

КЛИНИЧНА ЕЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

ПРОДЪЛЖЕНИЕ

ЕКГ-диагностика на инфаркта на миокарда (част I)

Д-р Борислав Георгиев

Национална кардиологична болница

Акад. Илия Томов

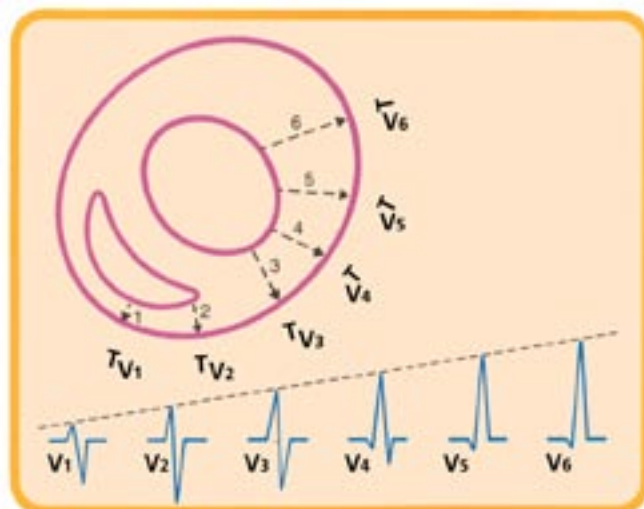
Национална кардиологична болница

Нормалният QRS-комплекс представлява следствие на генерираните електрически сили в различни участъци на миокарда по време на камерната деполяризация. След възникване на миокарден инфаркт зоната на некрозата става електрически тиха. Балансирането на векторните сили е с тенденция към заобикаляне на тази зона и доминиране на противоположните потенциали. Ако изместването на резултантните вектори е достатъчно изразено, електрогът срещу инфарктния миокард записва абнормно негативни дефлекции по време на деполяризацията. Ако тази част на миокарда се деполяризира нормално по-рано, се записва начално-негативен и абнормен Q-зъбец и инфарктът се нарича МИ с Q-зъбец. При наличие на Q-зъбец в прекордиалните отвеждания е налице преден Q-миокарден инфаркт. При наличие на абнормна дефлексия във II, III и aVF е налице голем Q-миокарден инфаркт. Тъй като постеробазалната зона на лявата камера се деполяризира най-късно, промените при задния левокамерен инфаркт се установяват в по-късните зони на QRS-комплекса. Ако се постави електрод в горзалната част на гръдния кош, се записва широк негативен зъбец или втори негативен зъбец. Тъй като задните гръдни отвеждания не се правят рутинно, анализираме реципрочните промени в предните прекордиални отвеждания за разпознаване на задния инфаркт. Те обикновено се изобразяват като висок R-зъбец във V₁ или по-рядко като rR', rSR'. В редица случаи след преживян миокарден инфаркт не се установяват патологични Q-зъбци в ЕКГ. Тези инфаркти се описват като миокардни инфаркти без Q-зъбец. Причините за липса на патологичен Q-зъбец често остават неясни. В някои случаи некротичната зона може да бъде малка или субендокарна, или инфарктната тъкан може да бъде нацепена или разделена от жив миокард. Отклоненията в електрическите сили на QRS-комплекса в резултат на промяна на посоката от инфарктната зона могат да не са в една и съща посока. Електродите, поставени в близост до некротичната зона, могат да не регистрират негативни отклонения, а да запишат само промени в ST-сегмента или в T-вълната. По такъв начин инфарктите без Q-зъбец често

се отнасят към субендокарните инфаркти, а тези с Q-зъбец – като трансмурални, но промените в ЕКГ не винаги отговарят на установените морфологични промени при аутопсия.

При наличие на миокардни увреждания ангажираната зона се деполяризира непълно. В края на деполяризацията тя остава по-положителна от незасегнатата зона. Ако се постави електрод в тази зона, относително позитивният потенциал ще се изобрази като елевация на ST-сегмента. Ако електродът е поставен над незасегнат миокард в противоположната на увредената зона, ще се запише негативен край на ST-вектора, което се изобразява като ST-депресия. Ако миокардното увреждане е ограничено само в субендокарните зони на камерната стена, между електрода и увредения миокард се простира нормален епикарден слой от миокарда, който е електрически по-негативен от засегнатия ендокард в края на деполяризацията. ST-векторът се отдалечава от предлежащия електрод, поради което се записва ST-депресия.

