



تقویت و فیلتر پتانسیل های حیاتی

فصل چهارم

مقدمه

- اغلب پتانسیل های بدن (بیوپتانسیل ها) دارای توان پایین (دامنه کم) و امپدانس منبع بالا هستند.
- برای اندازه گیری بیوپتانسیل های بدن نیاز به افزایش قدرت سیگنال همزمان با حفظ شکل اصلی سیگنال است.
- علاوه بر آن نیاز به فیلتر برای حذف سیگنال های ناخواسته و آرتیفکت های احتمالی است.

ویژگی های یک تقویت کننده بیوپتانسیل

- امپدانس ورودی بالا (در حدود ۱۰ مگا اهم)
- امپدانس خروجی کم
- ایزوله کردن تقویت کننده از بدن
- استفاده از فیلترهای مناسب برای محدود کردن پهنای باند تقویت کننده
- استفاده از تقویت کننده تفاضلی
- دارای بهره تفاضلی بالا و بهره مشترک پایین
- امکان کالیبراسیون دقیق

تقویت کننده الکتروکاردیوگرام (ECG)

- ECG به عنوان ابزار تشخیصی برای عملکرد نواحی مختلف قلب مورد استفاده قرار می گیرد.
- معمولاً سیگنال ECG توسط لیدهای مختلف ثبت می شود که عبارتند از:
 - لیدهای اصلی I، II و III (این سه لید معادل یک مثلث هستند که به مثلث آیندهون معروف است)
 - لیدهای تقویت شده تک قطبی شامل *avf* و *avl*، *avr*
 - لیدهای سینه ای (V1-V6)

مدل الکتریکی دو قطبی قلب

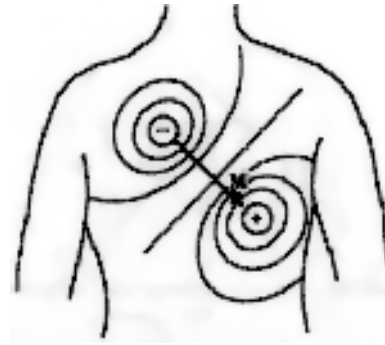
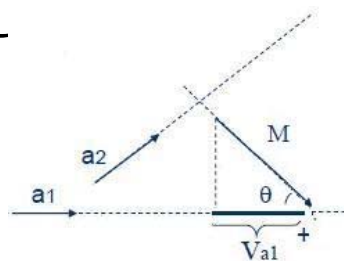


Figure 6.1 Rough sketch of the dipole field of the heart when the R wave is maximal. The dipole consists of the points of equal positive and negative charge separated from one another and denoted by the dipole moment vector \mathbf{M} .

5

بردارهای لید

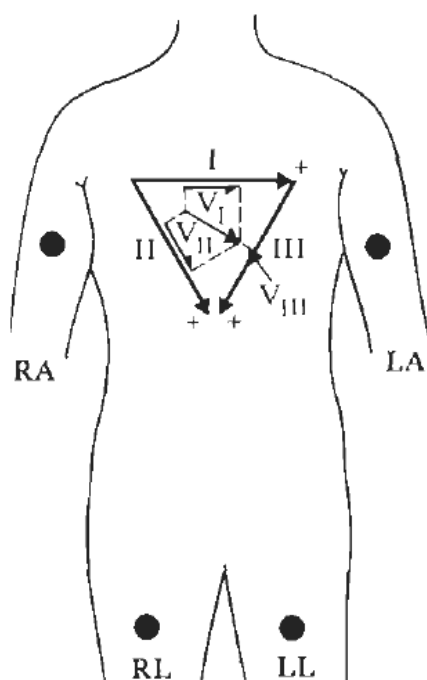
- برای اندازه گیری بردار دو قطبی \mathbf{M} از بردارهای لید مختلف که در همان صفحه بردار قلبی \mathbf{M} قرار دارند استفاده می کنیم.
- در الکتروکاردیوگرافی بالینی باید ثبت در بیش از یک لید انجام شود تا فعالیت الکتریکی



$$v_{a1} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{a}_1 \quad \text{or} \quad v_{a1} = |\mathbf{M}| \cos \theta$$

