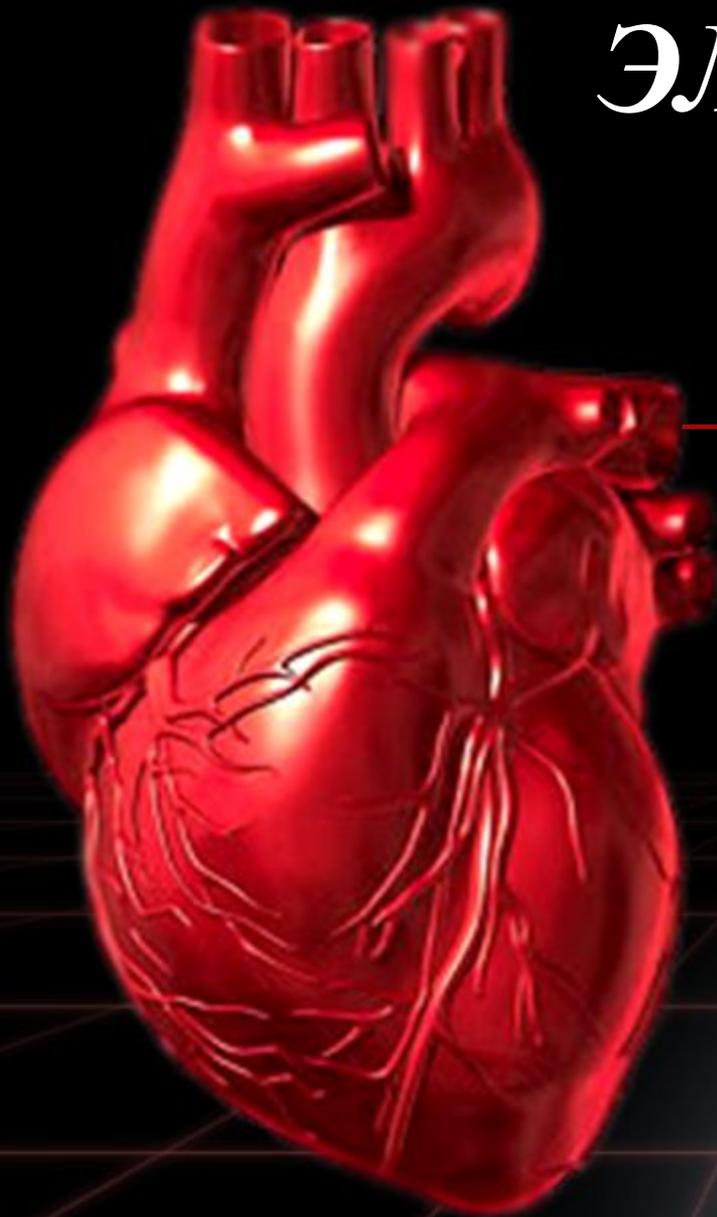
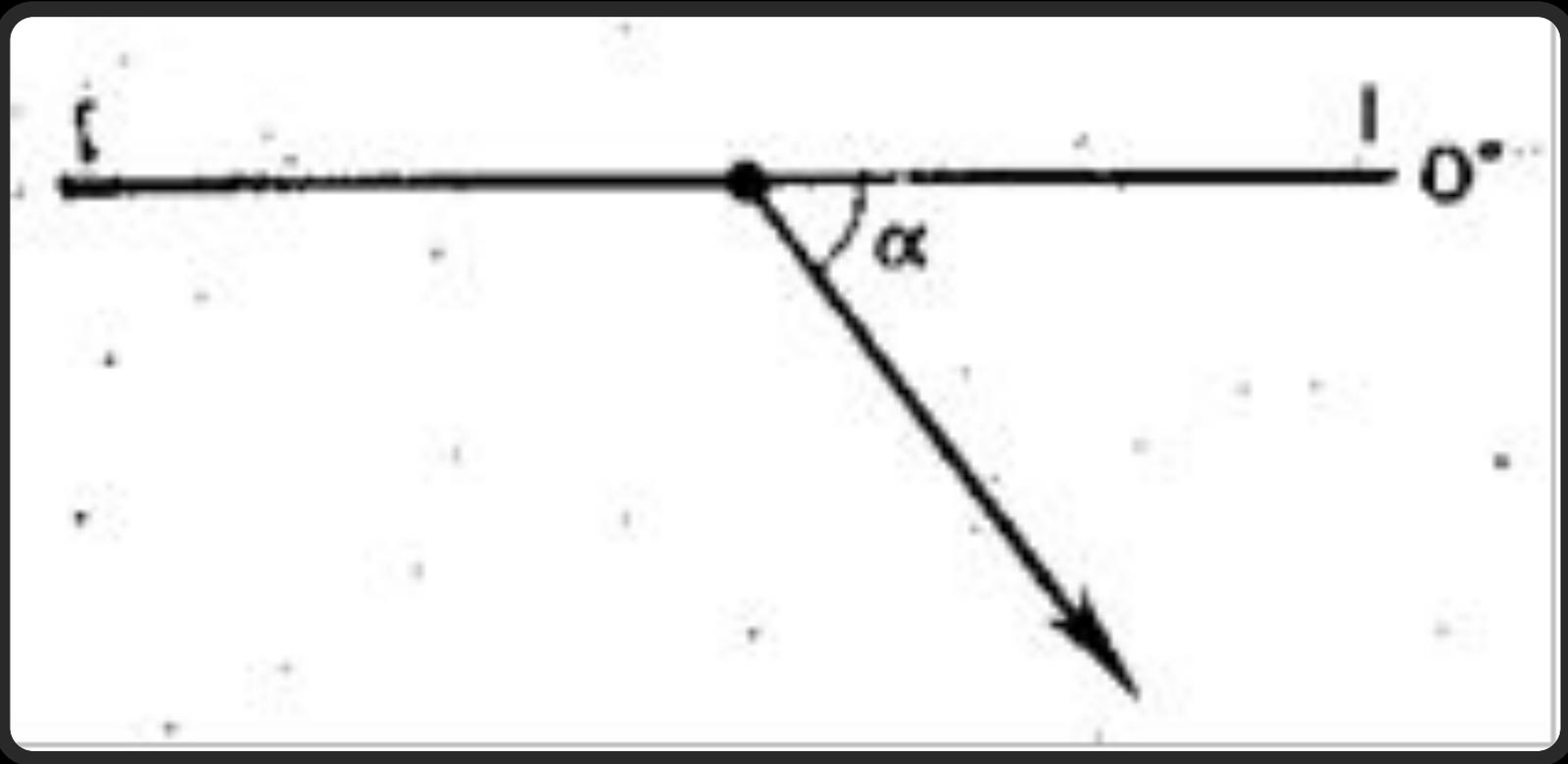


# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ОСЬ СЕРДЦА



Доцент Ползик Г.Б.

