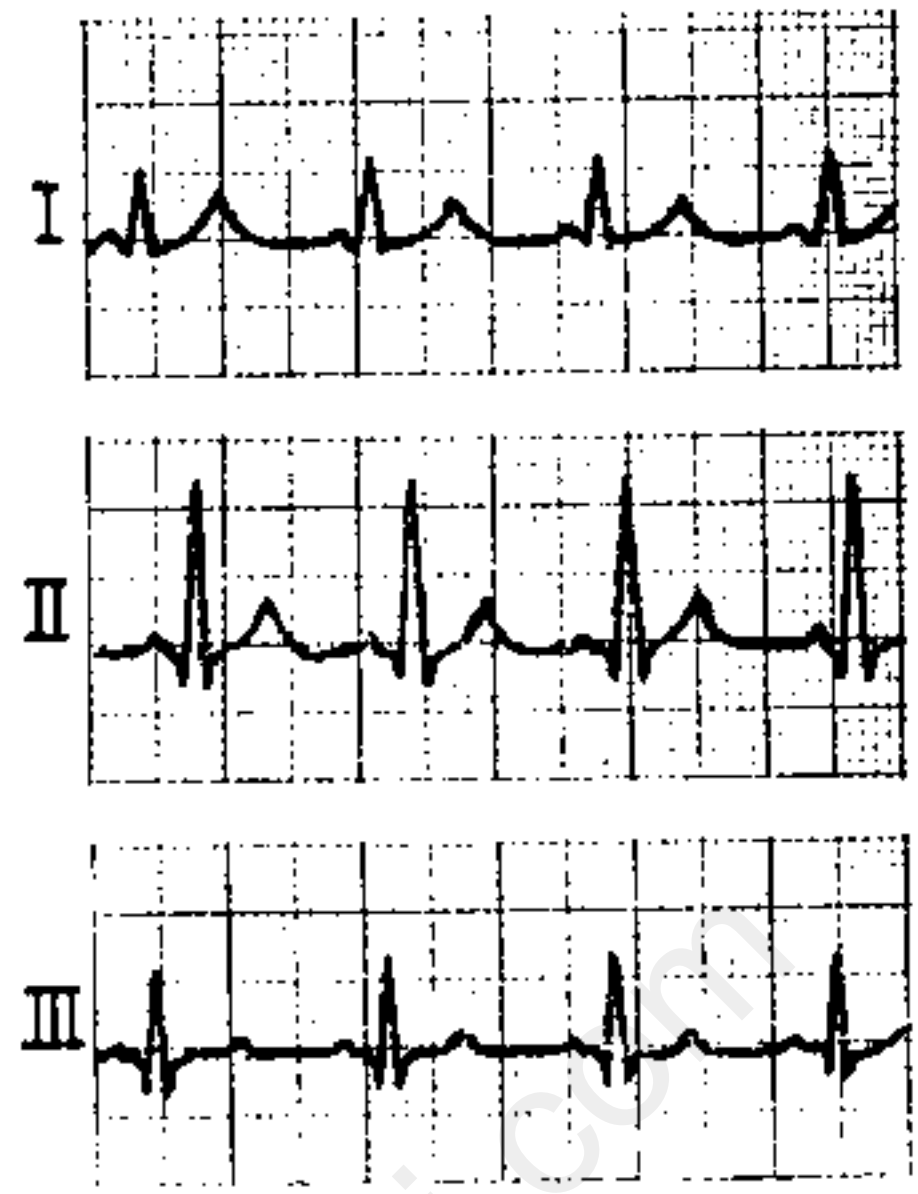


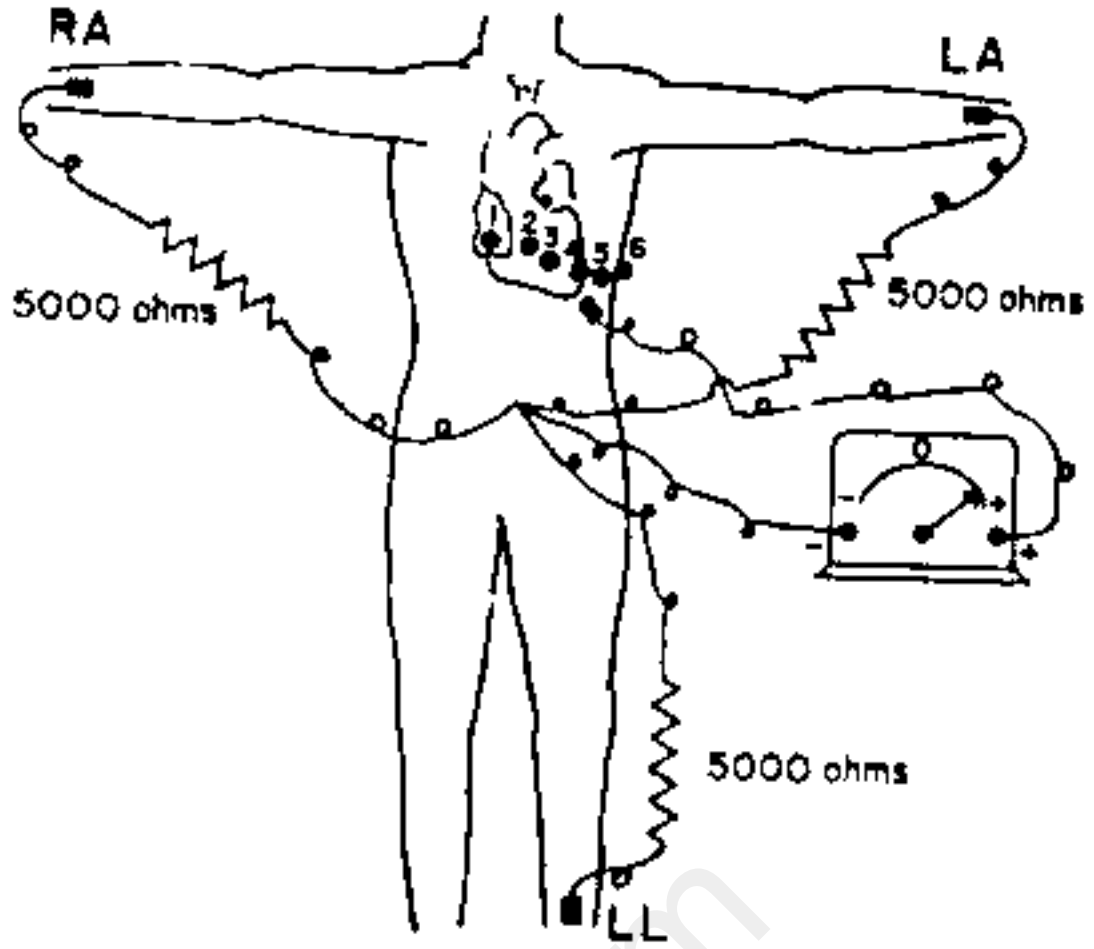
شکل۷ـ۱۵ ـ الکتروکاردیوگرامهای طبیعی ثبت‌شده‌ازسه اشتقاق استاندارد الکتروکاردیوگرافیك

تشخیص آریتمیها بطور عمده بستگی به‌روابط زمانی بین امواج مختلف دورهٔ قلبی‌دارد. ازطرف دیگر، هنگامیکه تعیین وسعت ونوع آسیب در عضلهٔ بطنی یا دهلیزی مطرح باشد انتخاب اشتقاقهای ثبت شده‌اهمیت زیادی پیدا می‌کند زیرا اختلالات عضلهٔ قلبی طرح الکتروکاردیوگرام را دربعضی ازاشتقاقها بطور بارزی تغییر می‌دهد ولی ممکن است تأثیری برروی سایر اشتقاقها نداشته باشد.

تفسیر الکتروکاردیوگرافیك این دونوع‌اختلال یعنی میوپاتیهای قلبی وآریتمیهای قلبی بطورجداگانه در دوفصل بعدی شرح داده‌خواهند شد.

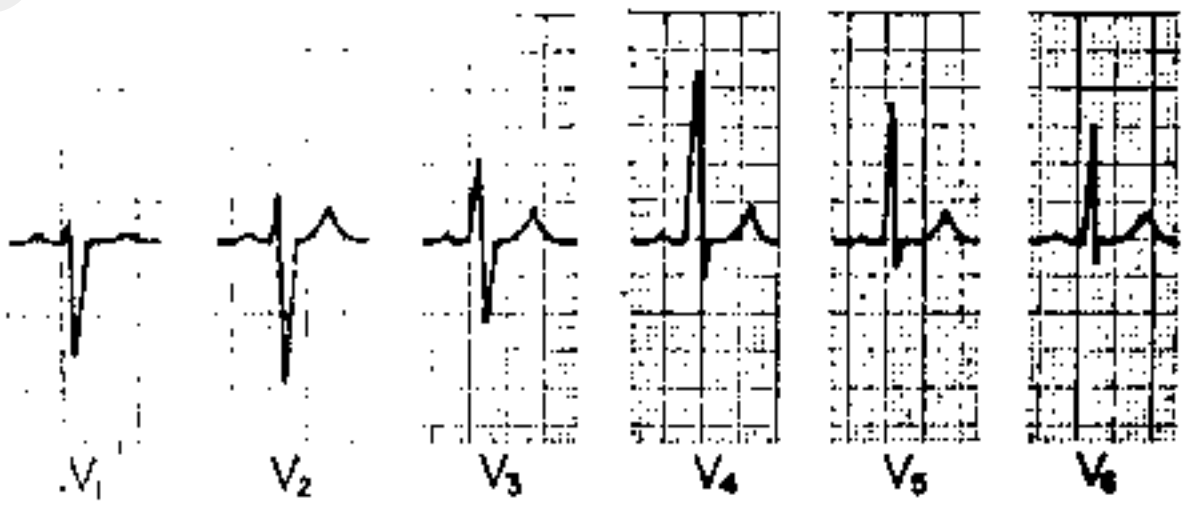
اشتقاقهای سینه‌ای (اشتقاقهای جلوی قلبی)

غالباً الکتروکاردیوگرام باقراردادن یك الکترود درسطح قدامی سینه برروی‌قلب همانطورکه بوسیلهٔ شش‌نقطهٔ جداگانه درشکل ۸-۱۵ نشان‌داده شده، ثبت می‌گردد. این الکترود به‌قطب مثبت الکتروکاردیوگراف متصل می‌شود والکترود منفی موسوم به الکترود بی‌تفاوت درحال عادی همزمان با هم از طریق مقاومتهای الکتریکی به دست راست، دست چپ وپای چپ متصل می‌شودکه در شکل‌نیز نشان داده شده است. معمولا شش اشتقاق‌جلوی قلبی precordial استاندارد مختلف‌ازسطح‌قدامی سینه ثبت می‌شود والکترود سینه‌ای به‌ترتیب‌برروی شش نقطه‌ای که در دیاگرام نشان داده‌شده قرارداده می‌شود . شش اشتقاقی‌که بـه روش شکل ۸-۱۵ ثبت می‌شونـد موسوم به اشتقاقهای V_1، V_2، V_3، V_4، V_5، و V_6 هستند.



شکل۸-۱۵ـ اتصالات بدن باالکترو- کاردیوگراف بـرای ثبت اشتقاقهای سینه‌ای.

شکل۹-۱۵ الکتروکاردیوگرامهای قلب طبیعی را که درشش اشتقاق استانـدارد سینه‌ای ثبت شده‌اند نشان می‌دهد. چون سطوح قلب به جدار سینه نزدیك هستند، هر اشتقاق قلبی بطورعمده پتانسیل الکتریکی عضلهٔ قلبی را بلافاصله‌در زیر الکترود ثبت می‌کند. بنابراین، اختلالات‌نسبتاً کوچك‌دربطنها وبخصوص درجدار قدامی بطنها، غالباً مـوجـب تغییرات بـارزی در الکترو کاردیوگرامهای ثبت شده از اشتقاقهای سینه‌ای می‌گردد.



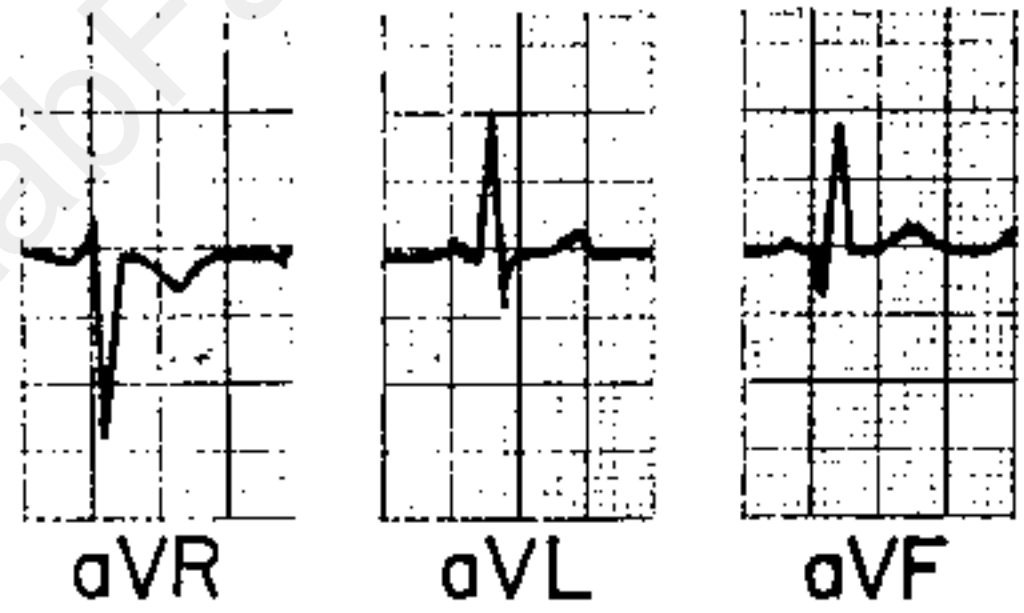
شکل۹-۱۵ـ الکتروکاردیوگرامهای طبیعی ثبت‌شده ازسش اشتقاق استاندارد جلوی قلبی.

در اشتقاقهای V_1 و V_2 کمپلکس QRS درقلب طبیعی بطورعمده‌منفی‌است‌زیرا همانطورکه درشکل ۸-۱۵ نشان‌داده شده الکترود سینه‌ای دراین اشتقاقها به‌قاعدهٔ قلب نزدیکتر از نـوك آن است و ایـن همان جهت الکترونگاتیویته در قسمت اعظم روند دپولاریزاسیوان‌بطنی‌است. ازطرف دیگر، کمپلکس QRS در اشتقاقهای V_4، V_5 و V_6 بطور عمده مثبت است زیرا الکترود سینه‌ای دراین اشتقاقها به‌نوك قلب نزدیکتر است واین همان جهت الکتروپوزیتیویته درجریان دپولاریزاسیون است.

اشتقاقهای تقویت شدهٔ یك قطبی اندامها

سیستم دیگری ازاشتقاقهاکه بطور وسیع مورد استفاده قراردارد اشتقاقهای‌تقویت شدهٔ یك قطبی اندامها augmented unipolar limb laeds است . در این‌نوع اشتقاقها دوتا از اندامهاازطریق‌مقاومتهای الکتریکی‌به‌الکتروکاردیوگراف واندام دیگر به‌قطب مثبت آن متصل می‌شود. هنگامیکه قطب مثبت به‌دست راست متصل می‌شود این اشتقاق موسوم به اشتقاق یك قطبی‌تقویت شدهٔ دست‌راست **aVR**، هنگامیکه‌قطب مثبت به‌دست چپ متصل می‌شود این اشتقاق موسوم به‌اشتقاق یك‌قطبی تقویت شدهٔ دست چپ **aVL**، وهنگامیکه قطب مثبت‌به‌پای چپ متصل می‌شود این‌اشتقاق موسوم به اشتقاق یك قطبی تقویت شدهٔ پای چپ **aVF** است.