Миокардната исхемия забавя процеса на реполяризация. В резултат на това исхемичната зо-



Фиг. 149. Постепенното повишаване на амплитудата на R-зъбеца отдясно (V₁) наляво (V₆) в прекордиалната серия отразява прогресивното увеличаване на мускулната маса в подлежащата на всеки електрод зона, тъй като деполяризацията се разпространява от ендокарда към епикарда.

на е електрически по-негативна от незасегнатия миокард по време на възстановителната фаза, в резултат на което векторът на Т-вълната се отдалечава от електрода пред исхемичната зона. Тогава се записва негативна Т-вълна. Ако исхемията е субендокардна, а не трансмурална, забавянето на реполяризацията не променя посоката на възстановителния процес, поради което реполяризацията се разпространява нормално от епикард към ендокард. Електродите, поставени пред тази зона на камерния миокард, записват положителна Т-вълна. Поради забавянето на реполяризацията в субендокардната зона се записват високи патологични Т-вълни.

При остър миокарден инфаркт с Q-зъбец некротичната зона е заобиколена от увредена зона с исхемия. По такъв начин ST-елевация и промяна в Т-вълната се наблюдава в отвежданията с патологичен Q-зъбец, както и в отвежданията близо до инфарктната зона. Както бе споменато преди, при инфаркта без Q-зъбец се регистрират само промени в ST-сегмента и Т-вълната.

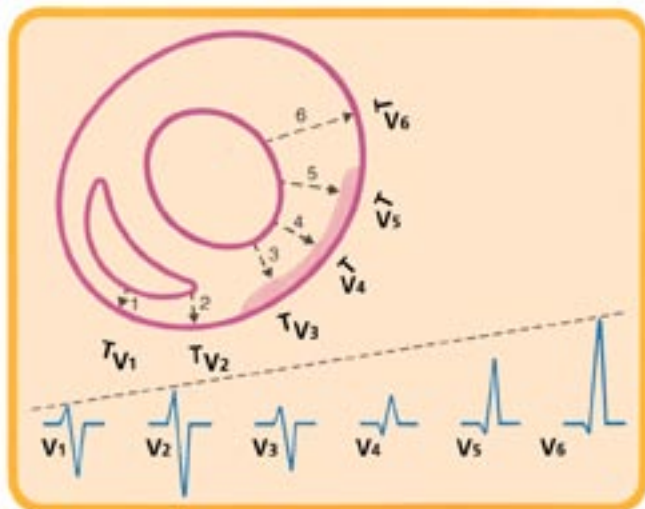
ЕКГ-белези при остър миокарден инфаркт

Промените в QRS-комплекса, ST-сегмента и Т-вълната могат да бъдат регистрирани при различните фази на миокардния инфаркт и някои от тези промени могат да персистират.

ПРОМЕНИ В QRS-КОМПЛЕКСА

Промените в QRS-комплекса, които могат да насочат към диагнозата миокарден инфаркт, са:

1. ненормално нисък волтаж на R-зъбеца в ограничена зона;
 2. патологичен Q-зъбец
- Оформянето на патологичен Q-зъбец и редуци-



Фиг. 150. Височината на R-зъбеца във всяко отвеждане отговаря на дебелината на подлежащия на отвеждането жив миокард. Ако дебелината на живия миокард е намалена под отвеждания V_3 - V_5 , ще се установи намаляване на амплитудата на R-зъбеца в тези отвеждания.

ята на амплитудата на R-зъбеца са резултат от миокардната некроза и се обясняват с намаляване на положителната посока на деполяризация. Причината за това е намаляването или пълната липса на жив миокард под електрода. Височината на R-зъбеца в прекардиалните отвеждания е свързана с дебелината на живия миокард под електрода. В нормални условия дебелината се увеличава в прекардиалната серия отгясно наляво (фиг. 149).

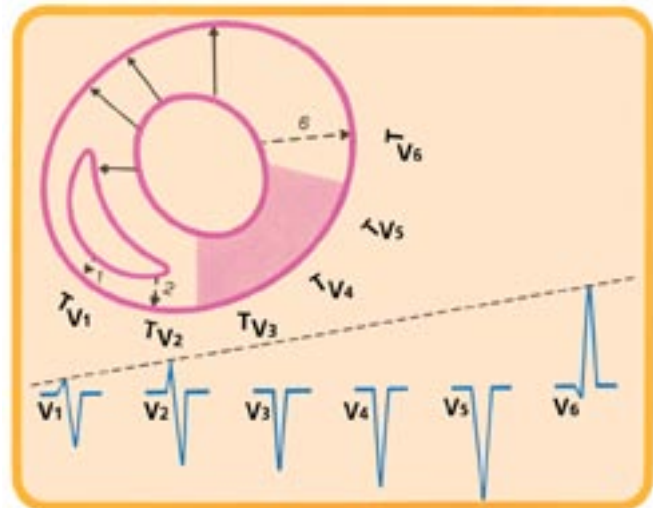
НАМАЛЯВАНЕ НА АМПЛИТУДАТА НА R-ЗЪБЕЦА

Инфарцирането на част от дебелината на миокарда (загуба на жив миокард) под V_3 - V_5 предизвиква редукция на волтажа на R-зъбеца в тези отвеждания (фиг. 150)