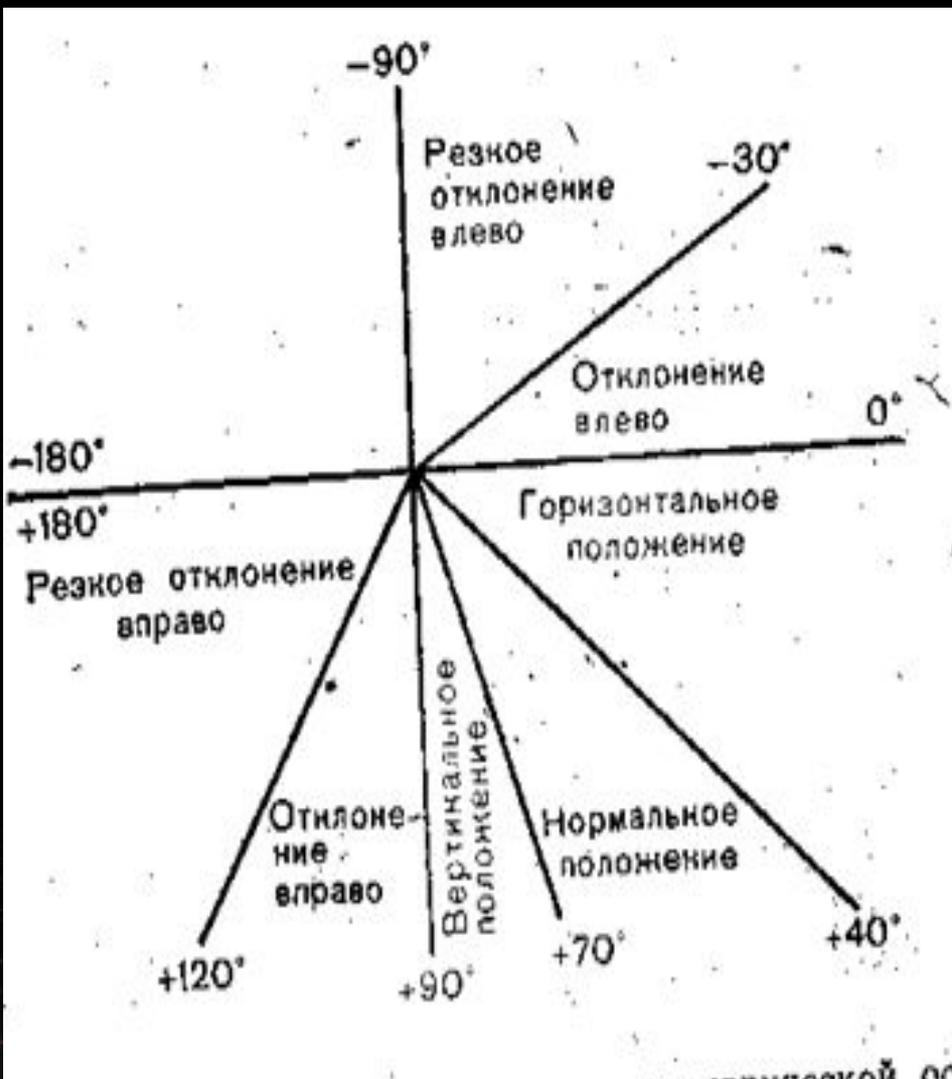




- ЭОС образует угол с осью I ст ( $\alpha$ ), по которому можно судить о направлении ЭОС.
- У здоровых людей  $\alpha$  от 0 до  $+90^\circ$ .



# Система координат во фронтальной плоскости



(+) полюс I ст. соответствует  $0^\circ$ , а (-)  $\pm 180^\circ$ .

Нижний конец перпендикуляра, проведенного к оси I ст. соответствует  $+90^\circ$ , а верхний конец  $-90^\circ$ .

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 $\alpha$

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

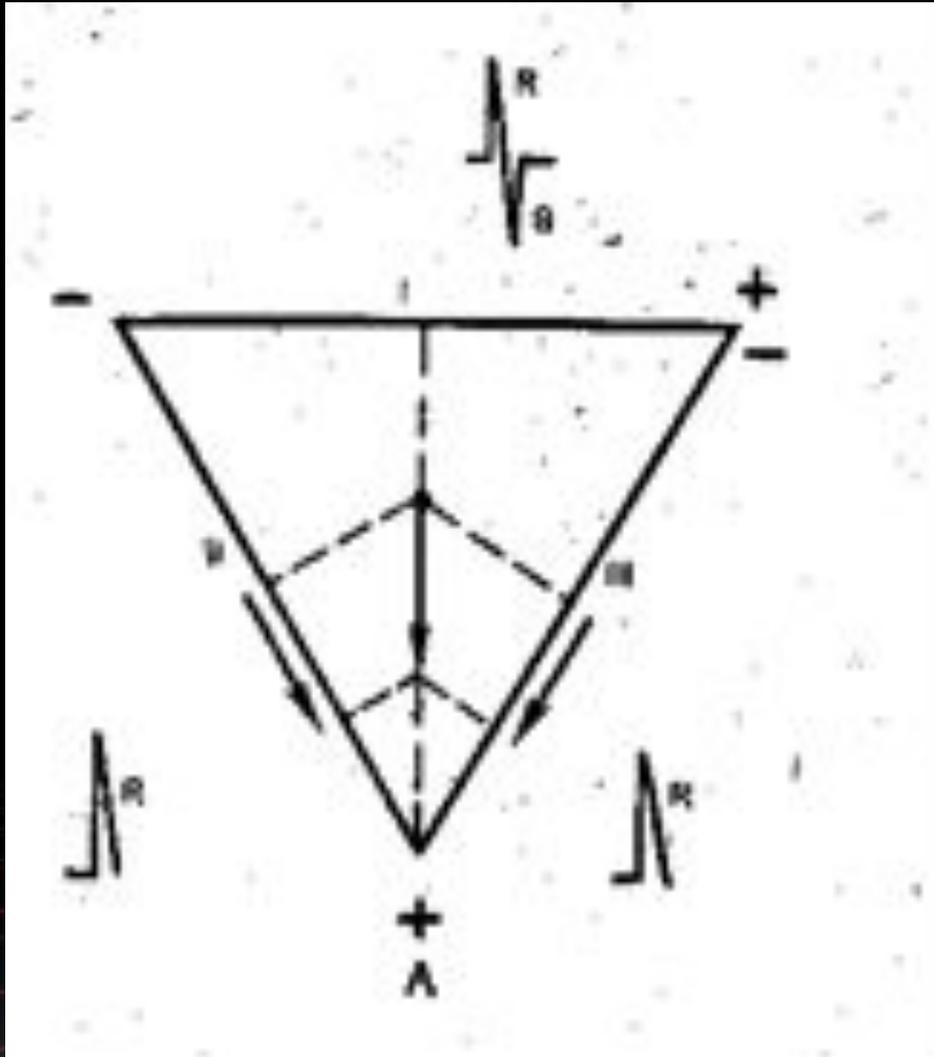
II. Визуальное определение основано на двух хорошо известных принципах:

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

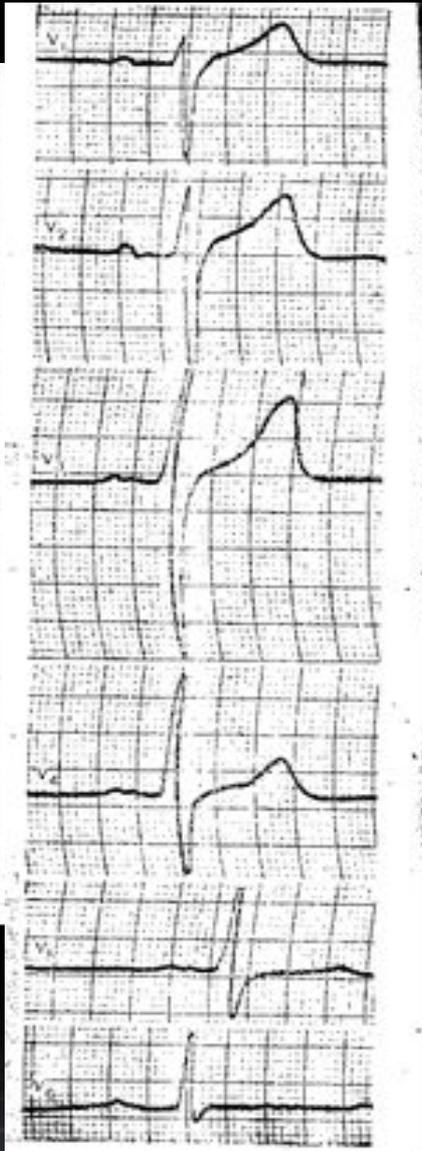
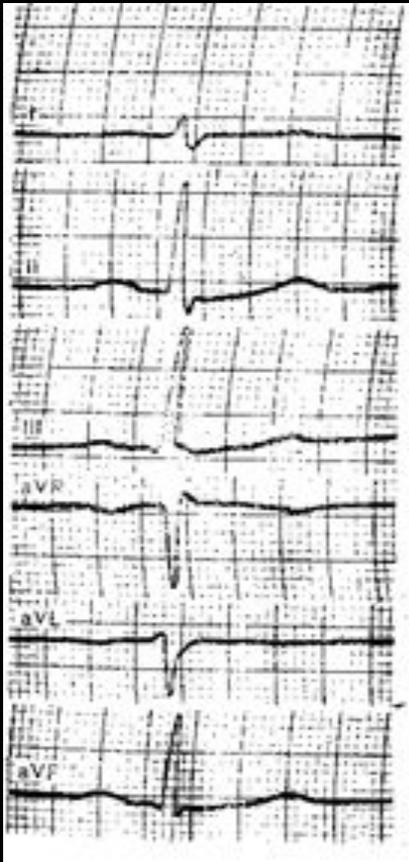
2. Комплекс типа QRS, где алгебраическая сумма зубцов равна нулю ( $R=S$  или  $R=Q+S$ ), записывается в том отведении, ось которого перпендикулярна ЭОС.



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

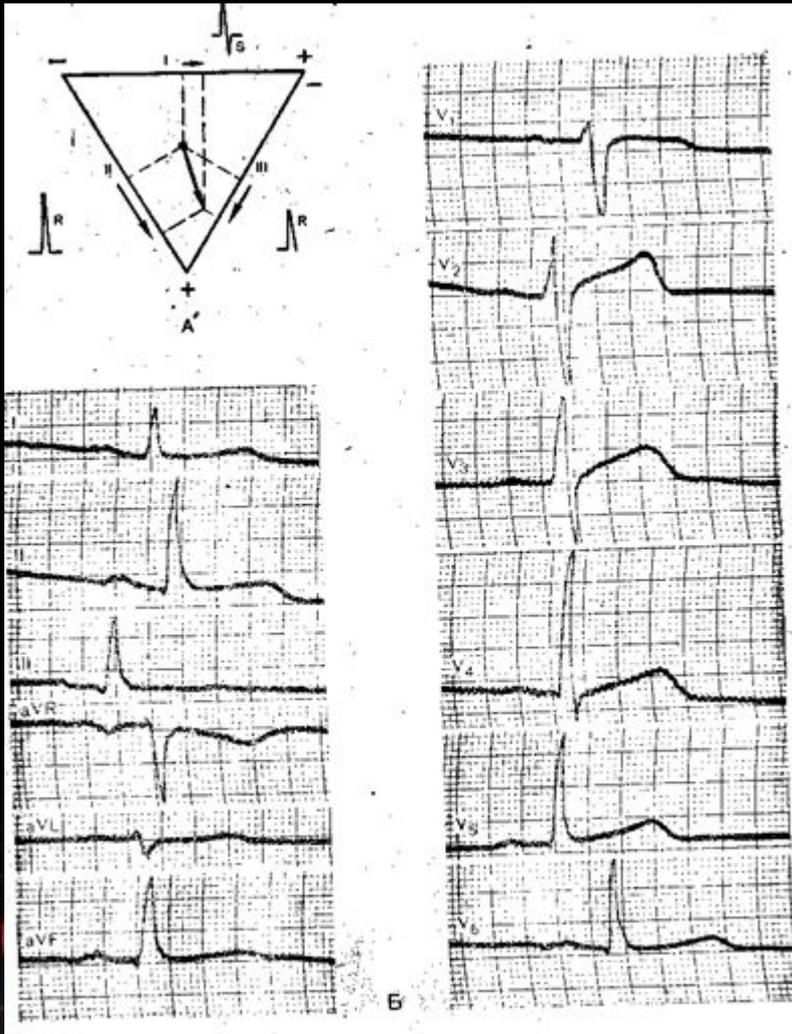


- В связи с тем что угол  $\alpha = +90^\circ$ , ЭОС перпендикулярна оси I отведения. Проекция ЭОС на ось этого отведения равна нулю,  $R_I = S_I$ .
- В связи с тем, что оси трех стандартных отведений образуют равносторонний треугольник, каждый из углов его равен  $60^\circ$ .
- Поэтому с точностью до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