الکتروکاردیوگرامهای طبیعی اشتقاقهای تقویت شدهٔ یك قطبی اندامها درشکل ۱۰- ۱۵ نشان داده شده است. این منحنی‌ها شبیه اشتقاقهای استاندارد اندامها هستند باستثنای اینکه اشتقاق **aVR** معکوس است.دلیل این معکوس بودن‌آن است‌که قطبهای الکتروکاردیوگراف در این مورد درجهت معکوس مسیر جریان الکتریکی درقلب درطی دورهٔ قلبی، به بدن متصل می‌شود.



شکل ۱۰-۱۵- الکتروکاردیوگرامهای ثبت شده‌از سه‌اشتقاق تقویت شدهٔ یك قطبی اندامها

هر اشتقاق تقویت شدهٔ یك قطبی اندامها پتانسیل قلب را در طرفی که به‌اندام مربوطه نزدیکتراست‌ثبت می‌کند. به‌این ترتیب،هنگامیکه منحنی الکتروکاردیوگرام در اشتقاق**aVR** منفی است این بدان‌معنی است‌که‌طرفی ازقلب که به‌دست راست‌نزدیکتر است نسبت‌به‌بقیهٔ قلب منفی است وهنگامیکه منحنی دراشتقاق **aVF** مثبت است بدان معنی است‌که نوك قلب نسبت به‌بقیهٔ قلب مثبت است.

فصل ۱۶

تفسیر الکتروکاردیوگرافی در میوپاتیهای قلبی ـ آنالیز وکتوری

از بحث فصل ۱۴ درمورد انتقال ایمپالس درقلب آشکار است که هرگونه تغییری در طرح این انتقال می‌تواند موجب برقراری جریانهای الکتریکی غیرطبیعی در اطراف قلب شده ودرنتیجه می‌تواند شکل امواج الکتروکاردیوگرام را تغییردهد. به‌این‌دلیل، تقریباً تمام اختلالات شدید عضلهٔ قلبی را می‌توان بوسیلهٔ آنالیز شکل امواج مختلف دراشتقاقهای الکتروکاردیوگرافیک مختلف کشف کرد. هدف‌از فصل حاضر، بحث درمورد تغییرات مختلف الکتروکاردیوگرام در هنگامی است که یا عضلهٔ قلب یا سیستم هدایتی و بخصوص سیستم هدایتی بطنها بطورغیرطبیعی عمل می‌کنند.

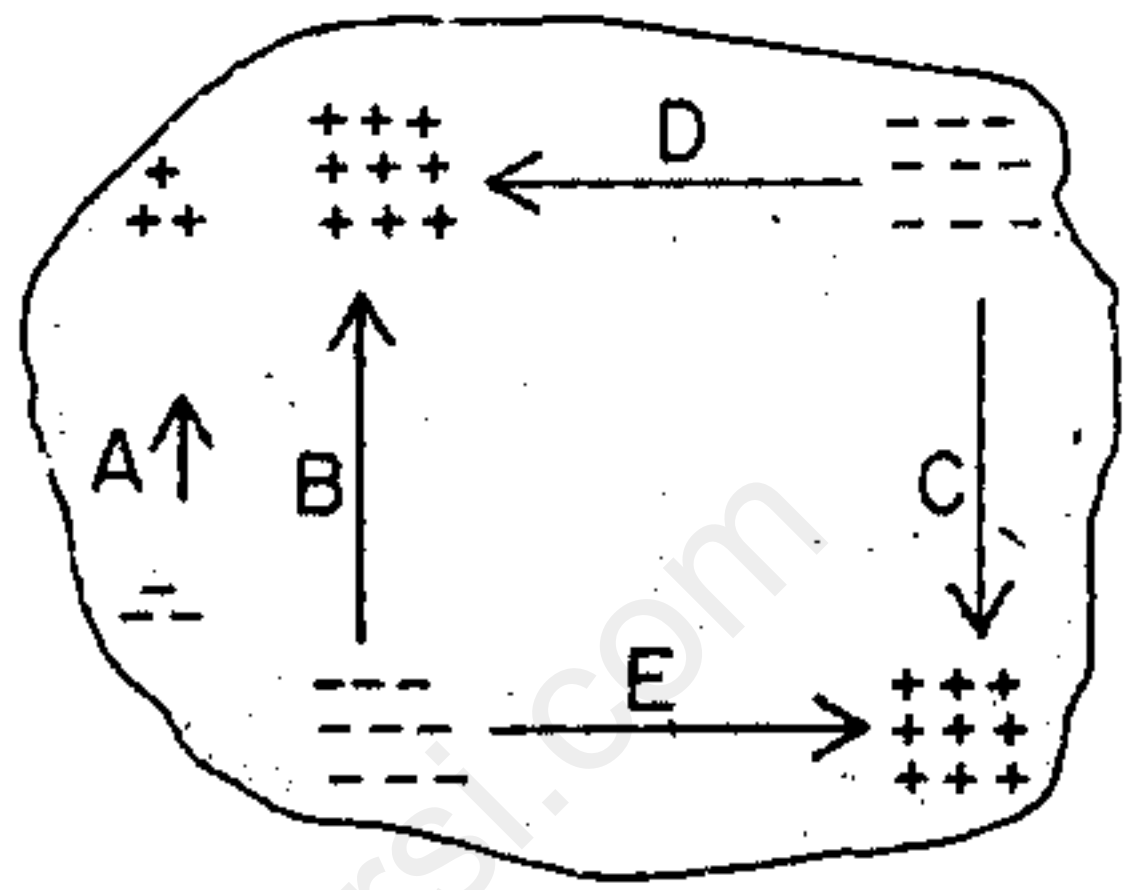
اصول آنالیز وکتوری الکتروکاردیوگرام

استفاده از وکتورها برای نمایش پتانسیلهای الکتریکی

قبل‌ازآنکه بتوان‌چگونگی‌تاثیراختلالات قلبی‌برروی‌شکل‌امواج‌الکتروکاردیوگرام را درک کرد باید ابتدا با بردارها یا وکتورها vectors وآنالیز وکتوری در مورد جریانهای الکتریکی که در داخل ودر اطراف قلب برقرارمی‌شوند آشنائی پیداکرد.

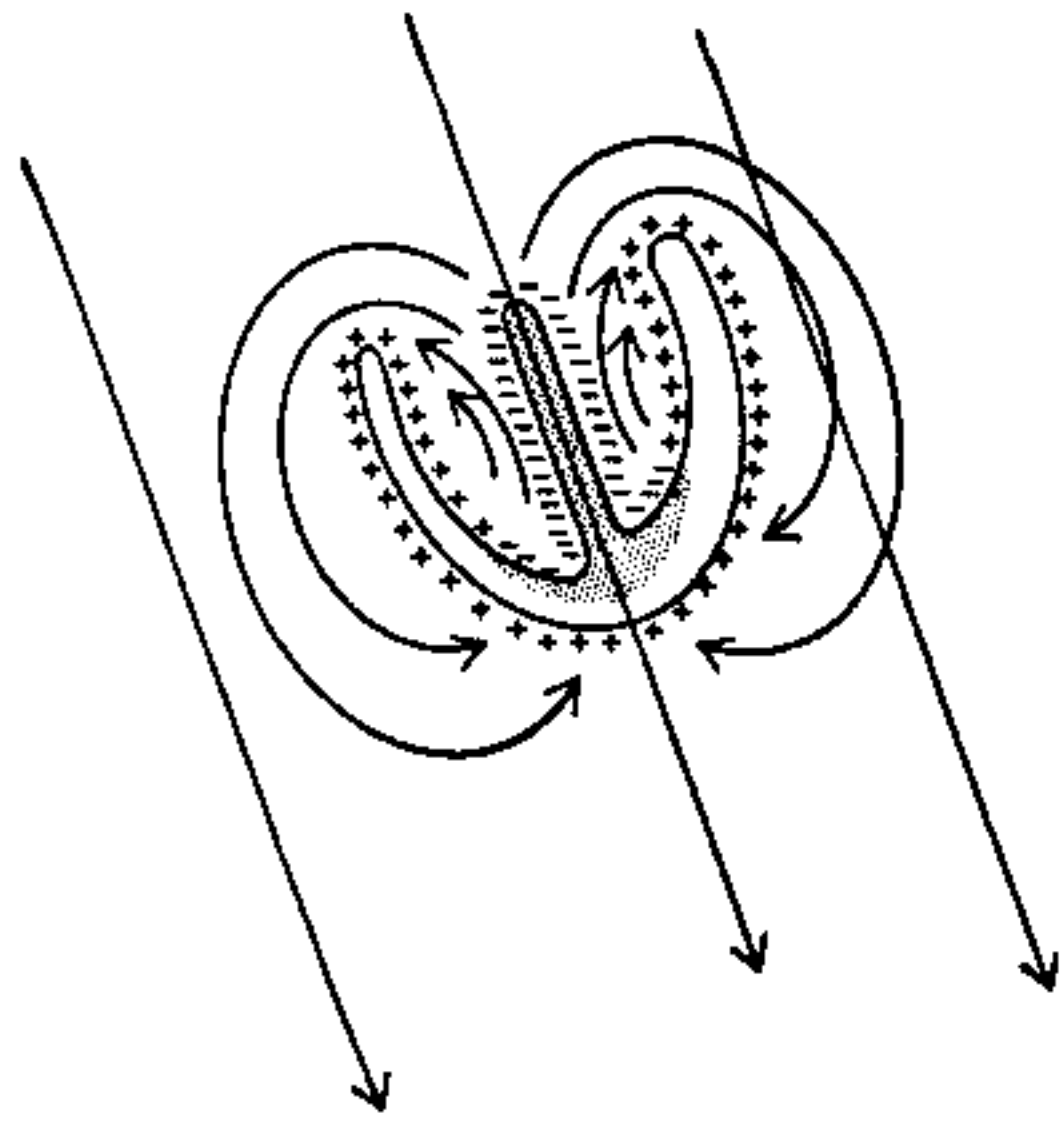
چندبن‌بار درفصل‌قبل خاطرنشان شدکه جریان الکتریکی درهرلحظهٔ معین ازدورهٔ قلبی درجهت‌خاصی سیرمی‌کند. وکتوربیکانی است‌که درجهت‌جریان الکتریکی قرارداشته و نوک آن در جهت مثبت است. همچنین، بطورقراردادی، طول پیکان متناسب با ولتاژ تولید شده بوسیلهٔ جریان الکتریکی ترسیم می‌شود.

در شکل ۱-۱۶، چندین وکتور مختلف بین‌مناطق‌دارای‌پتانسیل منفی و مثبت در یک‌تودهٔ سن‌سیسیال عضلهٔ قلبی نشان داده شده است. ابتدا توجه کنیدکه هروکتور از منفی به‌مثبت‌کشیده شده وثانیاً طول وکتورمتناسب با مقدار شارژهائی است‌که موجب برقراری جریان الکتریکی می‌شوند.



شکل ۱-۱۶- وکتورهای نشان دهندهٔ جریان الکتریکی درداخل تودهٔعضلهٔ قلبی. برای‌توضیح به‌متن‌مراجعه شود.

برآیند وکتور در قلب در هرلحظهٔ معین - شکل ۲-۱۶ بوسیلهٔ نواحی تیره و علائم منفی، دپولاریزاسیون جدار بین‌دوبطن و قسمتی از جدارهای آندوکاردی جانبی دوبطن را نشان‌می‌دهد. جریانهای الکتریکی همانطورکه بوسیلهٔ پیکانهای بیضی مشخص شده ازجداربین‌دوبطن وجدارهای آندوکاردی جانبی به‌طرف خارج قلب انتشارمی‌یابند. جریانهای الکتریکی همچنین درداخل حفره‌های قلبی مستقیماً ازنواحی دپولاریزه به‌سوی



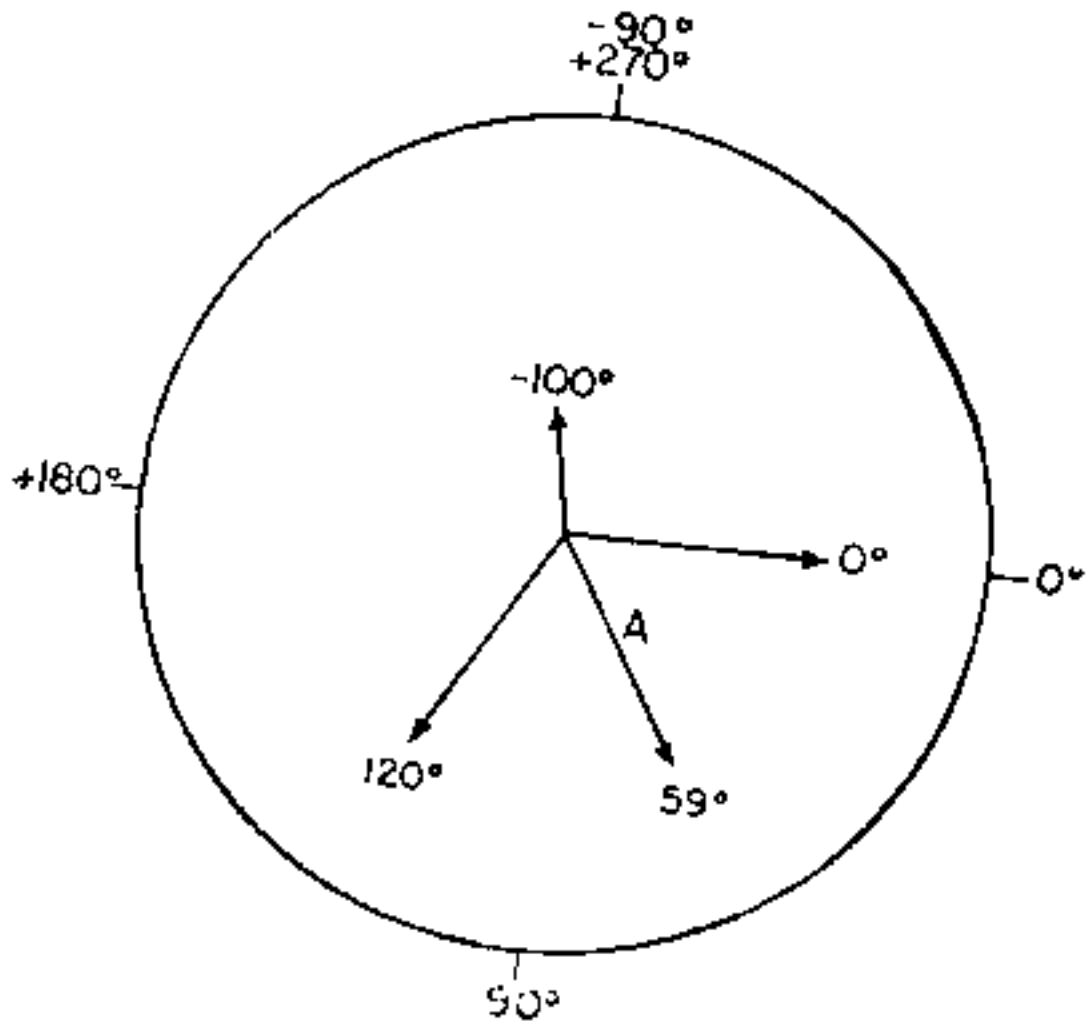
شکل ۲-۱۶- برآیند وکتور درقلبی که قسمتی‌از آن دپولاریزه شده است. دووکتور اضافی نیز یکی در هرطرف قلب نشان داده شده‌اند. این وکتورها دارای همان اهمیت وکتوری هستندکه از مرکز قلب کشیده می‌شود (برای توضیح به‌متن مراجعه شود).

