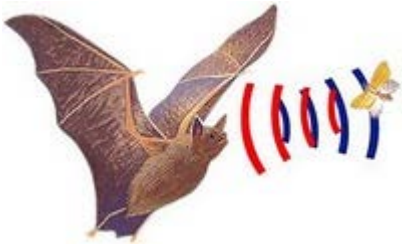


بسمه تعالی

درس فیزیک پزشکی

صوت، شنیدن، گفتار

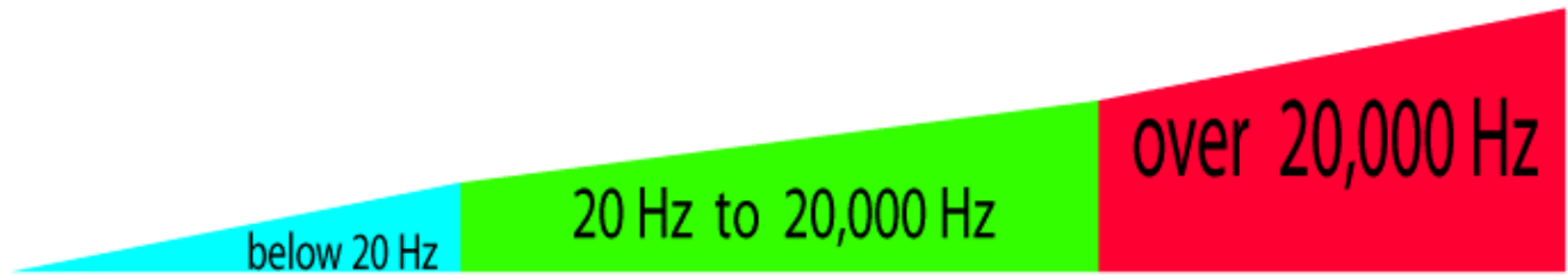
- فیزیک امواج صوتی (آکوستیک)
- استفاده از صوت در پزشکی
- فیزیک گوش و شنوایی
- فیزیک تولید گفتار



# فیزیک امواج صوتی

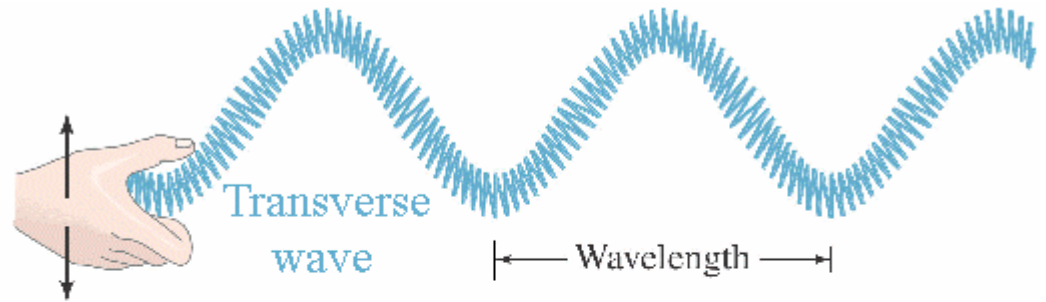
INFRA SOUND

ULTRA SOUND

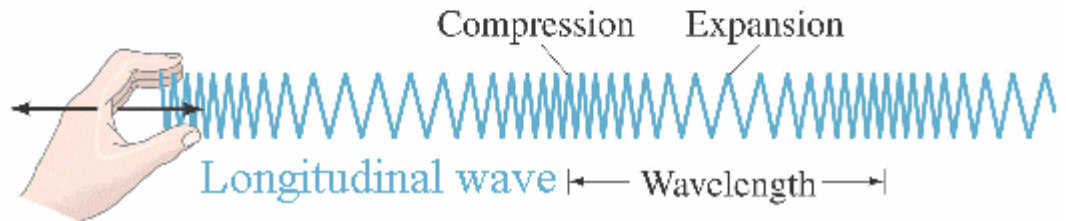


انتشار موج مکانیکی: انتقال جزء به جزء یک آشفتگی در یک محیط مادی

**موج عرضی Transverse Wave:**  
آشفتگی عمود بر راستای حرکت موج

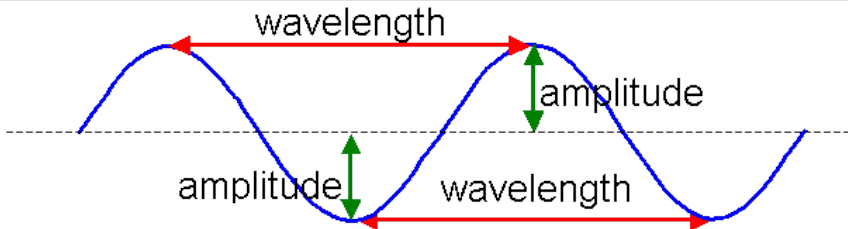


**موج طولی Longitudinal Wave:**  
آشفتگی هم جهت با راستای حرکت موج



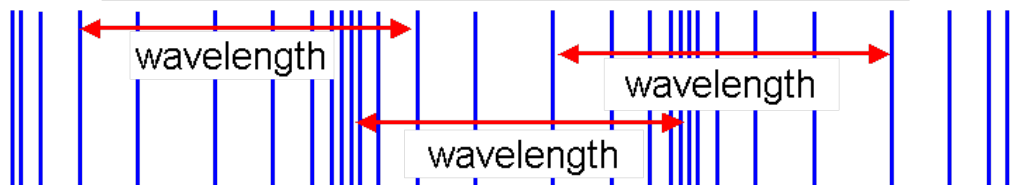
### Transverse wave

Vibrations at right angles to the wave direction



### Longitudinal wave

Vibrations along the wave direction



طول موج  $\lambda$  Wavelength:

فرکانس  $f$  Frequency:

زمان تناوب  $T$  Period Time:

Radial Frequency  $\omega$ : فرکانس زاویه ای

$$\omega = 2\pi f$$

فرکانس موج  $\times$  طول موج = سرعت موج

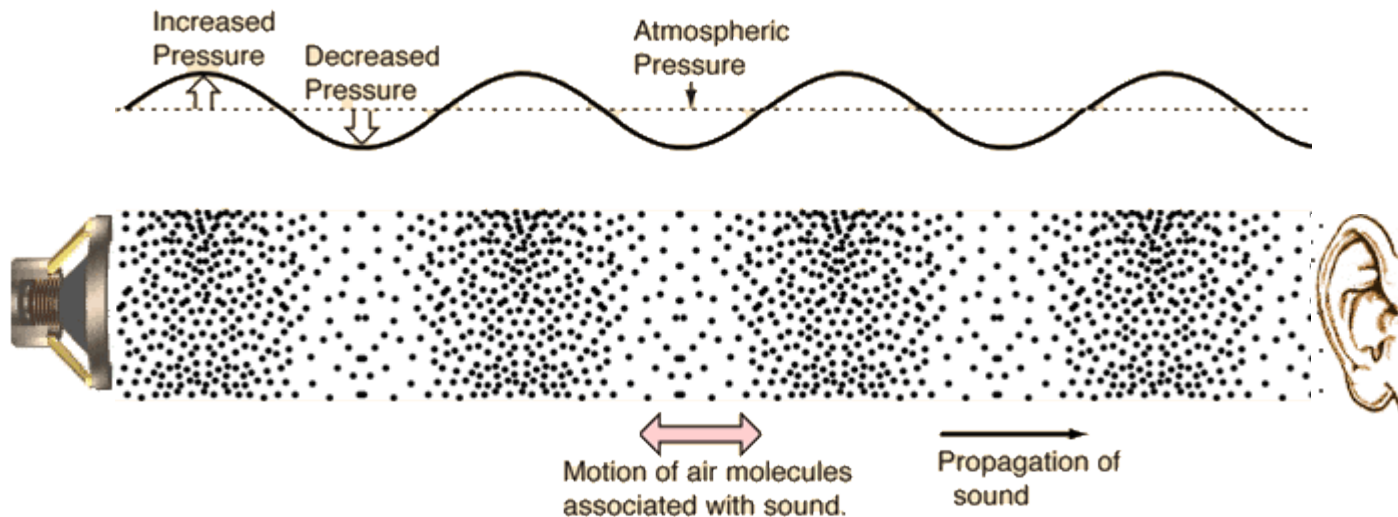
$$v = \lambda \times f = \frac{\lambda}{T}$$

## موج صوتی

یک موج مکانیکی طولی

انتشار یک آشفتگی مکانیکی در محیط از منبع صوت

انتشار به صورت افزایش و کاهش تناوبی فشار موضعی محیط



# امپدانس موج صوتی

## Sound Impedance

### امپدانس موج صوتی (Z)

خاصیت محیط

سرعت صوت در محیط  $\times$  دانسیته محیط = امپدانس موج صوتی

material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_s$ (m/s)	$Z (= \rho v_s)$ (kg/m <sup>2</sup> -s)
air (20°C)	1.20	343	413
water	$1.00 \times 10^3$	1,480	$1.48 \times 10^6$
fat	$0.92 \times 10^3$	1,450	$1.33 \times 10^6$
muscle	$1.04 \times 10^3$	1,580	$1.64 \times 10^6$
bone	$2.23 \times 10^3$	3,500	$7.80 \times 10^6$
blood	$1.03 \times 10^3$	1,570	$1.61 \times 10^6$
soft tissue (avg.) <sup>a</sup>	$1.06 \times 10^3$	1,540	$1.63 \times 10^6$
lung	286	630	$1.80 \times 10^5$

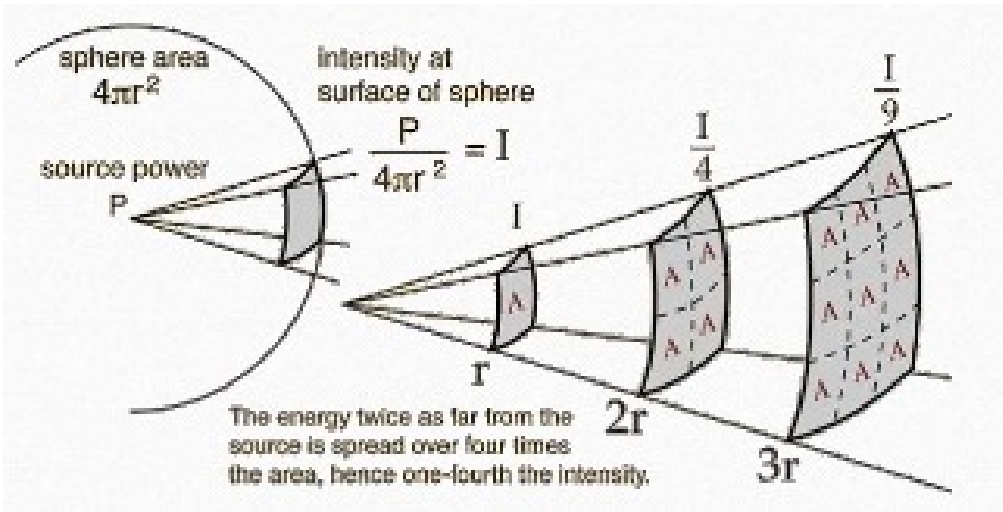


# شدت موج صوتی

## Sound Intensity

### شدت موج صوتی

انرژی حمل شده توسط موج در واحد زمان از واحد سطح



شدت صوت ( $W/m^2$ ) در فاصله  $r$  از یک منبع صوت همگن با توان  $P$ :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

# فشار صوتی

## Sound Pressure

### فشار صوت

ماکزیمم فشار نسبی صوت در یک سیکل  
تغییرات مومنوم خطی بر واحد زمان بر واحد سطح

• رابطه شدت با فشار:  
 $I = \frac{P_0^2}{2Z}$   
 $P_0$  بیشترین تغییر فشار

$$P = \rho v \omega \delta z = Z \omega \delta z = \sqrt{2ZI} \quad \text{OR} \quad I = \frac{1}{2} \rho v A^2 (2\pi f)^2 = \frac{1}{2} Z (A\omega)^2$$

$$I = \frac{1}{2} Z (\omega \delta z)^2$$

ماکزیمم دامنه جابجایی اتمها یا مولکولها از وضعیت تعادل  $\delta z$

**نسبت شدت دو صوت در یک محیط متناسب است با ...؟**

**Bell:** واحد مقایسه دو شدت صوتی

$$\text{Bell: } \log_{10}\left(\frac{I_2}{I_1}\right) = \log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2$$

$$\text{Deci Bell (dB): } 10 \log_{10}\left(\frac{I_2}{I_1}\right) = 20 \log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

استفاده از یک شدت صوت پایه و مقایسه سایر شدتهای صوتی با آن

$$\text{Reference Intensity: } I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$



## چه صداهایی را می شنویم؟ آستانه شنوایی

12

حداقل شدت صوتی که گوش در فرکانس **۱۰۰۰ هرتز** قادر به شنیدن آن است، حدود  **$10^{-12} \text{ W/m}^2$**  است.

فشار صوت؟

حداکثر جابجایی مولکولهای هوا؟



## چه صداهایی را می شنویم؟ آستانه درد

حداکثر شدت صوتی که گوش در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز بدون احساس درد قادر به شنیدن آن است، حدود  $1 \text{ W/m}^2$  است.  
فشار صوت؟  
حداکثر جابجایی مولکولهای هوا؟

# شدت و تراز شدتی صوتهای مختلف

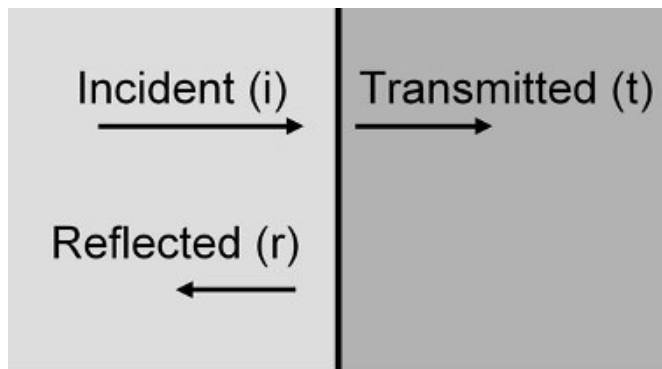
سطح (dB)	شدت (W/m <sup>2</sup> )	
0	10 <sup>-12</sup>	آستانه شنیداری
20	10 <sup>-10</sup>	نویز
40	10 <sup>-8</sup>	پاشیدن خانه سکونی
50	10 <sup>-7</sup>	در باران
60	10 <sup>-6</sup>	صحبت در یک شرف
70	10 <sup>-5</sup>	نیایان شرف
80	10 <sup>-4</sup>	زیرآهنگ یا الویسول
120	10 <sup>-1</sup>	صدای که درد ایجاد می کند
130	10 <sup>0</sup>	فریاد چت
170	10 <sup>4</sup>	محل خلیج رانگ

آستانه درد

$$dB = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{10^{-12}} \right) = 120$$

	intensity (W/m <sup>2</sup> )	intensity level (dB SPL)
sound barely perceptible, human with good ears	10 <sup>-12</sup>	0
human breathing at 3 m	10 <sup>-11</sup>	10
whisper at 1 m, rustling of leaves, ticking watch	10 <sup>-10</sup>	20
quiet residential community at night, refrigerator hum	10 <sup>-8</sup>	40
quiet restaurant, rainfall	10 <sup>-7</sup>	50
normal conversation at 1 m, office, restaurant	10 <sup>-6</sup>	60
busy traffic	10 <sup>-5</sup>	70
loud music, heavy traffic, vacuum cleaner at 1 m	10 <sup>-4</sup>	80
loud factory	10 <sup>-3</sup>	90
fast train, pneumatic hammer at 2 m, disco, blow dryer	10 <sup>-2</sup>	100
accelerating motorcycle at 5 m, chainsaw at 1 m	10 <sup>-1</sup>	110
rock concert, jet aircraft taking off at 100 m	1 = 10 <sup>0</sup>	120
jackhammer	10 <sup>1</sup>	130
shotgun blast, firecracker	10 <sup>2</sup>	140
jet engine at 30 m	10 <sup>3</sup>	150
rocket engine at 30 m	10 <sup>6</sup>	180

# عبور موج صوتی از یک محیط به محیط دیگر



Medium 1

$\rho_1$

$v_1$

$Z_1$

$f_1 = f$

$\lambda_1 = v_1/f$

Medium 2

$\rho_2$

$v_2$

$Z_2$

$f_2 = f$

$\lambda_2 = v_2/f$

- هنگامیکه یک موج صوتی به مرز بین دو محیط برخورد می کند، بخشی از آن بازتاب و بخش دیگر از مرز عبور می کند.
  - نسبت دامنه فشار موج بازتاب شده  $R$  به دامنه فشار موج ورودی  $A_0$ ، به امپدانس صوتی دو محیط یعنی  $Z_1$  و  $Z_2$  بستگی دارد.
- $$\frac{P_R}{P_{A_0}} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$
- اگر  $Z_1 = Z_2$ ، موج بازتاب نخواهیم داشت و تمام موج عبور می کند.
  - اگر  $Z_2 < Z_1$  باشد، تغییر علامت بیانگر، تغییر فاز موج بازتابی خواهد بود.

# عبور موج صوتی از یک محیط به محیط دیگر مثال

---

عبور و بازتاب موج صوتی در انتقال از هوا به ماهیچه (دو محیط متضاد)

عبور و بازتاب موج صوتی در انتقال از آب به ماهیچه (دو محیط مشابه)



# عبور موج صوتی از یک محیط به محیط دیگر

tissue interface	reflected fraction (in %)	transmitted fraction (in %)
water/soft tissue	0.23	99.77
fat/muscle	1.08	98.92
bone/muscle	41.23	58.77
soft tissue/bone	43.50	56.50
bone/fat	48.91	51.09
soft tissue/lung	63.64	36.36
air/muscle	98.01	1.99
air/water	99.89	0.11
air/soft tissue	99.90	0.10

جفت کننده امپدانس!