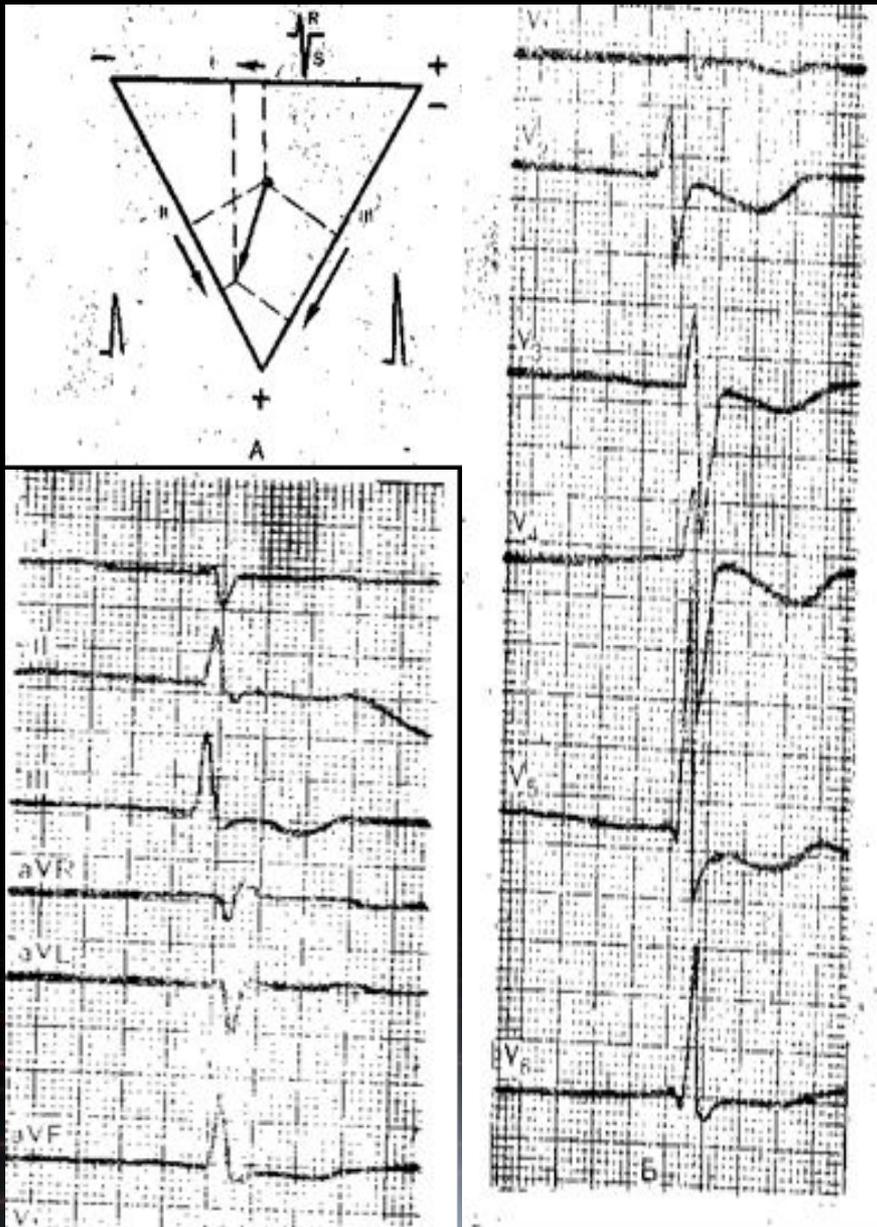
- Проекция ее на оси этих отведений одинаковая. Ось сердца проецируется на положительные половины осей этих отведений, поэтому  $R_{II} = R_{III}$ . Это значит, что алгебраическая сумма зубцов ЭКГ в этих отведениях положительная и равна по амплитуде.
- Общее соотношение зубцов при  $\alpha = +90^\circ$ :  $R_{II} = R_{III} > R_I$  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 ( $\alpha$ от $+70$ до $+90^\circ$ )



- Как только  $\alpha$  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  $\alpha$  от  $+70$  до  $+90^\circ$ :
- **RII > RIII > RI      RI > SI      SaVL > RaVL**

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



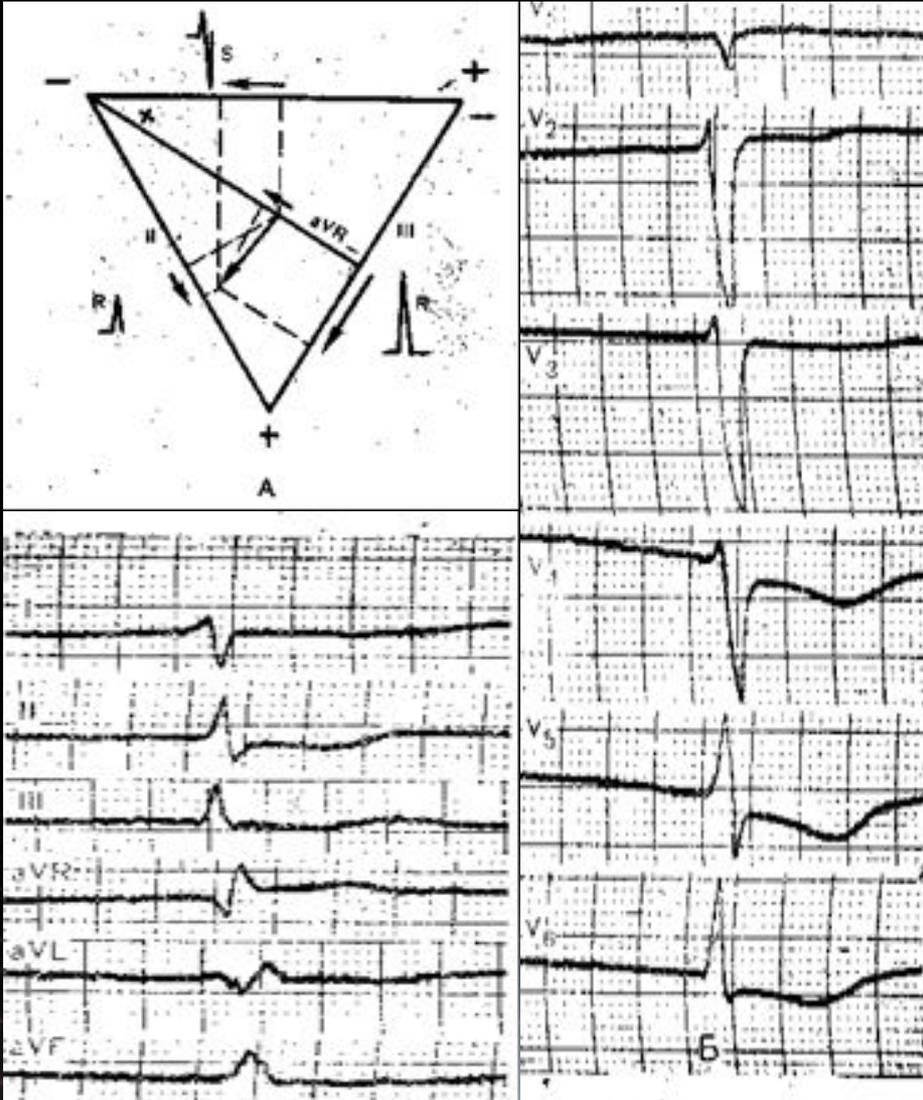
При  $\angle a > +90^\circ$  ЭОС наиболее параллельна III:  **$R_{III} > R_{II}$** .