نواحی غیردپولاریزه برقرار می‌شوند. با وجودیکه مقدار اندکی جریان الکتریکی در داخل قلب در جهت روبه‌بالاسیرمی‌کند مقدار بسیار بیشتری جریان الکتریکی در خارج بطنها بسوی نوك قلب در جهت‌روبه‌پائین سیرمی‌کند. بنابراین برآیند وکتورجریانهای الکتریکی دراین‌لحظهٔ خاص، از وسط بطنها درجهت‌قاعدهٔ قلب به‌سوی نوك قلب ترسیم می‌شود. علاوه‌برآن، چون این جریانهای الکتریکی ازنظر مقدار قابل‌ملاحظه هستند، وکتور نسبتاً دراز است.

تغییرمحل وکتورها در فضا ـ دو وکتور دیگر بغیر از وکتوری که از مرکز قلب کشیده شده درشکل ۲ـ۱۶ نشان داده شده‌اند. این‌وکتورها دقیقاً درهمان‌جهت وکتوری هستندکه از مرکز قلب‌کشیده شده است و بعلاوه دقیقاً دارای همان طول نیز هستند. این وکتورها دارای همان مفهوم وکتوری هستندکه از مرکز قلب‌کشیده شده است زیرا یك‌وکتور فقط (۱) جهت جریان الکتریکی و (۲) پتانسیل ایجاد شده بوسیلهٔ این‌جریان الکتریکی را مشخص می‌سازد. بنابراین می‌توان وکتور را چنان ترسیم‌کرد که مستقیما ازمرکزقلب بگذرد یا می‌توان آن را چنان ترسیم کردکه دریك‌طرف‌قلب یا دریك‌انتهای آن قرارگیرد. تازمانی‌که جهت وطول وکتورصحیح باشد مفهوم آن‌صرف‌نظراز وضعیت وکتور نسبت به‌قلب، دقیقاً یکسان باقی خواهد ماند.

مشخص‌کردن جهت یك‌وکتور برحسب درجه

هنگامیکه یك‌وکتور افقی بوده وجهت آن به‌جانب پهلوی‌چپ شخص باشد گفته می‌شود که وکتور همانطورکه در شکل ۳ـ۱۶ نشان داده شده در جهت صفر درجه قراردارد.



شکل ۳ـ۱۶ ـ وکتورهائی که برای نشان‌دادن جهت جریان الکتریکی و پتانسیلها برای چندین قلب مختلف ترسیم شده‌اند.

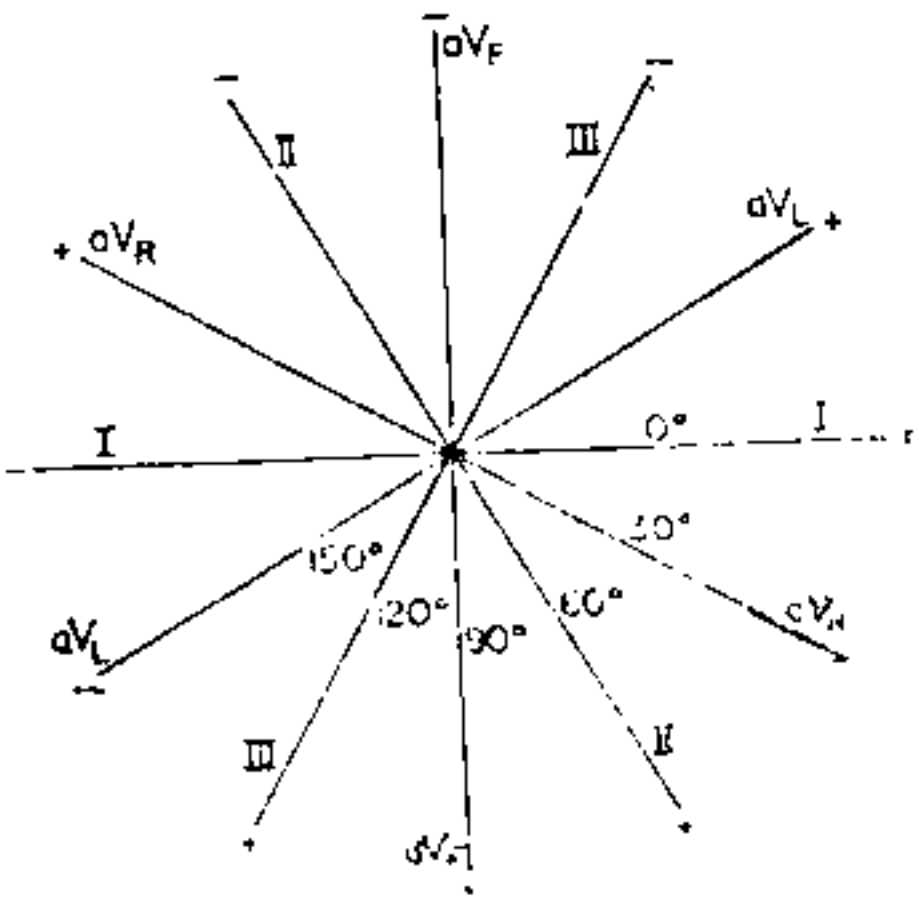
اشل‌وکتورها از این نقطهٔ صفر درجهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخش می‌کند: هنگامیکه وکتور از بالابه‌پائین امتداد می‌یابد دارای یک‌جهت ۹۰ درجه‌است، هنگامیکه وکتور از پهلوی چپ به‌پهلوی راست شخص کشیده می‌شود دارای یک‌جهت ۱۸۰ درجه است، و هنگامیکه وکتور از پائین به‌بالا امتداد دارد دارای یک‌جهت ۹۰ — درجه یا ۲۷۰+ درجه است.

در یک قلب طبیعی جهت متوسط وکتور قلب در جریان موج دپولاریزاسیون تقریباً ۵۹ درجه است که بوسیلهٔ وکتور A که از مرکز شکل ۳-۱۶ در جهت ۵۹ درجه کشیده شده نشان داده شده است. این بدان معنی است که در جریان قسمت اعظم موج دپولاریزاسیون، نوک قلب همانطورکه بعداً در این فصل شرح داده خواهد شد نسبت به‌قاعدهٔ قلب مثبت باقی میماند.

محور هریک از اشتقاقهای استاندارد ویک‌قطبی

درفصل قبل سه‌اشتقاق استاندارد و سه‌اشتقاق یک‌قطبی شرح داده شد. هراشتقاق در واقع یک‌زوج الکترود است که در دوسوی مخالف قلب به‌بدن متصل شده‌اند وجهت الکترود منفی به‌الکترود مثبت، محور اشتقاق نامیده می‌شود. اشتقاق I از دوالکترود که بترتیب برروی دودست قرارگرفته‌اند ثبت می‌شود. چون الکترودها در جهت افقی قرارگرفته‌اند و الکترود مثبت در طرف چپ است لذا محور اشتقاق I برابر با صفر درجه است.

برای ثبت‌اشتقاق II، الکترودها برروی دست‌راست وپای‌چپ قرارداده می‌شوند. دست راست درگوشهٔ بالا دراست وپای‌چپ درگوشهٔ پائین وچپ به‌تنه متصل می‌شوند. بنابراین جهت این اشتقاق تقریباً ۶۰ درجه است.



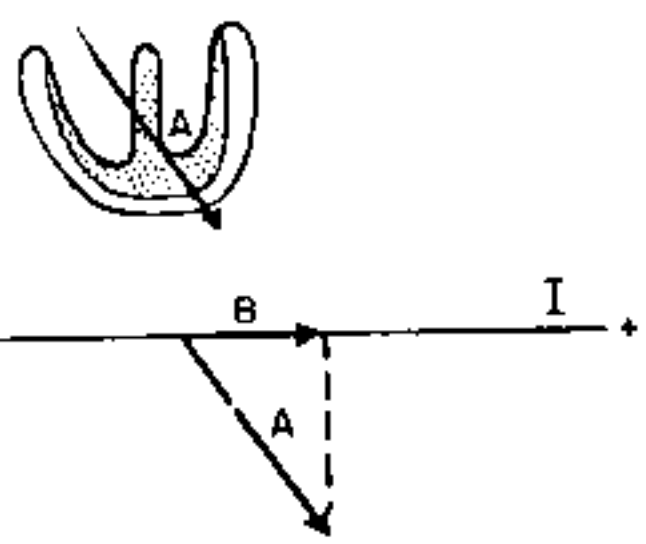
شکل ۴-۱۶ — محورهای سه‌اشتقاق استاندارد و سه‌اشتقاق یک‌قطبی.

به‌روش مشابهی می‌توان دید که محور اشتقاق III تقریباً ۱۲۰ درجه، محور اشتقاق **aVR** برابر با ۲۱۰ درجه، محوراشتقاق **aVF** برابر با ۹۰ درجه، و محور اشتقاق **aVL** برابر با ۳۰- درجه است. جهت محورهای تمام این اشتقاقهای مختلف در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است. پولاریتهٔ الکترودها نیز بوسیلهٔ علائم مثبت و منفی مشخص شده است. دانشجویان باید این محورها و پولاریتهٔ آنها را مخصوصاً برای اشتقاقهای استاندارد I، II و III یاد بگیرند تا بتوانند باقیماندهٔ این فصل را درك کنند.

آنالیز وکتوری پتانسیلهای ثبت شده در اشتقاقهای مختلف

اکنون‌که اولا قراردادهای مربوط به‌نشان دادن مسیرجریان الکتریکی وپتانسیلها بین‌دوسوی قلب بوسیلهٔ وکتورها و ثانیاً، محورهای اشتقاقها را شرح دادیم می‌توانیم این دوقسمت را رویهم گذاشته و پتانسیلهائی را که درهر اشتقاق به‌ازای هروکتور معین قلبی ثبت می‌شوند تعیین کنیم.

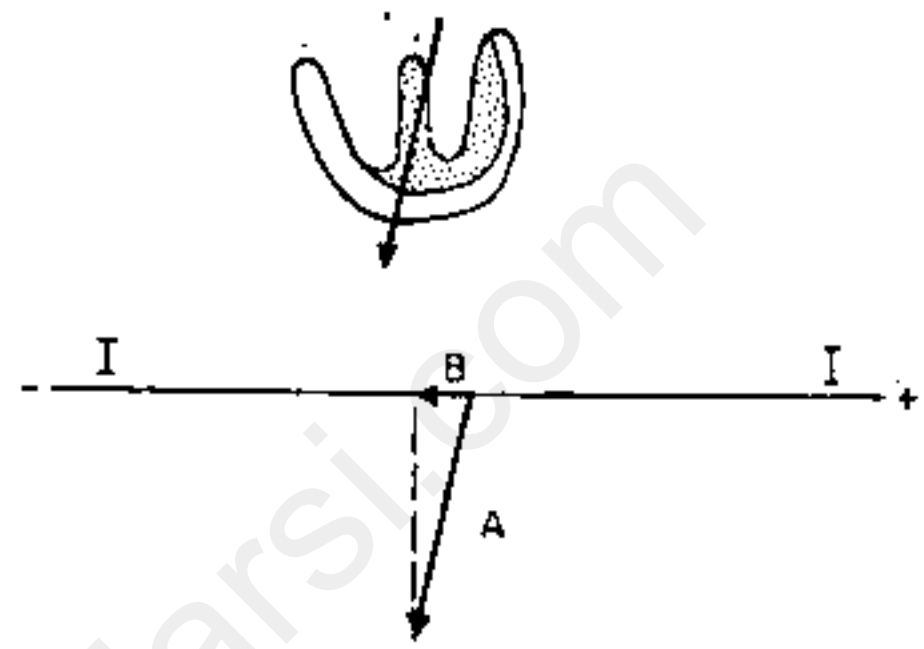
شکل ۵-۱۶ یك‌قلب نیمه‌دپولاریزه را نشان می‌دهد. وکتور **A** نمودار جهت جریان الکتریکی درقلب وپتانسیل‌آن است. دراین‌مورد جهت‌جریان‌الکتریکی ۵۵ درجه وپتانسیل آن ۲ میلی‌ولت فرض می‌شود. سپس این وکتور**A** به‌نقطهٔ مناسبی در زیرقلب انتقال داده می‌شود اما جهت و طول آن دقیقاً همان است. از قاعدهٔ این وکتور محور اشتقاق I درجهت صفردرجه رسم می‌شود. ازنوك وکتور**A** عمودی برمحور اشتقاق I وارد می‌شود و منتجهٔ وکتور (B) در طول محور اشتقاق I رسم می‌گردد. نوك این وکتور در جهت مثبت است و این بدان معنی است‌که منحنی ثبت شده در آن لحظه در الکتروکاردیوگراف اشتقاق I، مثبت خواهد بود. ولتاژثبت شده برابربا طول B تقسیم برطول A ضرب در ۲ میلی‌ولت یا تقریباً یك‌میلی‌ولت است.



شکل ۵-۱۶- تعیین وکتور منتجهٔ B در طول محور اشتقاق I هنگامیکه وکتور A نمودارمسیرجریان الکتریکی در بطنها است.

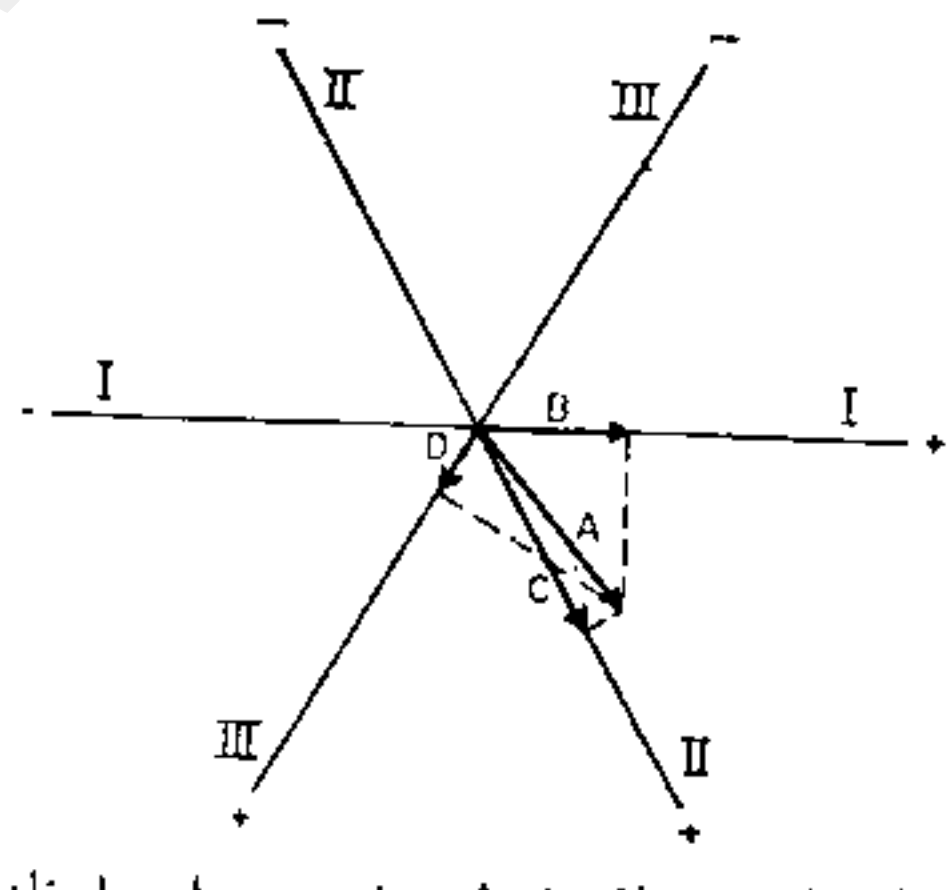
در شکل ۶-۱۶، وکتور **A** نمایش مسیر جریان الکتریکی در لحظه‌ای از دپولاریزاسیون بطنی درقلب دیگری است‌که درآن طرف چپ قلب تا حدودی سریعتراز

طرف راست دپولاریزه می‌شود. در این مثال، وکتور دارای جهت ۱۰۰ درجه بوده و ولتاژ نیز۲ میلی‌ولت است. برای تعیین پتانسیل دراشتقاق I، عمودی برمحوراشتقاق I واردکرده و وکتور منتجهٔ B را پیدا می‌کنیم. وکتور B بسیارکوتاه بوده و در جهت منفی است و نشان می‌دهدکه دراین لحظهٔ خاص، منحنی دراشتقاق I منفی (در زیرخط صفر) بوده وپتانسیل ثبت شده نیزاندك خواهد بود. این‌شکل‌نشان می‌دهدکه هنگامیکه وکتور قلبی درجهتی تقریباً عمود براشتقاق قراردارد ولتاژثبت شده درالکتروکاردیوگرام این اشتقاق بسیار اندك خواهد بود. ازطرف‌دیگر، هنگامیکه وکتور تقریباً دارای همان جهت اشتقاق باشد عملا تمام ولتاژ وکتور ثبت خواهد شد.