Загубата на амплитуда на R-зъбеца може да се установи или при съпоставка с предходни ЕКГ със значимо по-високи R-зъбци в анализиранията отвеждания, или ако промените се установяват в две или повече отвеждания от V_2 до V_5 . Трябва да се отбележи, че инфаркт не може да се приеме само въз основа на по-ниската височина на R-зъбеца във V_5 , V_6 в сравнение с V_4 , тъй като това понижаване може да бъде нормална вариация. За наличие на инфаркт може да се твърди само, ако се регистрира намаляване на амплитудата в сравнение с нормални амплитуди, записани в предшестващи ЕКГ.

ПАТОЛОГИЧЕН Q-ЗЪБЕЦ И QS-КОМПЛЕКС

Когато инфарктът ангажира цялата дебелина на стената (трансмурален инфаркт – от ендо-



Фиг. 151. Нормално деполяризацията на дясната и лявата камера започва от ендокарда към епикарда в зоната на отвежданията V_1 , V_2 до V_6 . На показаната схема отвежданията V_3 , V_4 и V_5 не са повлияни от разпространението на електрическия импулс в подлежащия миокард, който е електрически инертен. В тези отвеждания се записва деполяризацията на междукамерната преграда и задната стена на лявата камера (плътните стрелки). Тази деполяризация се разпространява от ендокарда към епикарда, но се отдалечава от прекардиалните електроди. По този начин QRS-комплексите в посочените отвеждания са напълно негативни (т.е. QS-комплекс).

карда до епикарда) се установява пълна загуба на R-зъбци в отвежданията над инфарктната зона (фиг. 151)

Пълната загуба на R-зъбец в прекордиалните отвеждания обуславя напълно негативен камерен комплекс, който се дефинира като QS-комплекс. Тези негативни зъбци са в резултат на деполяризацията на задната стена на камерата, която се разпространява от ендокарда към епикарда и в този случай се отдалечават от електродите. При нормални условия тези негативни сили на деполяризация се замъгляват от доминиращите сили на деполяризация на предната стена на лявата камера, която е много по-близка до прекордиалните отвеждания.

Когато инфарктът не ангажира цялата дебелина на миокарда, но голяма част от стената, се записват не толкова изразени промени в R-зъбеца с абнормен Q-зъбец в същите отвеждания. Остатъчният R-зъбец обуславя липсата на QS-форма (фиг. 152). Установяването на патологичен Q-зъбец и редуцирането на волтажа на R-зъбеца са най-честите ЕКГ-находки при преживян миокарден инфаркт.

Редукцията на амплитудата на R-зъбеца отговаря на степента на редуция на дебелината на живия миокард в подлежащата на електрода зона. Налице са четири възможни промени в QRS-комплекса:

1. намаление на волтажа на R-зъбеца
2. патологичен Q-зъбец без промени в съответстващия R-зъбец
3. редуция на R-зъбеца със съпътстващ патологичен Q-зъбец
4. наличие на QS-форма

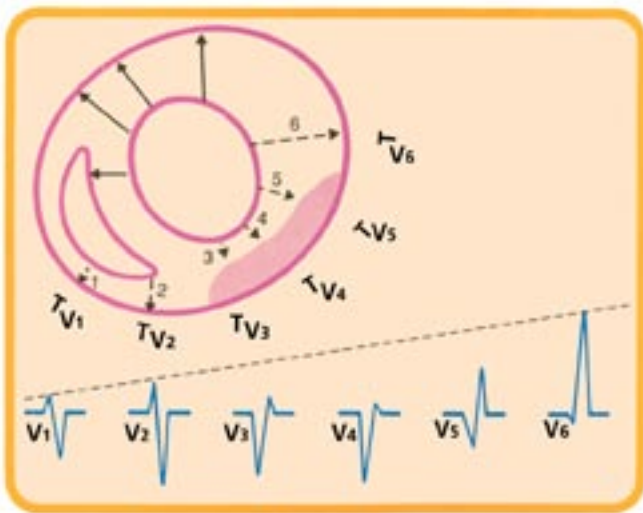
Тези четири промени са част от общ процес, свързан с промени в дебелината на миокарда в инфарктната зона. При наличието на инфаркт, ангажиращ в различна дебелина миокарда, могат да бъдат регистрирани и четирите промени (фиг. 153).