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

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

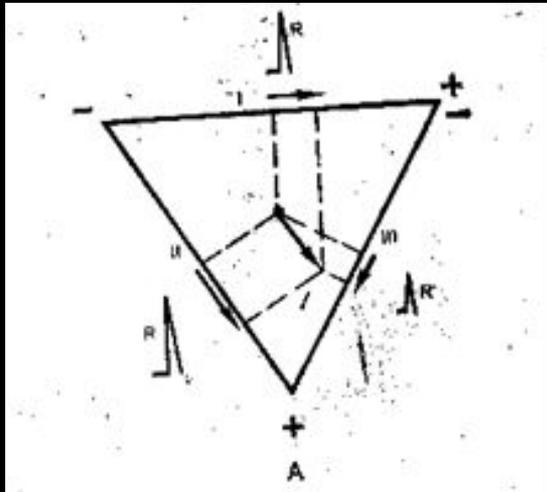
На ЭКГ:  **$R_{III} > R_{II} > RI$**  и  **$SI > RI$** . Гипертрофия обоих желудочков

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



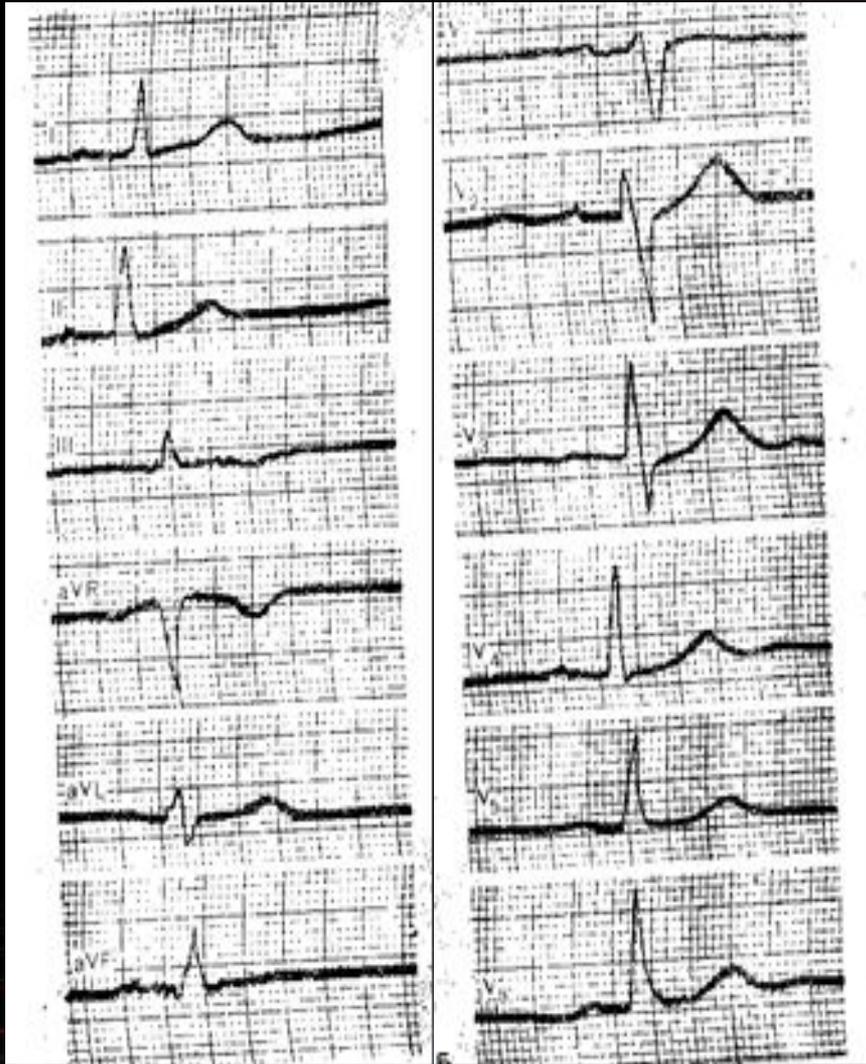
- ЭОС параллельна оси III отведения, поэтому  $R_{III} > R_{II}$ . Проецируется на (-) часть оси I отведения и  $S_I > R_I$ .
- Общее соотношение зубцов:  
 $R_{III} > R_{II} > R_I$ ;  $S_I > R_I$ ;  $R_{aVR} > Q(S)_{aVR}$ .
- $Q(S)_{aVR} > R_{aVR}$  (умеренное отклонение  $\alpha$  от  $+90$  до  $+120^\circ$ )
- $Q(S)_{aVR} = R_{aVR}$  (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 ( $\angle a = \text{от } +40 \text{ до } +70^\circ$ )



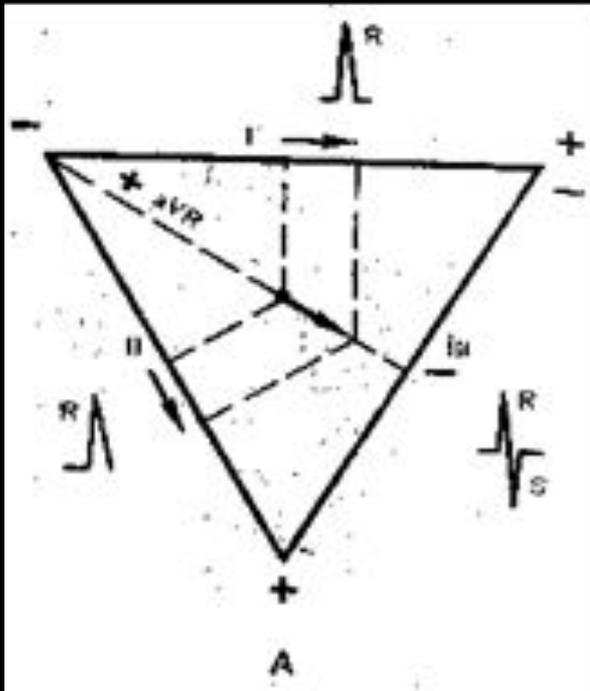
- Ось сердца параллельна оси II отведения, поэтому проекция ее на положительную часть оси этого отведения будет наибольшей, а зубец RII будет наибольшей амплитуды. ЭОС более параллельна II, чем I отведению, проекция её на положительную часть оси I отведения меньше аналогичного отрезка на оси II отведения, 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  $R_{III} > S_{III}$ .