# جذب صوت

## Absorption of Sound

جذب بخشی از انرژی صوتی در عبور از محیط به دلیل اثرات اصطکاکی

کاهش دامنه  $\delta z = \delta z_0 e^{-\alpha x}$  ←

کاهش شدت  $I = I_0 e^{-2\alpha x}$  ←

$\alpha$ : ضریب جذب محیط در یک فرکانس خاص ( $\text{cm}^{-1}$ )  
 $x$ : عمق مورد نظر از محیط

● با توجه به رابطه شدت با توان دوم دامنه  $(I = \frac{1}{2} Z A^2 \omega^2)$  رابطه شدت موج در عمق  $x$  نسبت شدت اولیه به صورت زیر خواهد شد:

$$I = I_0 e^{-2\alpha x}$$

**عمق نیم کننده (Half Value Thickness)**

عمقی از محیط مورد نظر که شدت پرتو را به نصف کاهش می دهد

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} = e^{-2\alpha x} \Rightarrow x = HVT$$

# جذب صوت

## Absorption of Sound

عمق نیم کننده (cm)	ضریب جذب (cm <sup>-1</sup> )	فرکانس MHz	ماده
۲/۷	۰/۱۳	۱	ماهیچه
۶/۹	۰/۰۵	۰/۸	چربی
۳/۲	۰/۱۱	۱	مغز استخوان
۰/۹۵	۰/۴	۰/۶	استخوان کاسه سر
۰/۳۴	۰/۹	۰/۸	
۰/۲۱	۱/۷	۱/۲	

استفاده از صوت در پزشکی

## Percussion

## Percussion Instruments

گروهی از لوازم موسیقی قدیمی که با ضربه زدن تولید صدا می کنند (سازهای کوبه ای)





بدن انسان مانند یک طبل  
ضربه به نقاط مختلف بدن انسان و تشخیص بیماری از طریق صدای تولیدی

I. Auenbrugger, 1761



# گوشی پزشکی Stethoscope

شنیدن غیر مستقیم صدای قلب و ریه



R.T.H.Laennec 1818





# گوشی پزشکی Stethoscope

24



زنگ بسته مناسب برای  
شنیدن اصواتی با فرکانس  
بالا (صدای شش)

Chest Piece

Diaphragm Side

Bell Side

Dual Head Stethoscope

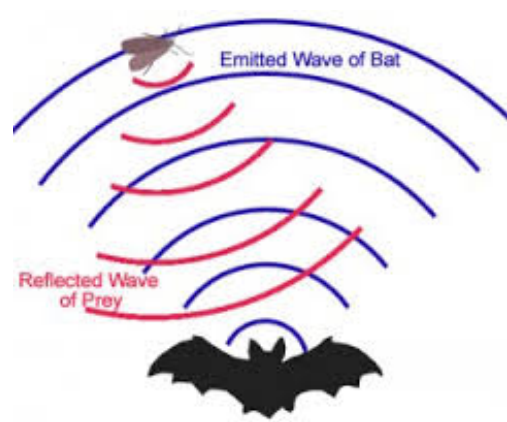
زنگ باز مناسب برای  
شنیدن اصواتی با فرکانس  
پایین (صدای قلب)



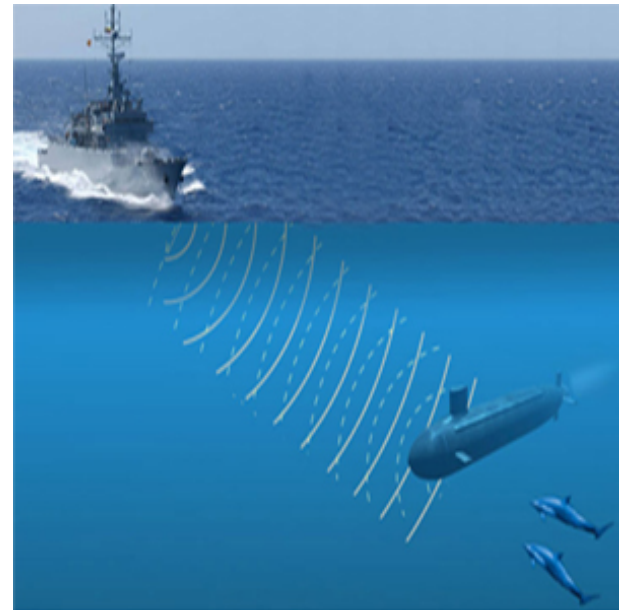
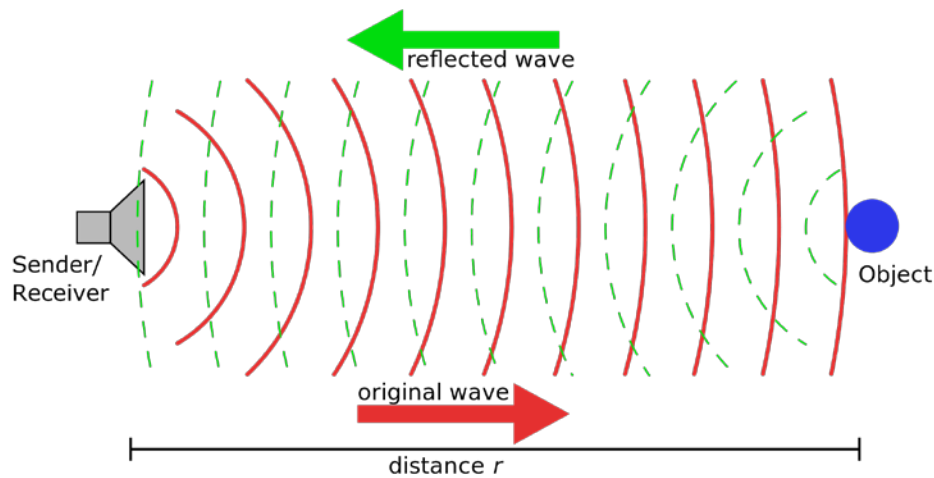


## سونار (SONAR)

## Sound Navigation and Ranging



تعیین جایگاه اجسام زیر آب به کمک امواج اولتراسوندی به شیوه خفاشها  
فرستادن امواج فراصوت و بررسی زمانی پژواک آنها و تعیین مکانی اجسام در مسیر



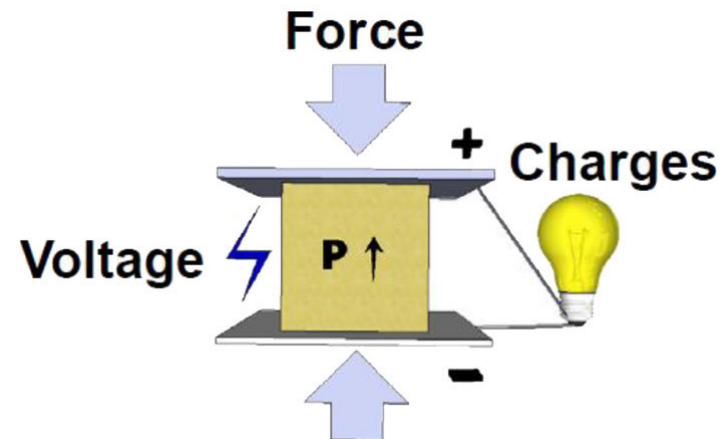
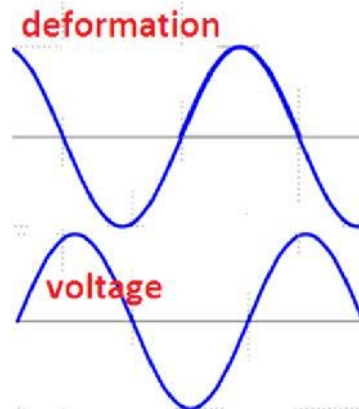
# تولید امواج فراصوت اثر پیزوالکتریک

## کریستال پیزوالکتریک:

عبور یک ولتاژ نوسان کننده از عرض ← تولید یک نوسان همانند در کریستال  
تولید موج صوتی →

## ترانسدایوسر:

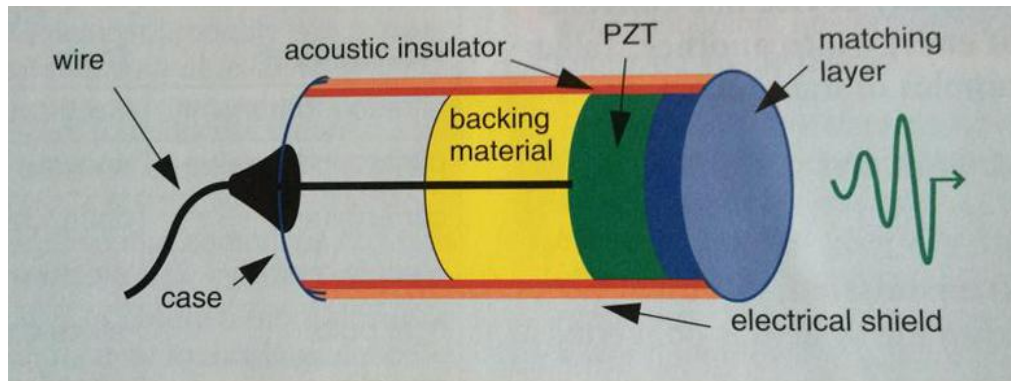
انرژی الکتریکی ↔ انرژی مکانیکی



## روشهای تصویربرداری اولتراسوند

**مولد موج فراصوت:** تبدیل نوسانات ولتاژ به نوسانات مکانیکی

**آشکارساز پژواکها:** تبدیل نوسانات مکانیکی به نوسانات ولتاژی



روشهای تصویربرداری  
اولتراسوند

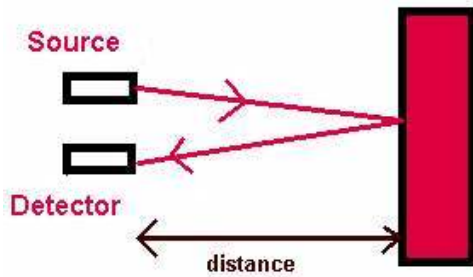
A-Scan

B-Scan

Motion Scan

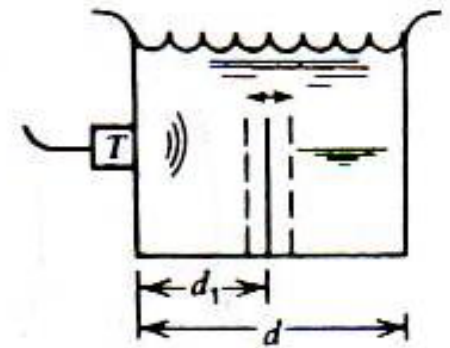
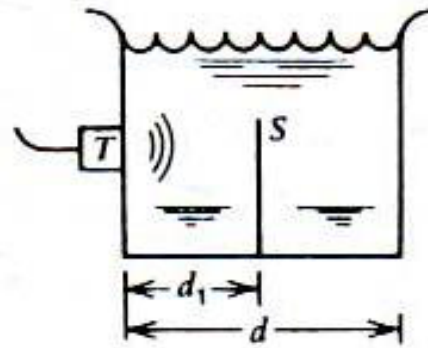
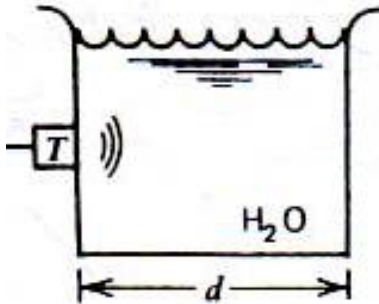
Doppler Scan

## روش تصویربرداری A-Scan

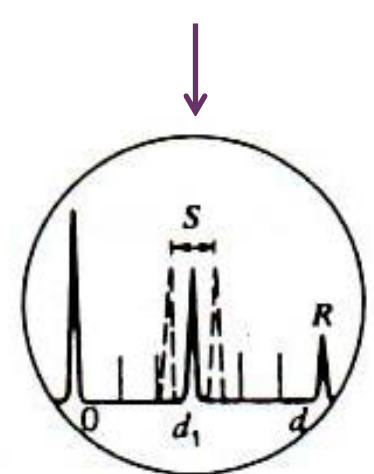
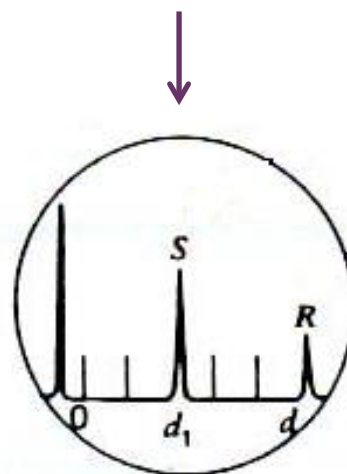
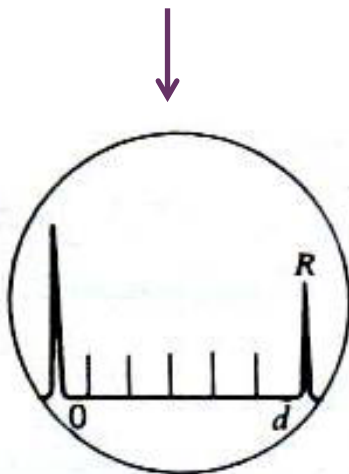


- فرستادن امواج اولتراسوند به داخل بدن توسط ترانسدیوسر (۴۰۰-۱۰۰۰ هرتز)
- دریافت امواج منعکس شده توسط همان ترانسدیوسر
- اندازه گیری زمان لازم برای رفت و برگشت صوت و بازتاب از سطوح مختلف
- نمایش روی صفحه اسیلوسکوپ با محور عمودی ولتاژ و محور افقی زمان
- تبدیل زمان به فاصله با داشتن سرعت صوت در محیط بدن
- یافتن عمق قسمتهای مختلف درون بدن برای استفاده تشخیصی

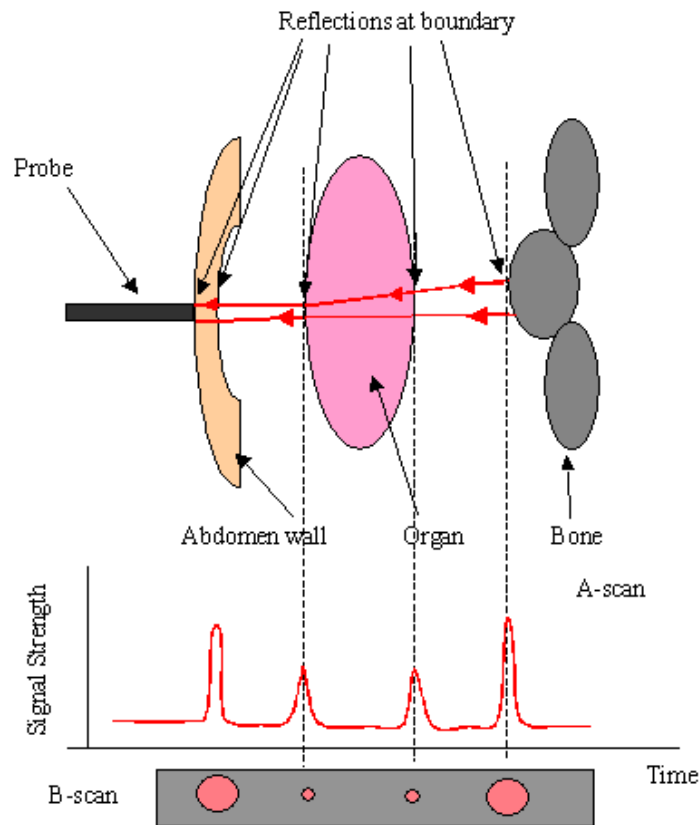
فرستادن  
موج



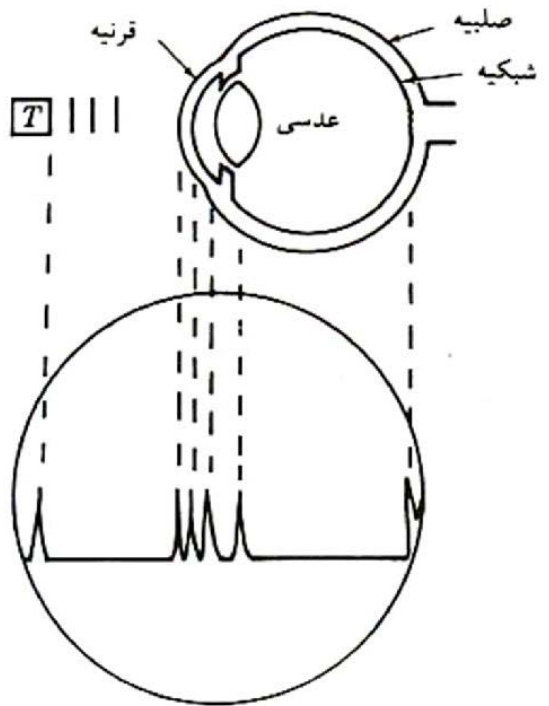
امواج انعکاسی  
دریافت شده



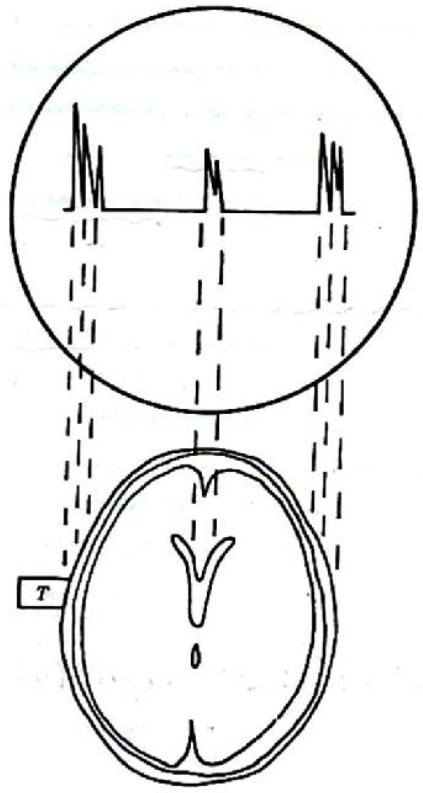
# روش تصویربرداری A-Scan



- بستگی میزان بازتاب به اختلاف امپدانس دو ماده و نحوه استقرار سطح نسبت به پرتو
- بهترین امواج دریافتی بازتاب شده از سطوح عمود بر پرتو
- میزان جذب بیشتر امواج در عمق بیشتر
- تقویت الکتریکی موج منعکس شده متناسب با عمق بازتاب صوت از بدن
- عدم توانایی دستگاه در آشکارسازی پژواکهای متفاوت از دو جسم نزدیک به هم
- صوت با فرکانس بالا و طول موج کم، امکان تفکیک بهتر
- افزایش جذب با افزایش فرکانس موج