شکل ۶-۱۶ - تعیین وکتور منتجهٔ B در طول محور اشتقاق I هنگامیکه وکتور A نمودارمسیرجریان‌الکتریکی در بطنها است.

آنالیزوکتوری پتانسیلها در سه اشتقاق استاندارد - درشکل ۷-۱۶ ، وکتور A جهت و پتانسیل لحظه‌ای جریان الکتریکی را در یك بطن نیمه دپولاریزه نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱۶ - تعیین وکتورهای‌منتجه دراشتقاقهای I، II و III هنگامیکه وکتور A نمودار جریان الکتریکی در بطنها است.

برای تعیین پتانسیل ثبت شده در این لحظه در الکتروکاردیوگرام هریك از سه اشتقاق استاندارد، مطابق شکل، عمودهائی برتمام خطوط نمودار اشتقاقهای مختلف وارد می‌شوند. وکتور منتجهٔ B نمایش پتانسیل ثبت شده در اشتقاق I، وکتور منتجهٔ C نمایش پتانسیل ثبت شده در اشتقاق II، و وکتور منتجهٔ D نمایش پتانسیل ثبت شده در اشتقاق III است. درتمام این موارد منحنی در الکتروکاردیوگرام مثبت است یعنی در

بالای خط صفر ثبت می‌شود زیرا وکتورهای منتجه در طول محور اشتقاقها در جهت مثبت قرار دارند. پتانسیل در اشتقاق I تقریباً نصف پتانسیل وکتور قلبی، پتانسیل در اشتقاق II تقریباً بطور دقیق برابر با پتانسیل وکتور قلبی، و پتانسیل در اشتقاق III حدود یک‌سوم پتانسیل وکتور قلبی است.

آنالیز مشابهی را می‌توان برای تعیین پتانسیلهای ثبت شده در اشتقاقهای یک تطبی‌تقویت شدهٔ اندامها مورد استفاده قرار داد با این‌تفاوت‌که محورهای مربوط به‌این اشتقاقها (به شکل ۴-۱۶ مراجعه شود) بجای محورهای اشتقاقهای استاندارد در شکل ۷-۱۶ به کار می‌روند.

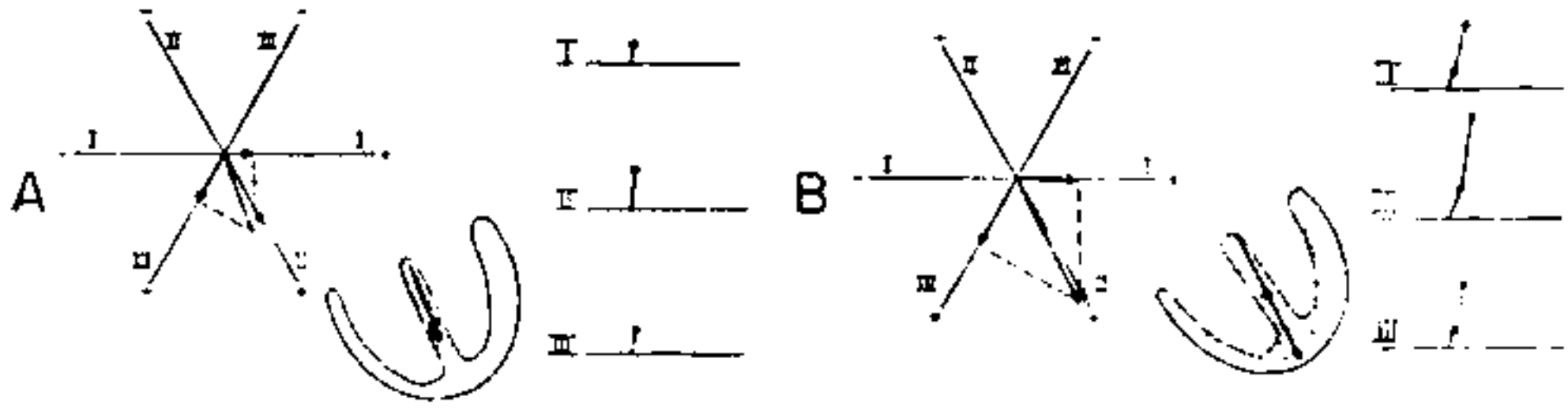
آنالیز وکتوری الکتروکاردیوگرام طبیعی

وکتورهائی‌که درجریان دپولاریزاسیون‌بطنها ایجاد می‌شوند ـ کمپلکس QRS

هنگامیکه ایمپالس قلبی ازطریق دستهٔ دهلیزی ـ بطنی وارد بطنها می‌شودنخستین قسمتی از بطنها که دپولاریزه می‌شود سطح آندوکاردی طرف چپ جدار بین دو بطن است. این دپولاریزاسیون همانطورکه بوسیلهٔ ناحیهٔ تیرهٔ بطنها در شکل A ۸-۱۶ نشان داده شده بسرعت انتشار یافته و هر دو سطح آندوکاردی را در بر می‌گیرد. سپس دپولاریزاسیون همانطورکه در شکلهای B ۸-۱۶ و C ۸-۱۶ نشان داده شده، درطول سطوح آندوکاردی دو بطن انتشار می‌یابد. سرانجام، دپولاریزاسیون همانطور که در شکلهای D ۸-۱۶ و E ۸-۱۶ نشان داده شده، از طریق عضلهٔ بطنی به سطح خارجی نسب انتشار می‌یابد.

در هرمرحله از دپولاریزاسیون بطنها در شکلهای A ۸-۱۶ تا E ۸-۱۶، برآیند جهت جریان الکتریکی لحظه‌ای بوسیلهٔ وکتوری برروی بطن‌نشان داده شده است. هر-یک از این وکتورها به‌وسیلهٔ روشی‌که در بالا شرح داده شد برای تعیین ولتاژی که در هرلحظه در هریک از سه اشتقاق استاندارد الکتروکاردیوگرافیک ثبت می‌شود آنالیز می‌گردد. در طرف راست ایجاد تدریجی‌کمپلکس QRS نشان داده شده است. بخاطر بسپاریدکه یک وکتور مثبت در هراشتقاق موجب ثبت الکتروکاردیوگرام در بالای خط صفر و یک وکتور منفی در هراشتقاق موجب ثبت الکتروکاردیوگرام در پائین خط صفر می‌شود.

قبل از ادامهٔ بیشتر آنالیز وکتوری ضروری است که آنالیز وکتورهای طبیعی متوانی در شکل ۸-۱۶ درک شوند. هریک از این موارد باید بوسیلهٔ روشی که در بالا



شکل ۸-۱۶- (A) وکتورهای بطنی و کمپلکس‌های QRS ۰/۰۱ ثانیه بعد از شروع دپولاریزاسیون بطنی، (B) ۰/۰۳ ثانیه بعد از شروع دپولاریزاسیون، (C) ۰/۰۵ ثانیه بعد از شروع دپولاریزاسیون، (D) ۰/۰۶ ثانیه بعد از شروع دپولاریزاسیون، و (E) بعد از آنکه دپولاریزاسیون بطنی کامل شده است.

شرح داده شد مورد مطالعه قرار گیرند. خلاصهٔ کوتاهی از این توالی بقرار زیر است:

در شکل A ۸-۱۶، وکتور کوتاه است زیرا فقط قسمت کوچکی از بطنها یعنی جدار بین دو بطن دپولاریزه شده است. بنابراین تمام ولتاژهای الکتروکاردیوگرافیک در این لحظه، اندک هستند. ولتاژ در اشتقاق II بزرگتر از ولتاژ در اشتقاقهای I و III است زیرا وکتور بطور عمده در همان جهت اشتقاق II امتداد دارد.

در شکل B ۸-۱۶، وکتور دراز است زیرا قسمت اعظم بطنها در این زمان دپولاریزه شده است. بنابراین، ولتاژها در اشتقاقهای الکتروکاردیوگرافیک افزایش یافته‌اند.

در شکل C ۸ - ۱۶ وکتور کوتاه‌تر و ولتاژهای الکتروکاردیوگرام ثبت شده

کوچکتر شده‌اند زیرا قسمت خارج نوك قلب در این قسمت منفی شده و مقدار زیادی از نگاتیویتهٔ سطوح‌آندوکاردی قلب را خنثی می‌کند. همچنین، محور وکتور نیزبه‌سمت چپ سینه منحرف شده زیرا بطن چپ اندکی آهسته‌تر از بطن راست دپولاریزه می‌شود. نسبت ولتاژ در اشتقاق I به‌ولتاژ در اشتقاق III افزایش یافته است.

در شکل D ۸-۱۶، وکتور بسوی قاعده بطن چپ متوجه بوده و طول‌آن‌کوتاه است زیرا فقط بخش‌کوچکی ازعضلهٔ بطنی هنوز دپولاریزه‌نشده است. بعلت جهت‌وکتور در این لحظه، ولتاژهای ثبت شده دراشتقاقهای II و III هردو منفی‌یعنی درپائین‌خط صفر هستند.

در شکل E ۸-۱۶، تمامی تودهٔ عضلانی بطنها دپولاریزه شده است بطوریکه هیچگونه جریان الکتریکی دراطراف قلب انتشار نمی‌یابد. وکتور صفر می‌شود وولتاژها در تمام اشتقاقها نیز صفر می‌شوند.

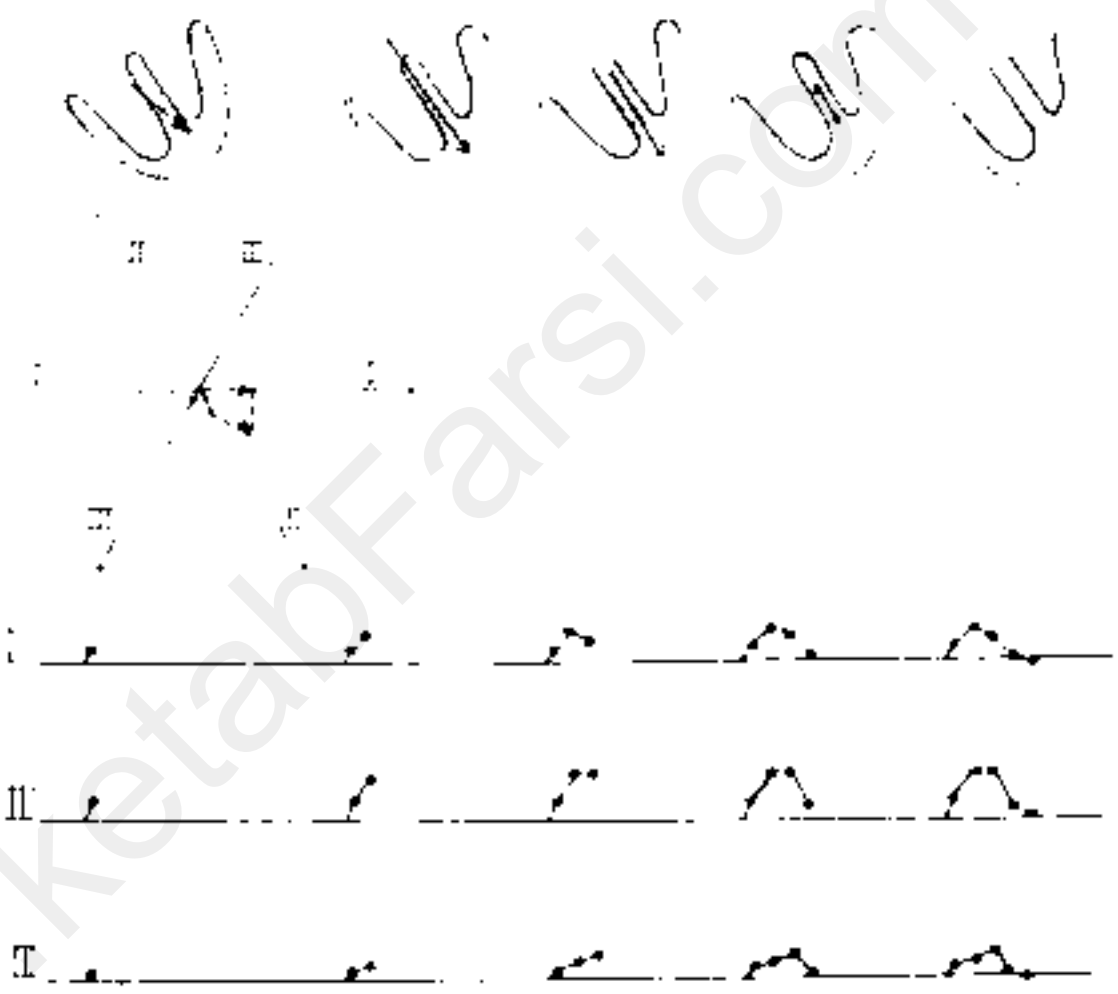
به‌این روش، کمپلکسهای QRS در سه اشتقاق استاندارد الکتروکاردیوگرافیك کامل می‌شوند. کمپلکس QRS گاهی دارای یك‌دندانهٔ منفی درشروع خود است‌که در شکل ۸-۱۶ نشان داده‌نشده وموج Q نامیده می‌شود. موجQ ناشی‌از دپولاریزاسیون اولیهٔ‌جداربین‌دوبطن درقسمتی که‌به‌نوك قلب‌نزدیکترازقاعدهٔ آن‌است ویا دپولاریزاسیون طرف چپ جدار دوبطن قبل‌از طرف راست است که گاهی‌یك وکتور ضعیف درجهت‌نوك قلب به‌قاعدهٔ آن، یا از طرف چپ به‌طرف راست برای مدت زمان بسیار کوتاهی قبل‌از پیدایش وکتور عادی قاعده به‌نوك‌قلب تولید می‌کند. انحراف مثبت‌عمده درشکل۸-۱۶ موج R وانحراف منفی نهائی موجS است.