6

مثت آینهون (EINDHOVEN Triangle)



• لیدهای اصلی دو قطبی:

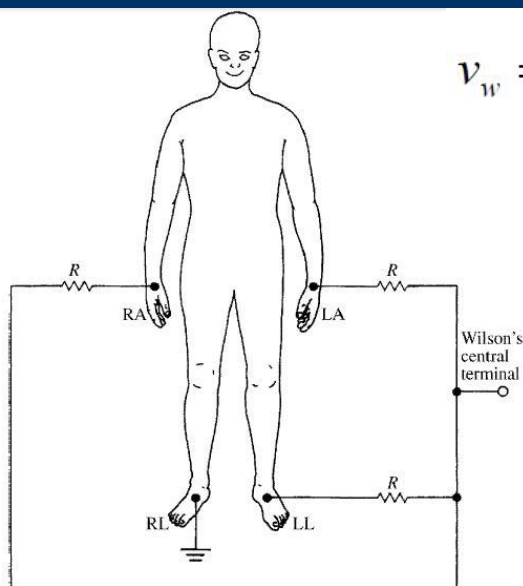
I: LA to RA

II: LL to RA

III: LL to LA

$$I - II + III = 0$$

ترمینال مرکزی ویلسون



$$V_w = \frac{V_{LA} + V_{RA} + V_{LL}}{3} \quad (R \approx 5M\Omega)$$

• لیدهای تک قطبی:

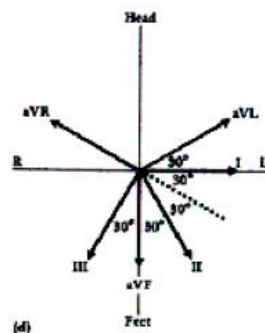
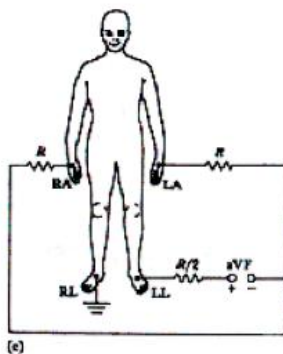
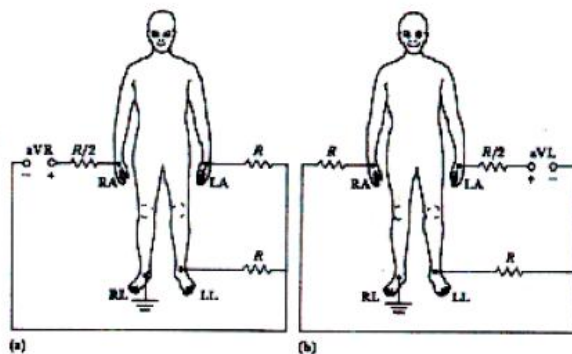
$$V_R = V_{RA} - V_w$$

$$V_L = V_{LA} - V_w$$

$$V_F = V_{LL} - V_w$$

Figure 6.4 Connection of electrodes to the body to obtain Wilson's central terminal