اسکن چشم



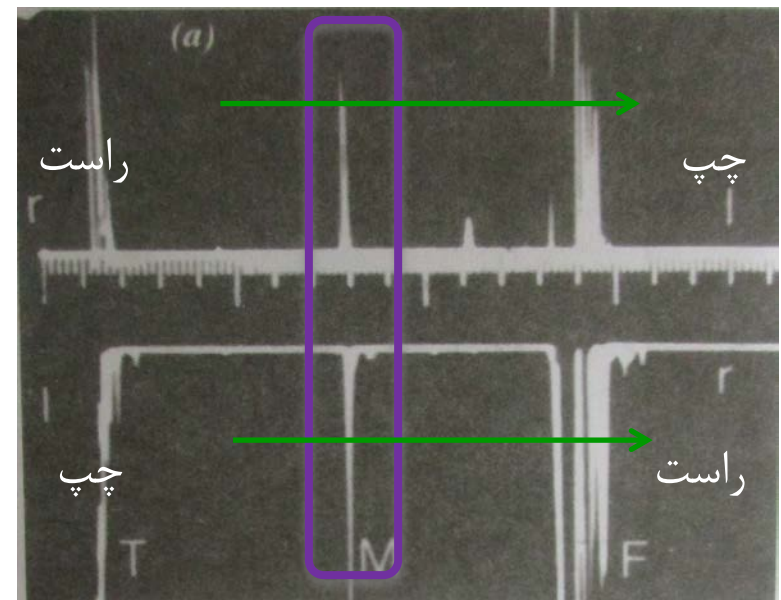
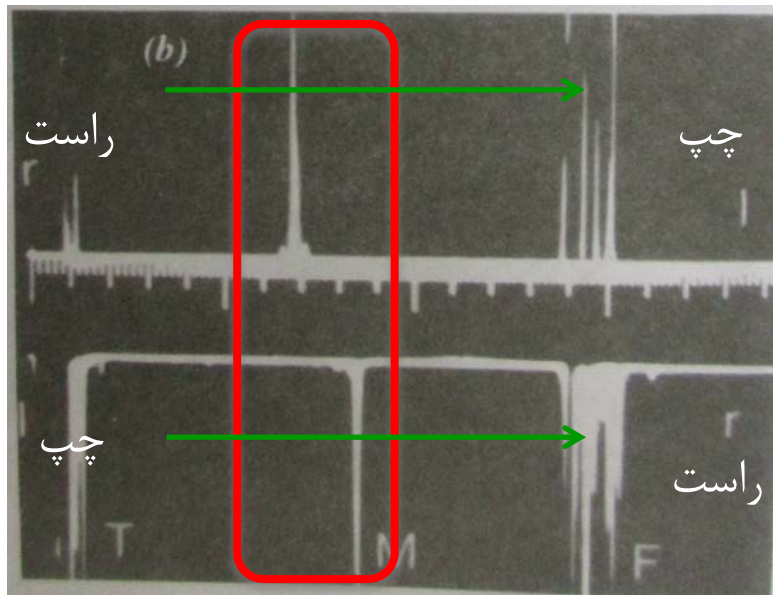
اکوآنسفالوگرافی

# کاربرد تصویربرداری A-Scan اکوآنسفالوگرافی

تشخیص مرزهای قسمتهای مختلف مغز خصوصا خط میانی مغز  
تشخیص تومورهای مغزی

انحراف ۷ میلیمتری در خط  
میانی مغز و احتمال تومور  
در سمت چپ مغز بیمار

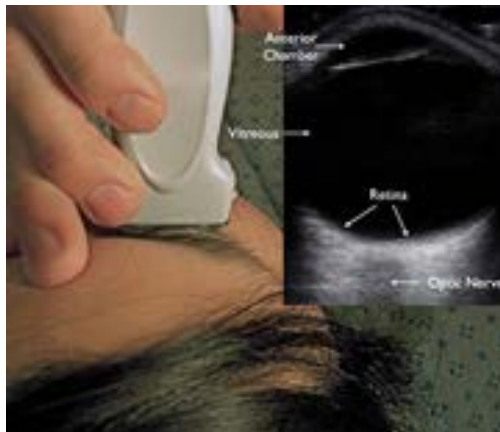
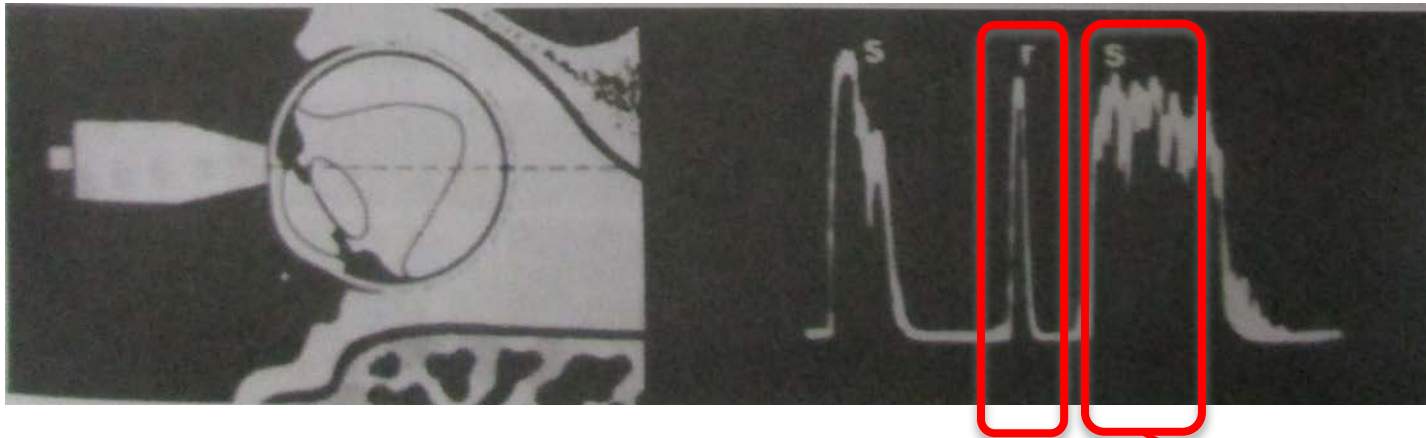
در مغز سالم انحرافی  
دیده نمی شود





# کاربرد تصویربرداری A-Scan اسکن چشم

امواج با فرکانس بالا به منظور بیومتری و تشخیص برخی بیماریها

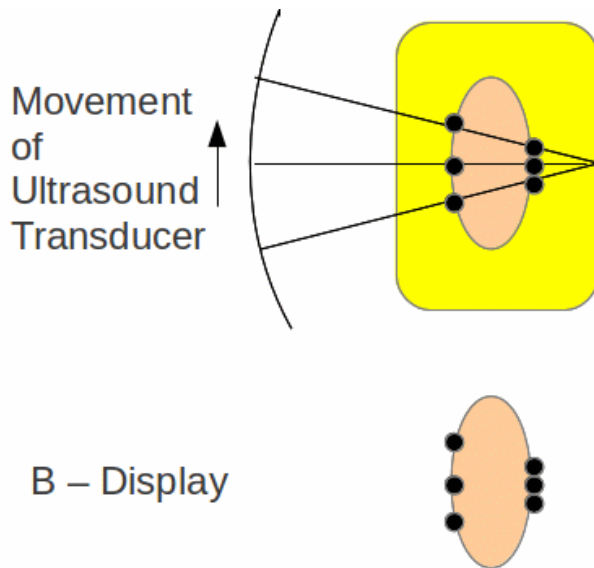


شبکیه جدا  
شده

صلبیه در پشت کره  
چشم

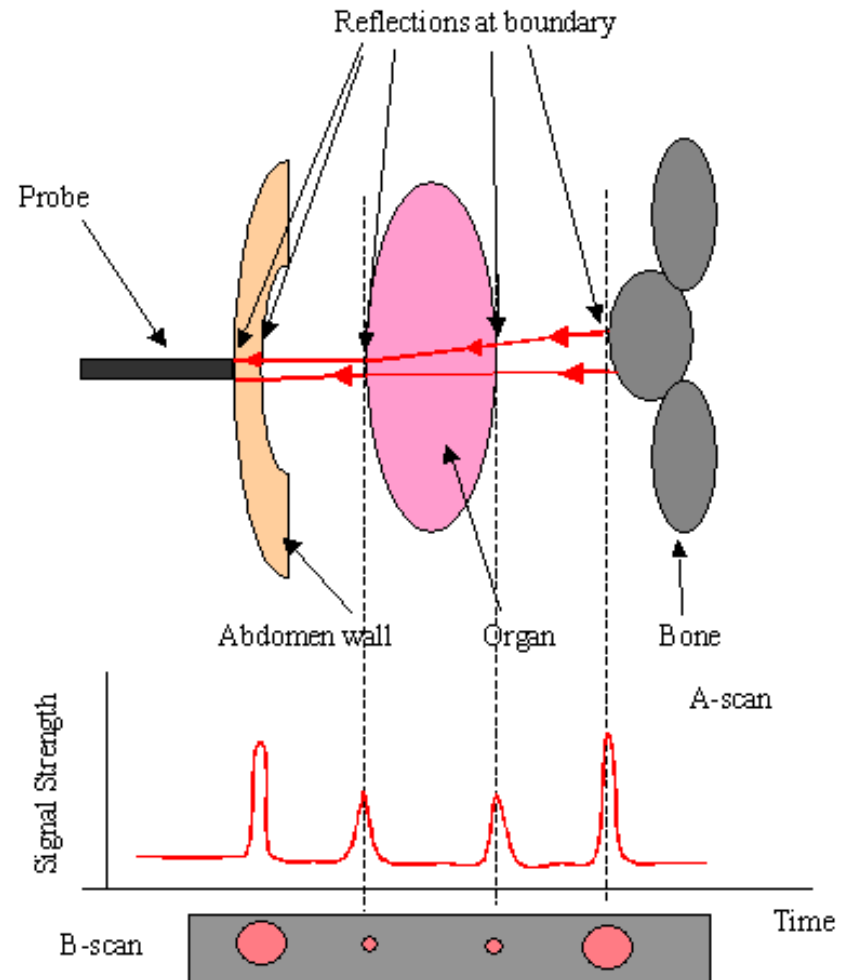
در چشم سالم روی هم قرار دارند

## روش تصویربرداری B-Scan

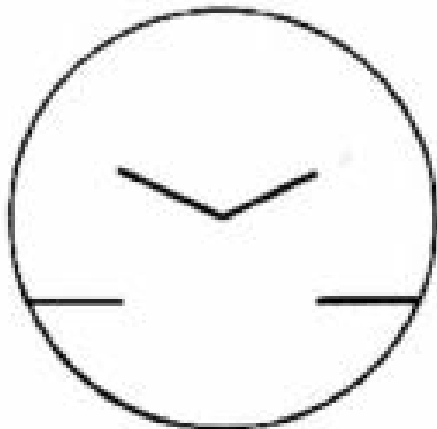
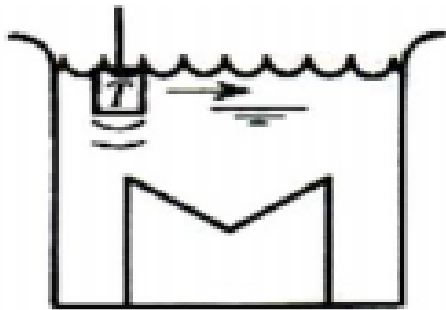


- دریافت تصاویر دوبعدی از بخشهای بدن
- ترانسدیوسر متحرک (حرکت جابجایی و چرخشی)
- نمایش موج پژواک به صورت یک نقطه در محلی از اسیلوسکوپ مربوط به محل سطح بازتاب کننده
- هرچه بازتاب موج قویتر، نقاط روشنتر
- نمایش فضاهای خالی و بدون بازتاب به صورت نقاط تاریک
- کاربرد در آگاهی از ساختمان درونی بدن : بررسیهای تشخیصی کبد، کلیه، قلب، تشخیص بارداری، ناهنجاریهای رحم، ...

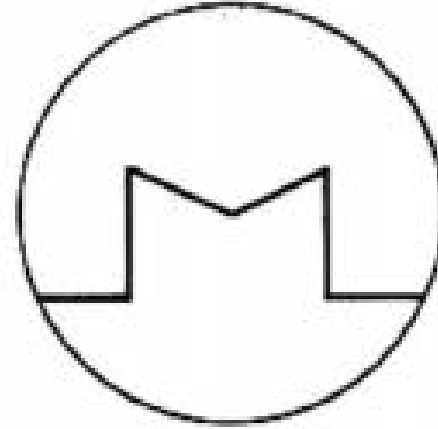
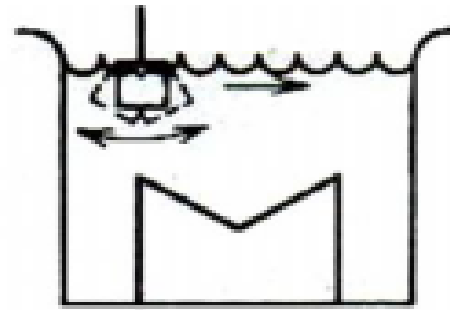
# روش تصویربرداری B-Scan



حرکت پروب به سمت راست

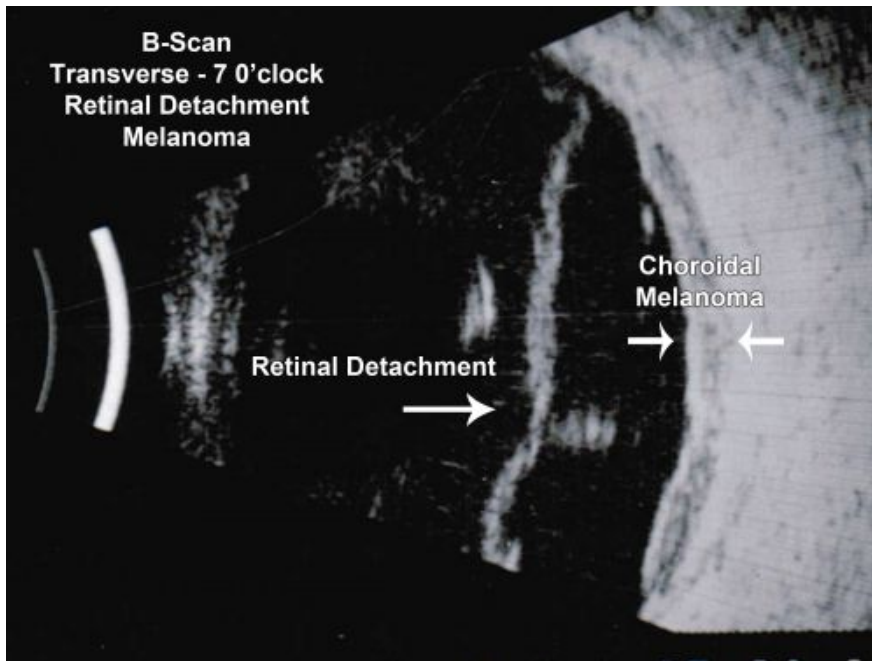


چرخش پروب



## کاربرد تصویربرداری B-Scan

کم خطر بودن نسبت به پرتو X و اطلاعات بیشتر



شبکیه جدا شده از صلبیه در پشت  
کره چشم



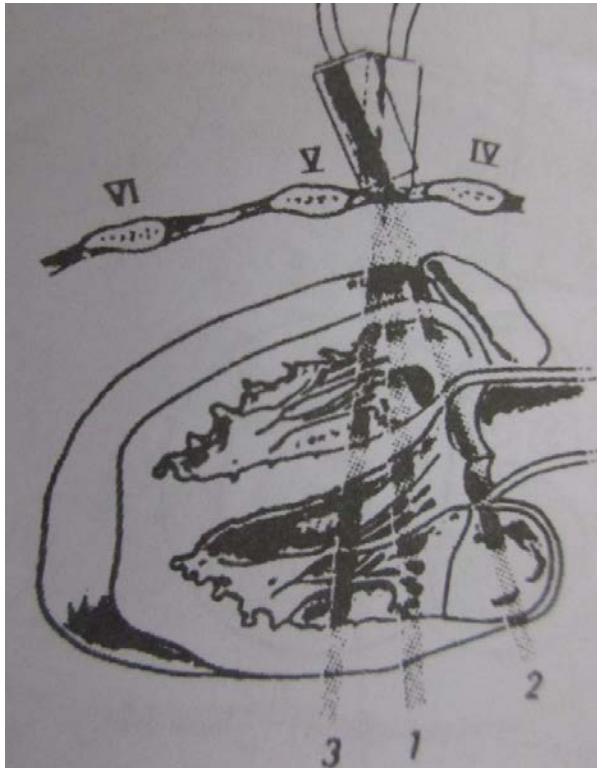
تصاویر دو بعدی جنین در رحم مادر

سونوگرافی سه بعدی جنین: صدور امواج فراصوت در جهات و زوایای مختلف و آنالیز و بازسازی یک تصویر سه بعدی توسط کامپیوتر از امواج بازتابی