При анализа на Q-зъбеца и QRS-комплекса е необходимо да бъдат предефинирани понятията за нормален и патологичен Q и QRS.

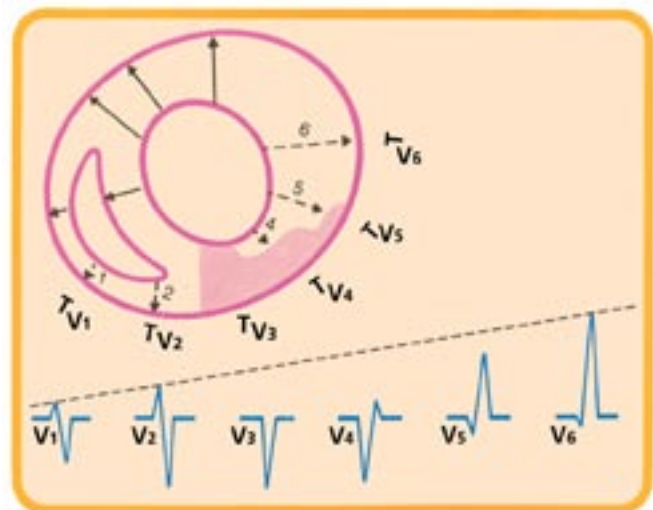
Нормален Q-зъбец

В прекордиалните отвеждания нормално q-зъбец се регистрира в отвежданията, записващи потенциали от зони наляво от междукламерната преграда (тъй като отразява септалната деполяризация). Ако сърцето е в индиферентна позиция, нормално q-зъбци ще има в отвеждания V_4 , V_5 , V_6 (фиг. 25). При изразено завъртане по часовниковата стрелка те могат да бъдат регистрирани само във V_6 или в отвеждания, отразяващи по-латерални зони – отвеждане I и/или aVL (фиг. 26). При завъртане обратно на часовниковата стрелка q-зъбци могат да се установят от V_2 до V_6 , а при крайно завъртане обратно на часовниковата стрелка - от V_1 до V_6 (фиг. 26, 27).

В периферните отвеждания нормално септалният q-зъбец се записва в отвежданията с QRS-комплекс, отразяващ левокамерната конфигурация, и зависи от електрическата ос на сърцето. Ако оста е хоризонтална (между 0° и -30° ,



Фиг. 152. Нормално деполяризацията на дясната и лявата камера започва от ендокарда към епикарда в зоната на отвежданията от V_1 , V_2 до V_6 . На показаната схема инфарктът под отвежданията V_3 , V_4 и V_5 не ангажира изцяло стената на камерата. В резултат на това R-зъбецът в посочените отвеждания е намален по амплитуда. Височината на R-зъбеца в отвеждания V_3 - V_5 корелира с дебелината на остатъчния жив миокард (прекъснати стрелки 3, 4, 5). В посочения случай по-голямата част от дебелината на миокарда е ангажирана от инфаркта и остатъчният жив миокард е недостатъчен, за да преодолее ефекта на деполяризацията на задната стена на лявата камера, поради което се появява дълбок Q-зъбец с малък R-зъбец.



Фиг. 153. Инфарктът ангажира цялата дебелина на лявата камера под отвеждане V_3 . Под отвеждане V_4 инфарктната зона засяга част от дебелината на стената, под V_5 е инфарктирана само малка част от дебелината на миокарда. Във V_3 се регистрира QS-форма, във V_4 – патологичен Q-зъбец, а във V_5 – само незначителна редуция на R-зъбеца.

нормално q-зъбец се регистрира в отвеждания I и aVL с конфигурация qR-комплекс (фиг. 154). Ако остта е вертикална (между $+60^\circ$ и $+90^\circ$), нормално q-зъбец се регистрира в отвеждания II и aVF с конфигурация qR-комплекс (фиг. 154). Ако остта е между $+60^\circ$ и $+90^\circ$, нормално q-зъбец се регистрира в отвеждания I и II.