لیدهای تقویت شده تک قطبی

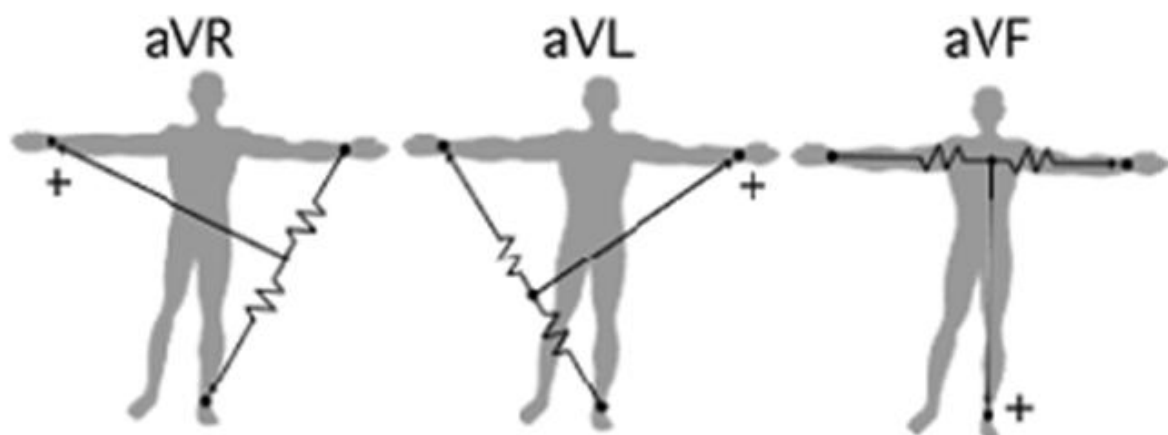


$$aVR = \frac{2v_{RA} - v_{LA} - v_{LL}}{2} = \frac{3}{2} \times v_R$$

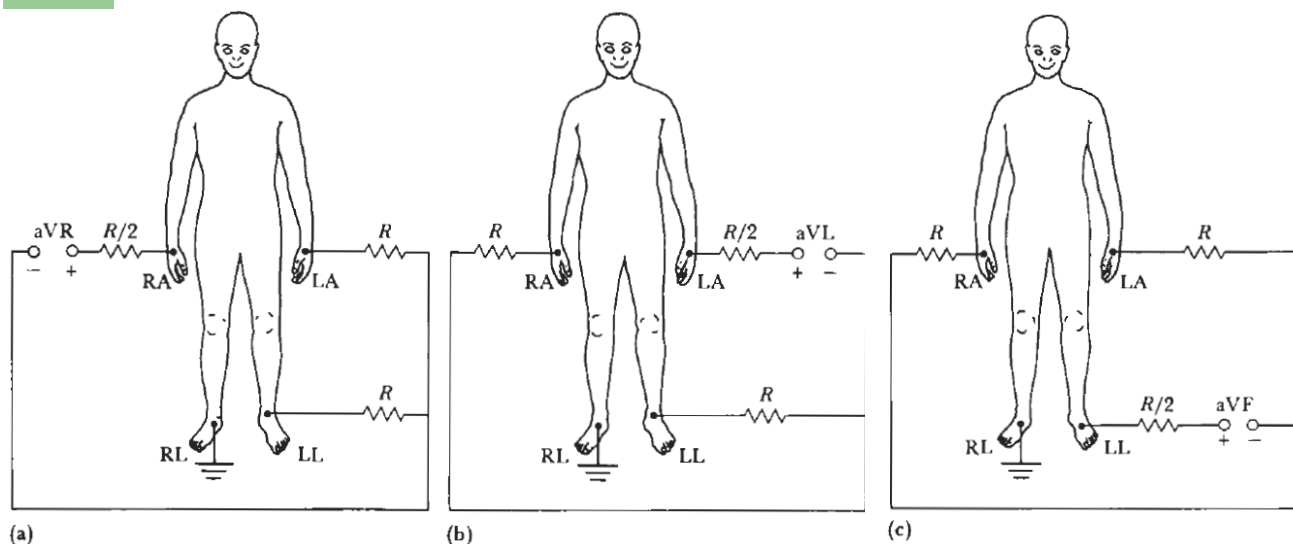
$$aVL = \frac{3}{2} \times v_L$$

$$aVF = \frac{3}{2} \times v_F$$

لیدهای تقویت شده تک قطبی شامل aVR ، aVL و aVF

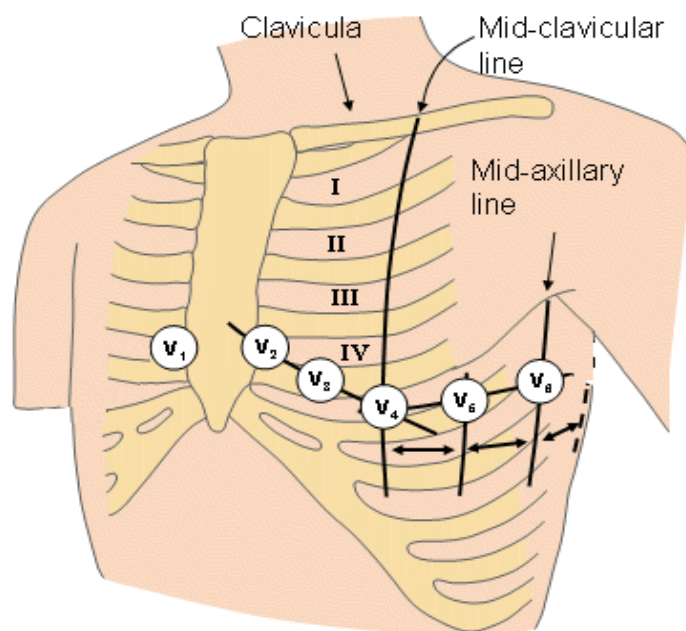


لیدهای تقویت شده تک قطبی شامل avf ، avl و avr



11

لیدهای استاندارد صفحه عرضی



12

اجزای سخت افزاری یک دستگاه ECG

۱- مدار حفاظت:

- شامل قطعات حفاظتی است که از ولتاژهای بالایی که ممکن است در اطراف ورودی دستگاه ایجاد شود، محافظت می کند.

۲- انتخابگر لید:

- بخشی از دستگاه است که در آن اتصال الکتروود به ترمینال مرکزی انجام می شود.
- وظیفه آن تعیین لیدهایی است که برای ثبت ECG استفاده می شوند.
- انتخاب لید یا به صورت دستی است یا به صورت خودکار توسط دستگاه

اجزای سخت افزاری یک دستگاه ECG (ادامه...)

۳- بخش کالیبراسیون:

