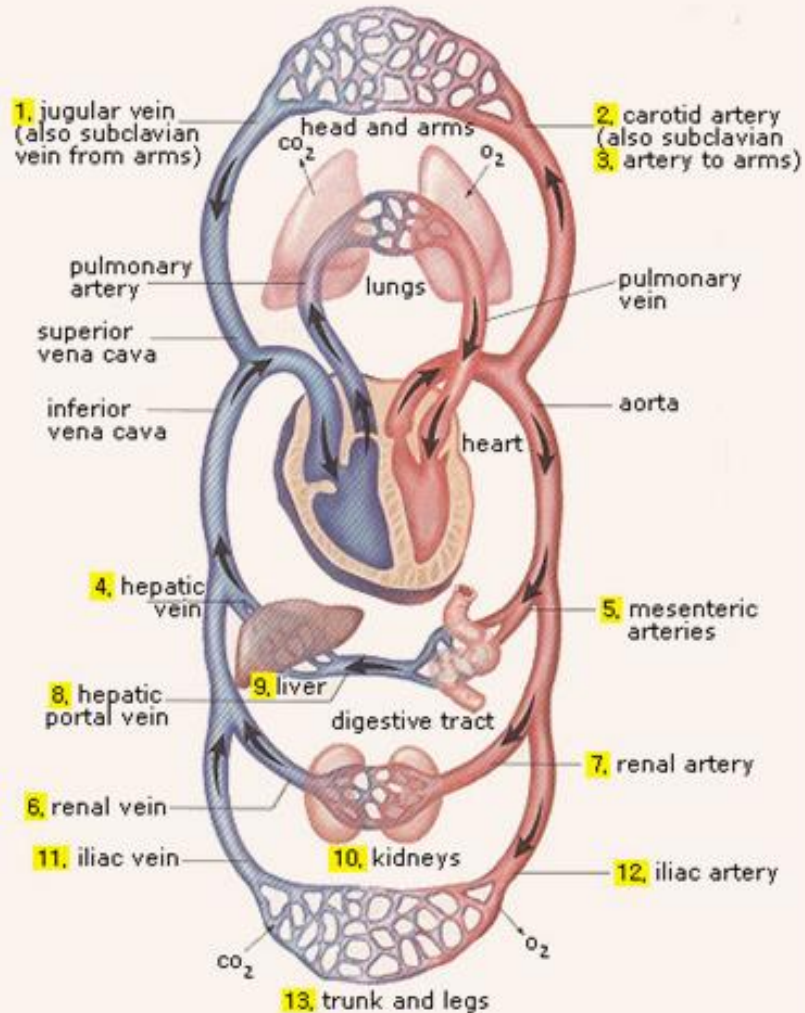
수평한 관처럼 높이가 같다면, 흐르는 유체의 속도가 증가하면 압력이 작아지고, 반대로 속도가 작아지면 압력이 커짐을 알 수 있다.

✎ 베르누이 원리의 실생활 예제

- ✎ 샤워커튼이 샤워기 물줄기 쪽으로 달라 붙는 현상
- ✎ 물탱크 바닥에 뚫린 구멍으로 물줄기가 강하게 분출하는 현상
- ✎관이 좁아지면 관의 압력이 작아지는 현상
- ✎ 얇은 종이 위에 입 바람을 불면 종이가 위로 들리는 현상

▶ 실생활에서 베르누이 원리가 적용되는 다른 예들을 제시해 보세요.

✏ 심장은 두 주된 순환계에 힘을 공급



[그림] 혈액의 순환과정.

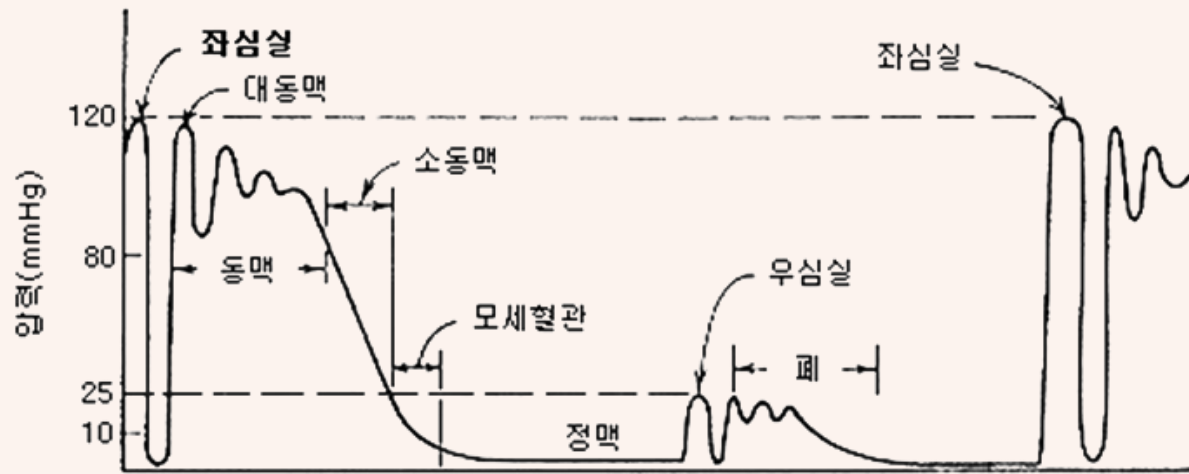
허파 순환 (pulmonary circulation, 폐순환)

