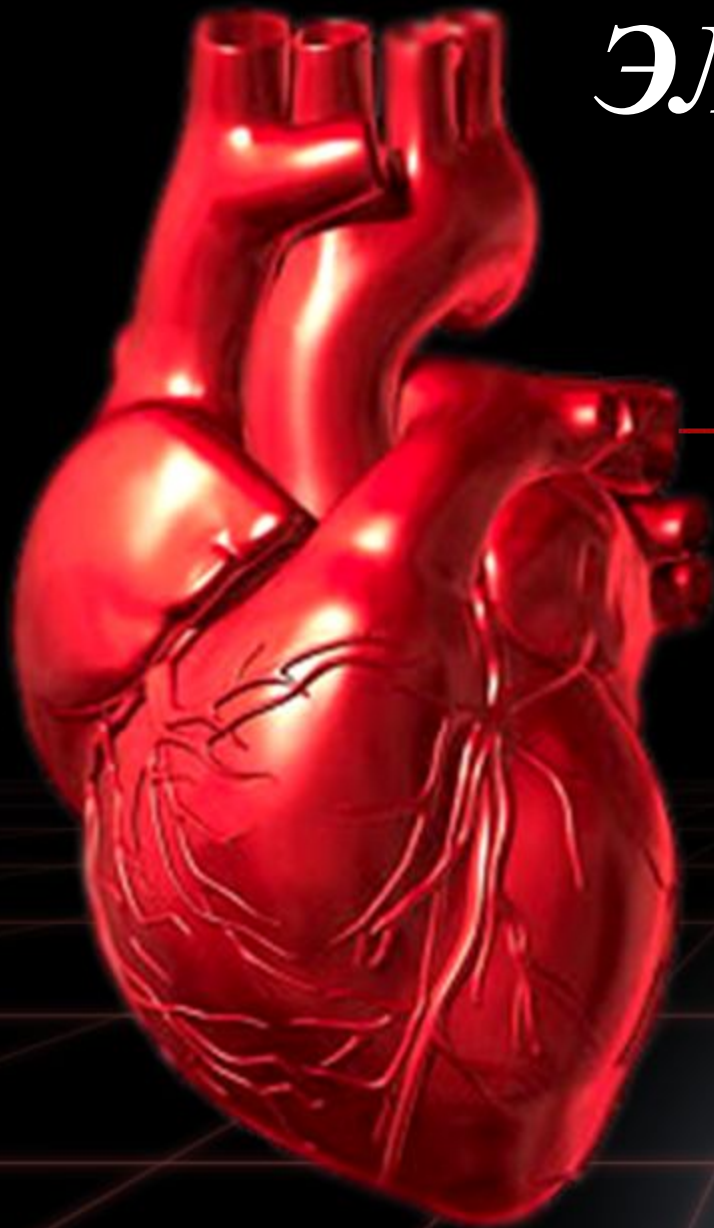
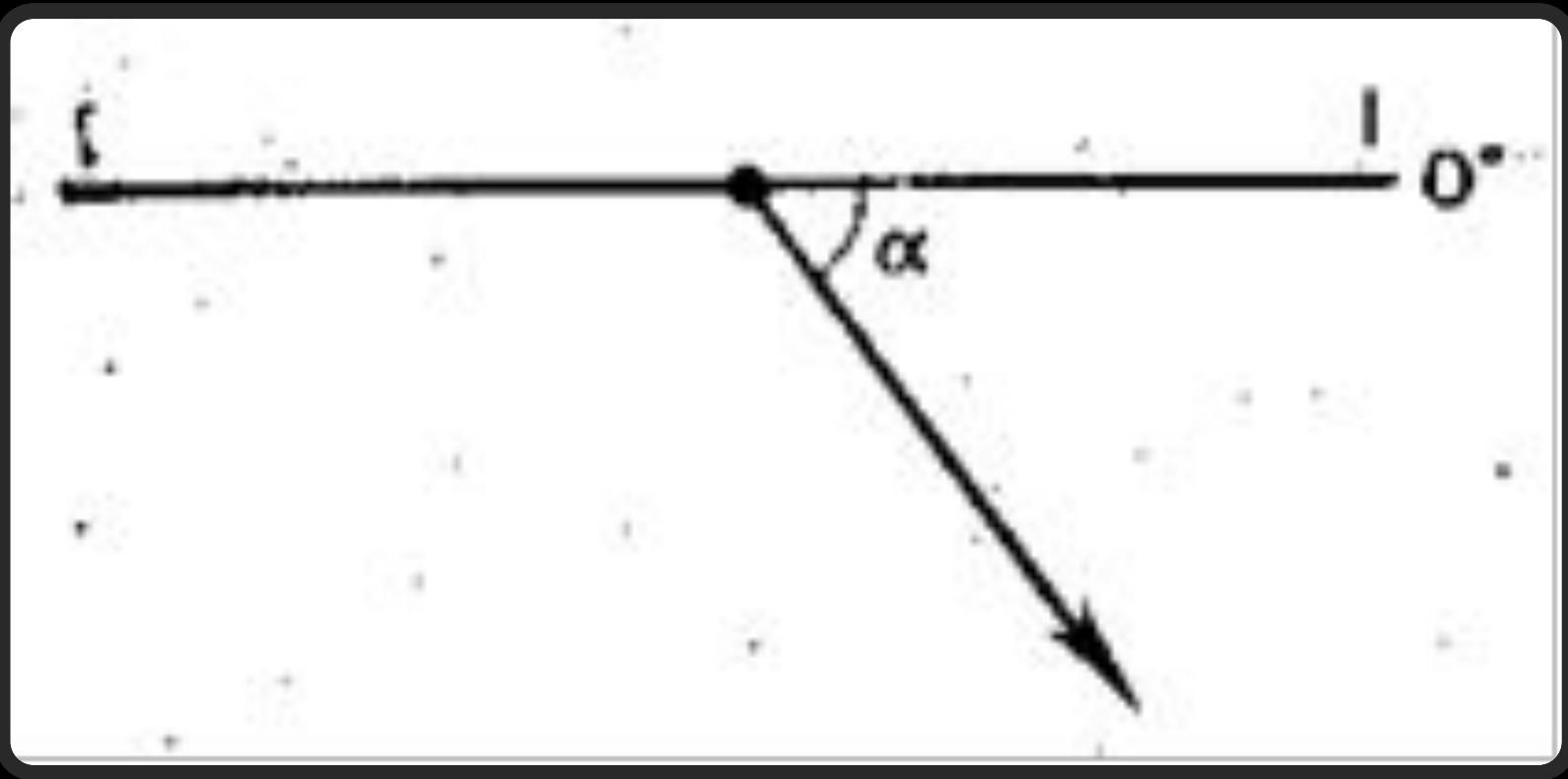


ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ОСЬ СЕРДЦА



Доцент Ползик Г.Б.