# روش تصویربرداری Motion Scan

قرار دادن ترانسدییوسر بین دنده ها  
حرکت و تغییر زاویه آن برای دیدن راستاهای مختلف



دنده ها

قلب

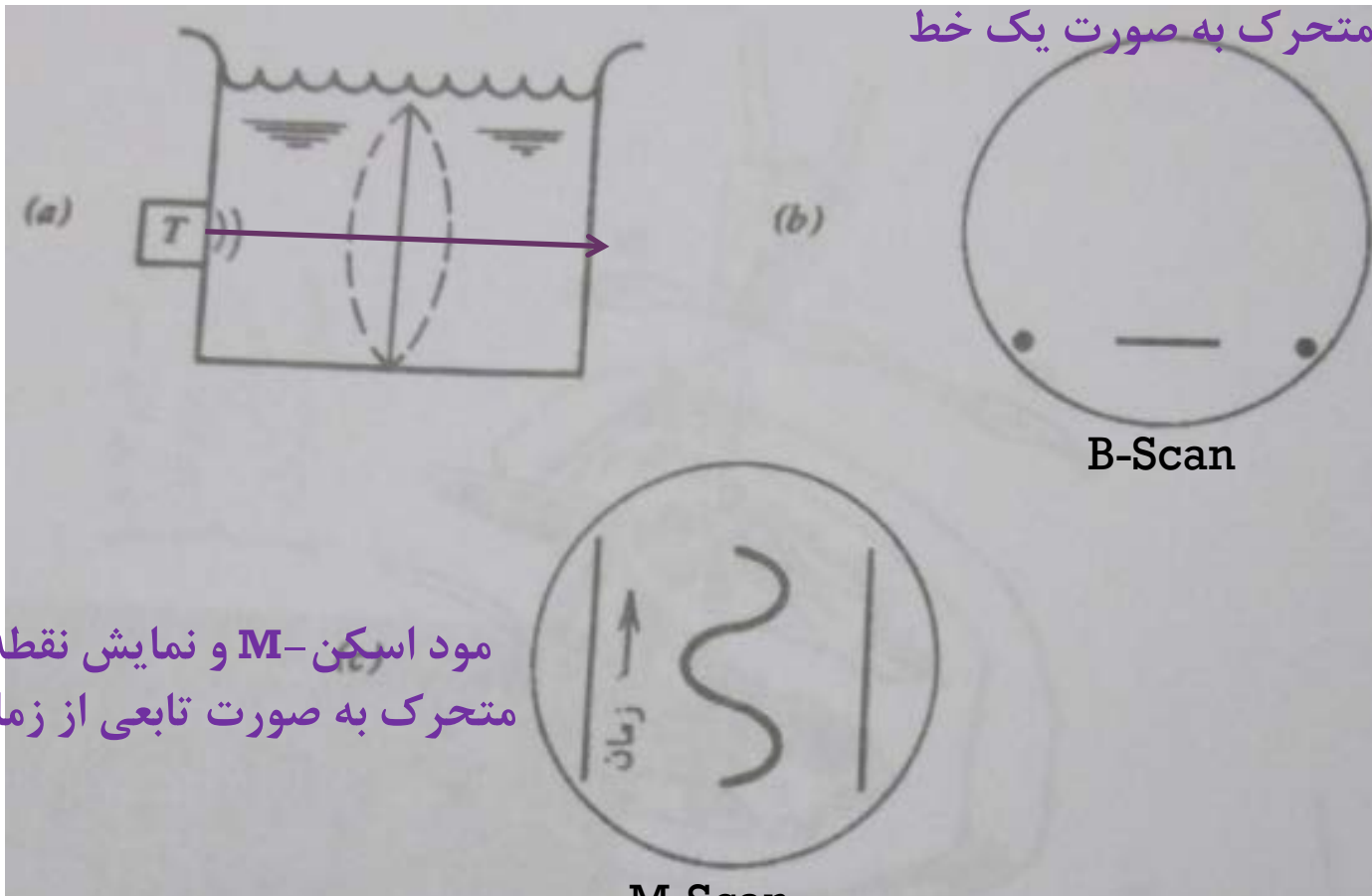
- بررسی حرکات در بدن مانند حرکت قلب و دریچه ها
- ثابت بودن ترانسدییوسر مانند A-اسکن
- نمایش نقطه ای پژواکها روی اسیلوسکوپ مانند B-اسکن
- فرستادن سریع و پی در پی امواج
- امکان دیدن حرکت عضو با زمان

**echocardiography**

# روش تصویربرداری Motion Scan

نوسان صفحه میانی

مود اسکن B و نمایش نقطه  
متحرک به صورت یک خط



مود اسکن M و نمایش نقطه  
متحرک به صورت تابعی از زمان

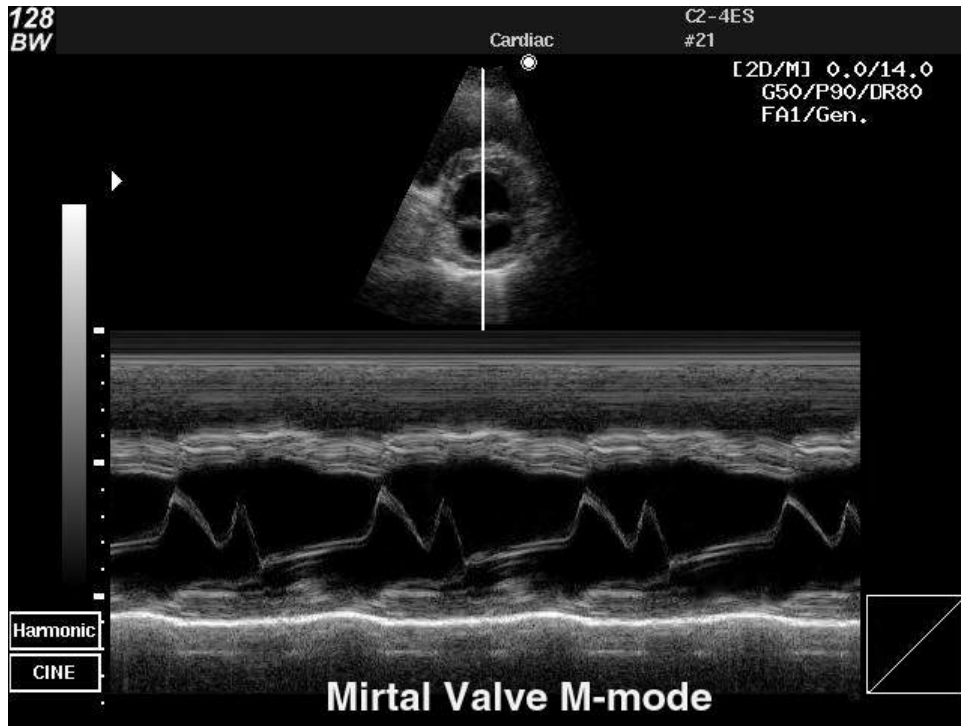
M-Scan

B-Scan



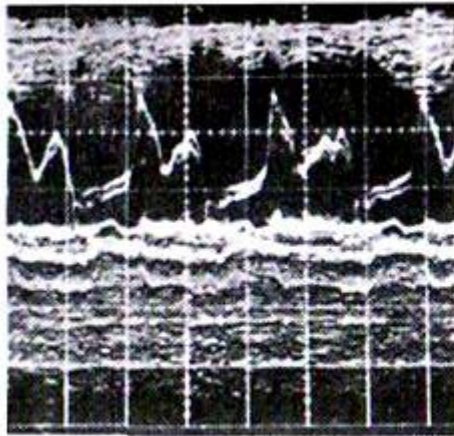
# روش تصویربرداری اکوکاردیوگرافی

41

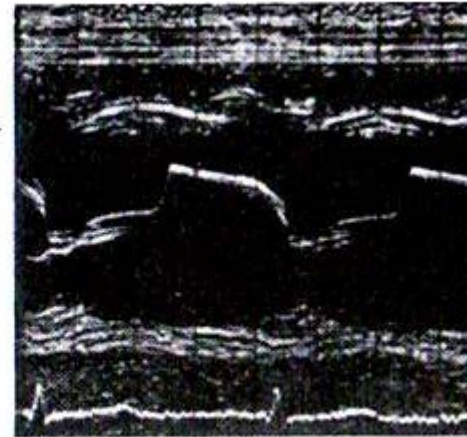


# روش تصویربرداری Motion Scan

## حرکت دریاچه میترال



حرکت عادی دریاچه میترال



حرکت غیر عادی  
دریاچه میترال  
در تنگی  
دریاچه میترال

زمان →

شیب برابر  $72 \text{ mm/sec}$



زمان →

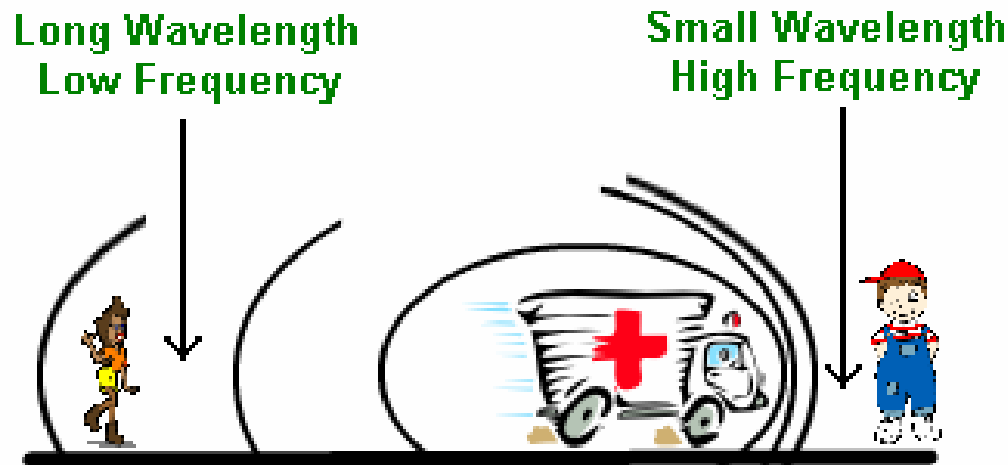
شیب برابر  $12 \text{ mm/sec}$



دریاچه میترال تنگ با سرعت بسته شدن آرام

دریاچه میترال نرمال با سرعت بسته شدن طبیعی

# روش تصویربرداری Doppler Scan اثر داپلر



## The Doppler Effect for a Moving Sound Source

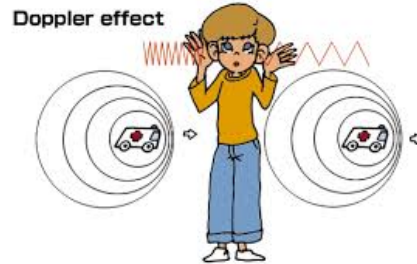
دور شدن منبع صوت از شنونده

- باز شدن امواج صوتی
- کاهش فرکانس دریافتی
- افزایش طول موج و بم تر شدن صدا

نزدیک شدن منبع صوت به شنونده

- فشرده شدن امواج صوتی
- افزایش فرکانس دریافتی
- کاهش طول موج و زیرتر شدن صدا

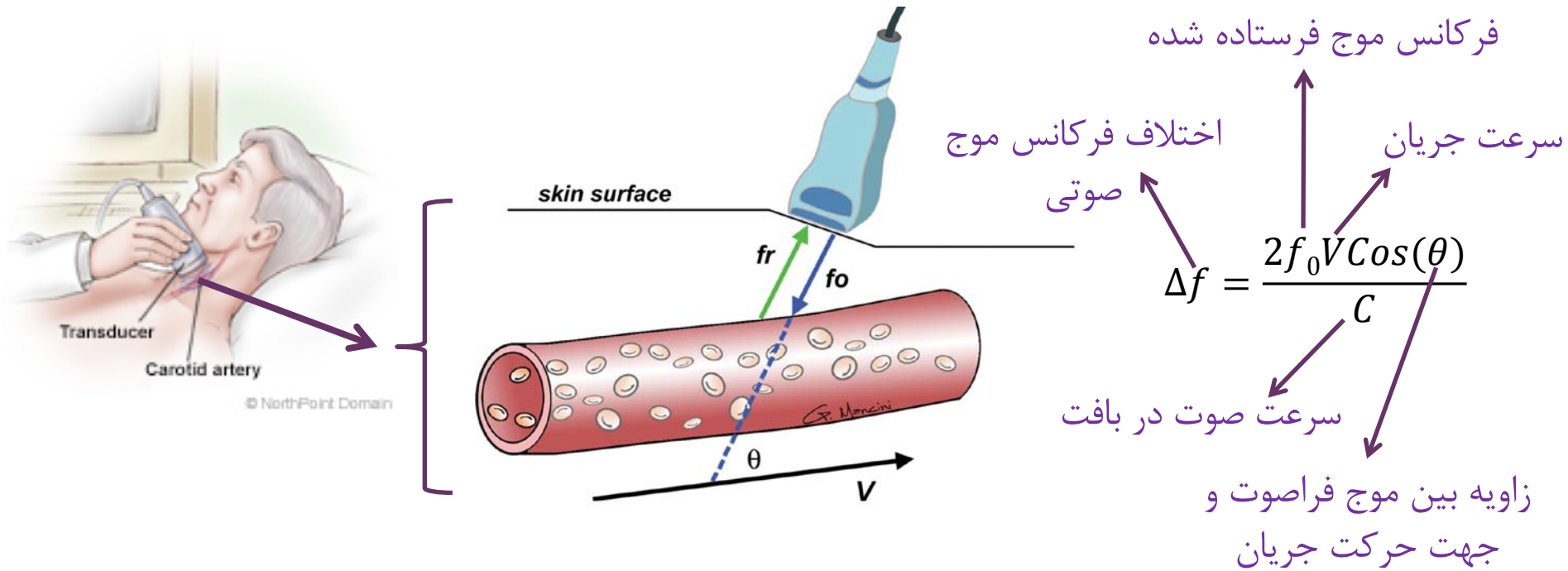
# روش تصویربرداری Doppler Scan



- ✓ عملکرد بر اساس اثر داپلر
- ✓ فرستادن امواج فراصوت به جسم متحرک
- ✓ دریافت موج صوتی بازتابی از جسم متحرک
- ✓ بررسی و اندازه گیری تغییر فرکانس موج بازتابی
- ✓ محاسبه سرعت حرکت جسم متحرک
- ✓ اندازه گیری غیرتهاجمی سرعت خون
- ✓ بررسی وضعیت قلب و خونرسانی به جنین

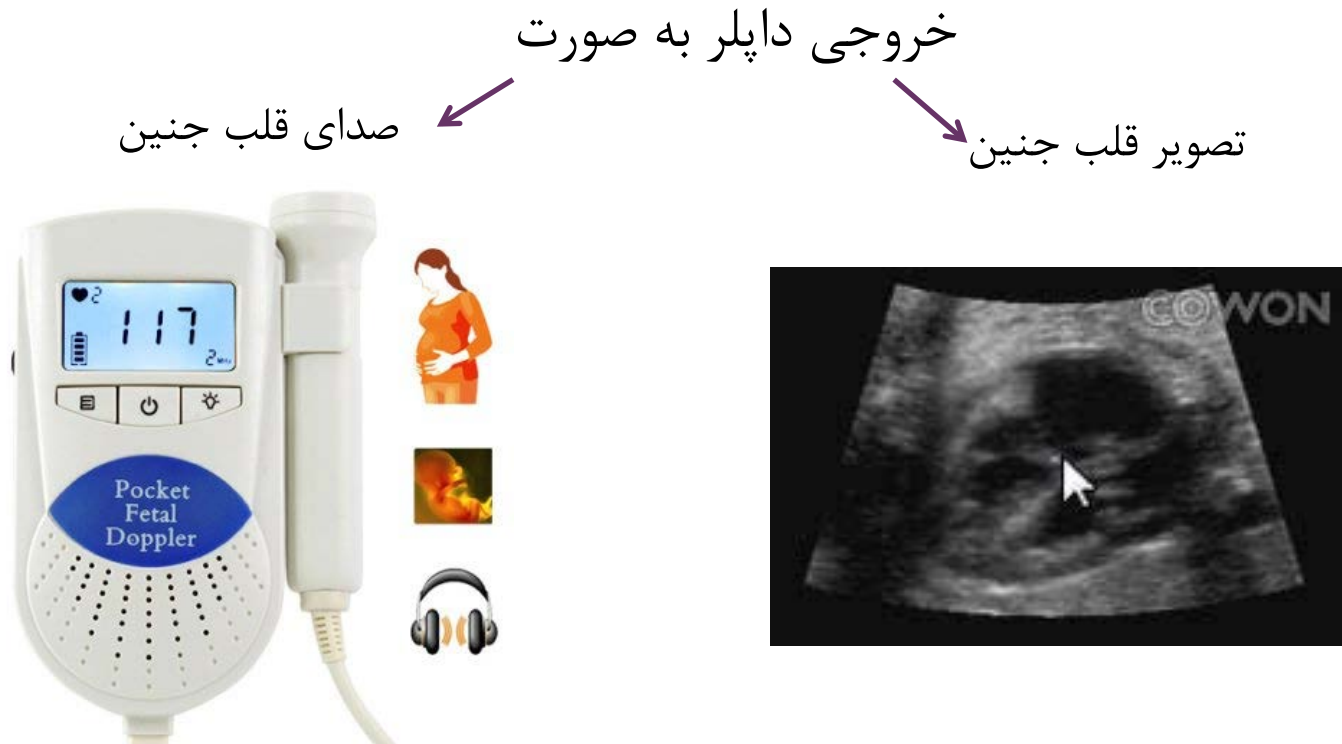
# روش تصویربرداری Doppler Scan

## اندازه گیری غیرتهاجمی سرعت خون



# روش تصویربرداری Doppler Scan

## بررسی وضعیت قلب و خونرسانی به جنین



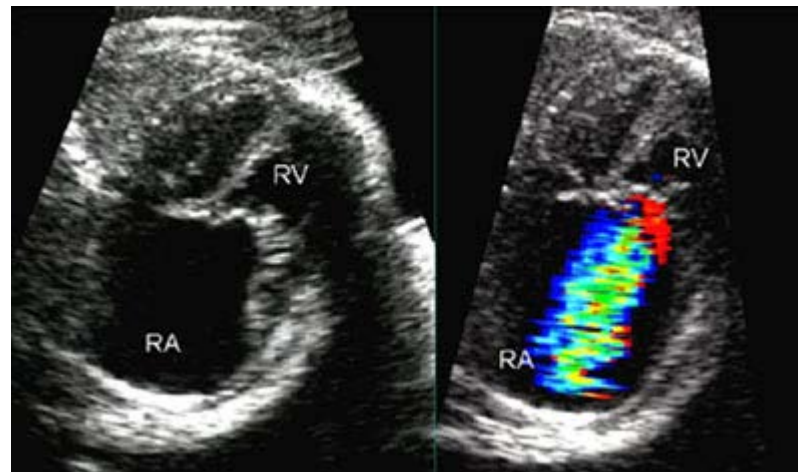
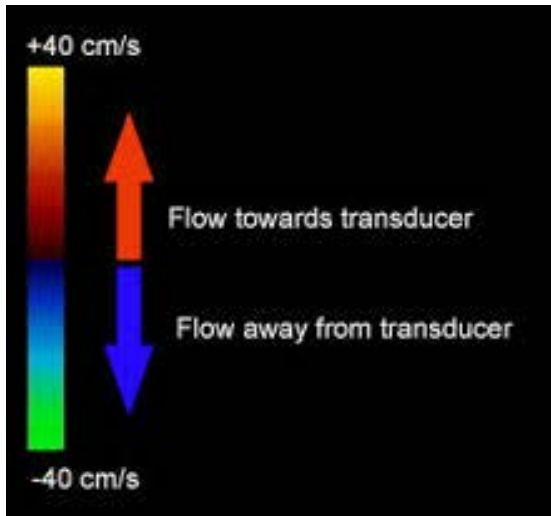
- ✓ حرکت قلب به سمت ترانسدیوسر: بیشتر شدن فرکانس موج بازتابی
- ✓ حرکت قلب خلاف جهت ترانسدیوسر: کمتر شدن فرکانس موج بازتابی