Нормален QS-комплекс

QS-комплексът сочи, че целият процес на деполяризация на живия миокард се разпространява в посока, отдалечаваща се от съответното отвеждане. Тъй като процесът на деполяризация е от ендокарда към епикарда, всяко отвеждане, което "гледа" към вътрешността на сърцето, ще запише QS-комплекс. Това обикновено е отвеждането aVR, но в зависимост от остта на сърцето може да бъде и III отвеждане или aVL (фиг. 154).

Когато сърцето е разположено вертикално, нормален септален q-зъбец (qR-комплекс) се записва в отвеждания II, III и aVF, а в aVL се записва нормално QS-комплекс (обичайно в aVR се записва QS-комплекс).

Когато сърцето е разположено хоризонтално, нормален септален q-зъбец се записва в отвеждания I и aVL, а в III се записва нормално QS-комплекс.

Патологичен QS-комплекс

Ако QS-комплекс се запише в отвеждания, които не "оглеждат" вътрешната повърхност на сърцето, той винаги е патологичен.

Патологичен q-зъбец

Q-зъбците са абнормни, когато:

1. са с абнормна ширина (продължителност) или
2. са с абнормна дълбочина (в зависимост от амплитудата на последващия R-зъбец).

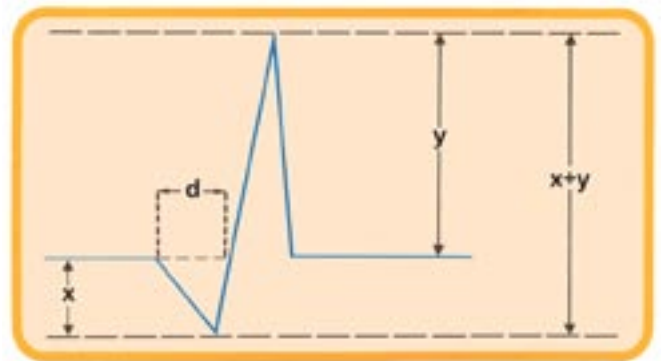
Q-зъбецът е абнормен, когато е с продължителност, по-голяма или равна на 0,04 сек, или е с дълбочина (амплитуда), по-голяма от 25% от амплитудата на следващия R-зъбец (фиг. 155).

Основните ЕКГ-критерии за диагностициране на миокарден инфаркт според промените в QRS-комплекса са:

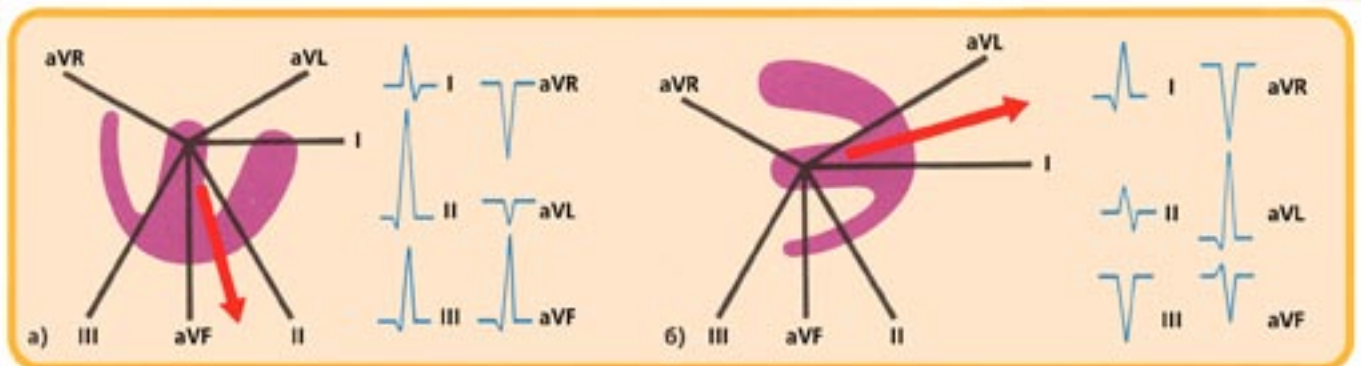
1. Редуция на амплитудата на r-зъбеца (в сравнение с предшестващи ЕКГ-записи) ♦ или
2. Поява на QS-комплекс във V_1^* , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , V_6 , I, II, aVF, aVL♦ или
3. Патологично дълбок или широк q-зъбец във V_1^* , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , V_6 , I, II, aVF, aVL♦. Q-зъбците са абнормни, когато продължителността им е равна или надвишава 0,04 сек или когато дълбочината им надвишава една четвърт от амплитудата на следващия R-зъбец.