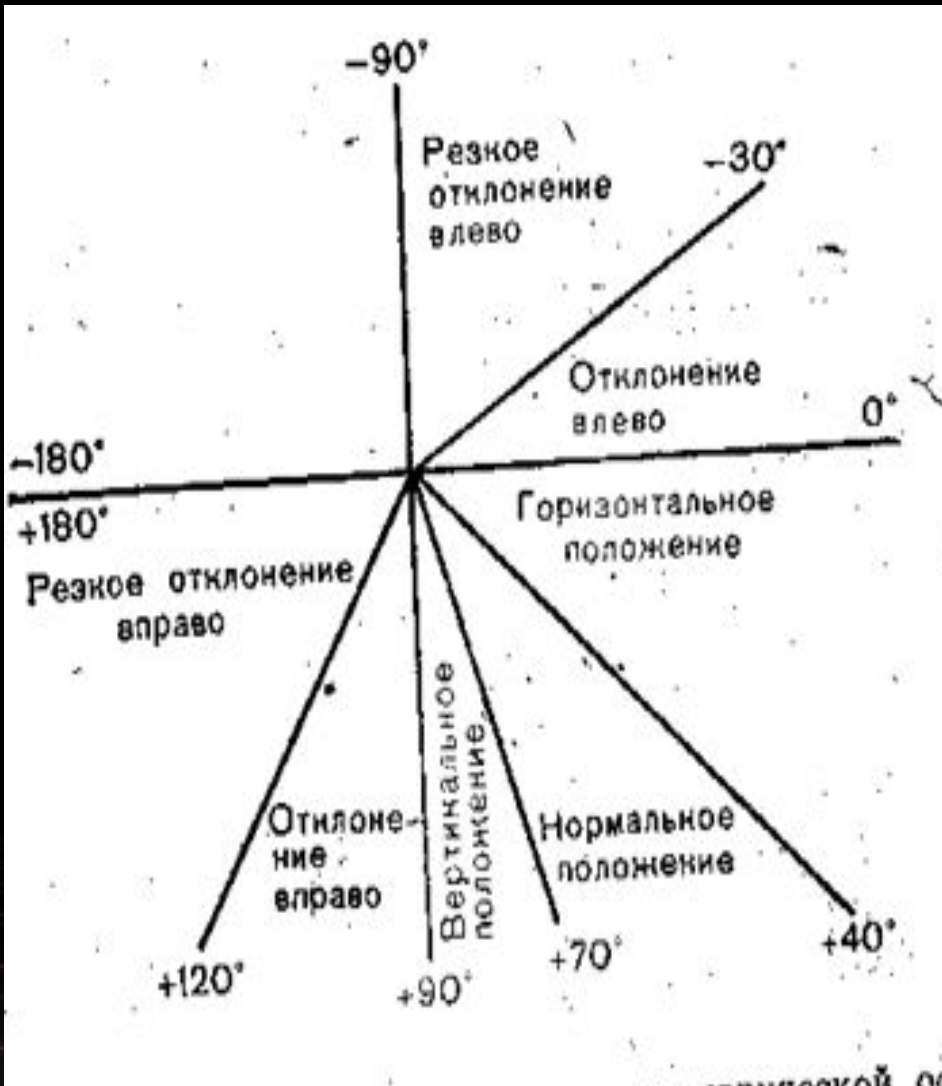




- ЭОС образует угол с осью I ст (α), по которому можно судить о направлении ЭОС.
- У здоровых людей α от 0 до $+90^\circ$.



Система координат во фронтальной плоскости



(+) полюс I ст. соответствует 0° , а (-) $\pm 180^\circ$.
Нижний конец перпендикуляра, проведенного к оси I ст. соответствует $+90^\circ$, а верхний конец -90° .

ЭОС здоровых людей расположена обычно в левом нижнем квадранте. Различают следующие положения ЭОС:

- 1) горизонтальное, если $\alpha = \text{от } 0 \text{ до } +40^\circ$;
- 2) нормальное, если $\alpha = \text{от } +40 \text{ до } +70^\circ$;
- 3) вертикальное, если $\alpha = \text{от } +70 \text{ до } +90^\circ$.

I. $\langle a \rangle + 90^\circ$ - отклонение ЭОС вправо

II. $\langle a \rangle \geq +120^\circ$ - резкое отклонение ЭОС вправо

III. $\langle a \rangle < 0^\circ$ ($-5^\circ, -20^\circ, -40^\circ, -60^\circ$) - отклонение ЭОС влево

IV. $\langle a \rangle \leq -30^\circ$ - резкое отклонение ЭОС влево, ($\langle a \rangle$ может быть равен $-30^\circ, -40^\circ, -60^\circ$)

Отклонение ЭОС сердца влево - заболевания ЛЖ (ГЛЖ)

Отклонение ЭОС вправо - заболевания ПЖ (ГПЖ)

Умеренное отклонение ЭОС влево при отсутствии других изменений ЭКГ может быть обусловлено горизонтальным расположением сердца и изредка бывает у людей гиперстенического телосложения, при ожирении и других состояниях, которые приводят к приподнятости купола диафрагмы.

Умеренное отклонение ЭОС вправо может наблюдаться у детей и подростков, а иногда у взрослых, особенно астенического телосложения.



Определение угла α

I. Угол α можно определить путем вычисления алгебраических сумм амплитуд зубцов комплекса QRS в I и III стандартных отведениях и нахождения его по таблицам.

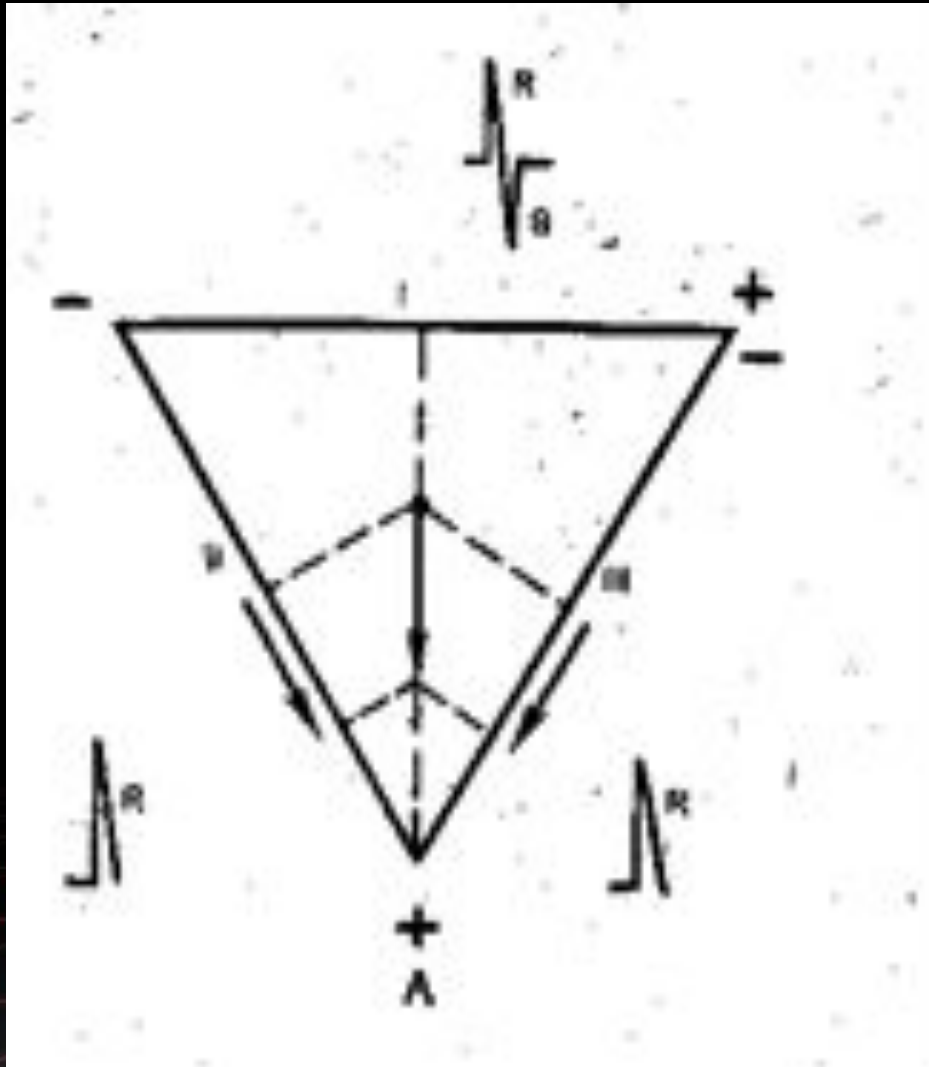
II. Визуальное определение основано на двух хорошо известных принципах:

1. Максимальное (+) значение алгебраической суммы зубцов QRS наблюдается в том отведении, ось которого приблизительно совпадает с расположением ЭОС, параллельна ей.

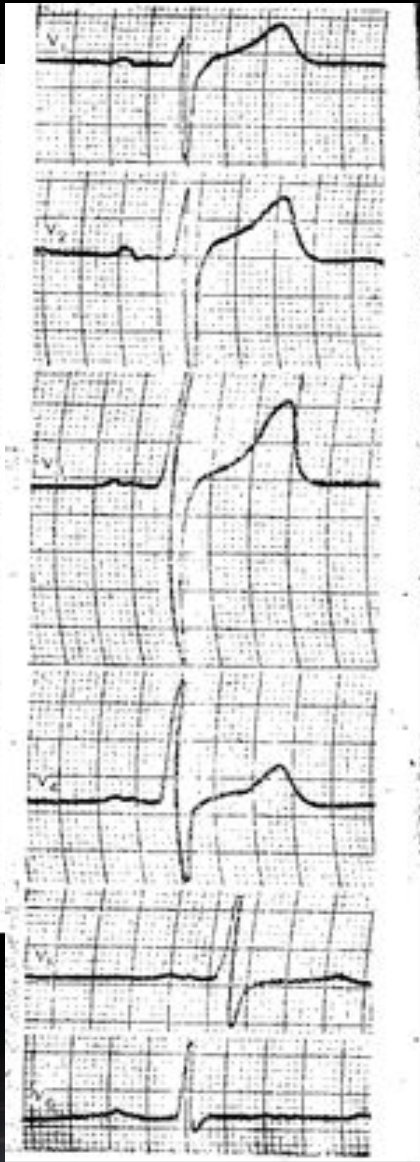
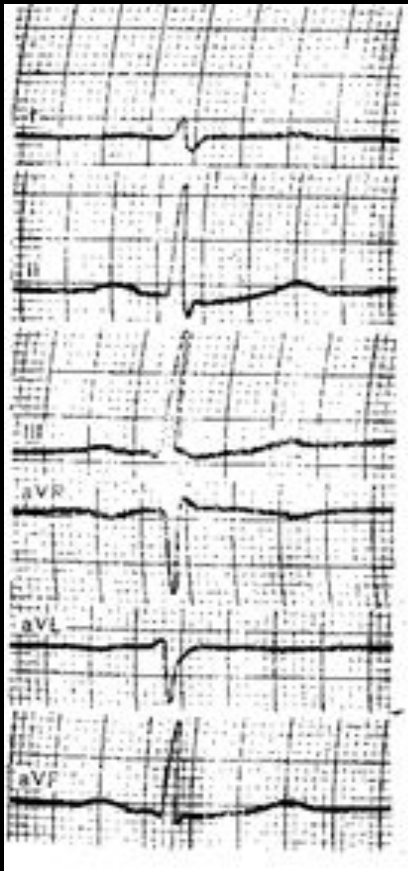
2. Комплекс типа QRS, где алгебраическая сумма зубцов равна нулю ($R=S$ или $R=Q+S$), записывается в том отведении, ось которого перпендикулярна ЭОС.