✓ تعیین تعداد ضربان قلب جنین با تغییر فرکانس

# روش تصویربرداری Doppler Scan

## داپلر رنگی

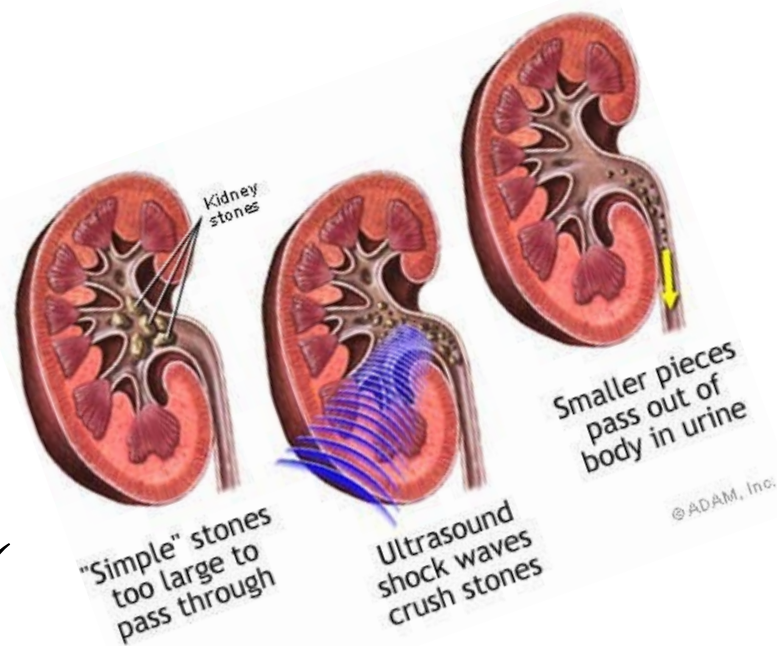
- تشخیص جهت حرکت خون به داخل / خارج از حفره قلبی
- تعیین مقدار سرعت خون ورودی یا خروجی
- کاربرد در تشخیص غیرنرمالیه‌های قلب



## استفاده درمانی از اولتراسوند



- ✓ کاربرد بر اساس فرکانس و دامنه موج فراصوت
- گرم کننده عمقی بدن (موثر برای استخوانها و مفاصل)
- عامل تخریب بافت (دفع رسوب کلسیم از مفاصل - شکنندگی سنگ کلیه)

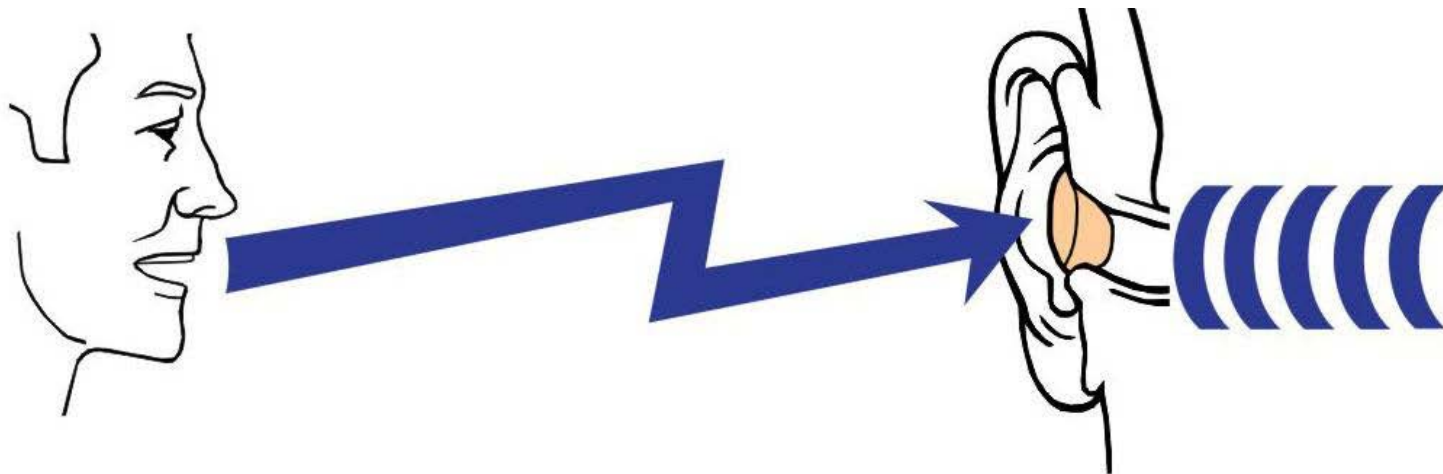


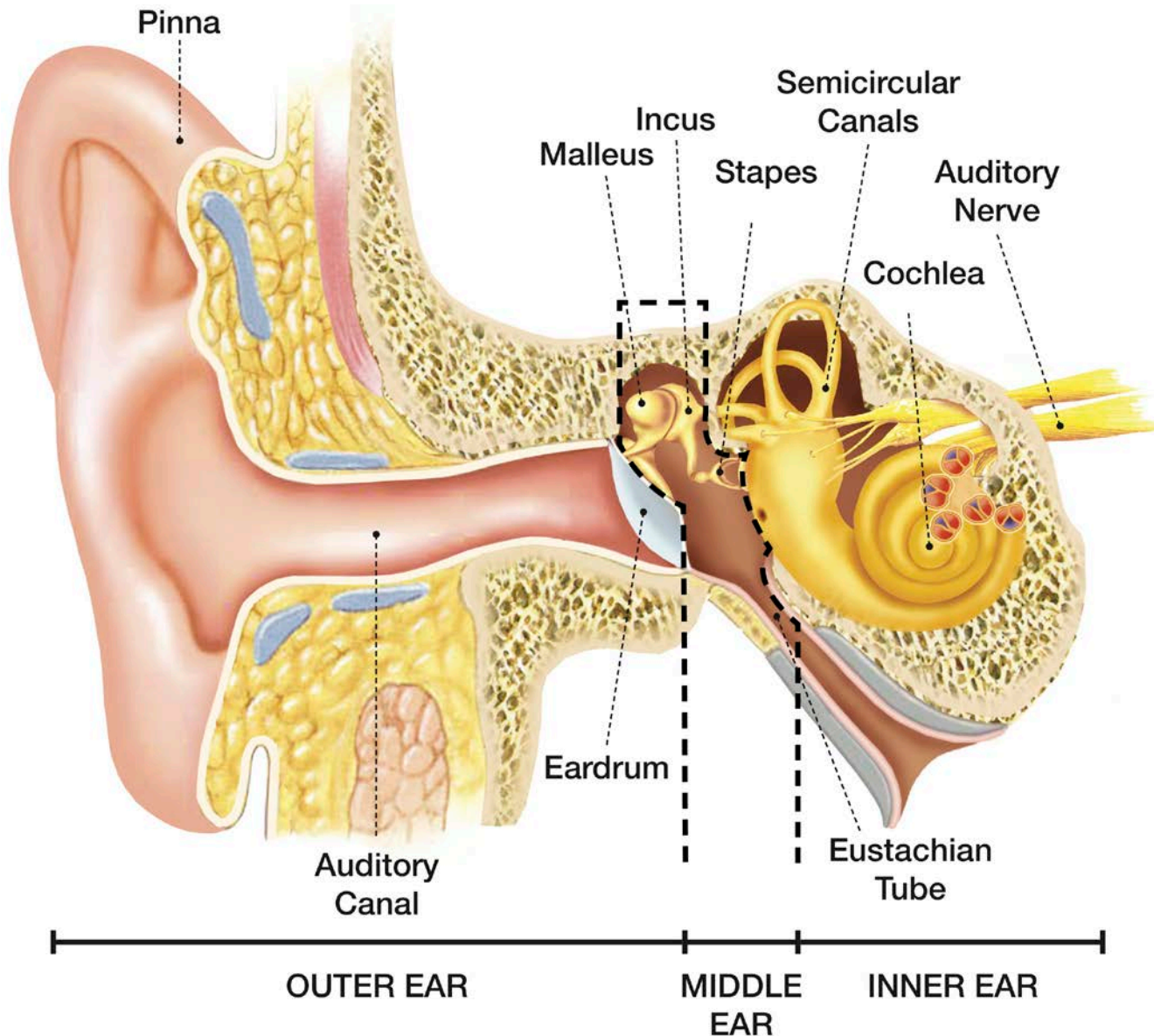
- ✓ تغییرات فیزیکی و شیمیایی در بدن بر اثر عبور امواج فراصوت (افزایش گرما و تغییر فشار)
- ✓ حرکت میکروسکوپی ذرات بافت - اختلاف فشار - ایجاد کشش در بافت - پارگی بافت در کشش زیاد



# فیزیک گوش و شنوایی

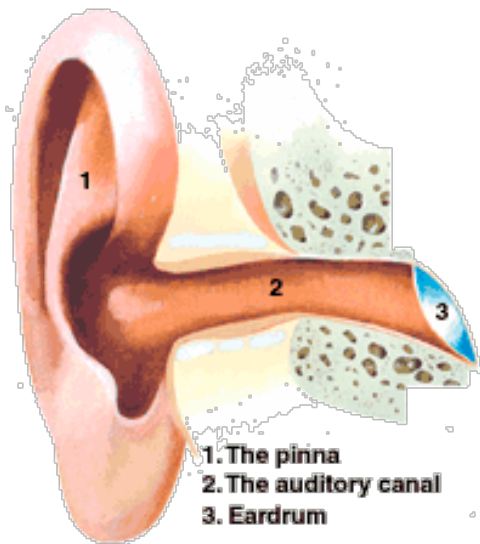
- ۱- سیستم مکانیکی که سلولهای مویی را در حلزون تحریک می کند.
- ۲- گیرنده هایی که پتانسیل کار را در اعصاب شنوایی تولید می کنند.
- ۳- قشر شنوایی مغز که به درک و تفسیر پیامهای فرستاده شده از اعصاب شنوایی می پردازد.





گوش بیرونی  
گوش میانی  
گوش درونی

**لاله گوش:** کمک به هدایت امواج صوتی به داخل مجرا  
**مجرای شنوایی:** محلی برای ذخیره موم و افزایش حساسیت شنوایی در محدوده  
۳۰۰۰-۴۰۰۰ هرتز

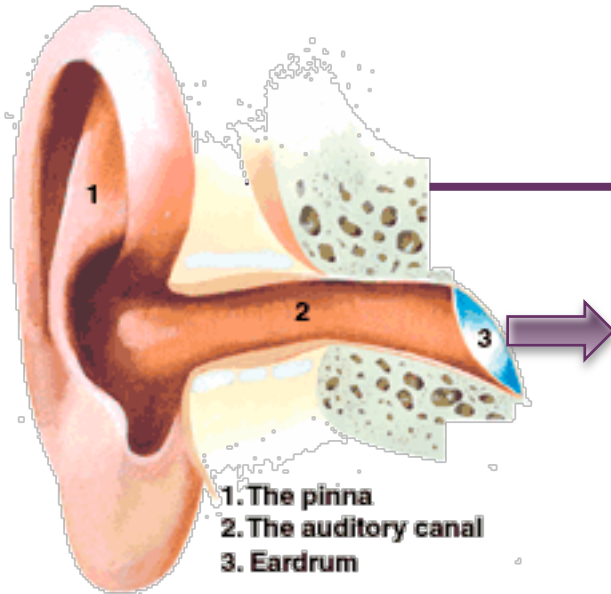


سرعت صوت در هوا

فرکانس تشدید مجرای  
گوش به مثابه یک لوله بسته

$$f = \frac{v}{4L} = \frac{340}{4 \times 0.025} = 3400 \text{ Hz}$$

طول مجرای گوش

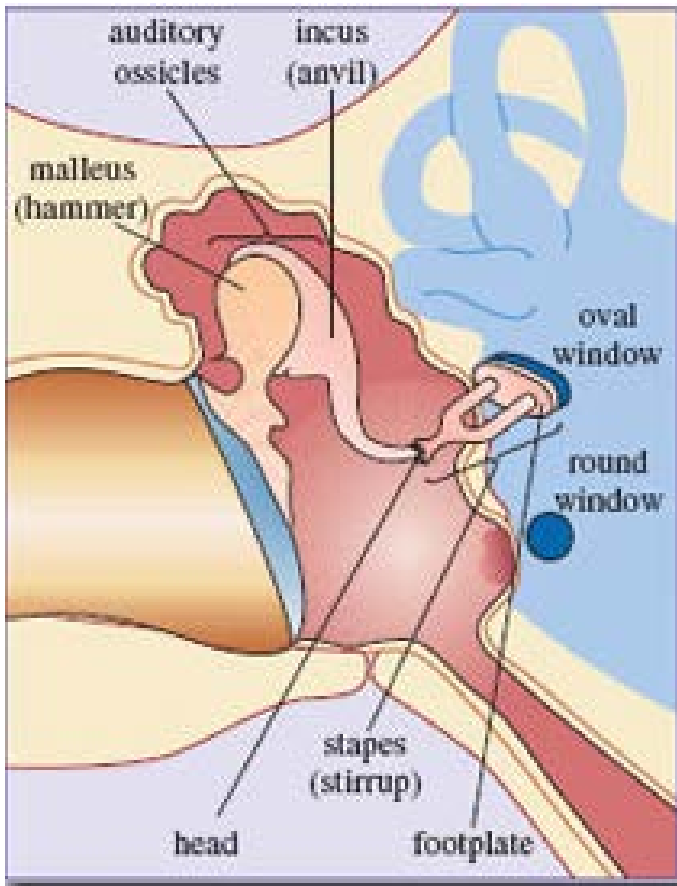


Tympanic membrane



**پرده گوش:** ضخامت حدود  $0.1 \text{ mm}$  و مساحت  $65 \text{ mm}^2$   
 انتقال نوسانات هوا به استخوانهای کوچک گوش میانی  
 حرکت واقعی بسیار کم پرده گوش، کمتر از حرکت مولکولهای هوا  
 قابلیت ارتجاعی و جرم پرده گوش فاکتورهای اصلی موثر بر امپدانس در گوش  
 پارگی پرده گوش در فشار صوتی بیشتر از  $160 \text{ dB}$





✓ متشکل از سه استخوان کوچک (چکشی، سندانی، رکابی)

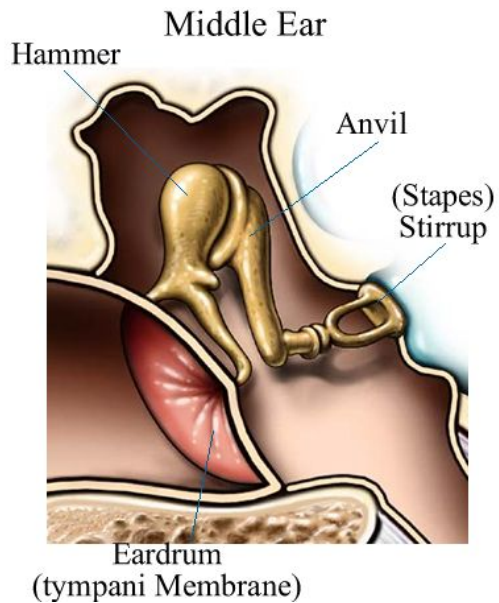
✓ انتقال نوسانهای پرده گوش به گوش درونی

✓ نقش مهم در جفت شدن امپدانس موجهای صوتی در پرده گوش با حفره های پر از مایع گوش درونی