- تولید سیگنال کالیبراسیون به دامنه 1mv برای مدت کوتاه در هر کانال ثبت ECG

۴- پیش تقویت کننده:

- تقویت اولیه ECG
- دارای امپدانس ورودی خیلی بالا
- CMRR بالا
- کم نویز

اجزای سخت افزاری یک دستگاه ECG (ادامه...)

۵- مدار ایزولاسیون:

- سدی برای عبور جریان برق شهر از بدن بیمار

۶- تقویت کننده راه انداز (درایور):

- ECG را تا سطحی که سیگنال به طور مناسب بر روی نمایشگر یا چاپگر ثبت شود، تقویت می کند.

- کوپلاژ خازنی در ورودی تقویت کننده

- دارای فیلتر میان گذر

- کنترل آفست صفر برای تعیین سطح dc سیگنال خروجی

اجزای سخت افزاری یک دستگاه ECG (ادامه...)

۷- بخش حافظه:

- در برخی دستگاه های مدرن، سیگنال ECG را بر اساس اطلاعات بیمار ذخیره و در صورت نیاز بر روی کاغذ چاپ می کنند.

۸- میکرو کامپیوتر:

- کنترل عملکرد کلی دستگاه

- استخراج آهنگ ضربان قلب در هر لحظه

- تفسیر سیگنال ECG

- تشخیص برخی از انواع آریتمی ها

اجزای سخت افزاری یک دستگاه ECG (ادامه...)