Вертикальное положение электрической оси сердца (угол $\alpha = +90^\circ$).

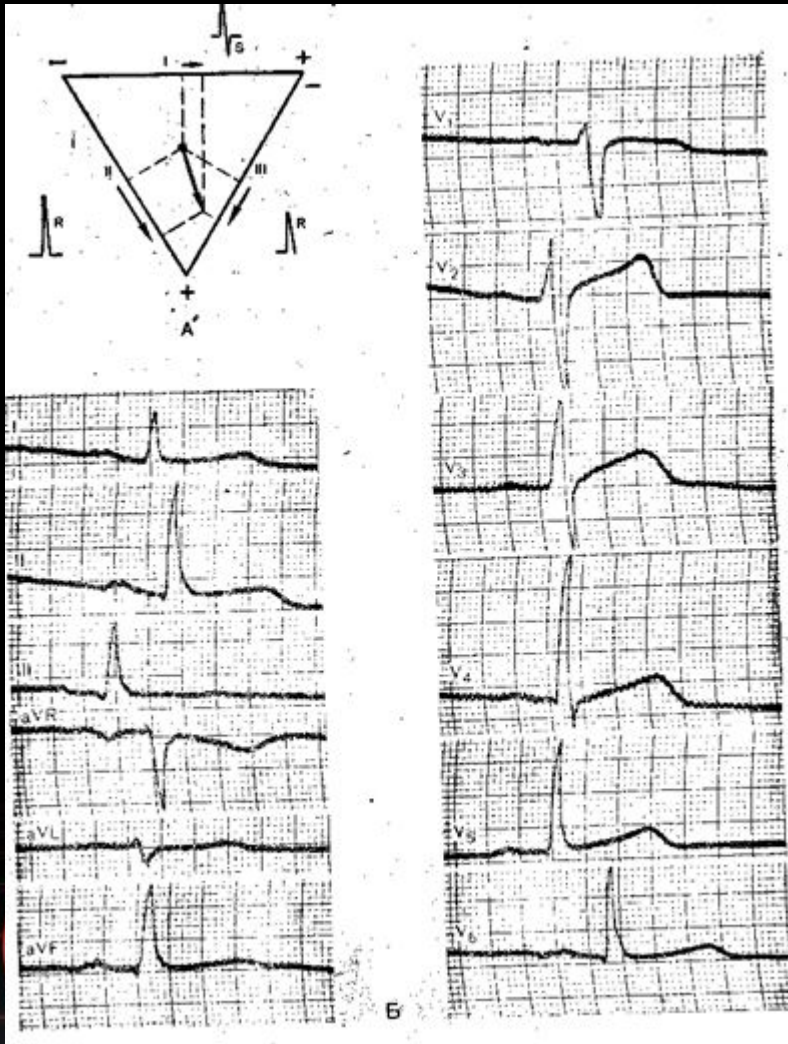


- В связи с тем что угол $\alpha = +90^\circ$, ЭОС перпендикулярна оси I отведения. Проекция ЭОС на ось этого отведения равна нулю, $R_I = S_I$.
- В связи с тем, что оси трех стандартных отведений образуют равносторонний треугольник, каждый из углов его равен 60° .
- Поэтому с точностью до 30° ЭОС одинаково параллельна осям II и III стандартных отведений.



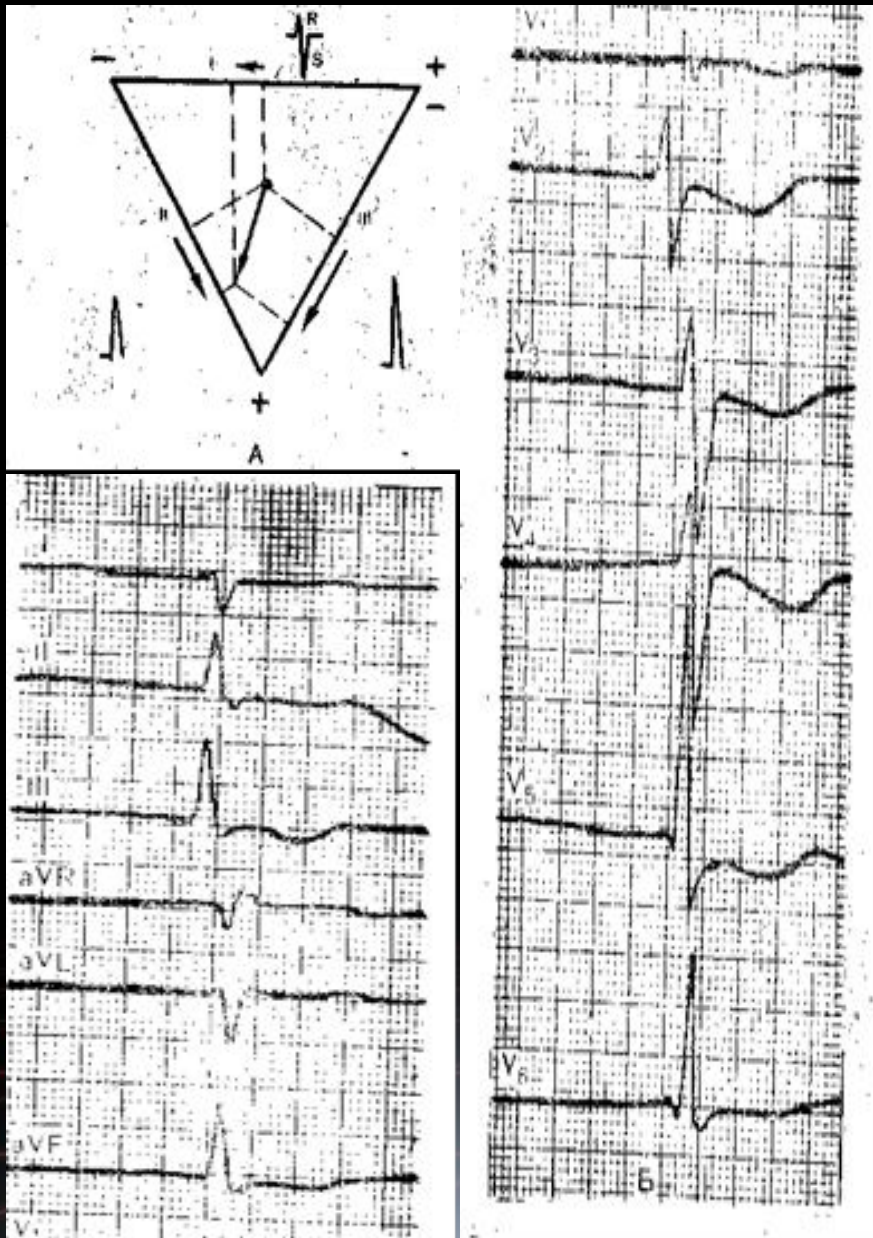
- Проекция ее на оси этих отведений одинаковая. Ось сердца проецируется на положительные половины осей этих отведений, поэтому $R_{II} = R_{III}$. Это значит, что алгебраическая сумма зубцов ЭКГ в этих отведениях положительная и равна по амплитуде.
- Общее соотношение зубцов при $\alpha = +90^\circ$: $R_{II} = R_{III} > R_I$ и $R_I = S_I$. Основное значение для диагноза имеет равенство $R_I = S_I$. ЭОС совпадает с расположением оси aVF . Высокий R_{aVF} , превышающий R_{II} и R_{III} , подтверждает диагноз вертикального расположения ЭОС.