Забележка

1. ♦ Намалването на амплитудата на r-зъбеца в периферните отвеждания не може да се използва като критерий за миокарден инфаркт, тъй като зависи от средната ос на QRS във фронталната равнина.
2. * При изразено завъртане по часовниковата стрелка QS-комплекс може да се запише нормално във V_1 и поня-



Фиг. 155. На диаграмата е представена конфигурация qR на QRS-комплекса. Продължителността на q-зъбеца (d) се измерва от началото на q-зъбеца до началото на възходящото рамо на R-зъбеца, след пресичане на изоелектрическата линия. Дълбочината на q-зъбеца е x . Критерий за патология е $x > y/4$. Височината на r-зъбеца (y) не е еквивалентна на амплитудата на QRS-комплекса ($x+y$). Критерий за абнормност е също $x > (x+y)/5$ и това е напълно същия критерий.



Фиг. 154. Стрелките обозначават основната посока на QRS-оста.

а) Ако сърцето е вертикално (в този случай електрическата ос е $+75^\circ$), aVL гледа към вътрешната повърхност на сърцето и се записва QS-комплекс. В aVR обичайно се записва QS-конфигурация. На посочената фигура сърцето е разположено вертикално или хоризонтално. Това показва разликите между електрическата ос и физикалната находка. При хоризонтално разположеното сърце основните сили (левокамерни сили) са насочени хоризонтално и наляво.

б) Когато сърцето е хоризонтално (електрическа ос -15°), отвеждане III оглежда вътрешната повърхност на сърцето и се записва QS-комплекс. aVR записва обичайната си QS-конфигурация.

кога във V_2 .

3. • При вертикална позиция на сърцето QS-комплекс може да се установи нормално в aVL.
4. За III отвеждане тези разсъждения не важат. Тук може да се запише дълбок Q-зъбец дори и при нормална ЕКГ.
5. Нито един от посочените критерии не се прилага при наличие на ляв бедрен блок или камерна преексцитация.

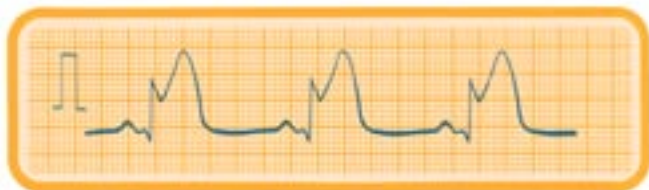
ПРОМЕНИ В ST-СЕГМЕНТА ПРИ МИОКАРДЕН ИНФАРКТ

В началните часове на острия миокарден инфаркт се установяват промени в ST-сегмента, които в някои случаи могат да бъдат много граматични. Тези промени сочат налична миокардна лезия, а не инфарктиране. Лезионният процес е нестабилен. Острата ST-елевация винаги се възстановява в известна степен (обикновено възстановяването е напълно). Възстановяването на ST-сегмента се съпровожда от появата на промени в QRS комплекса, които са маркери за инфаркта, но в някои случаи ST-сегментът може да се нормализира без поява на диагностични белези за преживян миокарден инфаркт.

Основните промени в лезионната фаза са свързани с елевация на ST-сегмента над изоелектрическата линия. Нормалният ST-сегмент се характеризира с отклонение над изоелектрическата линия, но не повече от 1 мм. ST-елевацията се появява рано в острия миокарден инфаркт (фиг. 156.)

ПРОМЕНИ В T-ВЪЛНАТА ПРИ МИОКАРДЕН ИНФАРКТ

В хода на миокардния инфаркт може да се наблюдава голямо разнообразие в промените на T-вълната. Това включва поява на плоски, бифазни, негативни или абнормно високи T-вълни. Нито една от тези промени не е специфична. Има тенденция за възприемането на тези неспецифични промени в T-вълната като незначителни, т.е. неспецифичните промени се еквивалент на несигнификантни промени на T-вълната. Неспецифичните промени не могат да се установят при дефинирана патология. Неспецифични промени в T-вълната могат да се установят при миокардна



Фиг. 156. Синусов ритъм. Ясна изоелектрическа линия между края на T-вълната и началото на R-вълната. ST-сегментът е издигнат на 5 мм над изоелектрическата линия. Патологична елевация на ST-сегмента се установява в отвежданията, "гледащи" зоната на инфаркта. Елевацията може да се регистрира при болни с трансмурален или субепикарден инфаркт. "Реципрочна ST-депресия" може да се регистрира в отвежданията, регистриращи потенциали от противоположната страна на инфаркта. Първична депресия на ST-сегмента може да се установи в отвеждания срещу зоната на субендокарден инфаркт.