۹- ثبت کننده-چاپگر:

- چاپ سیگنال ECG بر روی کاغذ
- چاپ مشخصات بیمار و نتایج تحلیل خودکار ECG در مدل های پیشرفته
- چاپ آهنگ ضربان قلب



مسائل قابل توجه در طراحی و کاربرد دستگاه ECG

- ۱- اعوجاج فرکانسی
- ۲- اعوجاج اشباع و قطع
- ۳- حلقه های زمین
- ۴- قطع شدن سیم های ارتباطی الکترودها
- ۵- آرتیفکت گذرهای الکتریکی بزرگ
- ۶- تداخل سیگنال از وسایل الکتریکی دیگر

۱- اعوجاج فرکانسی

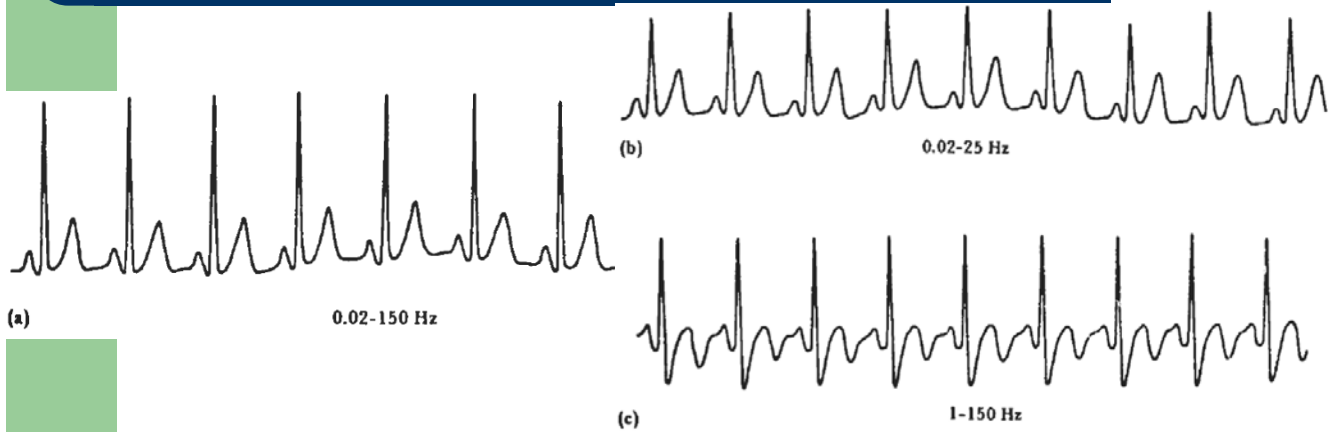


Figure 6.8 Effects of frequency distortion on ECG (a) True ECG. (b) The same ECG when passed through a circuit that has diminished gain at high frequencies. This pattern is said to have high-frequency distortion. (c) The same ECG as in (a) when passed through an amplifier that has inadequate gain for low frequencies. This type is said to have low-frequency distortion.

۲- اعوجاج اشباع و قطع

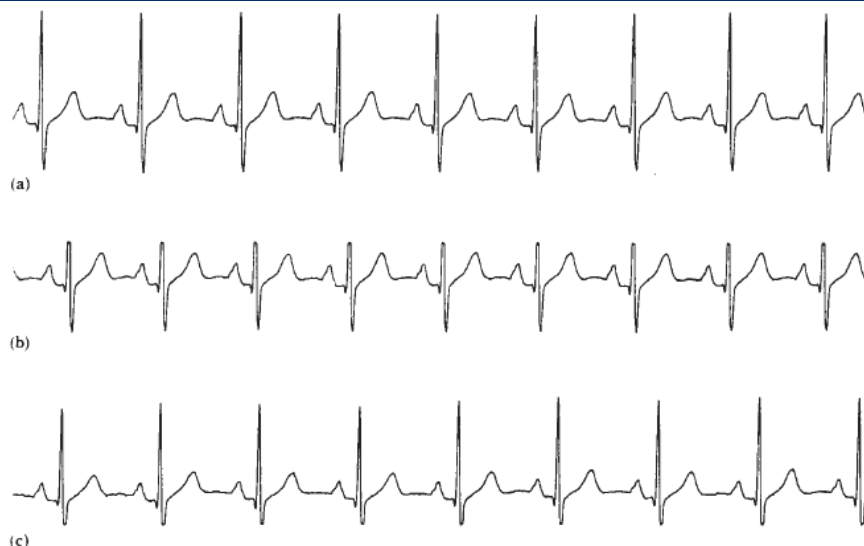


Figure 6.9 Effects of saturation or cutoff distortion on ECG (a) Undistorted ECG. (b) Clipping of peak of the ECG in (a) due to positive-saturation effects in the amplifier. (c) Clipping of lower voltages in the ECG of (a) due to negative saturation or cutoff effects in amplifier.