Вертикальное или полувертикальное положение ЭОС (α от $+70$ до $+90^\circ$)



- Как только α будет $< +90^\circ$, ЭОС станет более параллельной II, чем III отведению и нечетко перпендикулярной I стандартному отведению:
- **RII > RIII > RI.**
- ЭОС проецируется на (+) часть оси I отведения, поэтому **RI > SI.**
- Ось сердца нечетко перпендикулярна отведению aVL и проецируется на его (-) часть: **SaVL > RaVL.**
- Общее соотношение зубцов, характерное для полувертикального положения ЭОС с α от $+70$ до $+90^\circ$:
- **RII > RIII > RI RI > SI SaVL > RaVL**

Отклонение ЭОС вправо ($\angle a > +90^\circ$)



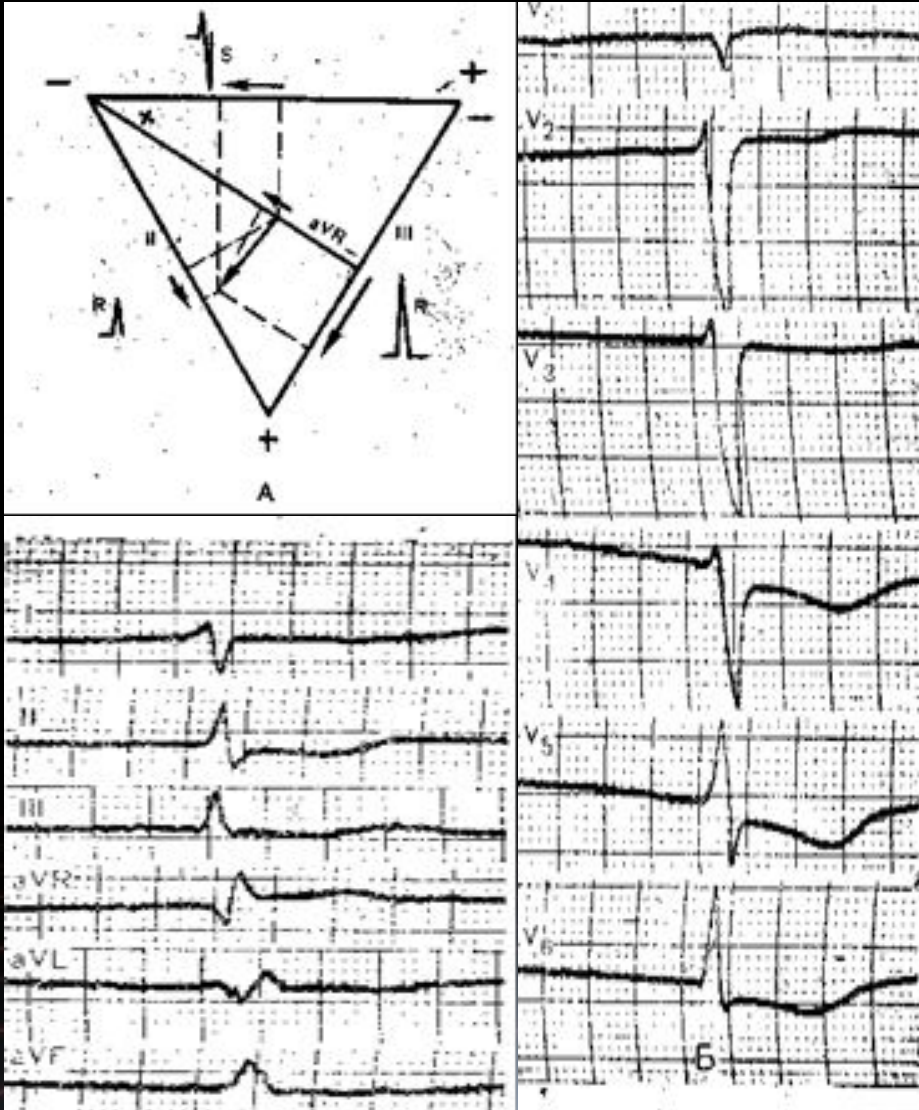
При $\angle a > +90^\circ$ ЭОС наиболее параллельна III: **$R_{III} > R_{II}$** .

Ось сердца нечетко перпендикулярна оси I отведения и проецируется на его (-) часть, поэтому **$\underline{SI} > RI$** (наиболее важно).

Общее соотношение зубцов: **$R_{III} > R_{II} > RI$** **$\underline{SI} > RI$** .

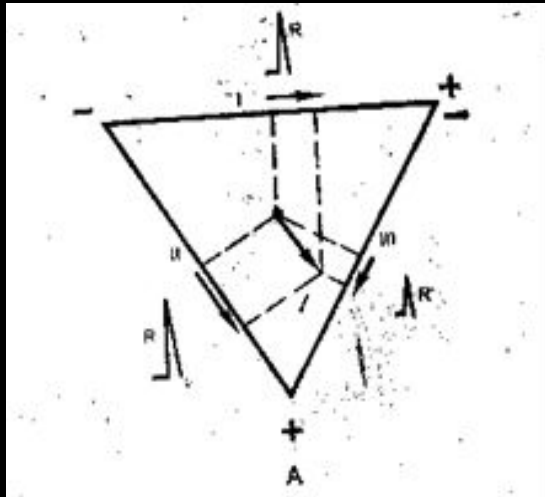
На ЭКГ: **$R_{III} > R_{II} > RI$** и **$SI > RI$** . Гипертрофия обоих желудочков

Резкое отклонение электрической оси сердца вправо ($\alpha \geq +120^\circ$)



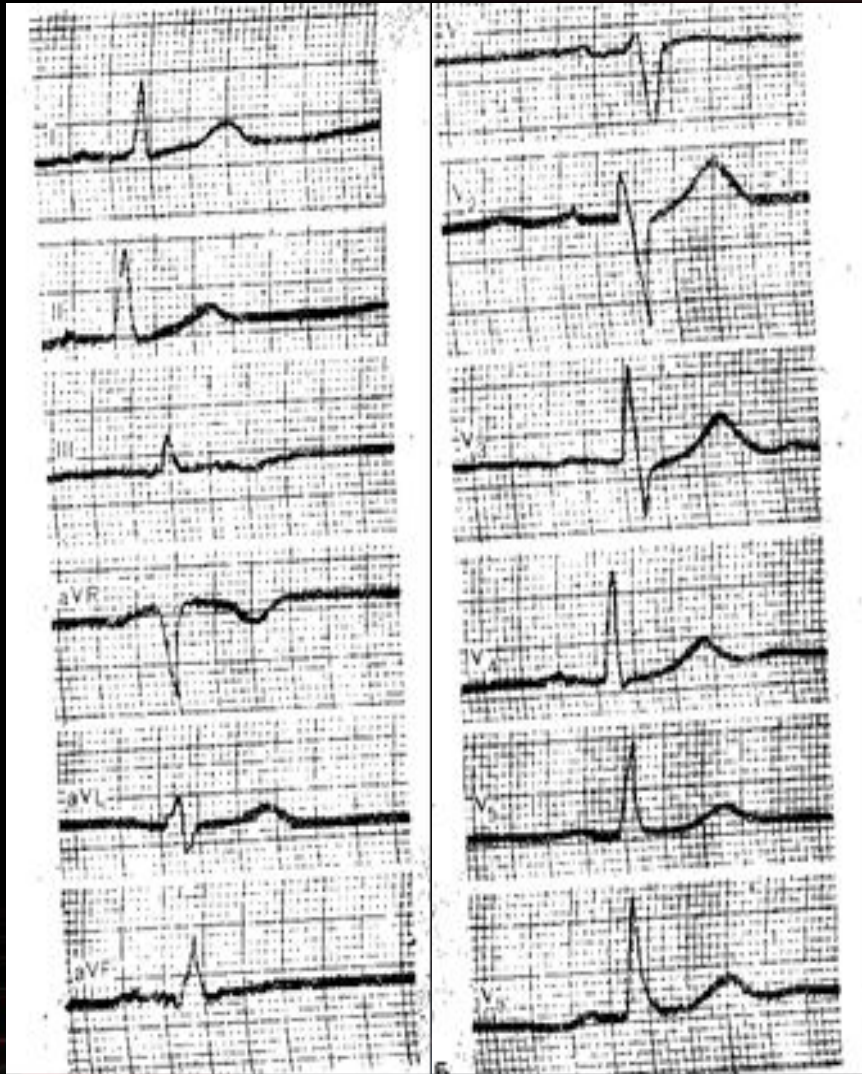
- ЭОС параллельна оси III отведения, поэтому $R_{III} > R_{II}$. Проецируется на (-) часть оси I отведения и $S_I > R_I$.
- Общее соотношение зубцов:
 $R_{III} > R_{II} > R_I$; $S_I > R_I$; $R_{aVR} > Q(S)_{aVR}$.
- $Q(S)_{aVR} > R_{aVR}$ (умеренное отклонение α от $+90$ до $+120^\circ$)
- $Q(S)_{aVR} = R_{aVR}$ (резкое отклонение $\alpha = +120^\circ$)
- $Q(S)_{aVR} < R_{aVR}$ (резкое отклонение $\alpha > +120^\circ$)
- на ЭКГ: $R_{III} > R_{II} > R_I$; $S_I > R_I$; $R_{aVR} > Q(S)_{aVR}$