الکتروکاردیوگرام درجریان روپولاریزاسیون- موجT

همینکه عضلهٔ‌بطنی‌دپولاریزه‌شد تقریباً۱۵/۰ثانیه طول می‌کشد تاروپولاریزاسیون بحد کافی شروع شود تا قابل مشاهده درالکتروکاردیوگرام باشد وروپولاریزاسیون در حدود ۳۰/۰ ثانیه کامل می‌شود. این روند روپولاریزاسیون است که موجب پیدایش موجT درالکتروکاردیوگرام می‌شود. چون‌جداربین دوبطن اول‌ازهمه‌دپولاریزه می‌شود منطقی است که این قسمت نیز باید اول ازهمه روپولاریزه شود اما این‌موضوع معمولا صدق نمی‌کند زیراجدار دوبطن مرحلهٔ انقباض ودپولاریزاسیون طولانیتری ازنقاطدیگر قلب دارد. عملا قسمتهای متعددی ازبطنها تقریباً بطور همزمان روپولاریزه می‌شوند. با این وجود، بزرگترین قسمت عضلهٔ‌بطنی‌که اول ازهمه روپولاریزه می‌شود قسمتی‌است که‌درتمامی‌سطح‌خارجی‌بطنها ومخصوصاًدرنزدیکی‌نوك‌قلب‌قراردارد وسطوح‌آندوکاردی

بطور متوسط، آخرازهمه روپولاریزه می‌شود. دلیل این توالی غیرطبیعی روپولاریزاسیون به‌نظر می‌رسد این باشد که فشارزیاددر داخل بطنها درجریان انقباض، بمقدار زیادی جریان خون کورونر را به‌آندوکاردکاهش می‌دهد وازاین‌راه روند روپولاریزاسیون را درسطوح آندوکاردی آهسته‌می‌کند. مراحل متوالی روپولاریزاسیون بوسیلهٔ مناطق سفید دربطنها درشکل ۹ـ۱۶ نشان داده شده است.

به این‌ترتیب، جهت اصلی وکتور قلبی درجریان روپولاریزاسیون بطنها ازقاعده به‌نوک‌قلب یعنی همان جهت‌اصلی وکتور درجریان دپولاریزاسیون است. درنتیجه، موج T در الکتروکاردیوگرام طبیعی مثبت است که همان‌پولاریتهٔ قسمت اعظم کمپلکس QRS طبیعی است.



شکل۹ـ۱۶ ـ تولیدموج T درجریان روپولاریزاسیون بطنها که آنالیزوکتوری مرحلهٔ اول‌را نشان می‌دهد

درشکل ۹ـ۱۶ پنج‌مرحلهٔ روپولاریزاسیون‌بطنها مشاهده می‌شوند. درهریک ازاین مراحل، وکتور ازقاعده به‌سوی نوک قلب امتداد می‌یابد. درابتداوکتورنسبتاً کوچک است زیرا ناحیهٔ روپولاریزاسیون کوچک است. بعداً وکتور بعلت زیادتر شدن میزان روپولاریزاسیون قویتر وقویتر می‌شود. سرانجام، وکتور مجدداً ضعیف می‌شود زیرامناطق دپولاریزه که هنوز باقیمانده‌اند آنقدر کوچک می‌شوند که مقدار کل جریان الکتریکی شروع به‌کاهش می‌کند. این تغییرات نشان می‌دهند که هنگامیکه تقریباً نصف قلب در حالت روپولاریزه وتقریباً نصف قلب درحالت دپولاریزه است وکتور به‌بزرگترین مقدار خود می‌رسد.

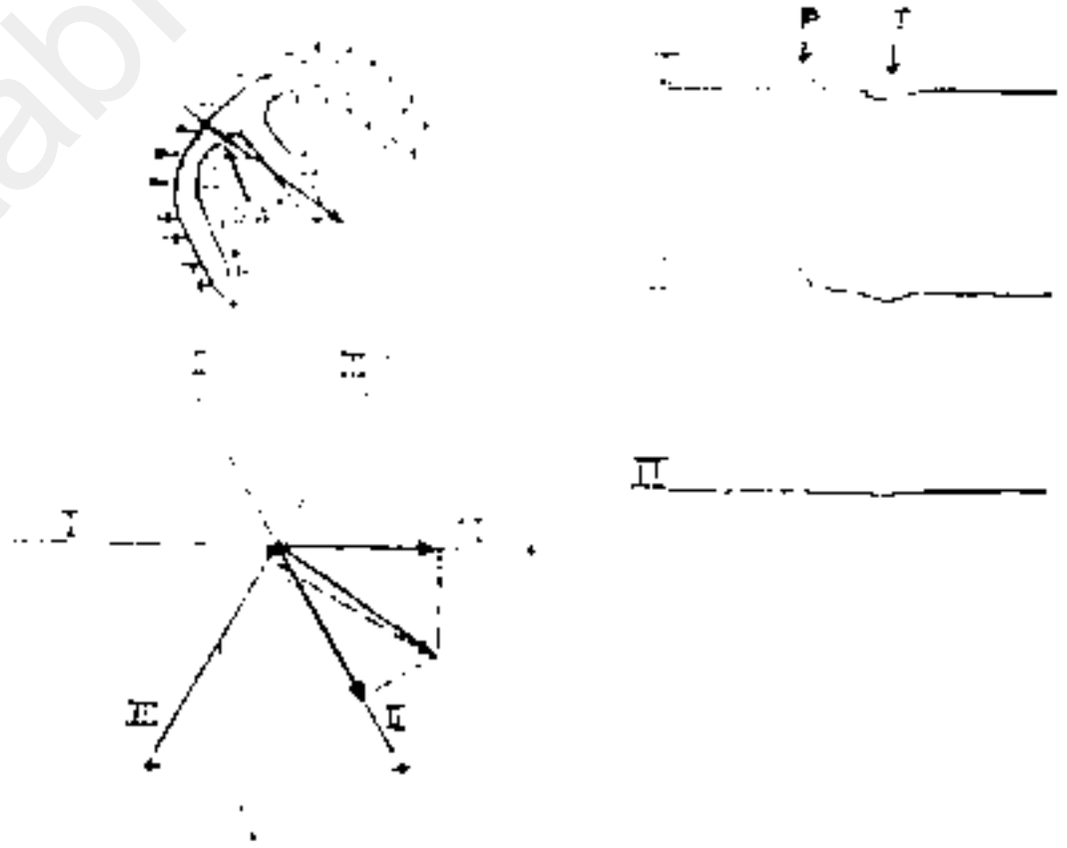
تغییرات الکتروکاردیوگرامیک اشتقاق استاندارد درجریان روند روپولاریزاسیون

در زیر هربطن مشاهده می‌شود ومراحل پیشروندهٔ روپولاریزاسیون را نشان می‌دهد. موج T الکتروکاردیوگرام درطی ۰/۱۵ ثانیه یعنی مرحلهٔ لازم برای بانجام رسیدن روند روپولاریزاسیون بطورکامل، تولید می‌شود.

دپولاریزاسیون دهلیزها ـ موج P

دپولاریزاسیون دهلیزها درگره سینوسی- دهلیزی شروع می‌شود ودر تمام‌جهات در دهلیزها منتشر می‌شود. بنابراین، نقطهٔ اولیهٔ الکترونگاتیویته در دهلیزها تقریباً در قاعدهٔ وریداجوف فوقانی قرار داشته و جهت جریان الکتریکی در دهلیز در شروع دپولاریزاسیون درجهتی است که‌درشکل ۱۰-۱۶ ملاحظه می‌گردد. علاوه‌برآن، وکتور بطورکلی درسراسر روند دپولاریزاسیون دهلیزی در این جهت باقی می‌ماند.

به‌این ترتیب،وکتورجریان الکتریکی درطی دپولاریزاسیون دهلیزهاتقریباً درهمان جهت وکتور جریان الکتریکی بطنها قراردارد وبعلت اینکه این جهت در همان جهت محورهای اشتقاقهای استاندارد I،IIوIII است الکتروکاردیوگرام ثبت‌شده ازدهلیزها درجریان روند دپولاریزاسیون همانطورکه درشکل ۱۰-۱۶نشان داده ، معمولا مثبت است. منحنی دپولاریزاسیون دهلیزی موسوم به‌موج P است.



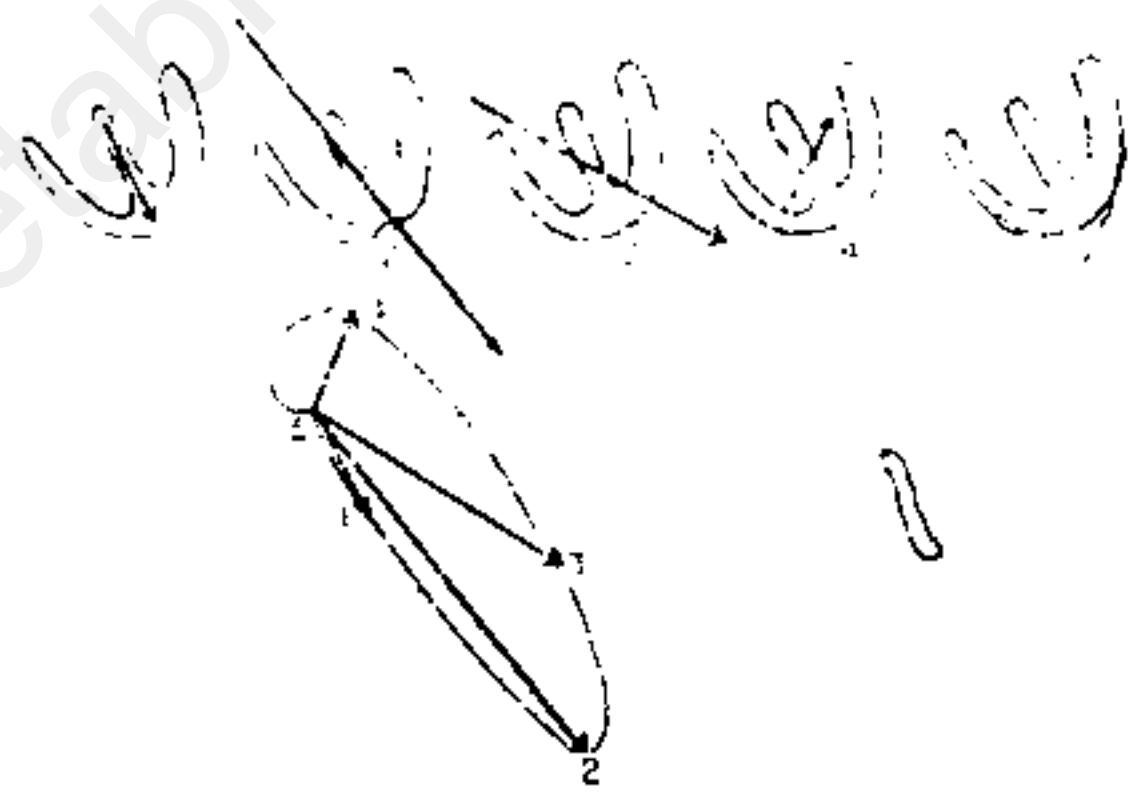
شکل ۱۰-۱۶-دپولاریزاسیون‌دهلیزها و تولید موج P که وکتور دهلیزها و وکتورهای منتجه در سه‌اشتقاق استاندارد را نشان می‌دهد در طرف راست امواج P وT دهلیزی نشان‌داده شده‌اند.

روپولاریزاسیون دهلیزها- موج Tدهلیزی- انتشار موج دپولاریزاسیون درعضلهٔ دهلیزی بسیار آهسته‌تراز بطنها است. بنابراین، عضلهٔ اطراف گره سینوسی- دهلیزی زمان‌زیادی قبل‌ازعضلهٔ بخشهای‌انتهائی‌دهلیزها منقبض می‌شود. بعلت این‌موضوع، ناحیه‌ای از دهلیزها که اول ازهمه روپولاریزه می‌شود ناحیه‌ای است که در ابتدا اول‌از همه‌دپولاریزه شده واین وضع کاملا باوضع موجود دربطنها متفاوت است. به‌این‌ترتیب، روپولاریزاسیون درناحیهٔ اطراف‌گره سینوسی- دهلیزی شروع می‌شود. دراین لحظه ،

ناحیهٔ اطراف گره سینوسی ـ دهلیزی نسبت به باقیماندهٔ دهلیزها مثبت می‌شود و همین جهت عمومی وکتور درسراسر روند زوپـولاریزاسیون ـ یعنی در جهت معکوس وکتور دپولاریزاسیون ـ حفظ می‌شود. دراینجا مجدداً دقت کنید که این موضوع نیز مخالف اثری است که دربطنها ایجاد می‌گردد. بنابراین، همانطورکه در طرف راست شکل ۱۰ ـ ۱۶ ملاحظه می‌شود موج T دهلیزی حدود ۰/۱۵ ثانیه‌بعداز موج P دهلیزی بوجود می‌آید واین موج T درطرف مخالف خط‌صفر نسبت به موج P قراردارد یعنی بطور طبیعی منفی است. درالکتروکاردیوگرام طبیعی این موج T تقریباً بطور همزمان باکمپلکس QRS بطنی ظاهر می‌شود. بنابراین، این‌موج‌تقریباً همیشه‌بوسیلهٔ کمپلکس‌بزرگتر QRS محو می‌شود اگرچه‌دربعضی‌ازحالات غیرطبیعی درالکترو کاردیوگرام ثبت‌شده‌مشاهده‌می‌گردد.

وکتور کاردیوگرام

در بحث بالا ملاحظه شدکه وکتورجریان الکتریکی درقلب باانتشار ایمپالس در میوکارد بسرعت تغییر می‌کند. وکتور از دونظر تغییر می‌کند: اولا ، طول‌وکتور بعلت زیاد وکم‌شدن بتانسیل وکتور افزایش یا کاهش می‌یابد. ثانیا، وکتور جهت خودرا بعلت تغییرات جهت جریان الکتریکی دراطراف قلب، تغییرمی‌دهد. وکتورکاردیوگرام، این تغییرات وکتور را در زمانهای مختلف دورهٔ قلبی مطابق شکل ۱۱ـ۱۶ نشان‌می‌دهد.



شکل ۱۱ـ۱۶ وکتورکاردیوگرامهای T و QRS

Depolarization -QRS-

Repolarization -T-

در وکتورکاردیوگرام شکل ۱۱ـ۱۶، نقطهٔ 5 بعنوان نقطهٔ صفر در نظرگرفته می‌شود و انتهای تمام وکتورها را تشکیل‌می‌دهد. هنگامیکه قلب‌فعالیتی ندارد، انتهای مثبت وکتورنیز در نقطهٔ صفر باقی‌میماند زیرا هیچگونه جریان الکتریکی وجود ندارد. اما بمجردیکه جریان الکتریکی شروع به‌انتشار در قلب می‌کند انتهای مثبت وکتور از نقطهٔ صفر دور می‌شود.

هنگامیکه جدار بین‌دوبطن در ابتدا دپولاریزه می‌شود وکتور در جهت روبه‌پائین بسوی نوك قلب امتداد می‌یابد اما نسبتاًضعیف است وهمانطورکه بوسیلهٔ انتهای مثبت وکتور ۱ نشان داده شده قسمت اول وکتور کاردیوگرام را تولید می‌کند. بتدریج که قسمتهای بیشتری ازقلب دپولاریزه می‌شود وکتور قویترو قویترمی‌شود ومعمولا اندکی به‌یك‌طرف چرخش پیدا می کند. به‌این‌ترتیب وکتور ۲ در شکل ۱۱-۱۶ نمودار حالت دپولاریزاسیون قلب حدود ۰/۰۲ ثانیه بعداز وکتور ۱ است. بعداز ۰/۰۲ ثانیه دیگر وکتور ۳ نمودار جهت جریان الکتریکی درقلب بوده و وکتور ۴ نیز بعداز ۰/۰۱ ثانیهٔ دیگر بوجود می‌آید. سرانجام قلب بطورکامل دپولاریزه می‌شود و وکتور همانطور که در نقطهٔ ۵ نشان داده شده مجدداً صفر می گردد.