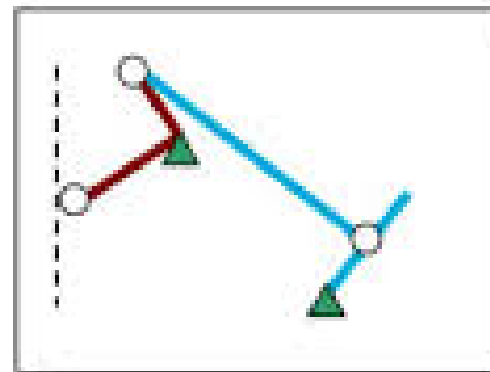
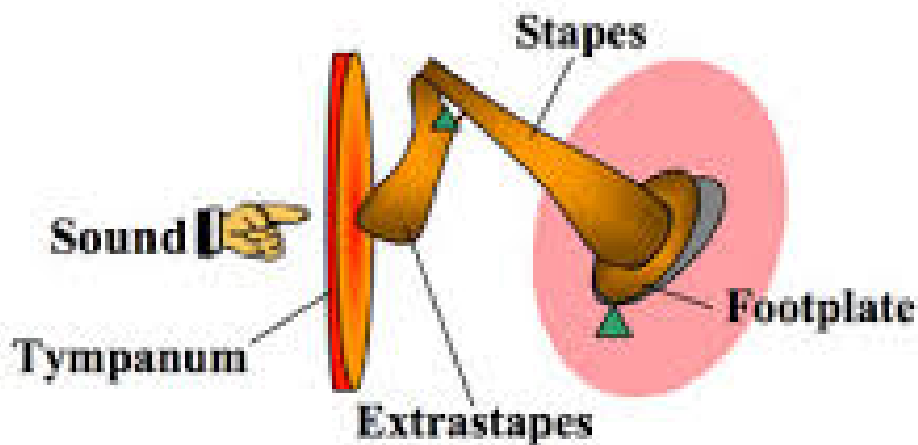
✓ حفاظت از گوش در برابر صداهای شدید با کشیده شدن استخوانها به دو طرف و کاهش ۱۵ dB در شدت صوت

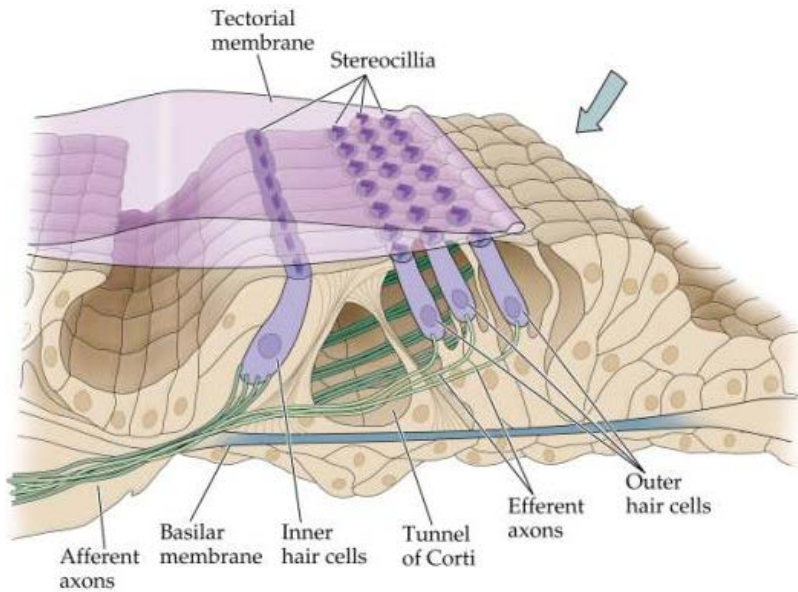
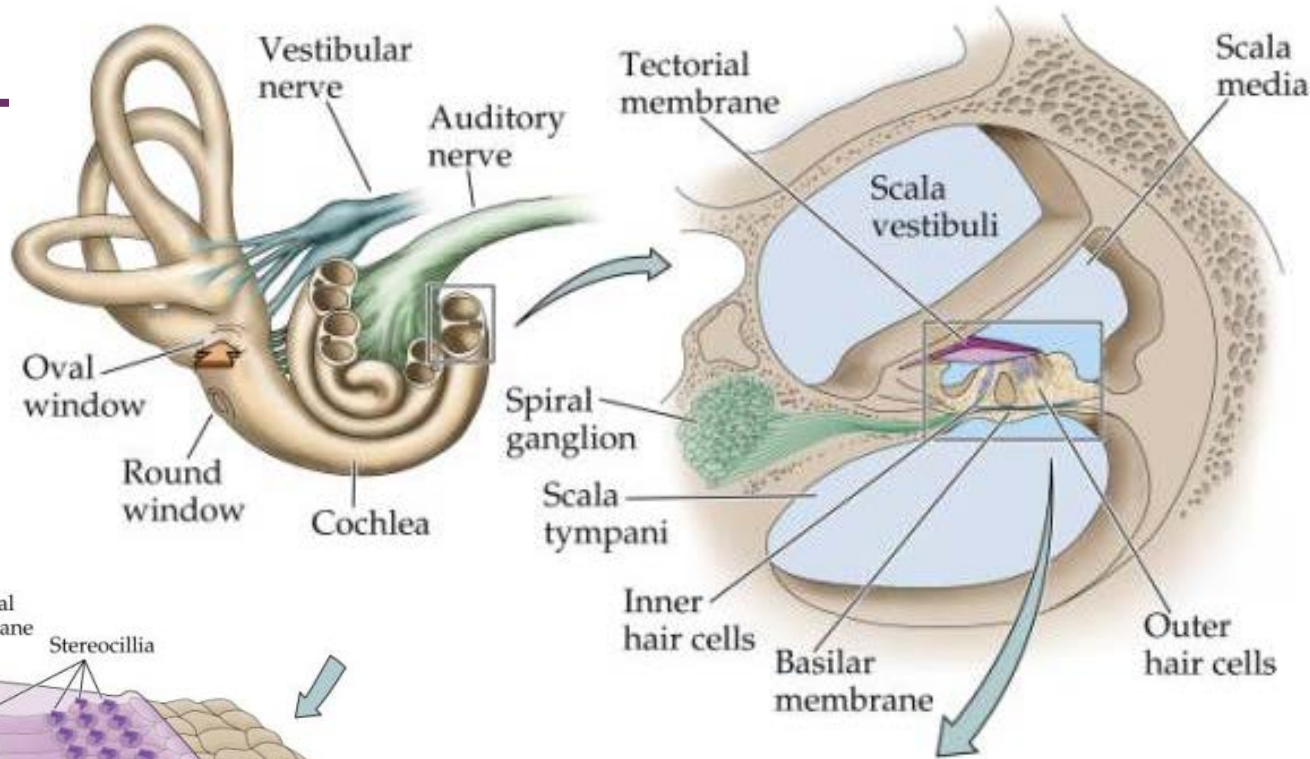
✓ برابری فشار هوا در دو سوی پرده گوش به کمک لوله استاش

## گوش میانی



- ✓ عملکرد گوش میانی مانند پیستون و اهرم و تقویت امواج صوتی ورودی به گوش
- ✓ افزایش ۳۰٪ نیروهای وارد شده به پرده گوش برای ورود به حلزون
- ✓ مساحت پرده گوش ۱۵ برابر مساحت کفه استخوان رکابی
- ✓ افزایش ۲۰ برابری فشار در ورود به حلزون

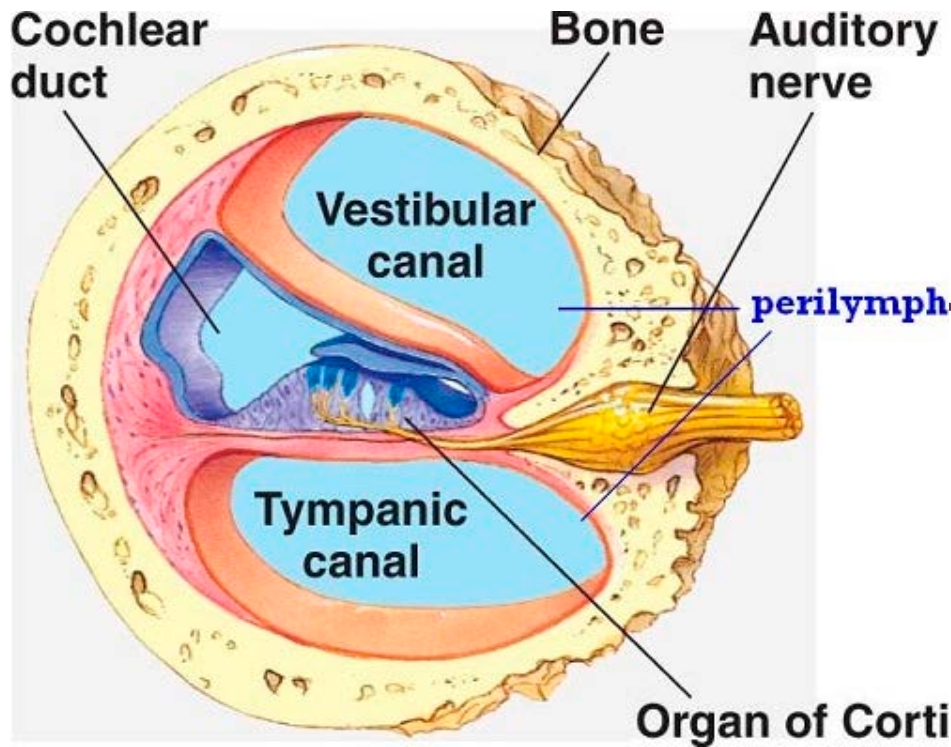




- قرار گرفتن در داخل استخوان جمجمه
- حلزون، ساختار مارپیچی کوچک پر از مایع



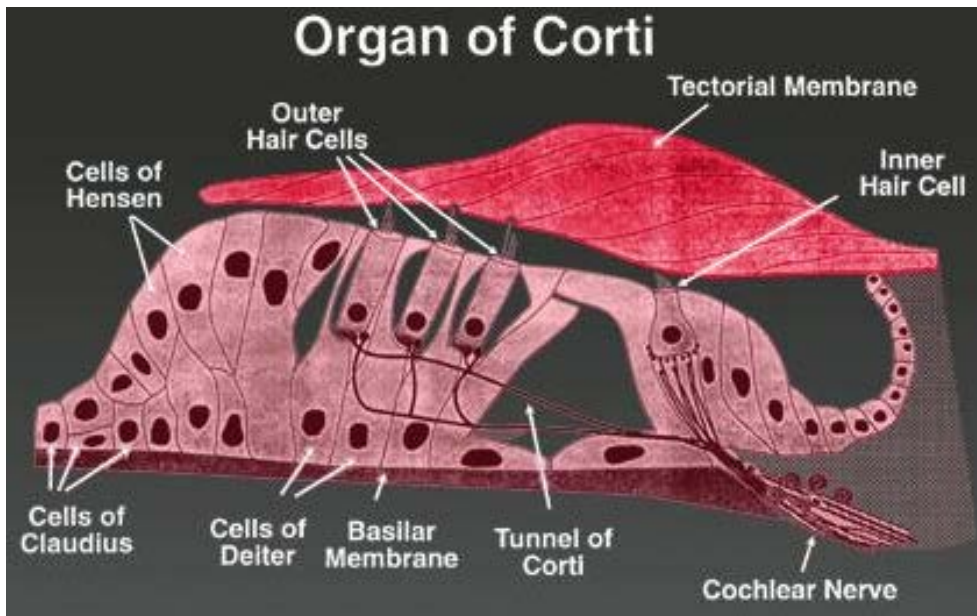
## گوش درونی اتاقکهای حلزون



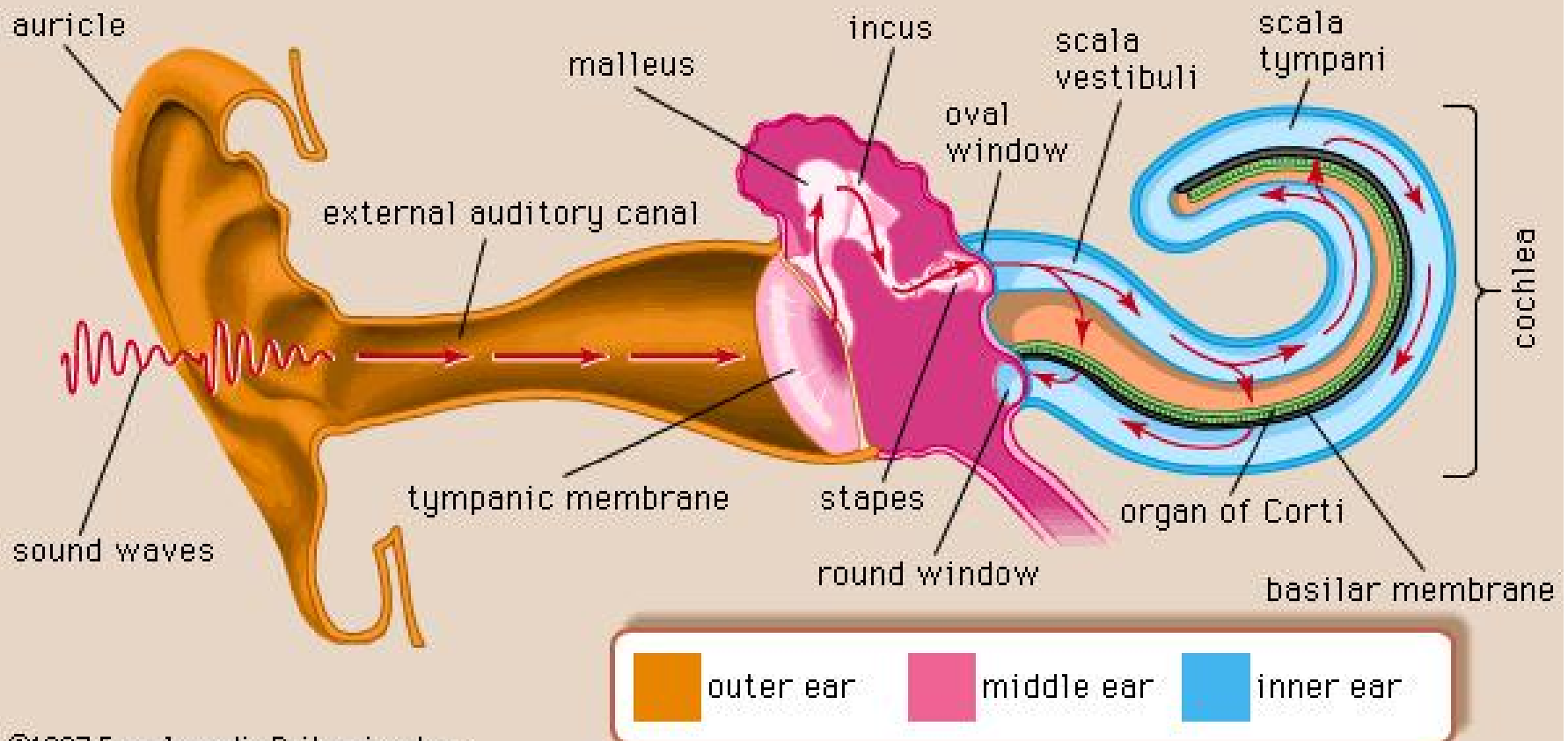
- انتقال امواج صوتی از استخوان رکابی به حلزون از طریق پرده کشسان بیضوی
- انتقال موج صوتی از پرده بیضوی به اتاقک دهلیزی
- پیشروی موج صوتی در اتاقک دهلیزی
- اتصال اتاقکهای دهلیزی و تیمپانیک در نوک حلزون
- بازگشت صوت از طریق اتاقک تیمپانیک
- سوپاپ اطمینان، پرده دایروی انعطاف پذیر در انتهای اتاقک تیمپانیک

# گوش درونی

## اندام کورتی



- موج صوتی وارد شده به پرده بیضی مسبب ایجاد یک جنبش موجی در پرده پایه مجرای حلزونی
  - تبدیل صدا به پیامهای عصبی توسط گیرنده های درون مجرای حلزونی
  - ترانسدیوسرهای موجود در سلولهای مویی اندام کورتی، مبدل نوسانهای مکانیکی به سیگنالهای الکتریکی
  - فرستادن پیام عصبی به عصب شنوایی
  - انتقال پیام به مغز و آنالیز توسط قشر مغزی
- ✓ صداهای با فرکانس بالا محرک اعصاب مجرای حلزونی در نزدیک پرده بیضی
  - ✓ صداهای با بسامد پایین مسبب حرکات بزرگ در پرده پایه و محرک اعصاب کانال حلزونی در نزدیکی نوک مارپیچ

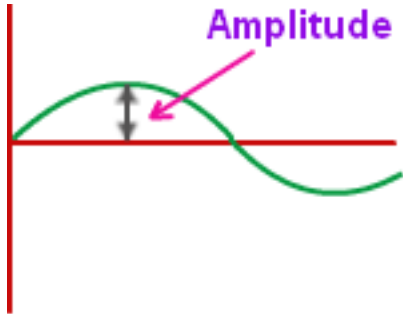


**حساسیت گوش:** حداقل شدت صوت مورد نیاز برای شنیدن در هر فرکانس خاص

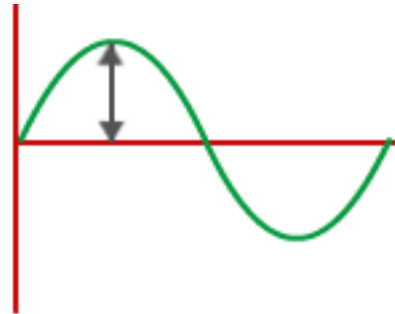
بیشترین حساسیت گوش نسبت به امواج  $2-5$  KHz  
فرکانس پایینتر، شدت صوت مورد نیاز برای شنیدن بالاتر  
کاهش حساسیت گوش با افزایش سن  
افت شنوایی برای افراد در معرض صداهای بلند