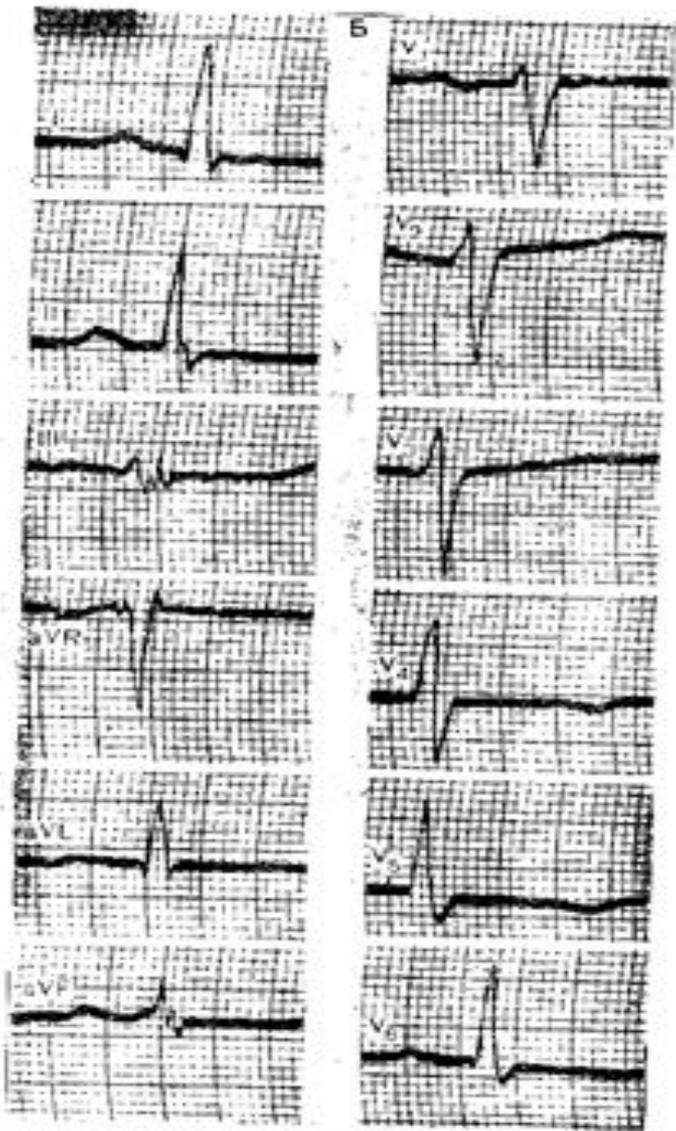
- Таким образом, при нормальном расположении ЭОС алгебраическая сумма зубцов во всех трех стандартных отведениях положительная, и ЭКГ в этих отведениях представлена положительными зубцами R.
- Для  $\alpha =$  от  $+40$  до  $+70^\circ$  характерно следующее соотношение зубцов: **RII > RI > RIII**. При 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  $30^\circ$ . В связи с этим с точностью до  $30^\circ$  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.

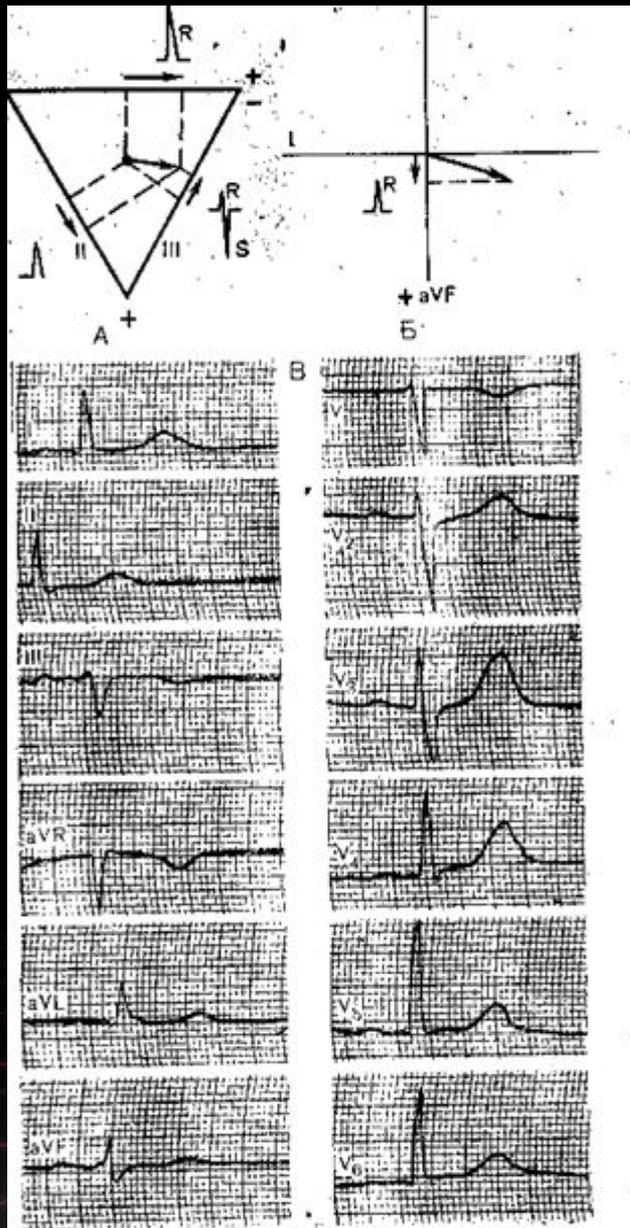




- Таким образом, для полугоризонтального положения ЭОС с  $\alpha = +30^\circ$  характерно следующее соотношение зубцов:  **$RI = RII > RIII$ ;  $RIII = SIII$  (наиболее важно).**

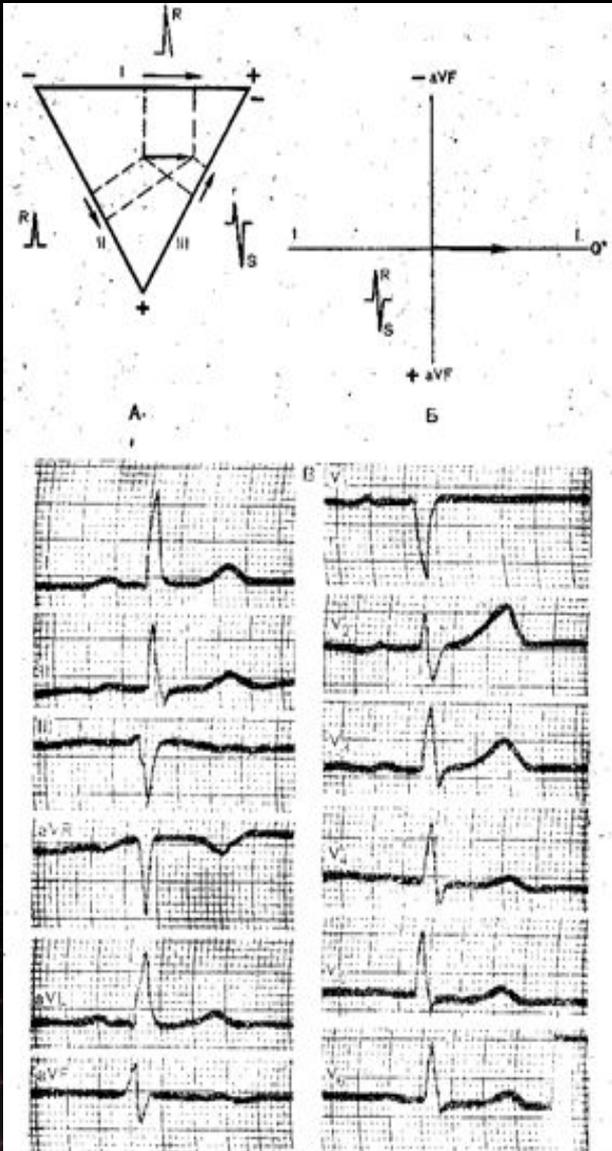
- на ЭКГ:  **$RI = RII > RIII$ ;  $RIII = SIII$  QRS III расщеплен**