شکل بیضی تولید شده بوسیلهٔ انتهاهای مثبت وکتورها، وکتور کاردیوگرام **QRS** نامیده می‌شود.

وکتورکاردیوگرام را می‌توان با متصل‌کردن الکترودهائی از بالا وپائین قلب به‌صفحات عمودی اوسیلوسکوپ و متصل کردن الکترودهائی از هرطرف قلب به‌صفحات افقی اوسیلوسکوپ، بطور لحظه به‌لحظه بوسیلهٔ یك اوسیلوسکوپ ثبت کرد. هنگامیکه وکتور تغییرمی‌کند، نقطهٔ نورانی برروی صفحهٔ اوسیلوسکوپ،مسیرانتهای مثبت وکتور متغیر را تعقیب‌کرده و بدین ترتیب وکتورکاردیوگرام را برروی صفحهٔ اوسیلوسکوپ ترسیم می‌کند.

وکتور کاردیوگرام T ـ وکتورهای متغیرفقط درجریان روند دپولاریزاسیون در قلب ایجاد نمی‌شوند زیرا وکتورهائی که نمایش جریان الکتریکی دربطنها هستند مجدداً در طی رویولاریزاسیون‌ظاهر می‌گردند. بنابراین، یك‌وکتور کاردیوگرام دوم کوچکتر موسوم به‌وکتورکاردیوگرام **T** درجریان رویولاریزاسیون تودهٔ عضلانی ترسیم می‌شود. این‌وکتورکاردیوگرام **T** درطرف راست شکل ۱۱-۱۶ نشان داده شده است. همچنین، یك‌وکتورکاردیوگرام کوچکتر **P** در جریان دپولاریزاسیون دهلیزها ترسیم می‌شود.

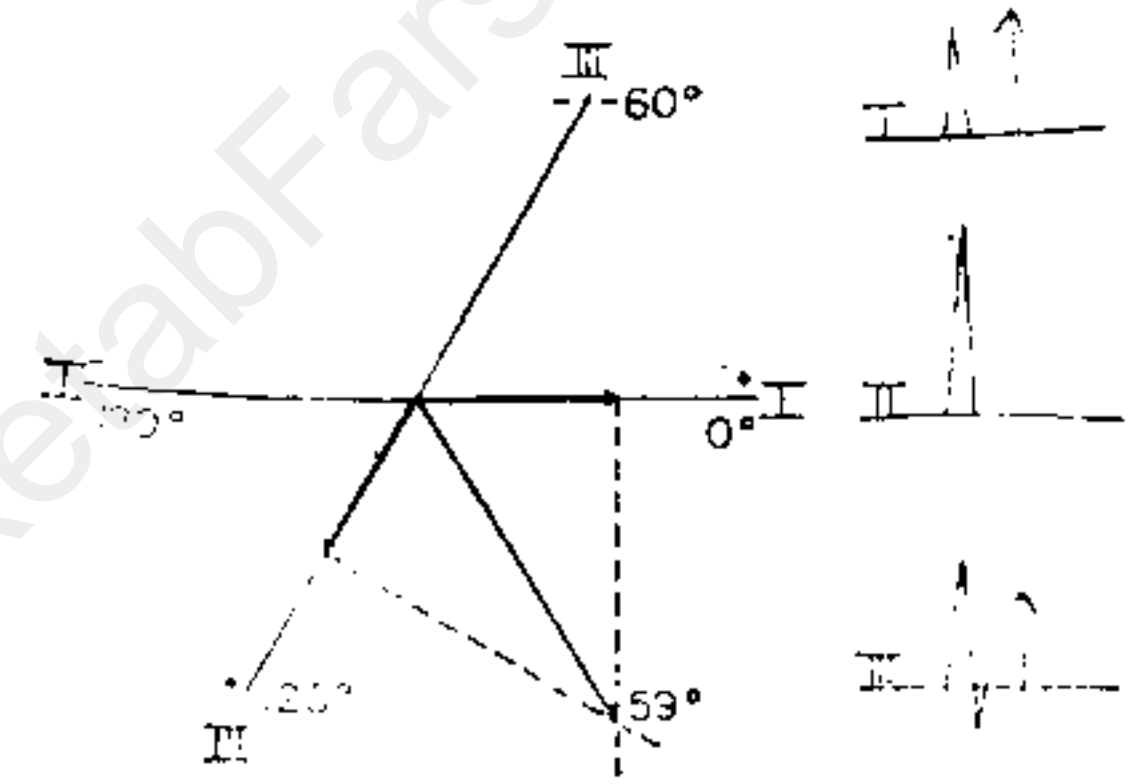
محور متوسط الکتریکی بطن

وکتورکاردیوگرام موج‌دپولاریزاسیون بطنی (وکتورکاردیوگرام **QRS**) که در شکل ۱۱-۱۶ نشان داده شده مربوط به‌یك‌قلب طبیعی است. در این وکتورکاردیوگرام توجه کنیدکه جهت اصلی وکتورهای بطنها بطورطبیعی بسوی نوك قلب است یعنی در جریان قسمت اعظم دورهٔ دپولاریزاسیون بطنی، جریان الکتریکی از قاعده بسوی نوك قلب برقرارمی‌شود. این جهت اصلی جریان الکتریکی در طی دپولاریزاسیون موسوم به‌محور متوسط الکتریکی بطنها است. محورمتوسط الکتریکی بطنهای طبیعی ۵۹ درجه

است، اما، در بعضی از حالات پاتولوژیك قلب این جهت جریان الکتریکی بطوربارزی تغییرمی‌کند وگاهی حتی به‌قطبهای مخالف قلب تغییرجهت می‌دهد.

تعیین محورالکتریکی از روی الکتروکاردیوگرام اشتقاقهای استاندارد

درکلینیك، محورالکتریکی قلب معمولا ازالکتروکاردیوگرام اشتقاقهای استاندارد تعیین می‌شود. شکل ۱۲-۱۶ روشی را برای این کارنشان می‌دهد. بعدازثبت اشتقاقهای استاندارد مختلف، حداکثر پتانسیل و پولاریتهٔ منحنی در دواشتقاق تعیین می‌شود. در اشتقاق I این شکل،منحنی مثبت و در اشتقاق III، منحنی بطور عمده مثبت است اما درجریان قسمتی از دورهٔ دپولاریزاسیون، منحنی در این اشتقاق منفی می‌شود. هرگاه قسمتی‌از منحنی منفی باشد این پتانسیل منفی از پتانسیل مثبت‌کسر می‌شود. بعدازکسر کردن قسمت‌منفی‌کمپلکس QRS در اشتقاق III از قسمت مثبت آن، هروکتورخالص برروی محور اشتقاق مربوطه برده می‌شود به طوری که مطابق شکل ۱۲-۱۶ قاعدهٔ وکتور درمحل تقاطع محورها قرارگیرد.



شکل ۱۲-۱۶- بدست آوردن محور الکتریکی قلب از روی دواشتقاق استاندارد الکتروکاردیوگرافیك.

هرگاه وکتور اشتقاق I مثبت باشد در جهت مثبت برروی خط نمودار اشتقاق I ترسیم می‌شود. ازطرف دیگر هرگاه این وکتورمنفی باشد درجهت منفی ترسیم می‌شود. در مورد اشتقاق III نیز قاعدهٔ وکتور در محل تلاقی قرارداده می‌شود و هرگاه این وکتور مثبت باشد درجهت مثبت و اگر این وکتور منفی باشد درجهت منفی برروی خط نمودار اشتقاق III ترسیم می‌شود.

برای تعیین محور واقعی‌جریان الکتریسیته درقلب عمودهائی به‌ترتیب از نوك دو وکتور اشتقاقهای I و III رسم می‌شوند. نقطهٔ تلاقی این دوخط.عمود همانطورکه درمورد آنالیزوکتوری‌گفته شد نمودارنوك وکتورواقعی قلب بوده ونقطهٔتقاطع دومحور اشتقاق نمودار انتهای منفی وکتور واقعی قلب است. بنابراین، وکتور واقعی قلب

بین‌این دونقطه کشیده می‌شود. پتانسیل متوسط تولید شده در جهت‌جریان الکتریسیته بوسیلهٔ طول وکتور واقعی ومحورمتوسط الکتریکی قلب‌بوسیلهٔ جهت وکتور نشان داده می‌شود. به‌این‌ترتیب، وکتورمتوسط الکتریکی‌قلب طبیعی همانطورکه درشکل ۱۲-۱۶ نشان داده شده ۵۹ درجه است.

وکتور جریان الکتریکی در بطنها که با این روش تعیین می‌شود جهت و کتور در هر لحظهٔ معین از رونـد دپولاریزاسیون بطنها را بدست نمی‌دهد بلکه بطور تقریبی مقدار و جهت جریـان متوسط الکتریکی در طی تمامی مرحلهٔ دپولاریزاسیون را تعیین می‌کند.

حالات غیرطبیعی بطنی که موجب انحراف محور قلبی می‌شوند

اگرچه محورمتوسط الکتریکی‌بطنها بطورمتوسط۵۹ درجه است. این‌محورمتوسط می‌تواند حتی در قلب طبیعی به‌حدود ۲۰ درجه در طرف چپ و یا به‌حدود ۱۰۰ درجه در طرف راست چرخش پیدا کند. دلایل این تغییرات طبیعی صرفا اختلافات تشریحی در توزیع فیبرهای پورکینیه در تودهٔ عضلانی قلبهای مختلف است. با این وجود، تعدادی شرایط وجود دارند کـه می‌توانند موجب انحراف محورالکتریکی قلب حتی به‌میزانی زیادتر از این حدود طبیعی گردندکه در زیرشرح داده می‌شوند.

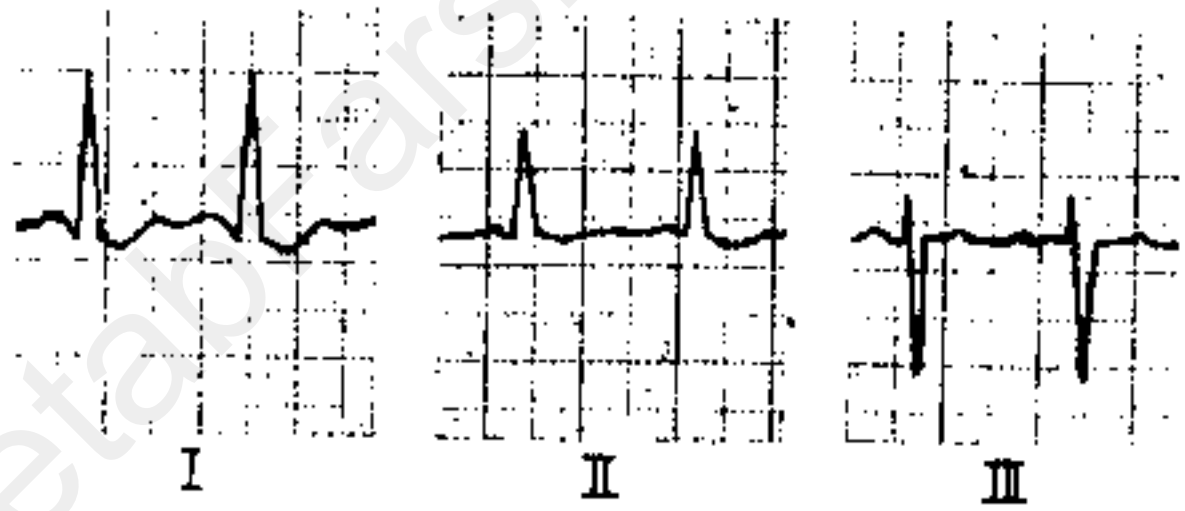
تغییر وضعیت قلب ـ بدیهی است‌کـه هرگاه خود قلب بطرف چپ منحرف شود محورمتوسط الکتریکی قلب نیزبطرف چپ تغییرمحل خواهد داد. این تغییرمحل (الف) درهنگام دم، (ب) هنگام خوابیدن به‌پشت زیرا محتویات شکمی درجهت‌روبه‌بالا برروی دیافراگم فشار وارد می‌کنند و (ج) بطورشایع در اشخاص کوتاه قد و چاق که دیافراگم آنها بطورطبیعی برروی قلبشان فشار می‌آورد دیده می‌شود.

بهمین‌ترتیب انحراف قلب بطرف‌راست موجب تغییرمحل محورمتوسط الکتریکی قلب بطرف راست می‌شود. این حالت (الف) در جریان بـازدم، (ب) هنگامیکه شخص می‌ایستد، و (ج) بطورطبیعی در اشخاص لاغر و بلند قدکه قلبشان در جهت روبه‌پائین آویزان است دیده می‌شود.

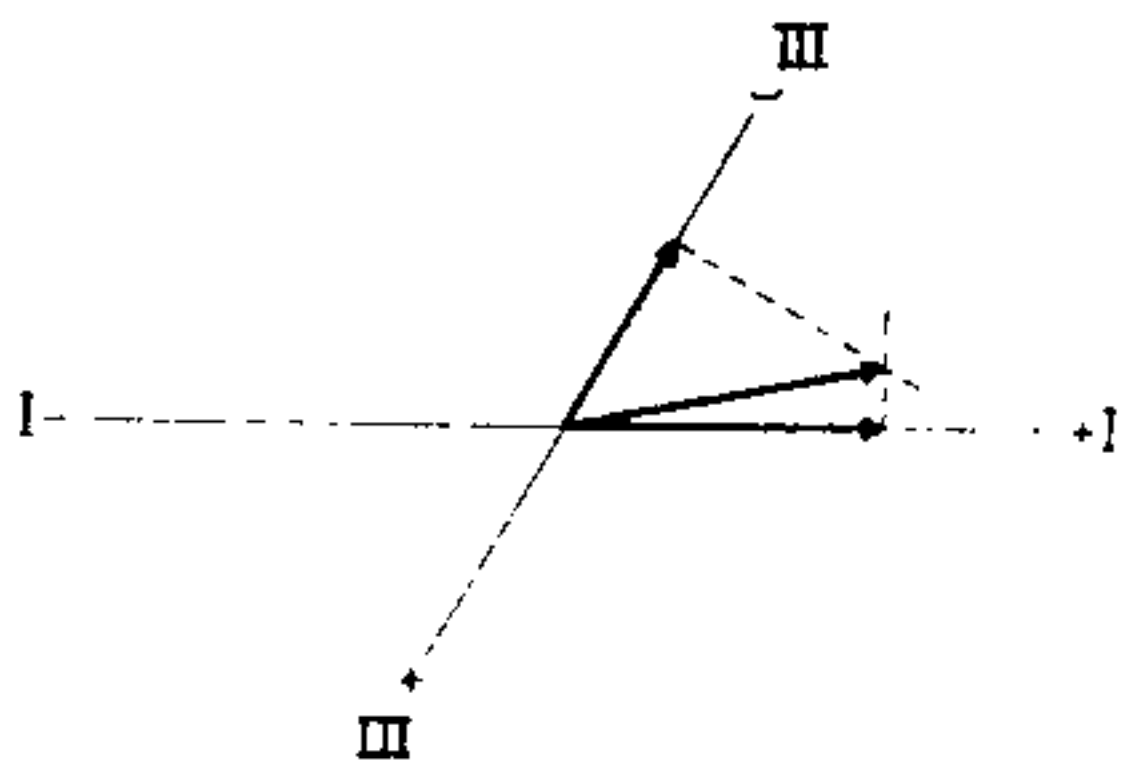
هیپرتروفی یك‌بطن ـ هنگامیکه یك‌بطن دچـار هیپرتروفی شدید می‌شود محور الکتریکی بـه‌دودلیل بسوی بطن هیپرتروفیك تغییر محل می‌دهد : اولا، مقدار بسیار بیشتری عضله درطرف هیپرتروفیك قلب نسبت به‌طرف دیگر وجود دارد و این موضوع موجب تولید جریان الکتریکی بیشتری درآن طرف می‌شود. ثانیا موج دپولاریزاسیون زمان بیشتری برای سیر دربطن هیپرتروفیك نسبت به‌بطن طبیعی لازم دارد. در نتیجه، بطن طبیعی بطورقابل‌ملاحظه‌ای زودتراز بطن هیپرتروفیك دپولاریزه می‌شود و این امر

موجب پیدایش یك‌وکتور قوی از طرف طبیعی قلب بسوی قسمت هیپرتروفیك می‌شود. به‌این‌ترتیب محور الکتریکی بسوی بطن هیپرتروفیك منحرف می‌شود.