## بلندی صدا



Quieter



Louder

**بلندی صدا:** پاسخ ذهنی به شدت صوت شنیده شده  
بلندی صدا وابسته به فرکانس صوت و متناسب با لگاریتم شدت صوت

واحد بلندی صدا: فون Phon

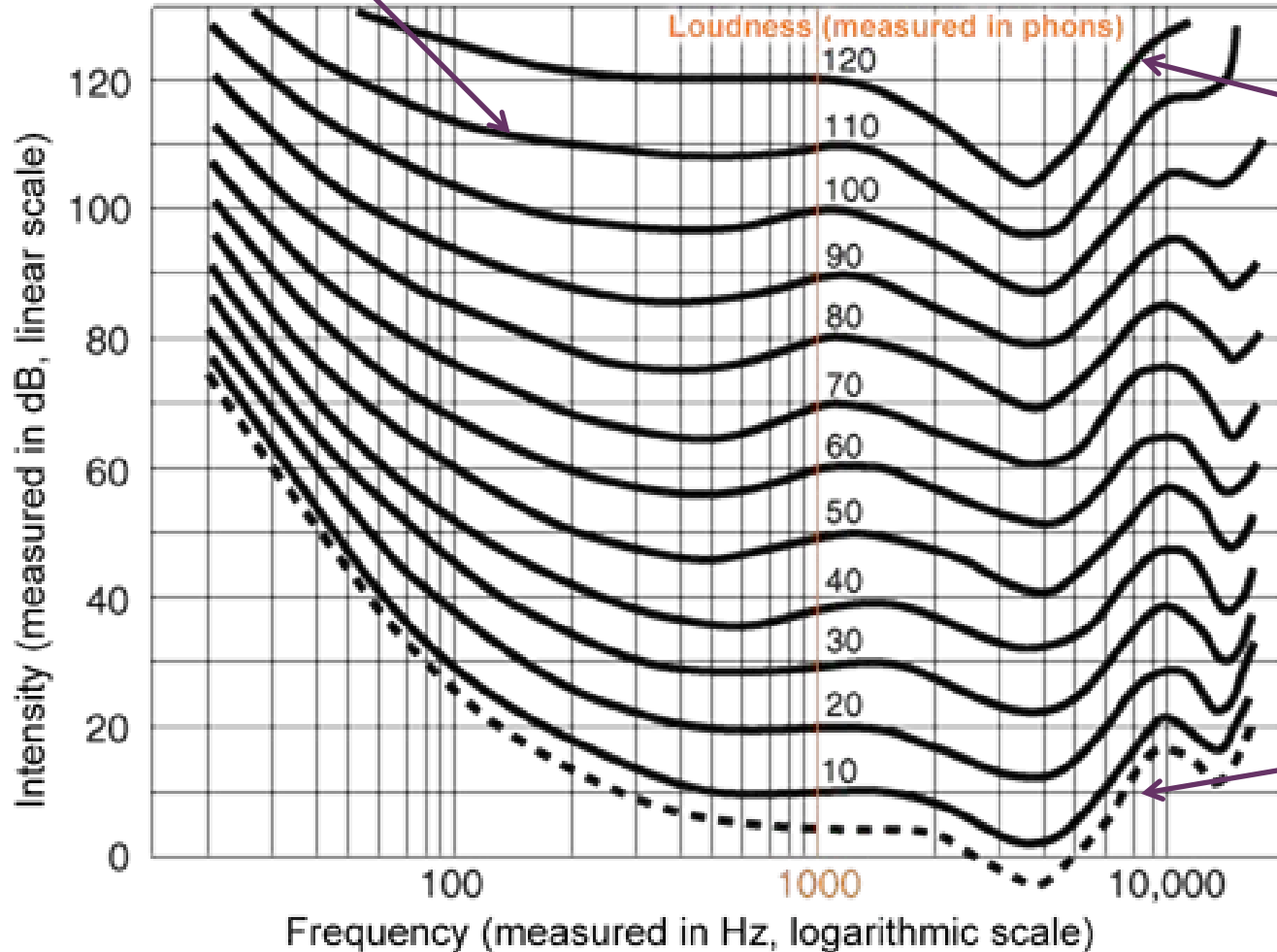
یک فون: بلندی صدایی با شدت ۱ dB و فرکانس ۱۰۰۰ Hz

ده فون: بلندی صدایی با شدت ۱۰ dB و فرکانس ۱۰۰۰ Hz

محاسبه بلندی بقیه صداها از طریق مقایسه با این مرجع

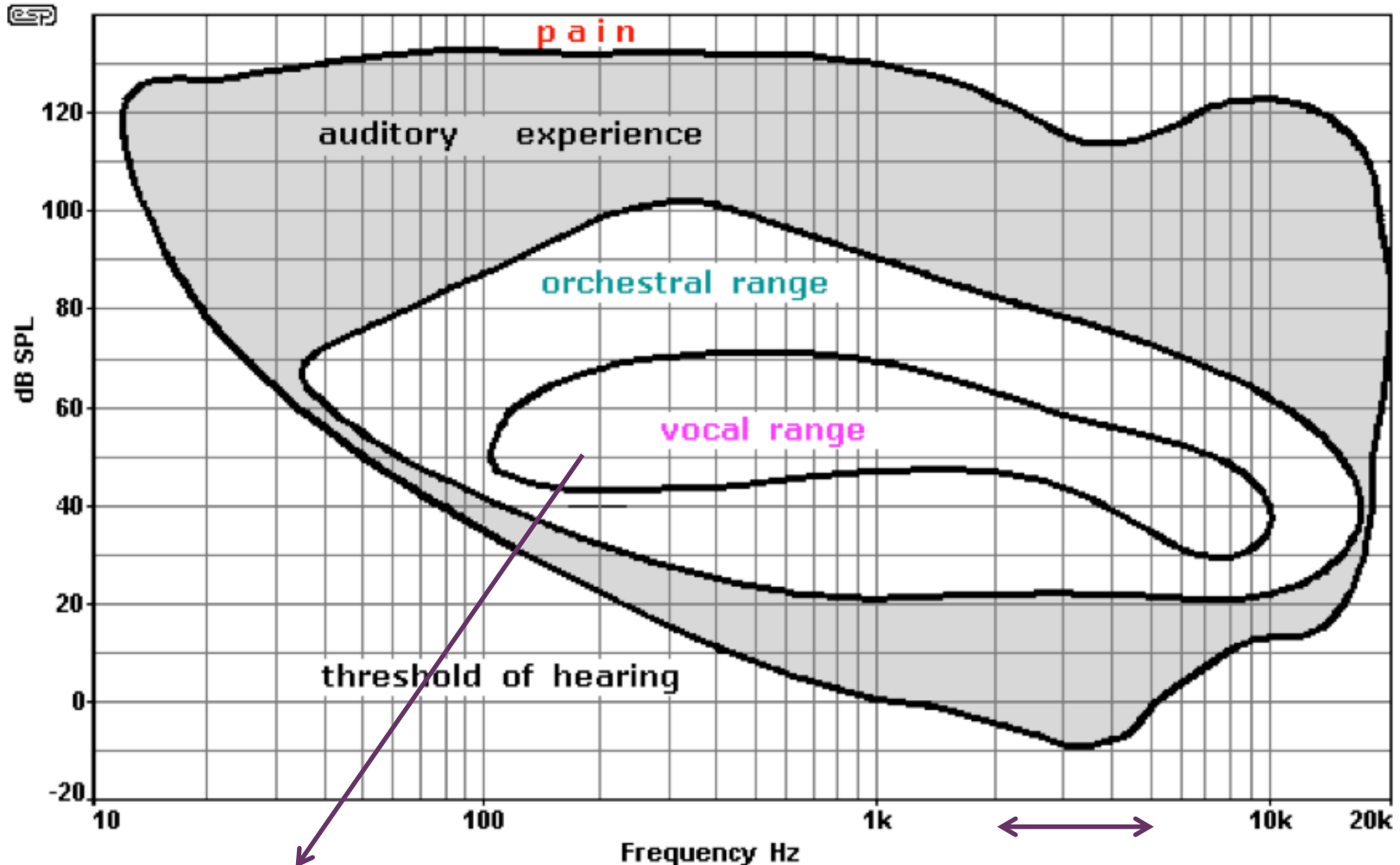
## حساسیت گوش

منحنیهای فون ثابت



آستانه درد

آستانه شنوایی



محدوده گفتار بهینه نیست!

**2-5 kHz**  
حساسیت بالای گوش

- قرار گرفتن در اتاق ضد صدا
- کم و زیاد کردن شدت صدا در هر فرکانس توسط اپراتور و بدست آوردن آستانه شنوایی
- مقایسه آستانه های شنوایی با آستانه های شنوایی نرمال
- احتمال افت شنوایی در یک محدوده فرکانس خاص و برای یک یا هر دو گوش





**ناشنوا:** مشکل در شنیدن صداهایی با فرکانس  $300-3000$  Hz  
فردی با آستانه شنوایی  $90$  dB



عوامل شایع در کاهش شنوایی:  
✓ ناشنوایی هدایتی  
✓ ناشنوایی عصبی

## وسایل کمک شنوایی سمعک hearing aid



**سمعک:** وسیله ای مناسب برای تقویت صداها برای افراد دچار کم شنوایی ( آسیب سلولهای مویی حلزون بر اثر پیری)

### سمعک

- میکروفون برای جذب صداها
- تقویت کننده برای افزایش انرژی صوت
- بلندگو برای انتقال صدا به گوش فرد

آستانه شنوایی بالای یک فرد ناشنوا ولی آستانه درد یکسان با فرد شنوا

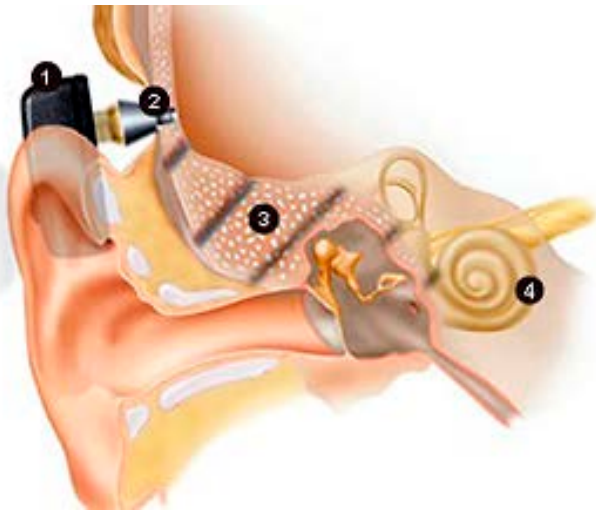


محدودیت سمعکها از نظر بازده صوتی

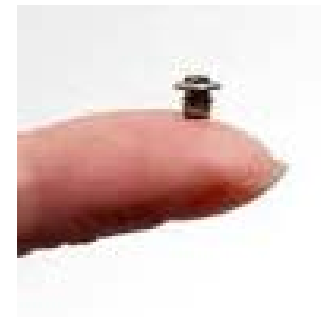


# وسایل کمک شنوایی ایمپلنت‌های هدایت استخوانی

## Bone Conduction Hearing Aid



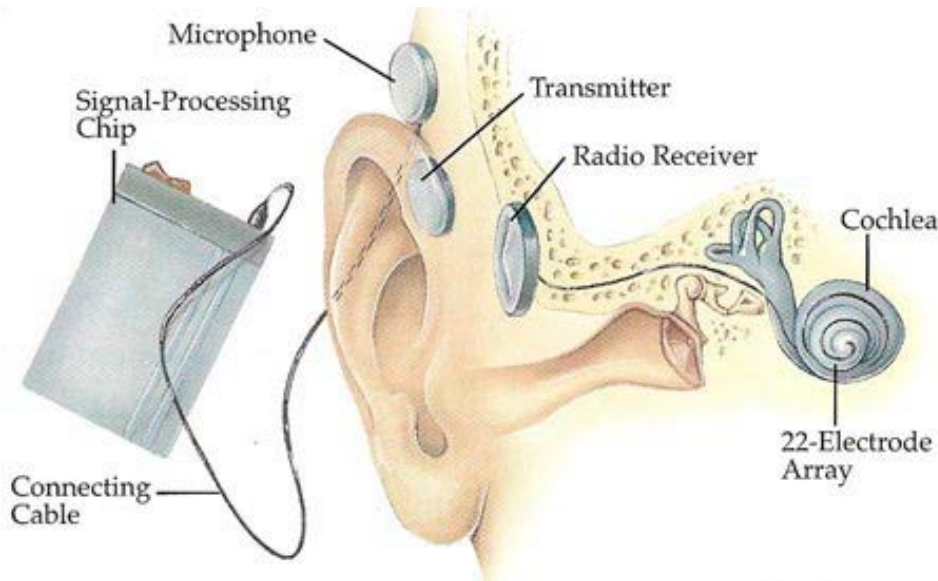
- جمع آوری امواج صوتی توسط پروسسور و تقویت آن
- فرستادن ارتعاشات به داخل استخوان جمجمه
- هدایت مستقیم امواج از استخوان جمجمه تا گوش درونی
- بای پس کردن هر گونه مشکل در گوش بیرونی و میانی
- فرستادن امواج صوتی از طریق استخوان جمجمه به گوش دیگر



# وسایل کمک شنوایی ایمپلنت‌های گوش میانی و درونی

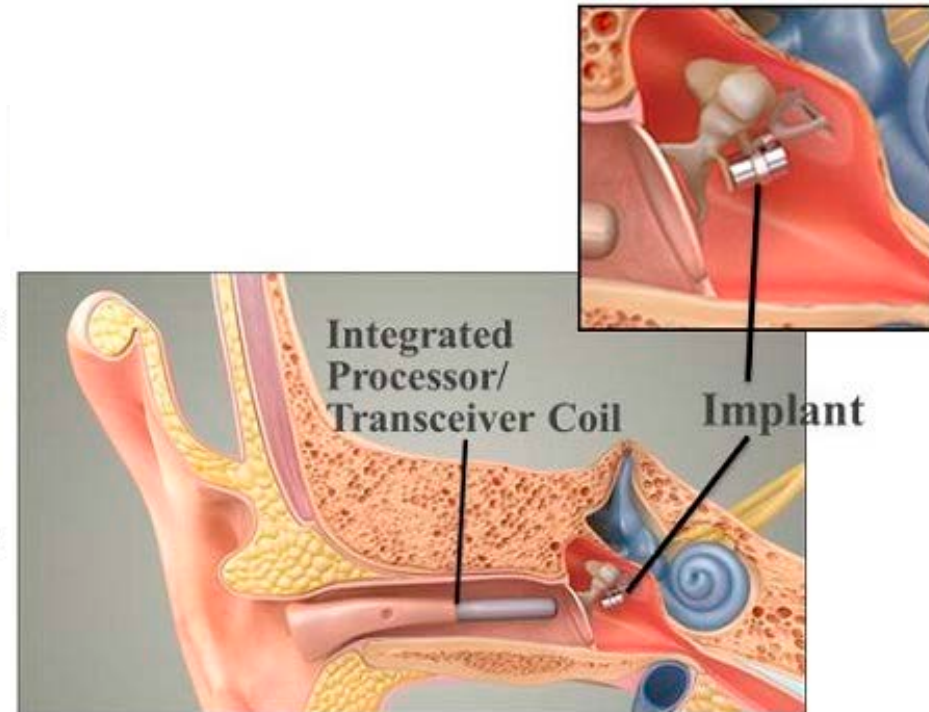
## Cochlea Implant

فرستادن پیامها به عصب شنوایی  
همانند حلزون گوش درونی



## Middle Ear Implant

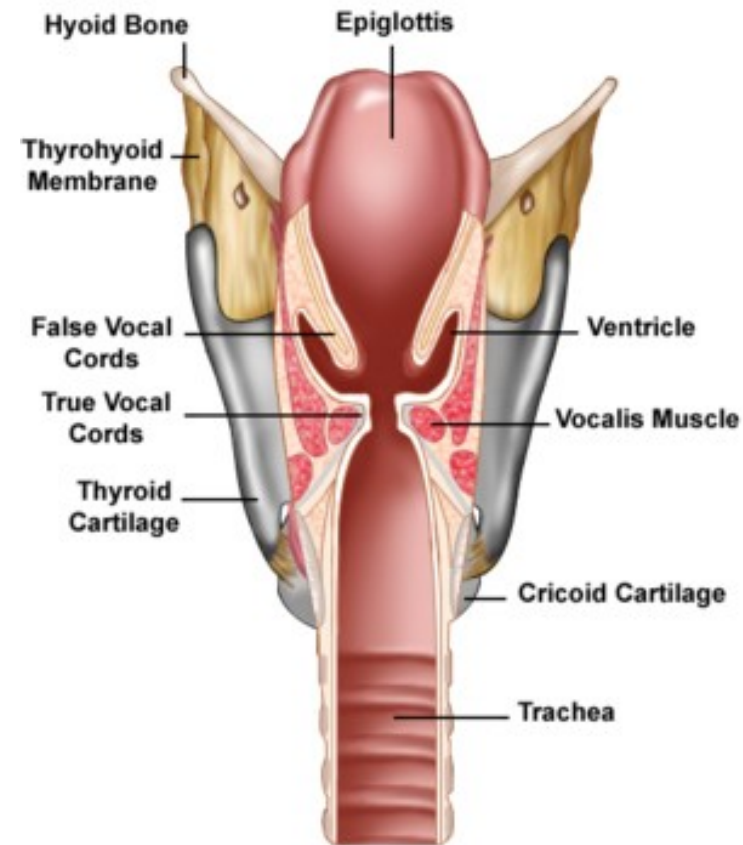
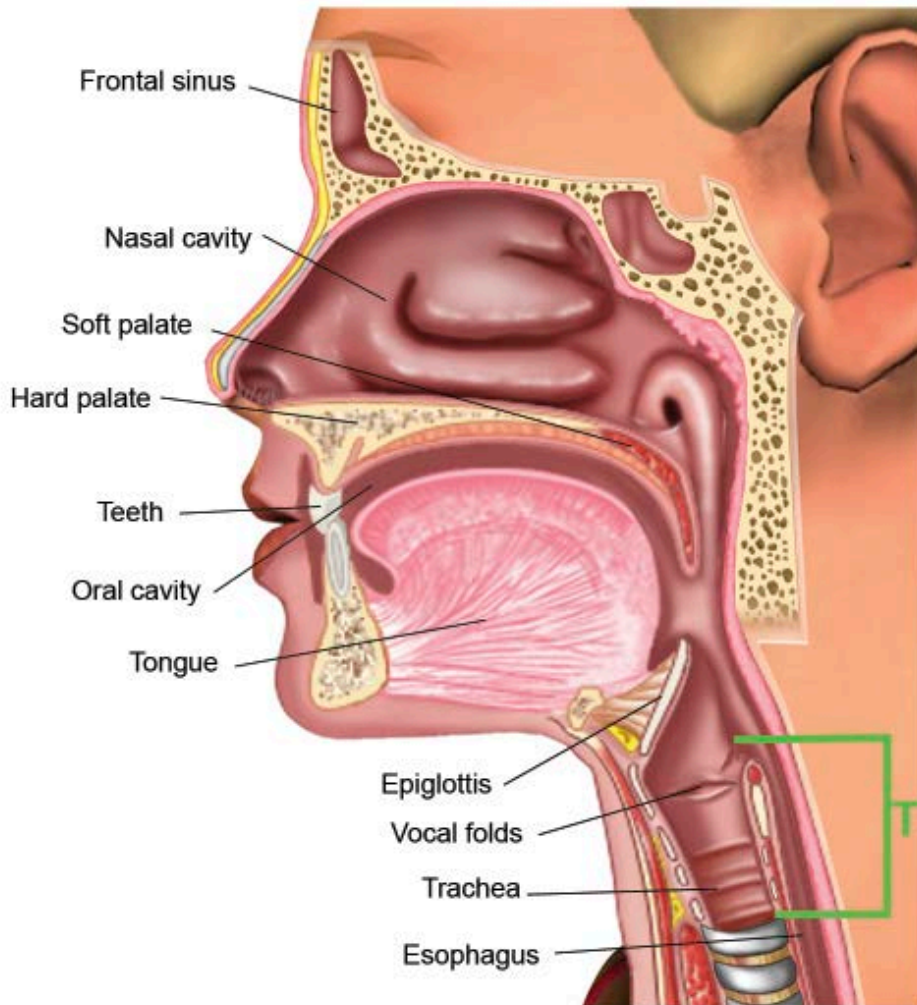
هدایت امواج صوتی به گوش درونی  
همانند گوش میانی