# 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 ( $\alpha$  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 ( $\alpha = 0^\circ$ )

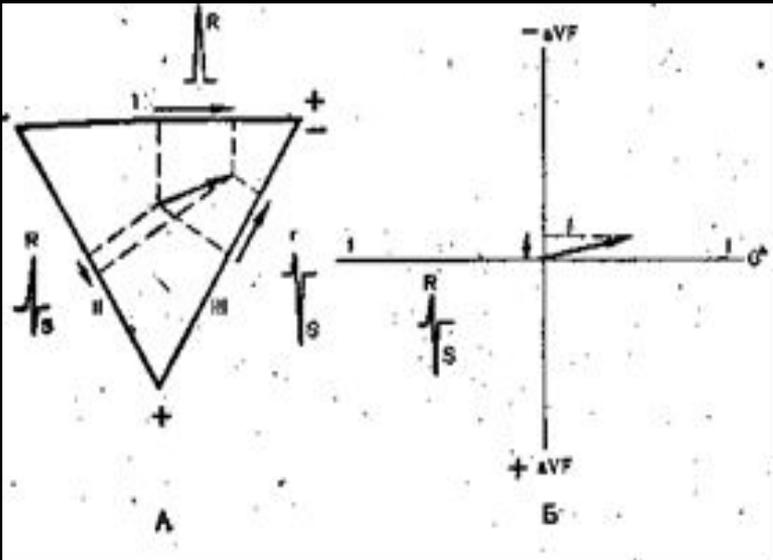


- Ось сердца проецируется на (+) часть I отведения и величина проекции в этом отведении наибольшая.
- ЭОС проецируется также на (+) часть оси II отведения, но  $R_I > R_{II}$ .
- ЭОС проецируется на (-) часть оси III отведения, поэтому алгебраическая сумма зубцов в этом отведении отрицательная и  $S_{III} > R_{III}$ .
- 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:  $R_I > R_{II} > R_{III}$ ;  $S_{III} > R_{III}$ ;  $R_{aVF} = S_{aVF}$

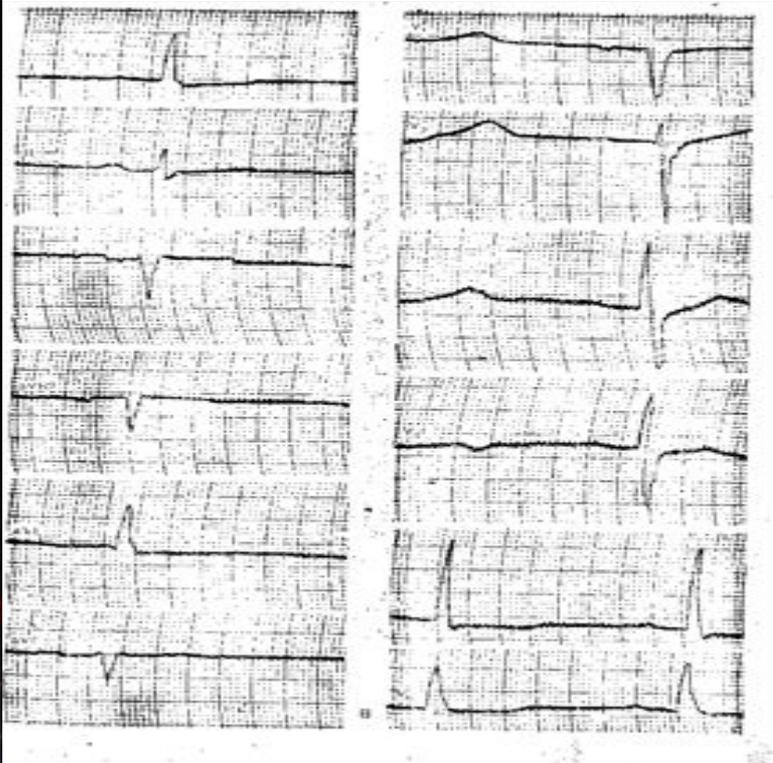
# Отклонение электрической оси сердца влево ( $\alpha =$ от $0$ до $-30^\circ$ )

- 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  $S_{aVF} > R_{aVF}$ ;



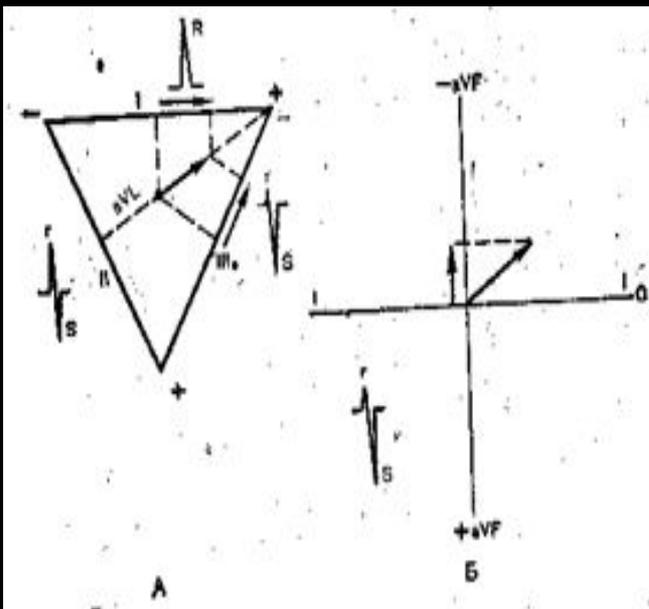


- Общее соотношение зубцов, характерное для умеренного отклонения электрической оси сердца влево с  $\alpha =$  от 0 до  $-30^\circ$