Нормальное положение ЭОС ($\angle a = \text{от } +40 \text{ до } +70^\circ$)



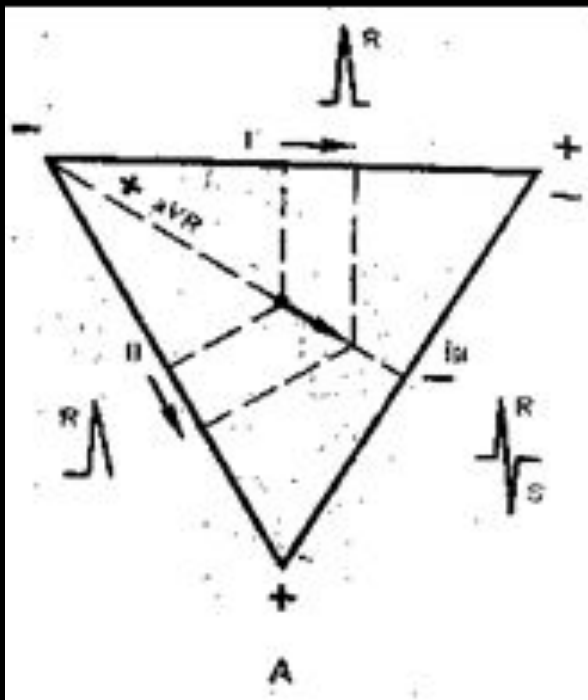
- Ось сердца параллельна оси II отведения, поэтому проекция ее на положительную часть оси этого отведения будет наибольшей, а зубец RII будет наибольшей амплитуды. ЭОС более параллельна II, чем I отведению, проекция её на положительную часть оси I отведения меньше аналогичного отрезка на оси II отведения, в связи с чем $R_{II} > R_I$.
- Ось сердца нечетко перпендикулярна оси III отведения, поэтому проекция ее на ось этого отведения наименьшая, и $R_{II} > R_I > R_{III}$. Электрическая ось проецируется на положительную часть оси III отведения, в результате этого $R_{III} > S_{III}$.



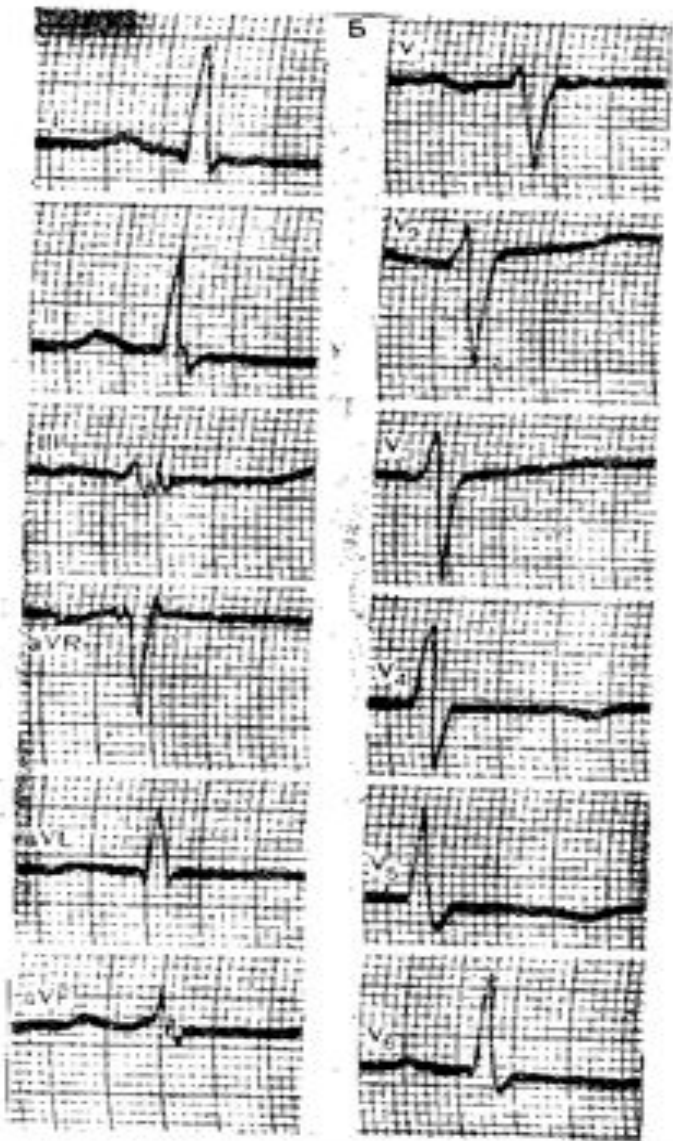


- Таким образом, при нормальном расположении ЭОС алгебраическая сумма зубцов во всех трех стандартных отведениях положительная, и ЭКГ в этих отведениях представлена положительными зубцами R.
- Для $\alpha =$ от $+40$ до $+70^\circ$ характерно следующее соотношение зубцов: **RII > RI > RIII**. При таком положении ЭОС она более или менее перпендикулярна оси aVL. Поэтому алгебраическая сумма зубцов близка к 0 и $R_{aVL} > S_{aVL}$.
- В связи с этим приблизительное равенство зубцов R и S в отведении aVL, когда $R_{aVL} > S_{aVL}$ помогает диагностике нормального положения ЭОС.

Полугоризонтальное положение ЭОС ($\angle \alpha = +30^\circ$)



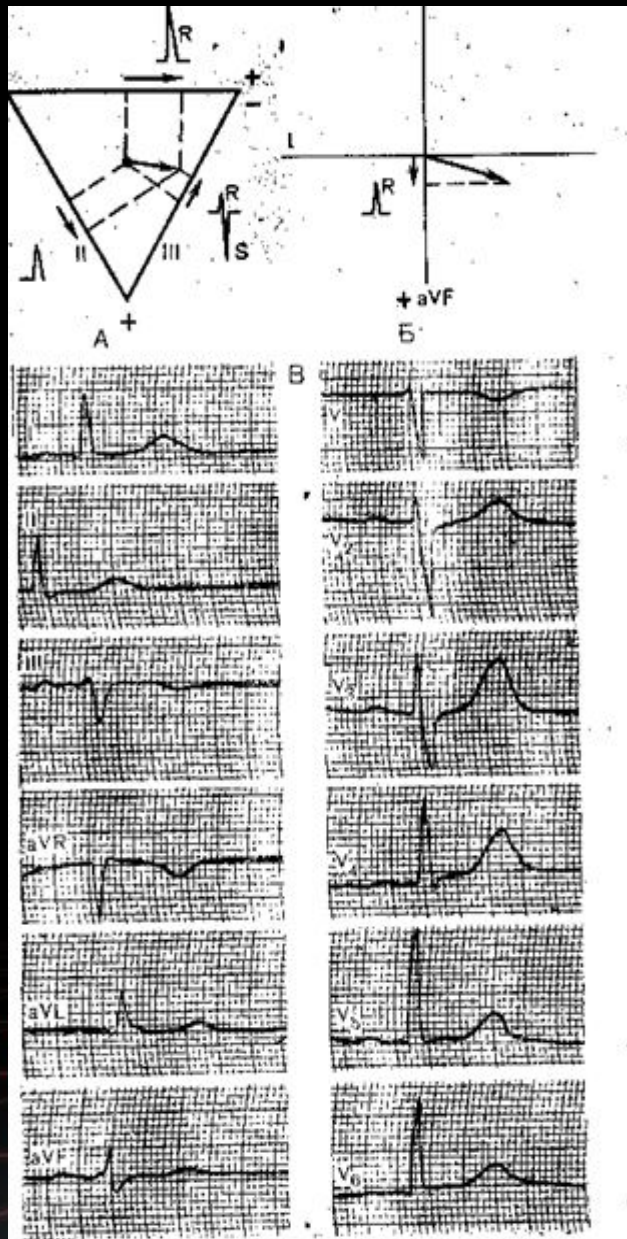
- ЭОС четко перпендикулярна III отведению, т.к. направление ее совпадает с расположением оси aVR. Алгебраическая сумма зубцов в III отведении равна 0, поэтому $R_{III} = S_{III}$. Ось отведения aVR делит угол треугольника Эйнтховена на 2 угла по 30° . В связи с этим с точностью до 30° ЭОС одинаково параллельна I и II стандартным отведениям. Ось сердца проецируется на положительные части осей этих отведений. Проекция ее на оси этих отведений одинаковая.
- Следовательно, $R_I = R_{II} > R_{III}$. В связи с тем, что расположение ЭОС совпадает с направлением оси отведения aVR и электрическая ось проецируется на отрицательную часть оси этого отведения, наличие глубокого Q или S в отведении aVR большой амплитуды подтверждает диагноз.