۳- حلقه های زمین

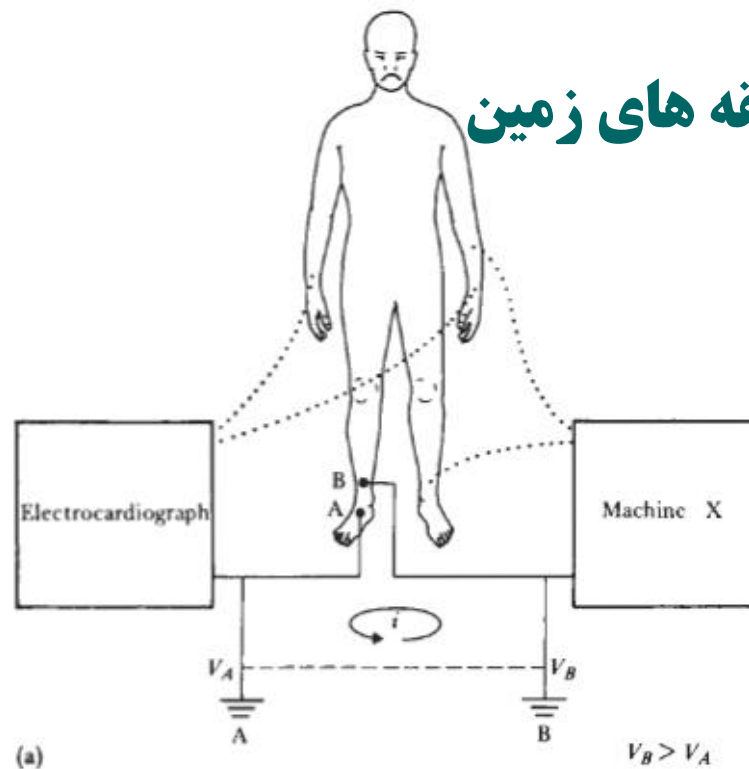
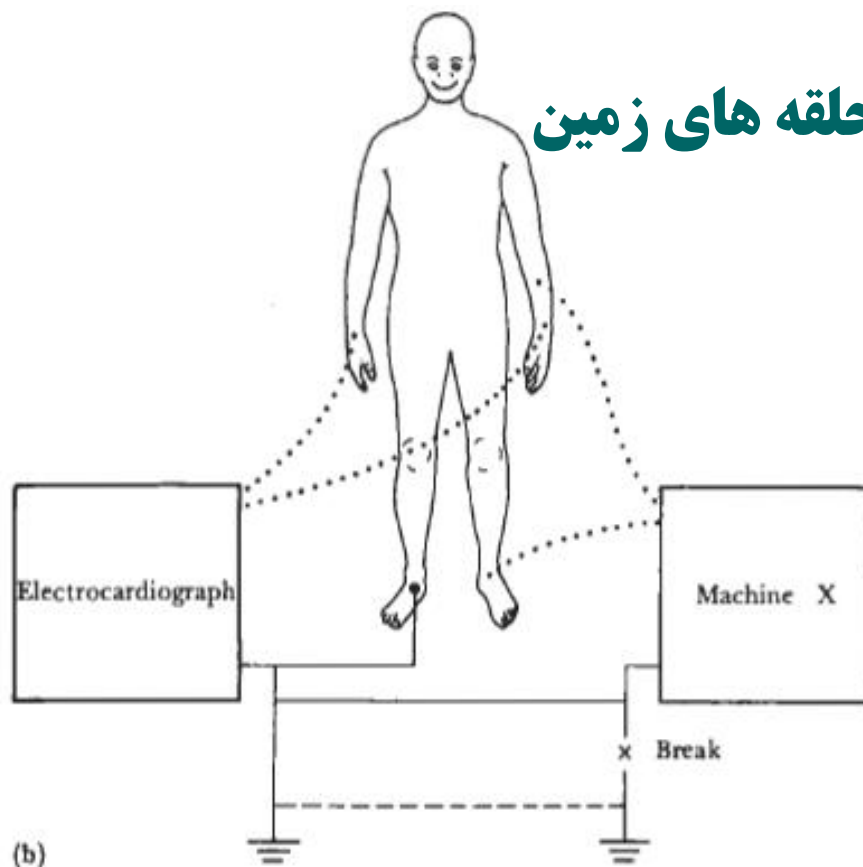