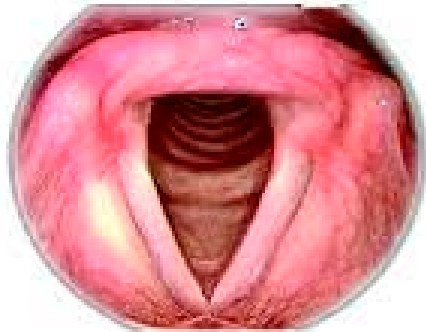
## فیزیک تولید گفتار

# آناتومی حنجره و تارهای صوتی

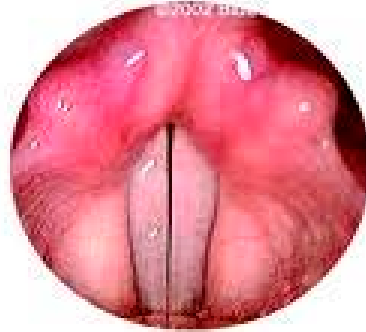
70



Normal vocal folds



Open  
During Breathing



Closed  
During Speaking



Examination of  
Vocal Cords



Normal  
vocal cords



Contact  
ulcers



Polyp



Nodules

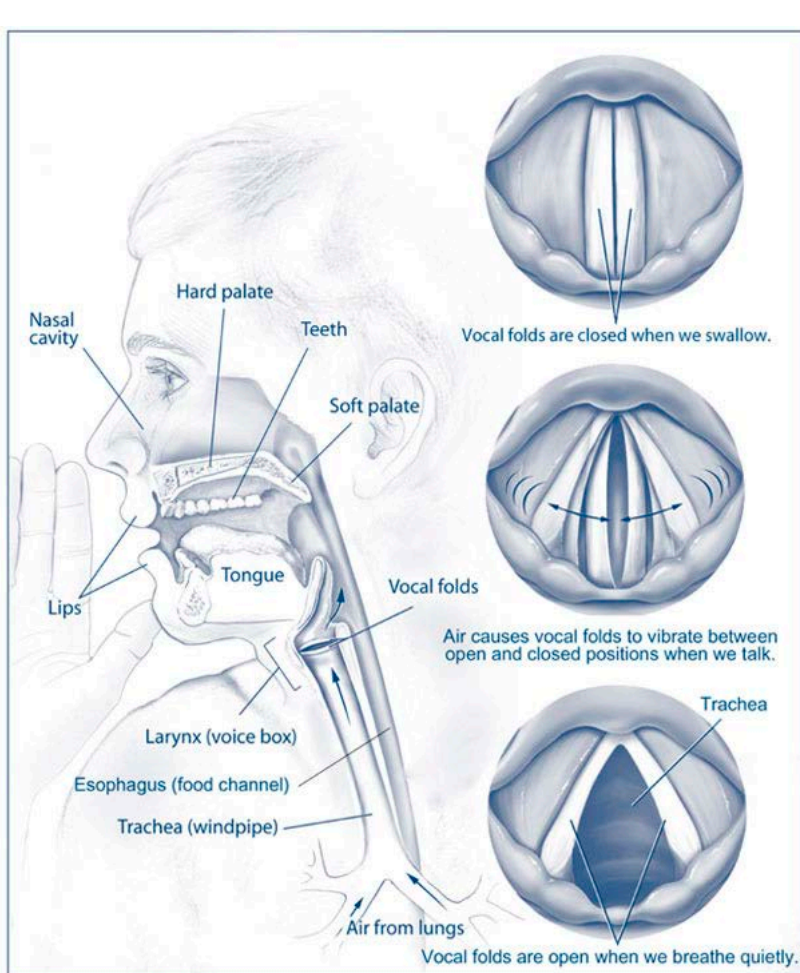


One-sided  
paralysis



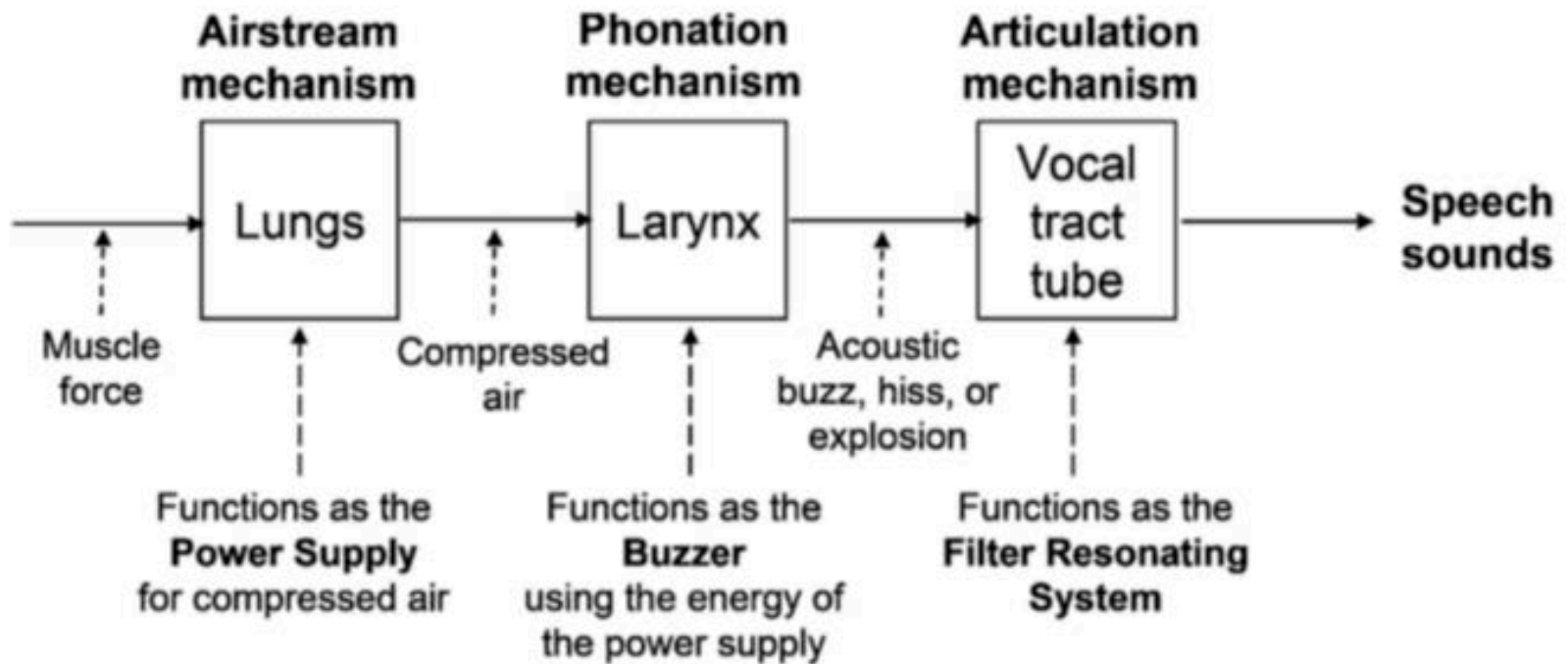
Cancer

Examination Findings



- ✓ ورود هوا به ریه در عمل دم
- ✓ ایجاد صوت با تغییر در جریان هوای بازدمی
- ✓ عبور جریان بازدم از بین تارهای صوتی (گلو ت)
- بسته و ارتعاش آنها و تولید صوتهای صدادار
- ✓ تغییر بیشتر در موج خروجی پس از عبور از گلو و دهان و حفره های بینی
- ✓ تغییر اتاقک دهان با حرکت زبان، آرواره زیرین کام نرم و گونه ها و تولید صوتهای ویژه
- ✓ ورم بافتها و تغییر ساختار گلو و حفره های بینی بر اثر سرماخوردگی و در نتیجه تغییر صدا
- ✓ صوتهای بی صدا، صوتهای تولیدی در دهان بدون استفاده از تارهای صوتی



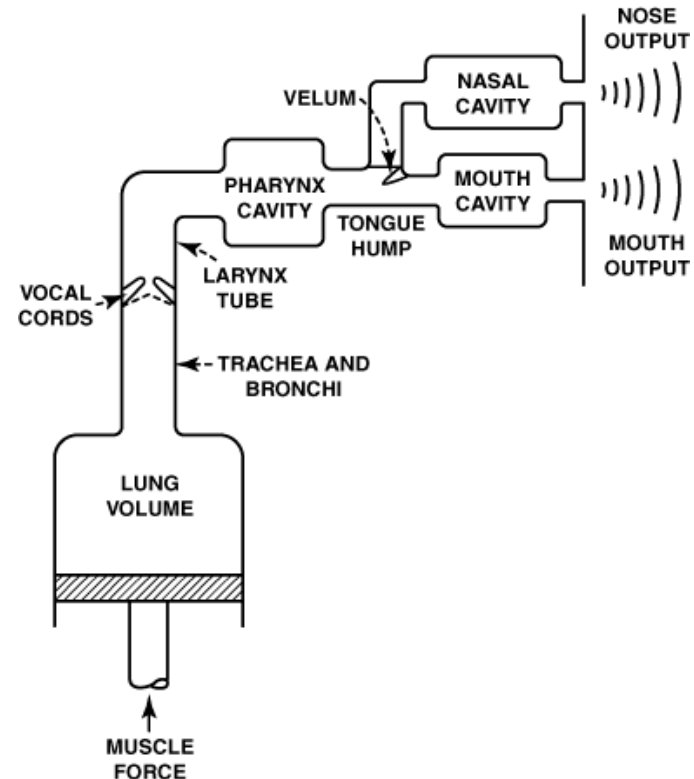
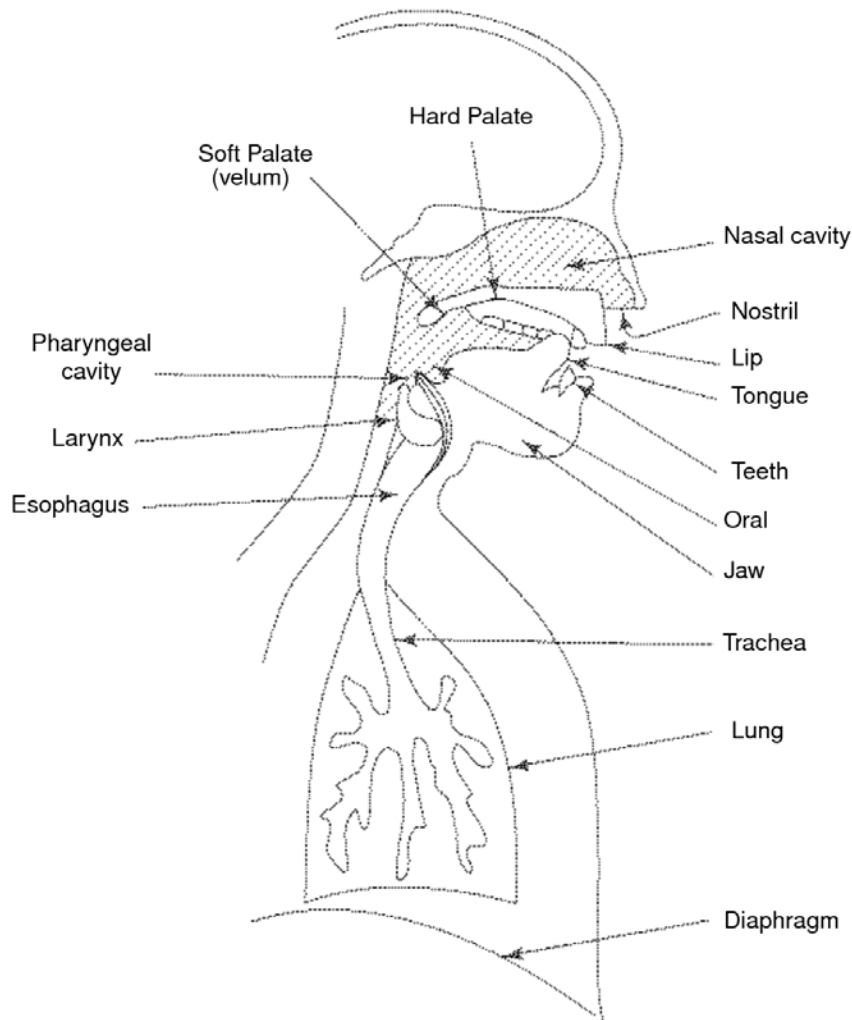


بیرون دادن هوای  
فشرده از ریه

عبور هوا از لابلائی تارهای  
صوتی و ایجاد یک موج  
صوتی

شکل گیری دقیق حروف و  
کلمات در حین عبور موج از  
لوله صوتی با تنظیمات ارادی

# مدل فیلتر - منبع برای تولید گفتار



تولید صوت در تارهای صوتی و تغییر یا فیلتره شدن آن با عبور از سه اتاقک، حلق و حفره دهان یا حفره بینی

## مقایسه گفتار در زنان و مردان

بستگی فرکانس صوت تولیدی به طول، جرم و کشش تارهای صوتی

**مردان:** تارهای صوتی بلند و سنگین، صدای تولیدی با فرکانس حدود  $125 \text{ Hz}$ ، صدای بم  
**زنان:** تارهای صوتی کوتاه و سبک، صدای تولیدی با فرکانس حدود  $250 \text{ Hz}$ ، صدای زیر



$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$

← فرکانس تار ←  $f$  ← تنش تار کشیده شده →  
 ↓ طول تار ↓  $L$  → چگالی تار →  $\rho$

# خصوصیات یک صوت تولید شده

## Pitch of the Voice

میزان کشیدگی تارهای صوتی : تاثیر بر فرکانس تار و زیری و بمی صدا

## Loudness of the Voice

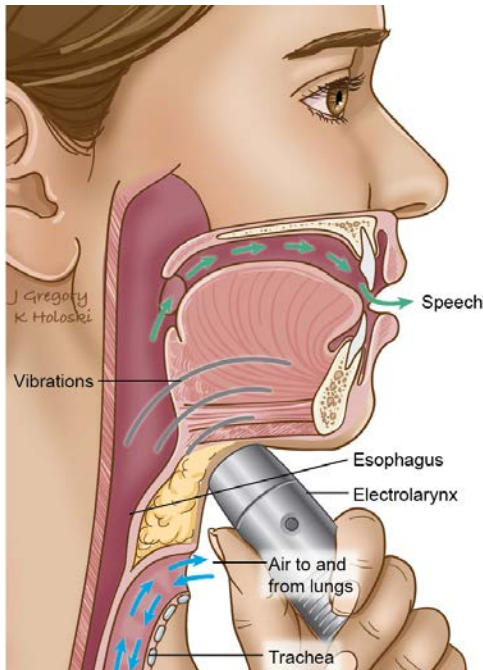
فشار هوای جمع شده در زیر تارهای صوتی : تاثیر بر بلندی صدا

## Quality of the Voice

دوری یا نزدیکی تارهای صوتی به هم : کیفیت صدا

## Laryngectomy

بیمارانی که حنجره یا جعبه صوتی خود را از دست داده اند.



- ✓ قرار دادن سر نوسان کننده دستگاه روی گردن و زیر چانه
- ✓ ایجاد ارتعاشاتی که به جای تارهای صوتی منجر به تولید موج صوتی می شود.
- ✓ عبور موج صوتی از ادامه مسیر و شکل گیری حروف