- Таким образом, для полугоризонтального положения ЭОС с $\alpha = +30^\circ$ характерно следующее соотношение зубцов: **$R_I = R_{II} > R_{III}$** ; **$R_{III} = S_{III}$** (наиболее важно).

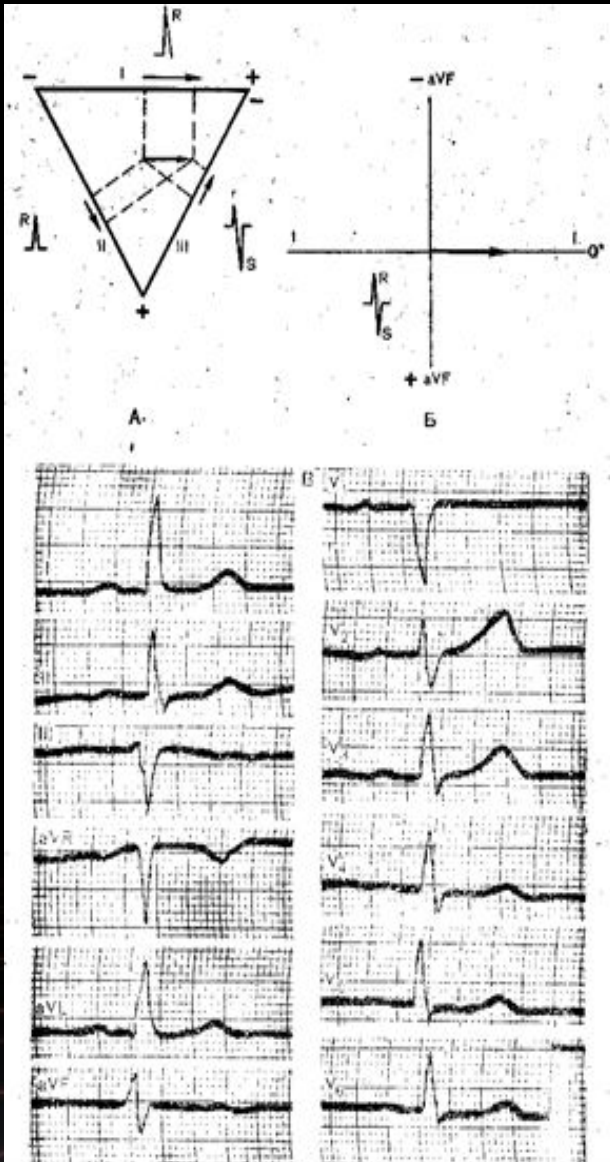
- на ЭКГ: **$R_I = R_{II} > R_{III}$** ;
 $R_{III} = S_{III}$ **QRS III**
расщеплен

Горизонтальное положение ЭОС ($\alpha < 0$ до $+30^\circ$)



- ЭОС наиболее параллельна I отведению, проекция ее на ось этого отведения наибольшая: $R_I > R_{II}$.
- ЭОС нечетко перпендикулярна оси III отведения и проецируется на его (-) часть, т. е. $S_{III} > R_{III}$.
- ЭОС проецируется на положительную часть оси отведения aVF; следовательно, алгебраическая сумма зубцов в этом отведении положительная и $R_{aVF} > S_{aVF}$.
- Общее соотношение зубцов ЭКГ, характерное для горизонтального положения ЭОС (α от 0 до $+30^\circ$):
 - **$R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{III} > R_{III}$; $R_{aVF} > S_{aVF}$**
 - на ЭКГ: **$R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{III} > R_{III}$; $R_{aVF} > S_{aVF}$**

Горизонтальное положение электрической оси сердца ($\alpha = 0^\circ$)

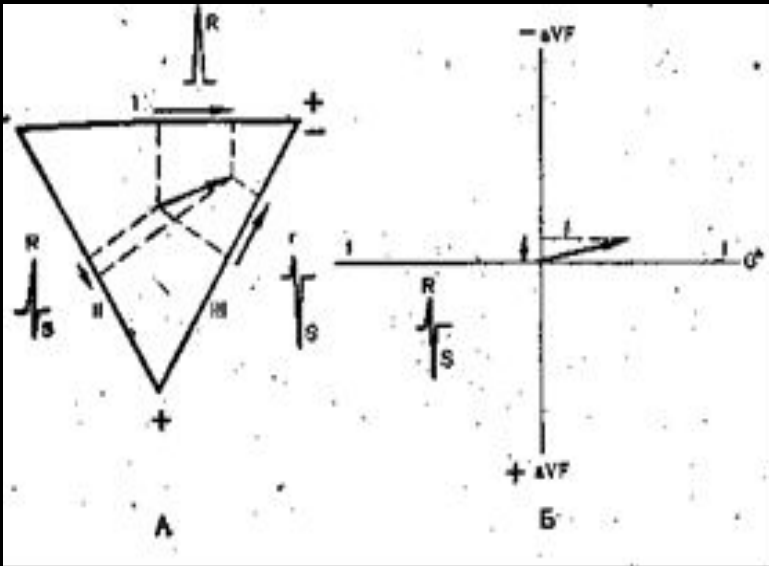


- Ось сердца проецируется на (+) часть I отведения и величина проекции в этом отведении наибольшая.
- ЭОС проецируется также на (+) часть оси II отведения, но $R_I > R_{II}$.
- ЭОС проецируется на (-) часть оси III отведения, поэтому алгебраическая сумма зубцов в этом отведении отрицательная и $S_{III} > R_{III}$.
- ЭОС перпендикулярна оси aVF и ее проекция равна 0, в связи с чем $R_{aVF} = S_{aVF}$.
- Таким образом, для горизонтального положения электрической оси сердца ($\alpha = 0^\circ$) характерно:
- **$R_I > R_{II} < R_{III}$ $S_{III} > R_{III}$ и $R_{aVF} = S_{aVF}$ (наиболее важно)**
- На ЭКГ: $R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{III} > R_{III}$; $R_{aVF} = S_{aVF}$

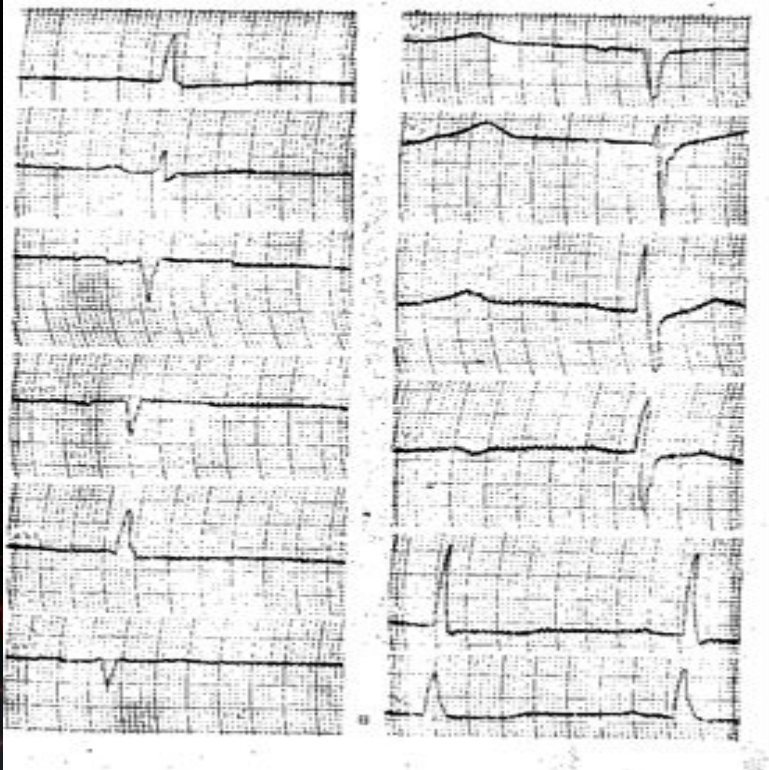
Отклонение электрической оси сердца влево ($\alpha =$ от 0 до -30°)

- ЭОС наиболее параллельна I отведению и проецируется на его (+), поэтому R_I наибольшей амплитуды.
- ЭОС проецируется на (+) часть оси II отведения, алгебраическая сумма зубцов в этом отведении положительная и $R_{II} > S_{II}$. Однако величина проекции оси сердца на ось этого отведения меньше, чем на I отведение, и $R_I > R_{II}$.
- ЭОС проецируется на (-) часть III отведения: $S_{III} > R_{III}$.
- ЭОС проецируется на (-) часть оси aVF. В связи с этим алгебраическая сумма зубцов в этом отведении (-) и $S_{aVF} > R_{aVF}$;