исхемия, камерна хипертрофия, междукамерни проводни нарушения, миокардити, кардиомиопатии, перикардити, електролитни нарушения, хипотиреоидизъм, субарахноидален кръвоизлив, понякога в хода на бременността, дори и при консумация на студена вода.

Най-типичната промяна при миокарден инфаркт е появата на дълбока, симетрична, негативна T-вълна (фиг. 157).

Дълбоки, симетрични, инвертирани T-вълни могат да се появят в резултат на промени при остър трансмурален или субендокарден миокарден инфаркт, а така също и при липса на промени в QRS-комплекса (като първични промени при субендокарден инфаркт). В такива случаи T-промени се установяват в няколко отвеждания.

ПАТОЛОГИЧНИ T-ВЪЛНИ ПРИ ДОЛЕН ИНФАРКТ

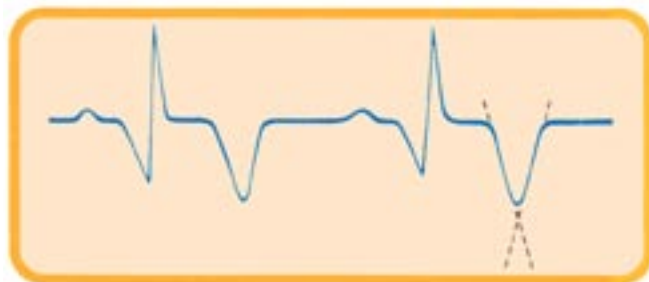
Нормално електрическата ос на T-вълната не трябва да се различава от електрическата ос на QRS-комплекса с повече от $\pm 45^\circ$. В случай на долен миокарден инфаркт с негативни T-вълни в отвеждания II и aVF, разликата в оста на QRS-комплекса и T-вълната може да бъде по-малка от $\pm 45^\circ$. Например на фиг. 158 се установяват q-зъбци във II, III и aVF, сочещи за долен миокарден инфаркт, и негативни T-вълни в същите отвеждания. Разликата в електрическите оси на QRS-комплекса и T-вълната не надвишава $\pm 45^\circ$.

ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ В ЕКГ-ПРОМЕНЕТЕ ПРИ ОСТЪР МИОКАРДЕН ИНФАКТ

Всяка една или всички от описаните промени могат да бъдат регистрирани в хода на миокардния инфаркт. Описана е типичната последователност на ЕКГ-промените при миокардния инфаркт (фиг. 159)

Обобщение

1. ST-елевацията отразява електрически нестабилен процес и сочи за наскоро появило се събитие. Почти винаги процесът еволюира в инфаркт.
2. Намалването на волтажа на R-зъбеца и оформянето на патологичен Q-зъбец сочат за наличието на преживян миокарден инфаркт. Обик-



Фиг. 157. Налице е абнормен Q-зъбец. ST-сегментът е нормален, но се регистрира дълбока, симетрична T-вълна. Симетричността на вълната означава, че има еднакъв ъгъл на снижение и изкачване на рамената ѝ.

новено тези промени са постоянни. Понякога те могат да претърпят регресия. Регресията не означава регенерация на миокарда. В някои случаи може да се появи r-зъбец или редуцираният R-зъбец може да се повиши по амплитуда. Този феномен е известен като "регенерация на R-зъбеца".