Figure 6.10 (a) Example of a ground loop between an electrocardiograph and another electric machine connected to the same patient. Each machine is grounded separately and also connected to the patient, so there is a closed path from ground A on the electrocardiograph to ground B on machine X. Current returns through dashed line representing connection between grounds in the wall and thereby establishes the loop.

21

۳- حلقه های زمین



(b) The ground loop can be eliminated by connecting both machines to the same ground and having only one connection to the patient.

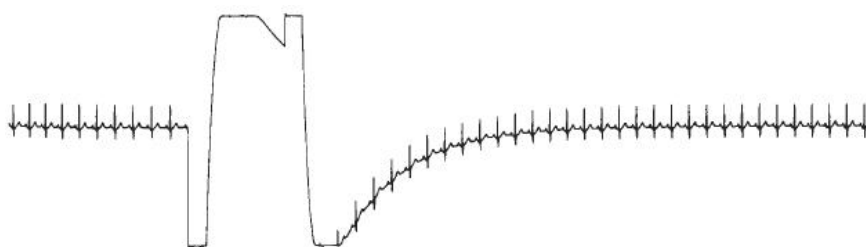
22

۴- سیم‌های لید باز

- ممکن است یکی از سیم‌هایی که الکتروود بیوپتانسیل را به دستگاه الکتروکاردیوگراف وصل می‌کند، قطع شود و یا بشکند.
- یا الکتروود تماس خوبی با بدن بیمار نداشته باشد.
- در این حالت پتانسیل‌های نسبتاً بالا در اثر میدان‌های الکتریکی که از خطوط تغذیه یا منابع دیگر در مجاورت دستگاه ناشی می‌شود، القاء می‌شود.
- این امر سبب ایجاد یک انحراف وسیع با دامنه ثابت در قلم یا چاپگر در فرکانس تغذیه و البته از دست رفتن سیگنال می‌شود.

۵- آرتیفکت گذرهای الکتریکی بزرگ

- در برخی وضعیت‌ها هنگامی که از بیمار ECG گرفته می‌شود، ممکن است اعمال شوک الکتریکی به قلب لازم باشد.
- در چنین حالتی پتانسیل‌های گذرا در اطراف الکتروودها مشاهده می‌شود که باعث ایجاد جابجایی ناگهانی در ECG بیمار می‌شود.