انحراف محور به‌سمت چپ ناشی از هیپرتروفی بطن چپ ـ در شکل ۱۳-۱۶ الکتروکاردیوگرام سه‌اشتقاق استاندارد دیده می‌شودکه در آن آنالیز وکتوری جهت محور، انحراف محور به‌سمت چپ را با محور متوسط الکتریکی در جهت ۱۵- درجه نشان می‌دهد. این یك‌الکتروکاردیو گرام مشخص ناشی ازافزایش تودهٔ عضلانی بطن‌چپ است. در این مورد علت انحراف محور، هیپرتانسیون (بالابودن فشار خون) است‌که موجب هیپرتروفی بطن چپ شده تا این بطن بتواند خون را در برابرفشار افزایش یافتهٔ شریانی تلمبه بزند. اما باید دانست‌که انحراف محور به‌سمت چپ همچنین هنگامی دیده می‌شودکه بطن چپ در نتیجهٔ تنگی دریچهٔ آئورت، نارسائی دریچهٔ آئورت، یا هرگونه بیماری مادرزادی قلب‌که در آن بطن چپ بزرگ می‌شود درحالیکه طرف راست قلب از نظر اندازه تقریباً طبیعی باقی میماند، دچار هیپرتروفی می‌گردد.

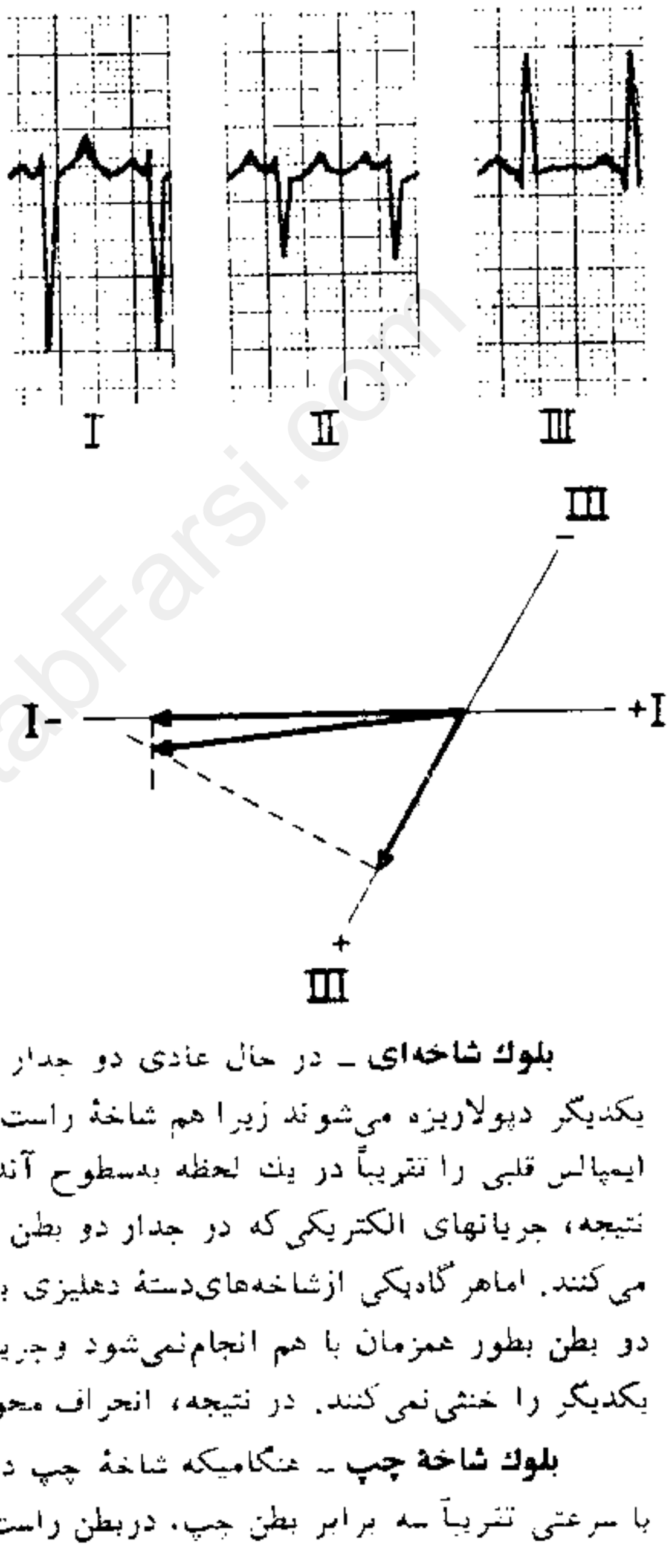


شکل ۱۳ ـ ۱۶ ـ انحراف محور به‌سمت چپ در بیماری هیپرتانسیون. به‌طولانی شدن مختصر کمپلکس QRS توجه کنید



انحراف محور به‌سمت راست ناشی‌از هیپرتروفی بطن راست ـ الکتروکاردیوگرام شکل ۱۴-۱۶ انحراف شدید محورالکتریکی به‌سمت‌راست را با یك‌محورالکتریکی تقریباً ۱۷۰ درجه نشان می‌دهدکه ۱۱۱ درجه در طرف راست محور متوسط الکتریکی طبیعی بطنها قراردارد. انحراف محور الکتریکی به‌سمت راست در این شکل ناشی از

هیپرتروفی بطن راست درنتیجهٔ تنگی دریچهٔ شریان ریوی بوده است. اما انحراف محور به‌سمت راست ممکن است درسایربیماریهای مادرزادی قلب از قبیل تترالوژی فالوت یا نقص جدار بین‌دوبطن نیز دیده شود. هیپرتروفی بطن راست در نتیجهٔ افزایش مقاومت عروقی ریه نیز می‌تواند موجب انحراف محورالکتریکی به‌طرف راست شود.



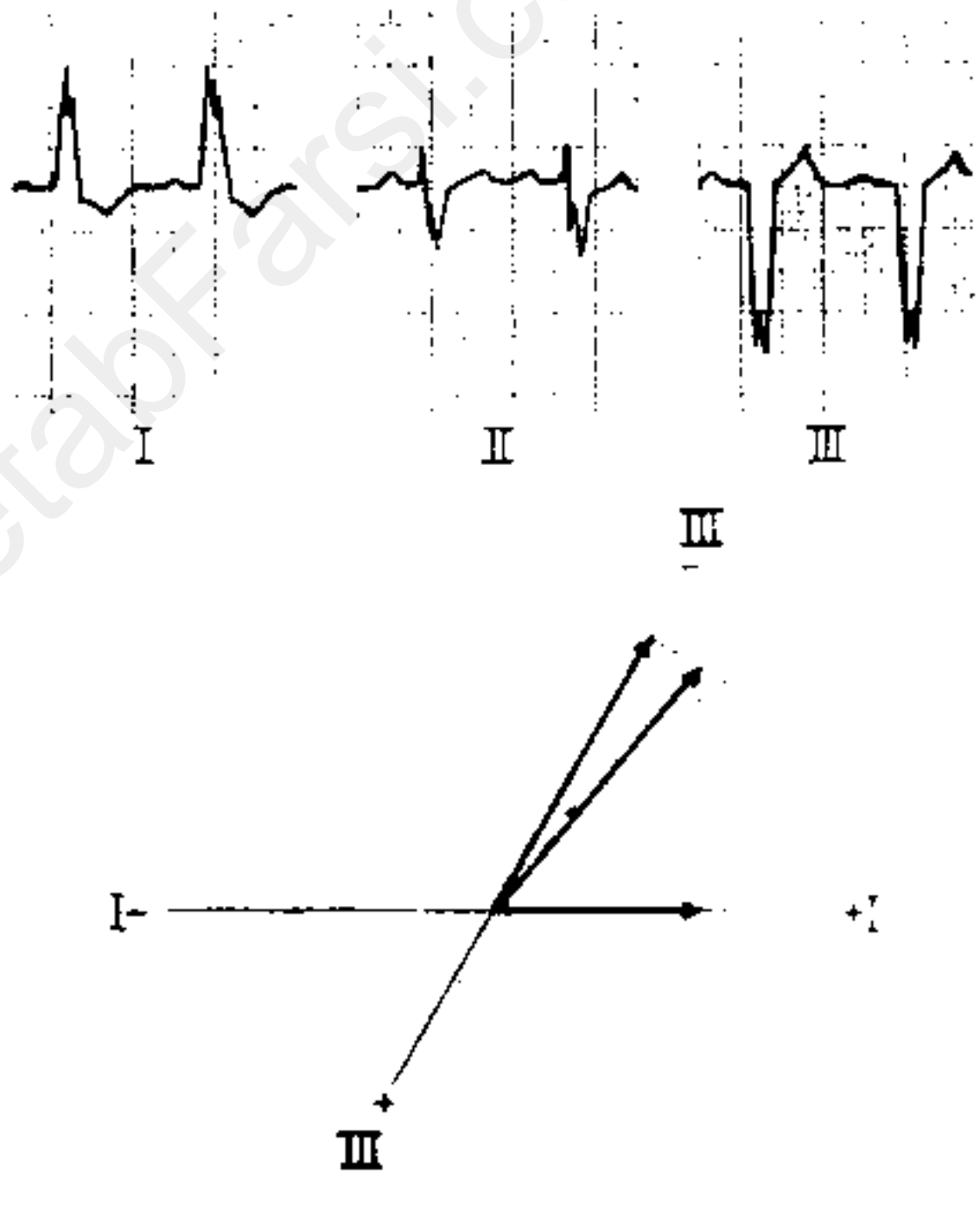
شکل ۱۴ـ۱۶ـ الکتروکاردیوگرام با ولتاژ زیاد ناشی از تنگی دریچهٔ شریان ریوی توأم با هیپرتروفی بطن راست. انحراف شدید محورالکتریکی به‌طرف راست نیز وجود دارد.

بلوك شاخه‌ای ـ در حال عادی دو جدار جانبی بطنها تقریباً بطور همزمان با یکدیگر دپولاریزه می‌شوند زیرا هم شاخهٔ راست و هم شاخهٔ چپ دستهٔ دهلیزی بطنی، ایمپالس قلبی را تقریباً در یك لحظه بسطوح آندوکاردی جدار دو بطن می‌رسانند. در نتیجه، جریانهای الکتریکی که در جدار دو بطن بوجود می‌آیند تقریباً یکدیگر را خنثی می‌کنند. اماهرگاه‌یکی ازشاخه‌های‌دستهٔ دهلیزی بطنی دچاربلوك شده‌باشددپولاریزاسیون دو بطن بطور همزمان با هم انجام‌نمی‌شود وجریانهای الکتریکی ناشی‌ازدپولاریزاسیون یکدیگر را خنثی‌نمی‌کنند. در نتیجه، انحراف محور الکتریکی به‌قرار زیربوجودمی‌آید:

بلوك شاخهٔ چپ ـ هنگامیکه شاخهٔ چپ دچار بلوك می‌شود دپولاریزاسیون قلبی با سرعتی تقریباً سه برابر بطن چپ، دربطن راست انتشار می‌یابد. درنتیجه، قسمت اعظم

بطن چپ برای یك مدت طولانی بعد از دپولاریزه شدن کامل بطن راست، بصورت پولاریزه باقی میماند. به‌این‌ترتیب، بطن‌راست درجریان‌قسمت‌اعظم روتددپولاریزاسیون نسبت به‌بطن چپ منفی است و یك وکتور قوی از بطن راست به‌سوی بطن چپ برقرار می‌شود. بعبارت دیگر یك انحراف شدید محور الکتریکی به‌سمت چپ وجود دارد زیرا انتهای مثبت وکتور متوجه بطن چپ است. این موضوع در شکل ۱۵-۱۶ تصویر شده که انحراف محور به‌سمت چپ ناشی از بلوك شاخهٔ چپ را نشان می‌دهد. توجه‌کنیدکه محور الکتریکی تقریباً ۵۰ — درجه است.

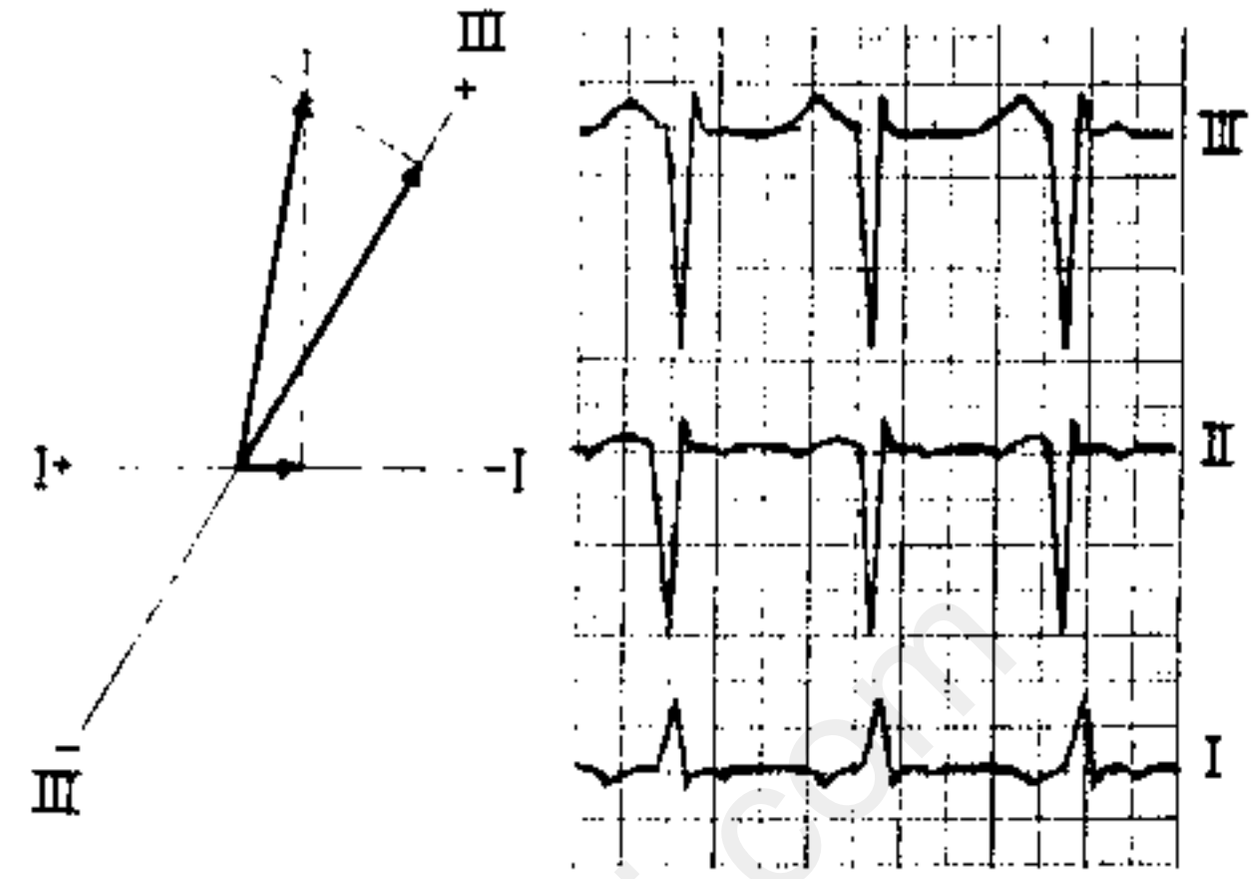
بعلت آهسته بودن هدایت ایمپالس دربلوك سیستم پورکینیه، انحراف محور براثر بلوك شاخه‌ای مدت‌کمپلکس QRS را همانطورکه بعداً در این فصل شرح داده خواهد شد به‌مقدار زیادی افزایش می‌دهد. طولانی شدن‌کمپلکس QRS است‌که این حالت را از انحراف محور ناشی ازهیپرتروفی متمایز می‌سازد.