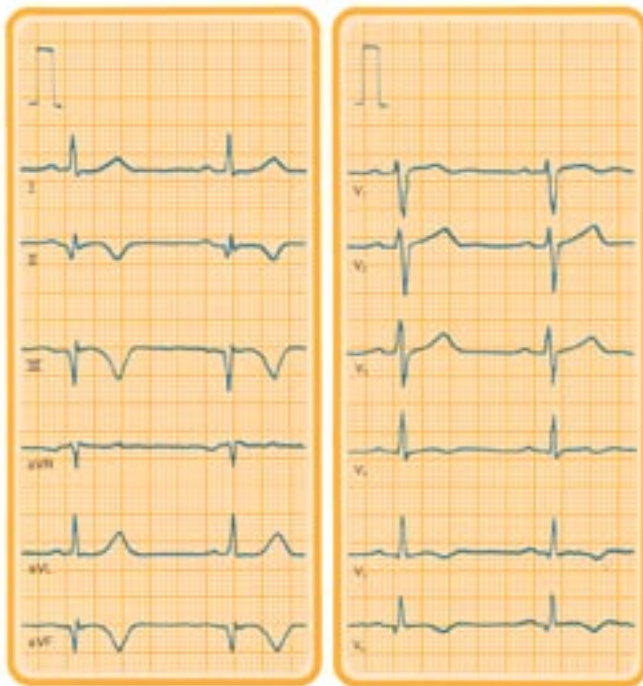
3. QRS-критерии за миокарден инфаркт със съпътстваща ST-елевация сочат за наличие на пресен миокарден инфаркт (в рамките на дни). QRS-критерии за миокарден инфаркт с нормален ST-сегмент и дълбоки, симетрични, негативни T-вълни сочат за наличие на миокарден инфаркт със средна давност (в рамките на седмици или месец-два). QRS-критерии за миокарден инфаркт с нормален ST-сегмент и T-вълна сочат за наличие на стар миокарден инфаркт (в рамките на месеци и години).
4. Понякога всички ЕКГ-данни за преживян миокарден инфаркт могат да изчезнат в резултат на намаляване (ограничаване) на мъртвата тъкан.

тат на намаляване (ограничаване) на мъртвата тъкан.

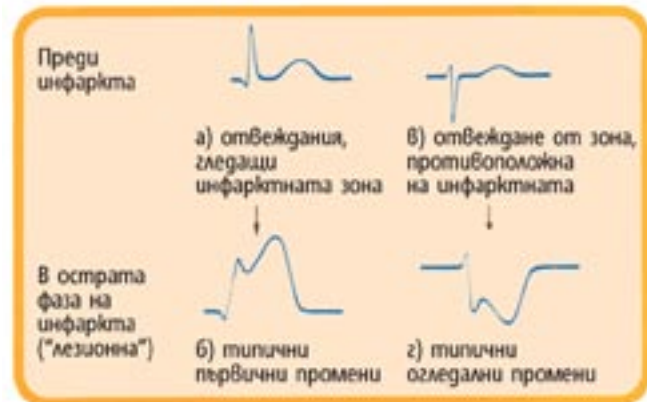
РЕЦИПРОЧНИ (ОГЛЕДАЛНИ) ПРОМЕНИ ПРИ МИОКАРДЕН ИНФАРКТ

В допълнение към първичните промени, настъпващи в отвежданията, "гледащи" инфарктна зона, се появяват и реципрочни промени в отвежданията, противоположни на инфаркта. Образът на реципрочните промени е обратен на този при първичните промени, т.е. депресия на ST-сегмента вместо елевация и високи островърхи T-вълни вместо симетрични негативни T-вълни. Реципрочните промени могат да се видят добре чрез обръщане надолу на образа на първичните промени (фиг. 160).

Може да се каже, че ако се регистрира ST-елевация в някои отвеждания и ST-депресия в други в една и съща ЕКГ, първичните промени се изразяват с елевация, докато депресията е израз на вторични промени. **(продължава в следващия брой)**



Фиг. 158



Фиг. 160. Отвежданията, гледащи инфаркта, регистрират qR-комплекс с положителна T-вълна и изоелектрически ST-сегмент (а). През първите часове на инфаркта не се забелязват промени в q-зъбеца и амплитудата на R-зъбеца, но се регистрира значима елевация на ST-сегмента (б). Отвежданията, срещуположни на зоната на инфаркта, записват начален rS-комплекс с изоелектрически ST-сегмент и положителна T-вълна (в). През първите часове на инфаркта се регистрира значителна депресия на ST-сегмента без промени в QRS-комплекса (г).



Фиг. 159. а) Нормална ЕКГ; б) ST-елевация през първите часове на инфаркта. На този етап не се установяват промени в QRS-морфологията и в T-вълната. Образът е познат като "остър инфаркт", което сочи миокардната лезия. Понякога образът се възстановява до изходни параметри; в) През първите дни намалява волтажът на R-зъбеца и се появява абнормен Q-зъбец. Тези промени са достатъчни за диагностиката на инфаркта. Елевацията на ST-сегмента е по-малка от тази в (б); г) През първата една или повече седмици ST-промените се възстановяват напълно до изоелектрическата линия. R-зъбецът остава по-нисък и персистира патологичният Q-зъбец. Може да се появи дълбока симетрична T-вълна. При някои болни тези промени персistirат, при други могат да се променят, както е показано на (д); е) Месеци след инфаркта промените в T-вълната могат да се възстановят към изходния образ. Персistirат ниският волтаж на R-зъбеца и патологичният Q-зъбец.