온몸 순환 (systemic circulation, 체순환)

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1 jugular vein(목정맥) | 7 renal artery(콩팥동맥) |
| 2 carotid artery(목동맥) | 8 hepatic portal vein(간문맥정맥) |
| 3 subclavian artery(빗장밑동맥) | 9 liver(간) |
| 4 hepatic vein(간정맥) | 10 kidney(콩팥, 신장) |
| 5 mesenteric artery(창자간막동맥) | 11 iliac vein(엉덩정맥) |
| 6 renal vein(콩팥정맥) | 12 iliac artery(엉덩동맥) |
| | 13 trunk and legs(몸통과 다리) |

“좌심실에서 출발한 혈액은 인체를 순환한 후 우심방, 우심실로 돌아오고 허파에서 산소를 공급받는다.

✎ 심장박동 주기와 혈압



<심장 박동 주기에서 압력 변화>

- 좌심실의 박동은 심장의 혈액을 온몸으로 펌핑함
- 심장의 최대압력: 120mmHg
- 심장 이완기 압력: 80mmHg
- 모세혈관의 압력: 25mmHg 이하
- 정맥압력: 10mmHg 이하
- 우심실 최대 압력: 25mmHg

예제 1)

일산화탄소 중독은 왜 일어나는가?

불이)

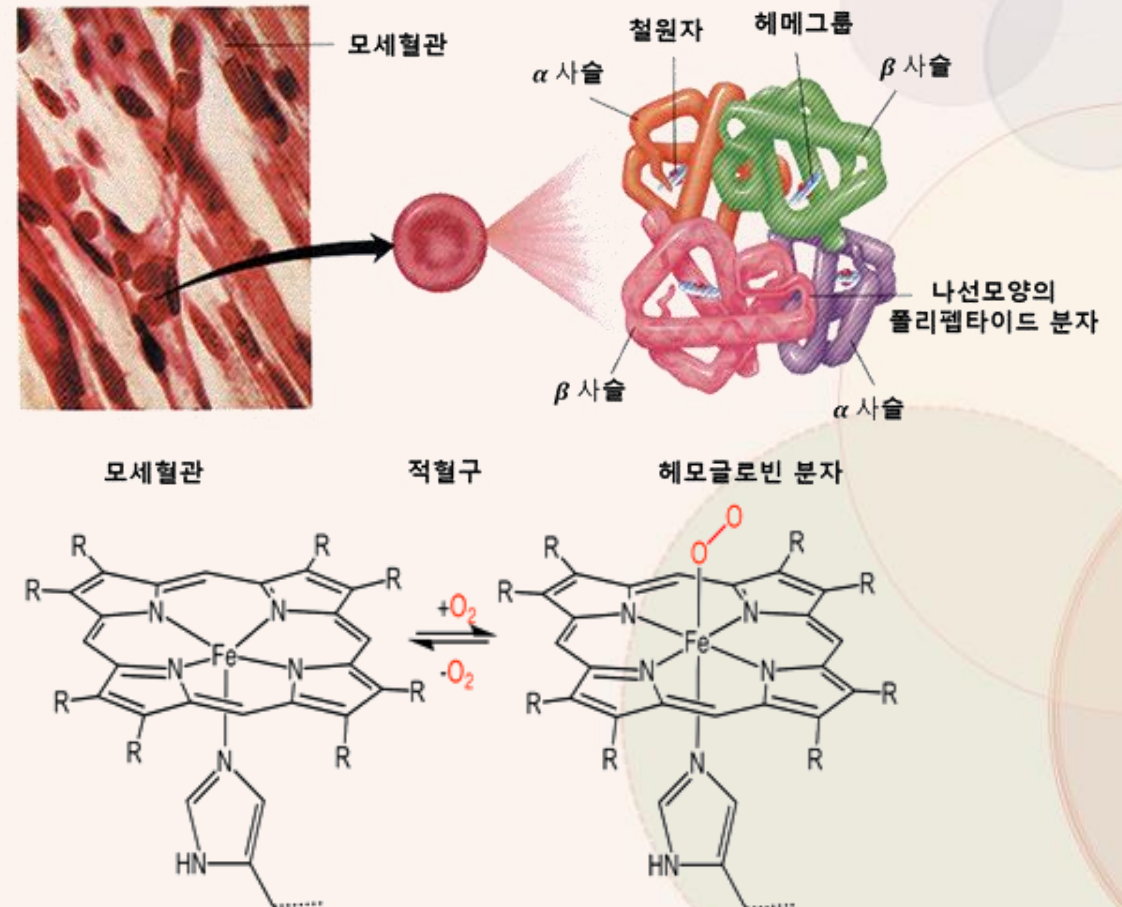
혈액의 () 분자의 헤메그룹(heme group)에 자리한 철원자는 산소와 결합하거나 이산화탄소와 결합하여 인체에 산소를 공급한다.