شکل ۱۵-۱۶ انحراف محور به‌سمت چپ ناشی از بلوك شاخه‌ای چپ. به طولانی شدن‌زیاد کمپلکس QRS توجه کنید.

بلوك شاخه‌ای راست ـ هنگامیکه شاخهٔ راست دستهٔ دهلیزی بطنی دچار بلوك می‌شود بطن چپ بسیار سریعتر ازبطن راست دپولاریزه می‌شود بطوریکه بطن چپ منفی می‌شود درحالیکه‌بطن راست مثبت باقی میماند. یك وکتور بسیار قوی بوجود می‌آیدکه انتهای منفی آن بسوی بطن چپ و انتهای مثبت آن بسوی بطن راست است. بعبارت دیگر، انحراف شدید محور بسمت راست ایجاد می‌شود.

انحراف محور به‌سمت راست‌ناشی ازبلوك شاخهٔ راست در شکل ۱۶-۱۶ تصویر شده‌که محوری تقریباً برابر با ۱۰۵ درجه و یك طولانی شدن مدت‌کمپلکس QRS را بعلت بلوك هدایتی نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۱۶ انحراف محور به‌سمت‌راست براثر بلوك شاخه‌ای‌راست. به طولانی‌شدن‌شدید کمپلکس QRS توجه کنید.

انحراف محوربراثر تخریب عضله- انحراف بسیارغیرطبیعی محوربطنها می‌تواند متعاقب حملات قلبی که‌منجر به‌خراب شدن بخشی ازعضلهٔ قلبی‌وجایگزینی آن بوسیلهٔ بافت فیبری می‌شوندایجاد گردد. دوعلت عمدهٔ برای انحراف محور در این حالت وجود دارد: اولا، بخشی‌ازخود تودهٔ عضلانی خراب می‌شود وبافت فیبری‌جای آن‌را می‌گیرد و لذا مقدار کمتری عضلهٔ دریك طرف قلب نسبت به‌طرف دیگر برای تولید جریان الکتریکی وجود دارد.ثانیاً، که احتمالاعلت‌مهمتری است، بلوك هدایت دپولاریزاسیون دریك یاچند نقطه بطور موضعی در شاخه‌های کوچك سیستم پورکینیه بوجود می‌آید. هنگام پیدایش این‌بلوك، ایمپالس بایداز طریق خود عضله هدایت شود. هدایت ازطریق عضله باسرعت بسیار آهسته‌ای انجام می‌شود و ایمپالس غالباً مجبور است ناحیهٔ خراب شده را دور بزند ودرنتیجه به‌بافت عضلانی‌که بعداز محل بلوك قراردارد اجازه می‌دهد که برای مدتهای طولانی بعداز دپولاریزه شدن کامل قسمتهای دیگر قلب، بحالت الکتروپوزیتیو باقی بماند. به این ترتیب ، حتی بلوکهای موضعی در بطنها می‌توانند موجب تغییر قابل ملاحظه‌ای درجهت محور الکتریکی قلب‌شوند.

تخریب عضلانی موجب‌انحراف محوردرجهت مخالف‌طرف خراب شده امابلوك هدایتی موجب انحراف محور بسوی طرف خراب شده‌می‌گردد. به‌این‌ترتیب، این دو اثر ممکن‌است برحسب مورد یکدیگرراخنثی‌کنند یاخنثی نکنند. درنتیجه. انفارکتوسهای قدیمی درقلب‌تغییرات ثابت ویکنواختی ازنظرانحراف محور الکتریکی ایجاد نمی‌کنند. بنابراین،هنگامیکه‌سایرعلائم‌انفارکتوس‌قدیمی ازقبیل کم‌بودن‌ولتاژوبك، وج Q عمیق‌ونکل

۱۷-۱۶)، افزایش مدت کمپلکس QRS و اشکال غیرعادی کمپلکس QRS در الکتروکاردیوگرام وجود دارند تشخیص معمولا قطعی بوده وتعیین محور الکتریکی قلب بطورکلی اهمیتی ندارد.

حالاتی که موجب ولتاژهای غیرطبیعی کمپلکس QRS می‌شوند

افزایش ولتاژ دراشتقاقهای استاندارد

بطور طبیعی ولتاژ درسه اشتقاق استاندارد الکتروکاردیوگرافیک که از قله موج R تا قعر موج S اندازه‌گیری می‌شود بین ۰/۵ تا ۲ میلی‌ولت تغییر می‌کند واشتقاق III دارای کمترین ولتاژ واشتقاق II دارای بیشترین ولتاژاست. اما این روابط همیشه‌حتی در قلب طبیعی نیز صدق نمی‌کند. بطور کلی، هنگامیکه مجموع ولتاژهای تمام کمپلکسهای QRS درسه اشتقاق استاندارد از۴میلی‌ولت بیشتر باشد می‌توان چنین در نظر گرفت که بیمار دارای یک الکتروکاردیوگرام با ولتاژ زیاد است.

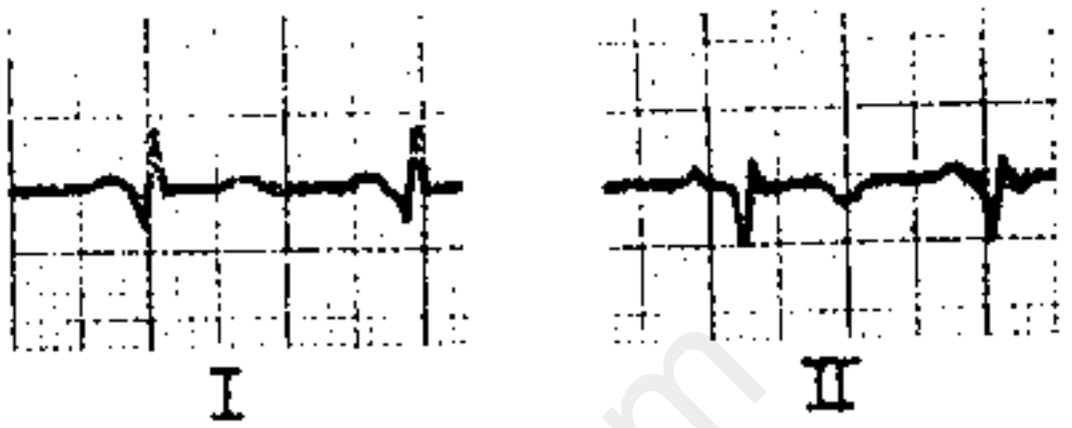
علت کمپلکسهای QRS با ولتاژ زیادبیشتر ازعمه افزایش تودهٔ عضلانی قلب است که معمولا ناشی از هیپرتروفی عضلهٔ قلبی درجواب به‌افزایش بار بر روی قسمتی ازقلب است. بعنوان‌مثال، هرگاه‌بطن راست مجبور باشدخون‌را ازیک دریچهٔ تنگ شدهٔ شریان ریوی تلمبه‌بزند دچار هیپرتروفی می‌شود وبطن چپ نیز درهیپرتانسیون گردش عمومی هیپرتروفی پیدا می‌کند. افزایش مقدار عضله موجب می‌شودکه جریان الکتریکی بسیار بیشتری در قلب تولیدشود. درنتیجه، پتانسیلهای الکتریکی‌ثبت‌شده دراشتقاقهای الکتروکاردیوگرافیک همانطور که در شکلهای ۱۳-۱۶ و ۱۴-۱۶ نشان داده شده‌اند بطور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از طبیعی هستند.

کاهش ولتاژ دراشتقاقهای استاندارد

سه علت عمده‌برای کاهش ولتاژ درالکتروکاردیوگرام به‌اشتقاق استاندارد وجود دارد. این‌علل عبارتند ازاولا، ناهنجاریهای خودعضلهٔ قلبی که ازتولید مقدارزیاد جریان الکتریکی جلوگیری‌می‌کنند. ثانیاً، حالات غیرطبیعی دراطراف قلب بطوریکه جریانهای الکتریکی نمی‌توانند به‌آسانی ازقلب به‌سطح بدن هدایت شوند. وثالثاً چرخش نوک‌قلب ومتوجه شدن آن به‌سوی جدار قدامی سینه بطوریکه جریانهای الکتریکی قلب بجای سیر درسطح جبهه‌ای بدن بطورعمده ازعقب به‌جلوی سینه‌سیر می‌کنند.

کاهش ولتاژ براثر میوپاتیهای قلبی- یکی ازشایعترین علل کاهش ولتاژ کمپلکس QRS یک سری انسدادکرونریهای تدریجی منوکارد همراه باکاهش تودهٔ عضلانی است. این

موضوع موجب می‌شود که موج‌دپولاریزاسیون به آهستگی در بطنها حرکت کند و از پولاریزاسیون قسمت عمده‌ای از قلب بطور همزمان جلوگیری می‌کند. درنتیجه، این حالت موجب طولانی شدن متوسط کمپلکس QRS همراه باکاهش ولتاژ می‌شود. شکل ۱۷-۱۶ یک‌الکتروکاردیو گرام مشخص باولتاژ کم وطولانی شدن کمپلکس QRS رانشان می‌دهدکه غالباً بعداز آنکه انفارکتوسهای متعدد کوچک قلب منجر به‌ایجاد بلوکهای موضعی واز بین‌رفتن تودهٔ عضلانی درسراسر بطنها می‌شوند مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۷-۱۶ ـ الکتروکاردیوگرام باولتاژ کم بادلایل وجودآسیب موضعی در سراسر بطنها ناشی‌ازانفارکتوسهای قدیمی میوکارد.

کاهش ولتاژ ناشی‌ازشرایط اطراف قلبـ یکی از مهمترین علل کاهش ولتاژ در در اشتقاقهای الکتروکاردیوگرافیک وجود مایع‌در پریکارداست. چون‌مایع خارج سلولی جریانهای‌الکتریکی‌را باسهولت‌زیادهدایت‌می کنند‌قسمت‌زیادی‌ازجریانهائی که‌ازقلب‌خارج می‌شوند از طریق مایع پریکاردی ازیک قسمت قلب به‌قسمت دیگر آن هدایت می‌شوند ولذا مقدار جریان الکتریکی که بسطح پوست می‌رسد فوق‌العاده کاهش می‌یابد. تجمع مایع دریردهٔ جنب نیز می‌تواند تاحدودکمتری جریان الکتریکی در اطراف‌قلب راکاهش دهد وموجب کاهش ولتاژ درسطح بدن ودرالکتروکاردیوگرامها گردد.

آمفیزم ریوی می‌تواند پتانسیلهای الکتروکاردیوگرافیک را به‌روش دیگری کاهش دهد. درآمفیزم ریوی هدایت جریان الکتریکی از طریق ریه‌ها بطورقابل ملاحظه‌ای بعلت افزایش مقدار هوا درریه‌ها کاهش‌می‌یابد. علاوه برآن، قفسهٔ سینه بزرگ می‌شود وریه‌ها تا حدود زیادتری ازحال طبیعی قلب را احاطه می‌کنند. بنابراین، ریه‌ها بعنوان عایقی برای جلوگیری از انتشار جریانهای الکتریکی ازقلب به سطح بدن عمل می‌کنند و این موضوع بطورکلی منجر به‌کاهش پتانسیلهای الکتروکاردیوگرافیک در اشتقاقهای مختلف می‌شود.

طرحهای طولانی و غیرعادی کمپلکس QRS

کمپلکس طولانی QRS ناشی از هیپرتروفی یا اتساع قلب

کمپلکس QRS تا زمانی که روند دپولاریزاسیون به‌انتشار در سراسربطنها ادامه می‌دهد یعنی تا زمانی‌که قسمتی از قلب دپولاریزه و قسمتی از آن پولاریزه است طول می‌کشد. بنابراین، علت یك‌کمپلکس QRS طولانی همیشه تأخیر در هدایت ایمپالس در بطنها است. این‌قبیل تأخیرغالباً هنگامی ایجاد می‌شودکه یك‌یا هردوبطن دچارهیپرتروفی یا اتساع می‌گردند بطوریکه ایمپالس مجبور است مسیرطولانیتری را طی‌کند. کمپلکس QRS طبیعی حدود ۰/۰۶ ثانیه طول‌می‌کشد درحالیکه درهیپرتروفی یا اتساع بطن‌چپ یا راست‌کمپلکس QRSممکن است تا ۰/۰۹ یا گاهی ۰/۱۰ ثانیه طول بکشد.

کمپلکس طولانی QRS ناشی از بلوکهای سیستم پورکینیه

بلوك فیبرهای پورکینیه سبب می‌شودکه ایمپالس قلبی بجای‌سیستم تخصص عمل یافتهٔ هدایتی از طریق عضلهٔ قلبی هدایت شود و از این راه سرعت ایمپالس را به‌تقریباً یك‌سوم تا یك‌چهارم طبیعی کاهش می‌دهد. بنابراین، هرگاه بلوك یکی از شاخه‌های دستهٔ دهلیزی بطنی ایجاد شود مدت کمپلکس QRS تا ۰/۱۴ ثانیه یا بیشتر افزایش می‌یابد.

بطورکلی، هرگاه‌کمپلکس QRS از ۰/۰۸ ثانیه بیشتر طول بکشد از نظر مدت غیرطبیعی است وهرگاه از۰/۱۲ ثانیه بیشترطول‌بکشد این طولانی‌شدن تقریباً بطوریقین ناشی‌از بلوك پاتولوژیك سیستم هدایتی درقسمتی‌از بطنها است ودر الکتروکاردیوگرام بلوکهای شاخه‌ای درشکلهای ۱۵-۱۶ و ۱۶-۱۶ نشان داده‌شده‌است.

حالات ایجاد کنندهٔ اشکال غیرعادی کمپلکس QRS

اشکال غیرعادی‌کمپلکس QRS غالباًبوسیله دوحالت:وجودمی‌آیند: اولا، تخریب عضلهٔ‌قلبی در نقاط مختلف بطنها وجایگزینی‌آن بوسیلهٔ بافت التیامی، وثانیاً، بلوکهای موضعی در هدایت ایمپالسها بوسیلهٔ سیستم پورکینیه.

گاهی بلوکهای موضعی در هردوبطن راست و چپ ایجاد می‌شوند. هرگاه بلوکها چنان باشندکه ایمپالس به‌ناحیهٔ بلوکه شده در بطن راست بسیار دیرتر از ناحیهٔ بلوکه شده در بطن چپ برسد اما مقدارکل عضلهٔ بلوکه شده در بطن راست بیشتر ازمقدارکل عضلهٔ بلوکه شده در بطن چپ باشد وضعیتی بوجود خواهد آمدکه در آن محور قلب