۶- تداخل سیگنال از وسایل الکتریکی دیگر

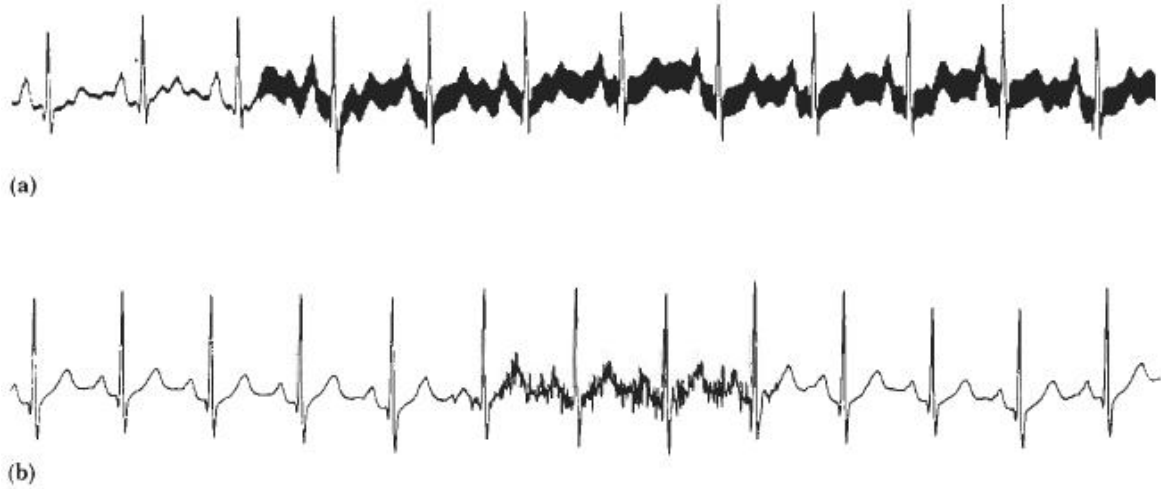
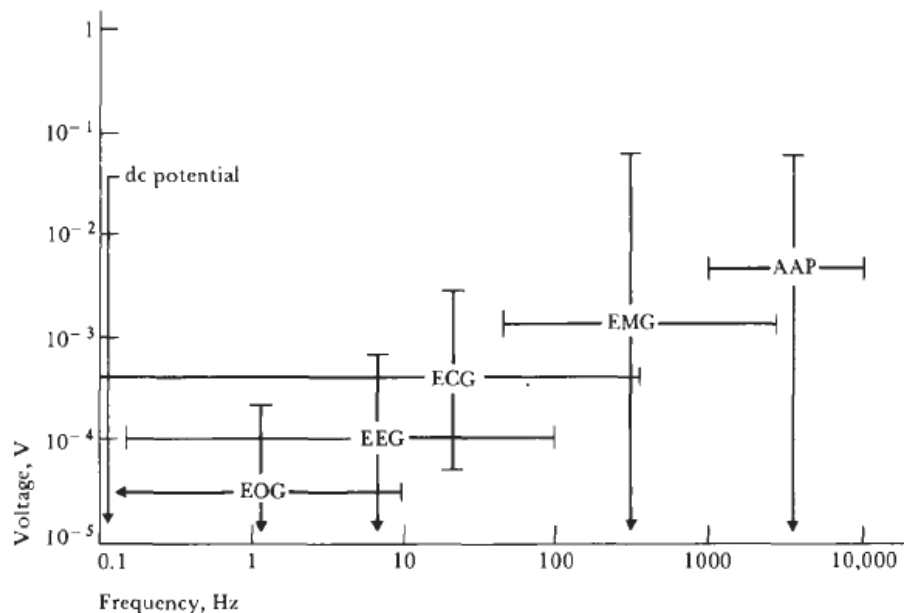


Figure 6.12 (a) 60-Hz power-line interference. (b) Electromyographic interference on the ECG.

25

تقویت کننده هایی برای سیگنال های بیوتانسیل دیگر



26

تقویت کننده EMG

- سیگنال الکترومایوگرام (EMG)

- محدوده فرکانسی ۲۵ هرتز تا چند کیلوهرتز
- دامنه سیگنال بسته به نوع الکتروود استفاده شده از $100\mu V$ تا $90mV$

- تقویت کننده های EMG

- دارای پاسخ فرکانسی وسیع
- نیازی به پوشش محدوده فرکانسی خیلی پایین ندارند
- آرتیفکت های حرکتی به دلیل داشتن فرکانس های پایین به راحتی فیلتر می شوند

تقویت کننده EEG

- سیگنال الکتروانسفالوگرام (EEG)

- محدوده فرکانسی 0.1Hz تا 100Hz
- دامنه سیگنال بین $25\mu V$ تا $100\mu V$

- تقویت کننده های EEG

- دارای بهره نسبتاً بالا
- دارای CMRR بالا
- دارای امپدانس ورودی بالا