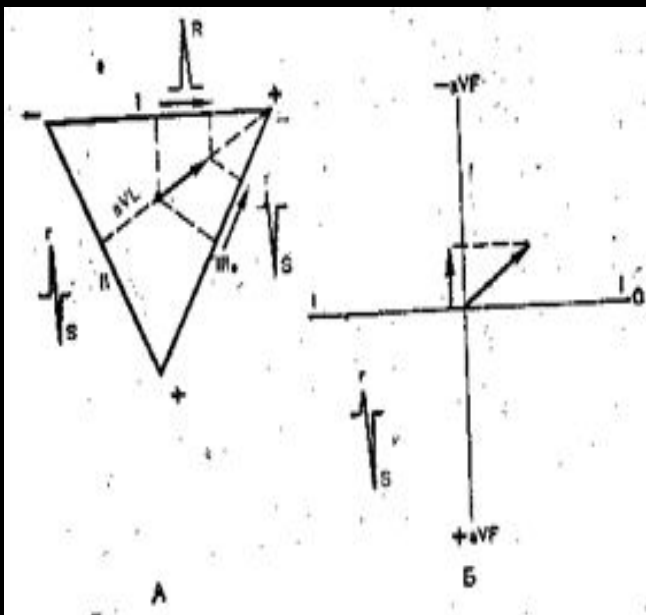


- Общее соотношение зубцов, характерное для умеренного отклонения электрической оси сердца влево с $\alpha = \text{от } 0 \text{ до } -30^\circ$



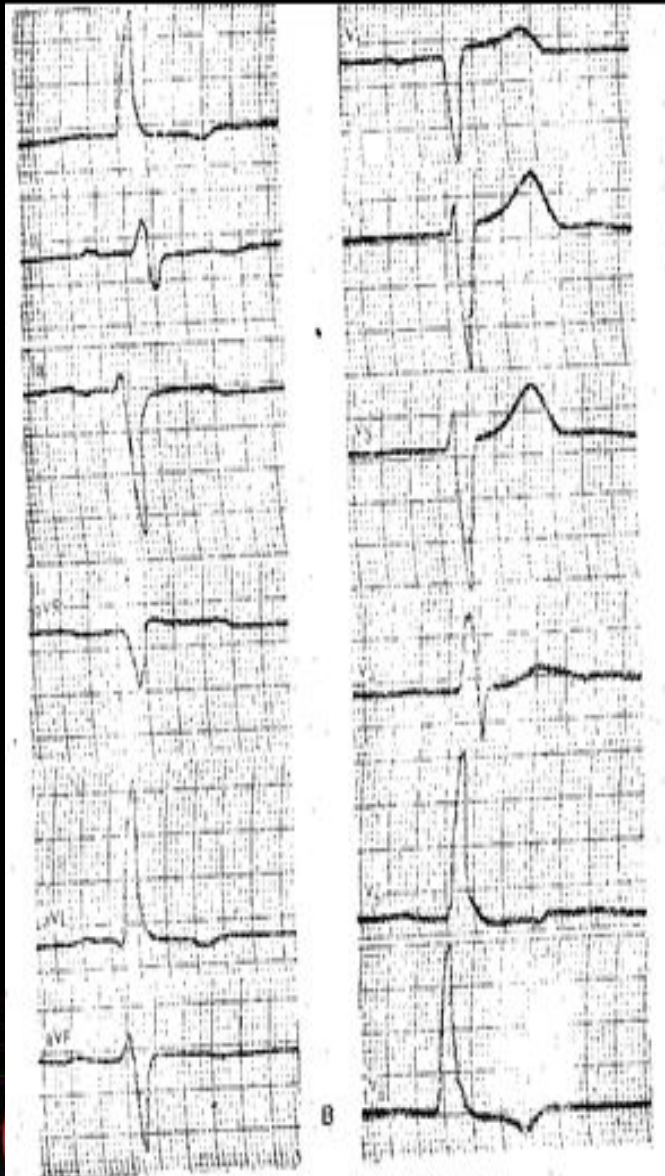
- $R_I > R_{II} > R_{III}; R_{II} > S_{II}; S_{III} > R_{III}; S_{aVF} > R_{aVF}.$
- На ЭКГ: $R_I > R_{II} > R_{III}; R_{II} > S_{II}; S_{III} > R_{III}; S_{aVF} > R_{aVF};$

Резкое отклонение электрической оси сердца влево ($\angle a = -30^\circ$)



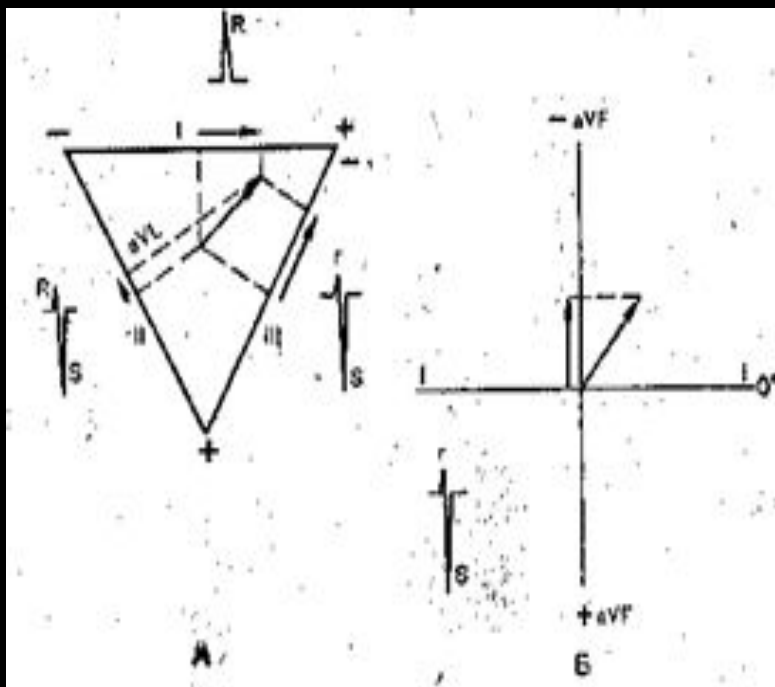
- Направление ЭОС совпадает с расположением оси aVL. ЭОС одинаково параллельна I и III отведениям, но проецируется на (+) часть оси I и на (-) часть оси III отведений. Алгебраическая сумма зубцов в I отведении (+) и ЭКГ в этом отведении в основном представлена зубцом R. Алгебраическая сумма зубцов в III отведении (-) и в этом отведении обычно регистрируются зубцы rS.
- ЭОС четко перпендикулярна оси II отведения и ее проекция на ось этого отведения равна 0, поэтому $R_{II} = S_{II}$.