일산화탄소(CO) 중독증에 걸리면 헤모글로빈의 헤메그룹의 철원자에 산소나 이산화탄소 대신 일산화탄소(CO)가 결합한다.

일산화탄소의 결합 세기는 산소가 결합할 때보다 250배 강하므로 헤모글로빈에서 일산화탄소를 제거할 수 없다.

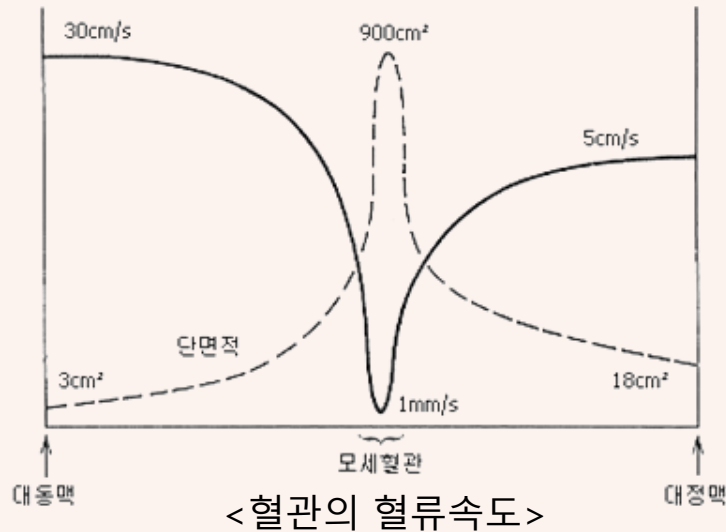
산소와 결합할 수 없는 헤모글로빈은 결국 인체에 산소를 공급할 수 없으므로 일산화탄소중독증에 걸린 사람은 사망할 수 있다.

일산화탄소 중독증에 걸린 사람은 고압산소통에 넣어 산소분압을 높임으로써 산소가 헤모글로빈에 강제로 결합하도록 하여 치료할 수 있다.