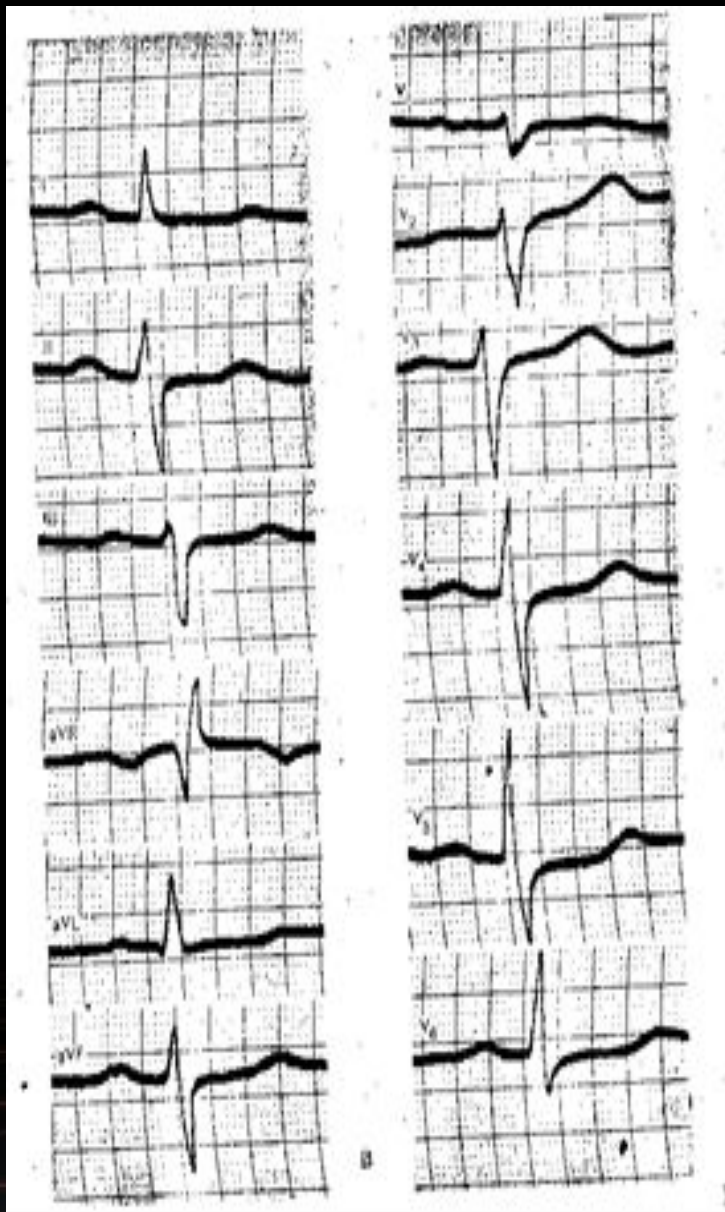


- ЭОС проецируется на (-) часть оси aVF, в связи с этим $S_{aVF} > R_{aVF}$.
Общее соотношение зубцов, характерное для резкого отклонения ЭОС влево ($\alpha = -30^\circ$):
- $R_I > R_{II} > R_{III}$; $R_{II} = S_{II}$; $S_{III} > R_{III}$; $S_{aVF} > R_{aVF}$.
- Направление ЭОС совпадает с осью отведения aVL, поэтому диагноз подтверждается **высоким R aVL**, который по амплитуде превышает зубцы R в других отведениях.
- на ЭКГ: $R_I > R_{II} > R_{III}$; $R_{II} = S_{II}$; $S_{III} > R_{III}$; $S_{aVF} > R_{aVF}$; $(S)aVR > R_{aVR}$

Резкое отклонение электрической оси сердца влево ($\alpha < -30^\circ$)



- ЭОС проецируется на (+) часть оси I отведения и на (-) часть оси III отведения. Поэтому ЭКГ в I отведении представлена в основном зубцом R, а в III отведении значительно преобладает зубец S. При $\alpha < -30^\circ$ ось сердца расположена перпендикулярно оси II отведения и $R_{II} = S_{II}$.
- При $\alpha < -30^\circ$, когда он равен -40° , -60° , -80° ЭОС проецируется на (-) часть оси II отведения. Алгебраическая сумма зубцов в этом отведении (-), поэтому $S_{II} > R_{II}$.
- ЭОС проецируется на (-) часть aVF: $S_{aVF} > R_{aVF}$.



- Таким образом, для резкого отклонения ЭОС влево ($\alpha < -30^\circ$) характерно следующее соотношение зубцов:
- **$R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{II} > R_{II}$; $S_{III} > R_{III}$; $S_{aVF} > R_{aVF}$.**
- При $\alpha < -60^\circ$ ЭОС перпендикулярна оси отведения aVR и $R_{aVR} > Q(S)_{aVR}$.
- на ЭКГ: $R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{II} > R_{II}$; $S_{III} > R_{III}$; $S_{aVF} > R_{aVF}$; $R_{aVR} > Q(S)_{aVR}$

ВЫВОДЫ

- При горизонтальном положении ЭОС и ее отклонении влево в стандартных отведениях наблюдается одиновое соотношение зубцов ЭКГ: $R_I > R_{II} > R_{III}$; $S_{III} > S_{II}$.
- При таком соотношении зубцов ЭКГ вопрос о положении электрической оси сердца решается на основании анализа комплекса QRS в отведении aVF.
- 1. Если $R_{aVF} > S_{aVF}$, ЭОС расположена горизонтально и α от 0 до $+30^\circ$
- 2. Если $R_{aVF} = S_{aVF}$, то имеется горизонтальное положение ЭОС и $\alpha = 0^\circ$
- 3. Если $S_{aVF} > R_{aVF}$, то речь идет об отклонении ЭОС влево и $\alpha < 0^\circ$



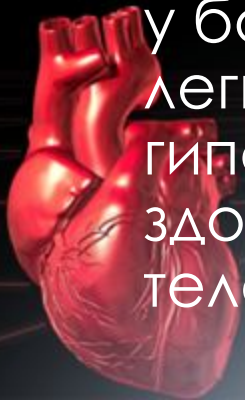


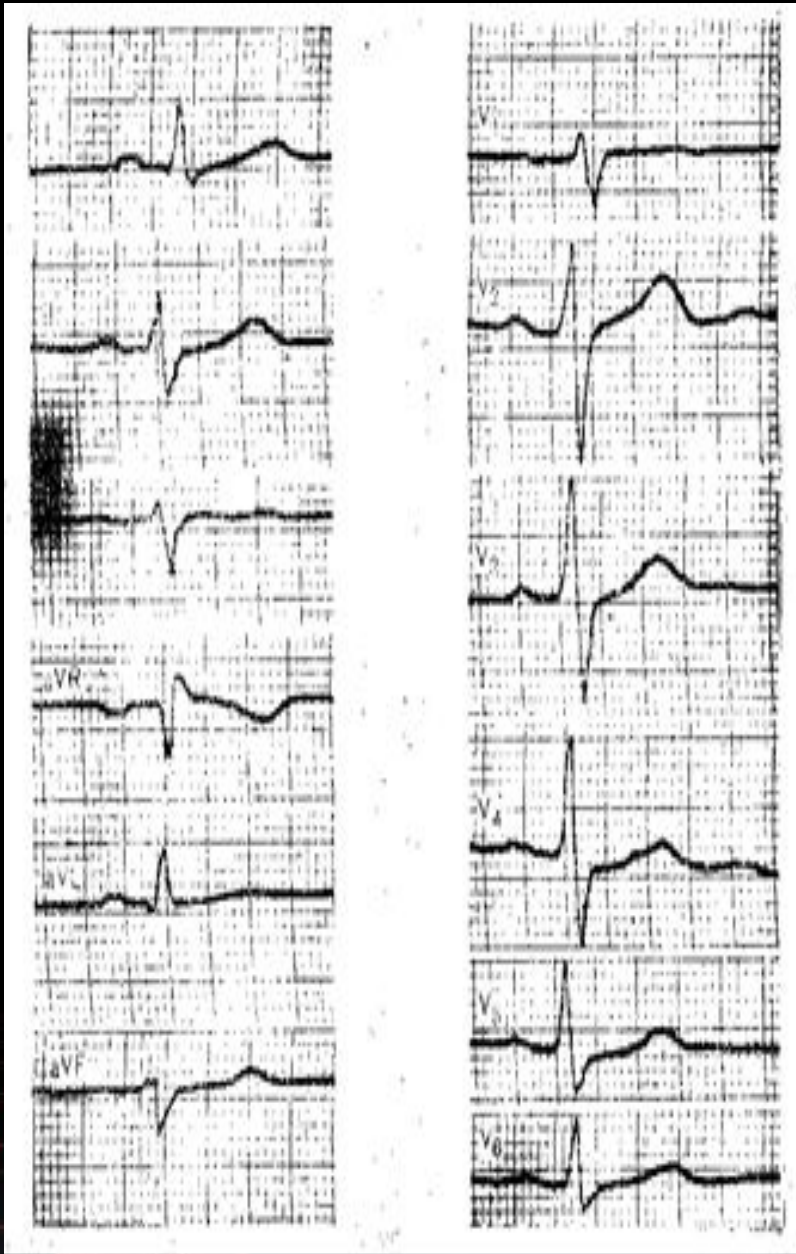
- Степень отклонения ЭОС влево определяется при анализе ЭКГ во II отведении:
- 1. $R_{II} > S_{II}$ - умеренное отклонение ЭОС влево и α от 0 до -30°
- 2. $R_{II} = S_{II}$ - резкое отклонение ЭОС влево, когда $\alpha = -30^\circ$
- 3. $S_{II} > R_{II}$ - ось сердца резко отклонена влево и $\alpha < -30^\circ$



Электрическая ось сердца типа $SI—SII—SIII$

- Различают также ЭОС типа $SI—SII—SIII$, когда во всех трех стандартных отведениях выражен зубец S и одновременно отмечается небольшая амплитуда комплекса QRS . Высказывается мнение, что ЭОС типа $SI—SII—SIII$ обусловлена поворотом верхушки сердца кзади.
- При такой оси сердца практически невозможно определить угол α . Поэтому его и не определяют в подобных случаях. ЭОС типа $SI—SII—SIII$ встречается у больных с заболеваниями легких (эмфизема легких, пневмосклероз, легочное сердце), при гипертрофии правого желудочка, а также у здоровых людей, особенно с астеническим телосложением.





- Некоторые авторы при наличии выраженных зубцов Q во всех трех стандартных отведениях говорят об ЭОС сердца типа QI – QII - QIII. Такая электрическая ось связывается с поворотом сердца верхушкой кпереди.
- Следует иметь в виду, что у новорожденных электрическая ось зубца P, комплекса QRS и зубца T отклонена вправо. С возрастом электрическая ось постепенно смещается влево. У подростков и молодых людей α чаще расположен между $+60$ и $+90^\circ$, у людей старших возрастных групп — между $+30$ и $+60^\circ$.