<대기압에 의한 힘과 공기의 밀도>

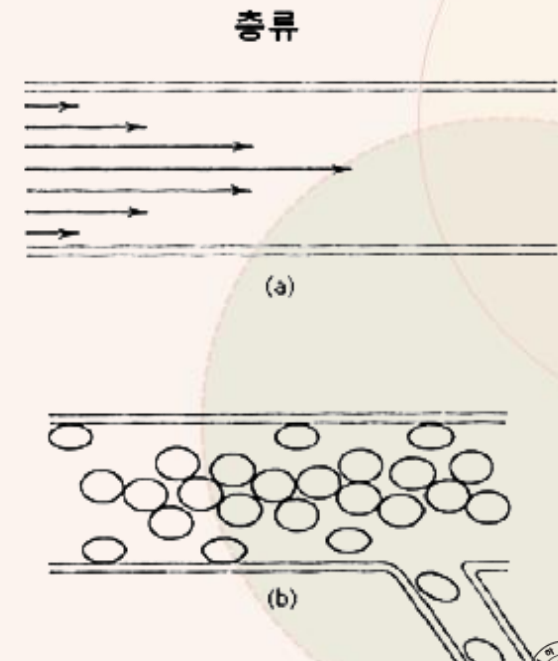
혈관의 단면적과 혈류 속도

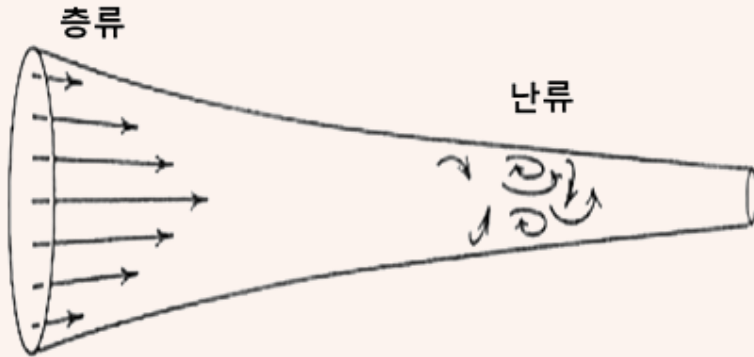


심장과 연결된 대동맥(aorta)의 단면적은 3cm^2 이고, 실핏줄(모세혈관, capillary)의 단면적은 대동맥 단면적의 $1/1000$ 만 정도입니다.

그림과 같이 대동맥에서 혈액의 속력은 30cm/s 입니다. 그런데 실핏줄의 개수는 약 60억개 정도입니다. 실핏줄의 총 단면적이 대동맥의 단면적보다 훨씬 크기 때문에 실핏줄에서 혈액의 속력이 작습니다.

- ✎ 혈관에서 혈액의 속력이 높지 않으면 층 흐름을 나타낸다. 오른쪽 그림에서 혈관과 혈액 사이의 마찰력 때문에 혈관의 중심부에서 혈액의 속도는 빠르고 혈관벽 쪽은 속도가 느리다.
- ✎ 혈액과 함께 헤모글로빈이 함께 흐를 때 헤모글로빈의 농도는 혈관의 중심에서 높고 혈관벽 근처에서 상대적으로 농도가 낮는데 이를 ()효과(skimming effect)라 한다.
- ✎ 은폐효과 때문에 혈관의 말단인 손끝, 발끝의 헤모글로빈 농도는 대동맥보다 낮는데 이를 ()효과(extremities effect)라 한다.



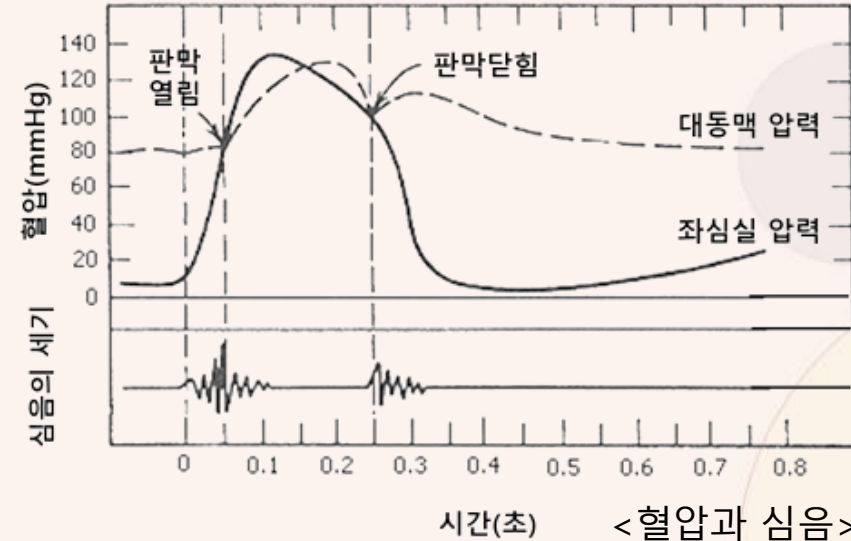


레이놀즈 수

$$R_e = \frac{\rho D v}{\mu}$$

ρ : 유체의 밀도
 D : 관의 지름
 v : 유체의 속도
 μ : 유체의 점성

- 유체의 흐름에서 레이놀즈 수가 임계 레이놀즈 수 (Reynolds number) 보다 크면 난류가 발생한다.
- 심장의 수축기(systole) 에 난류가 발생하면서 심장판막, 심장벽, 혈관을 진동시켜서 심음이 발생하는데 이러한 심장의 소리를 K-sound라 한다.
- 심음의 진동수는 보통 20~200Hz 이다.



- 심장의 판막이 열리고 닫힐 때 심음이 발생한다.
- 대동맥에서 혈액의 속력은 $0 < v < 0.5 \text{ m/s}$ 이다.
- 혈액이 임계속도 0.4 m/s 이상 일 때 () 흐름이 생긴다.

지금까지 물의 행성에 대해 알아보았습니다.
다음시간에는 시간의 화살에 대해서 살펴봅시다.