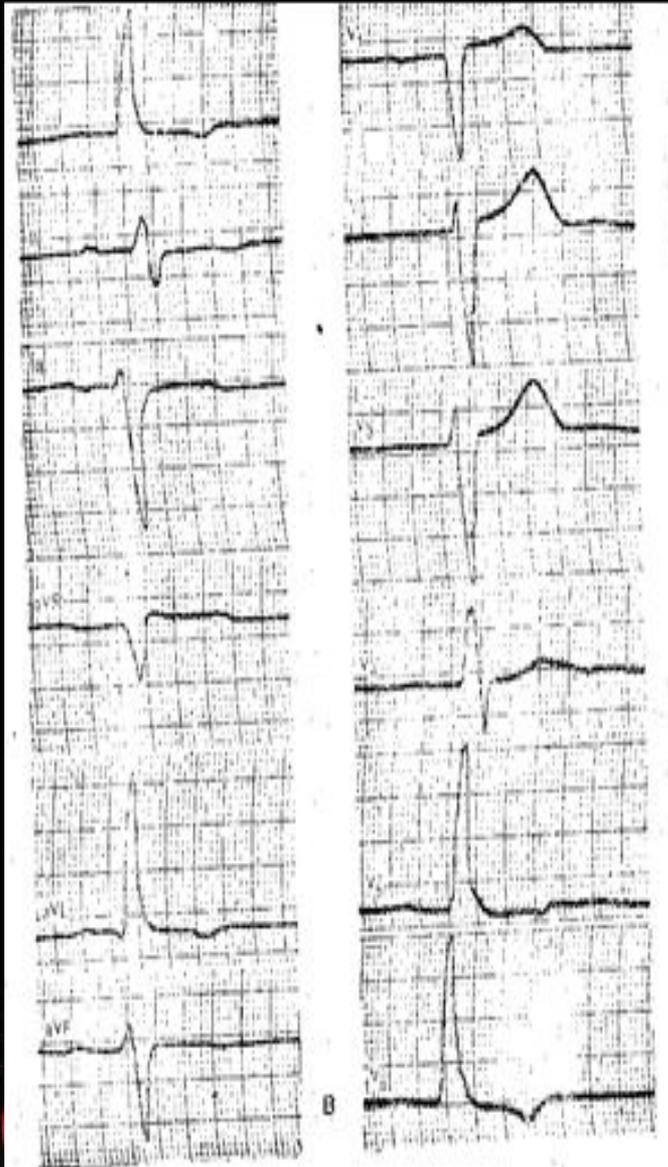
- $R_I > R_{II} > R_{III}$ ;  $R_{II} > S_{II}$ ;  $S_{III} > R_{III}$ ;  $S_{aVF} > R_{aVF}$ .
- На ЭКГ:  $R_I > R_{II} > R_{III}$ ;  $R_{II} > S_{II}$ ;  $S_{III} > R_{III}$ ;  $S_{aVF} > R_{aVF}$ ;

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



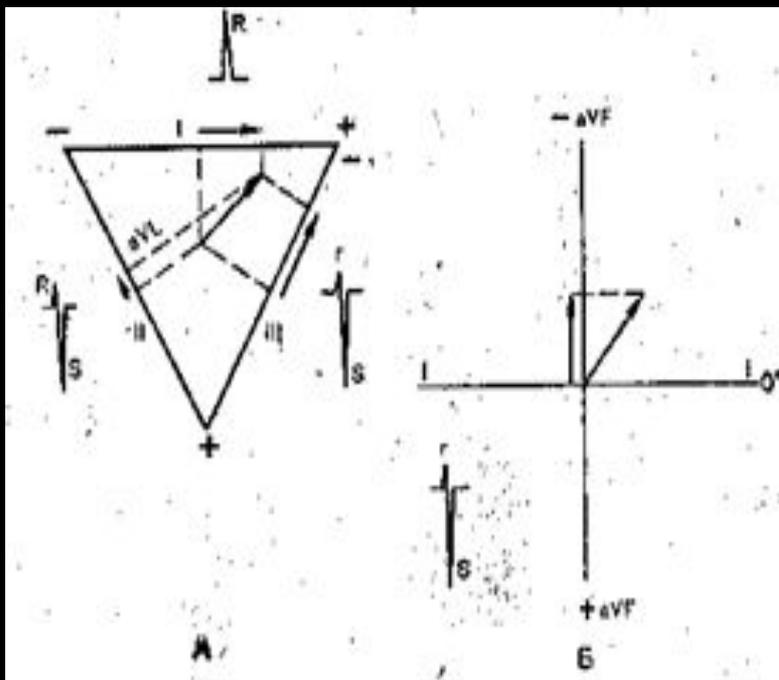
- Направление ЭОС совпадает с расположением оси aVL. ЭОС одинаково параллельна I и III отведениям, но проецируется на (+) часть оси I и на (-) часть оси III отведений. Алгебраическая сумма зубцов в I отведении (+) и ЭКГ в этом отведении в основном представлена зубцом R. Алгебраическая сумма зубцов в 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  $R_{II} = S_{II}$ .



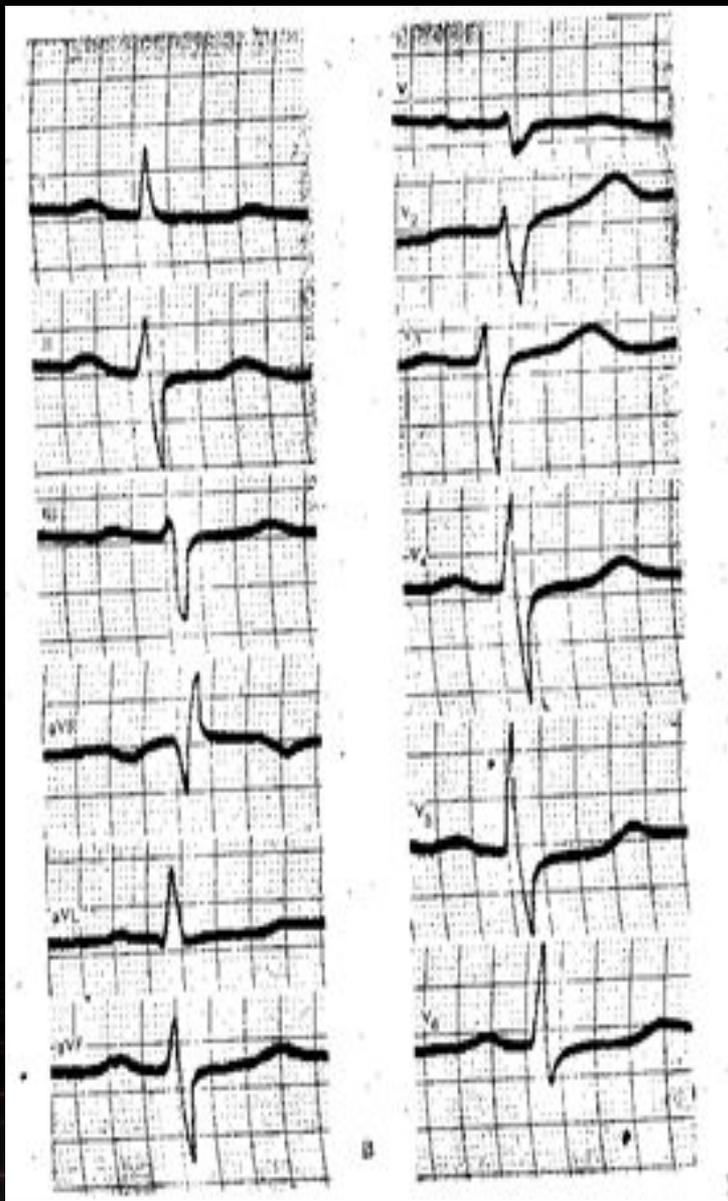


- ЭОС проецируется на (-) часть оси aVF, в связи с этим  $S_{aVF} > R_{aVF}$ .  
Общее соотношение зубцов, характерное для резкого отклонения ЭОС влево ( $\alpha = -30^\circ$ ):
- $R_I > R_{II} > R_{III}$ ;  $R_{II} = S_{II}$ ;  $S_{III} > R_{III}$ ;  $S_{aVF} > R_{aVF}$ .
- Направление ЭОС совпадает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

# 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  $-40^\circ$ ,  $-60^\circ$ ,  $-80^\circ$  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  $\alpha$  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  $\alpha < 0^\circ$



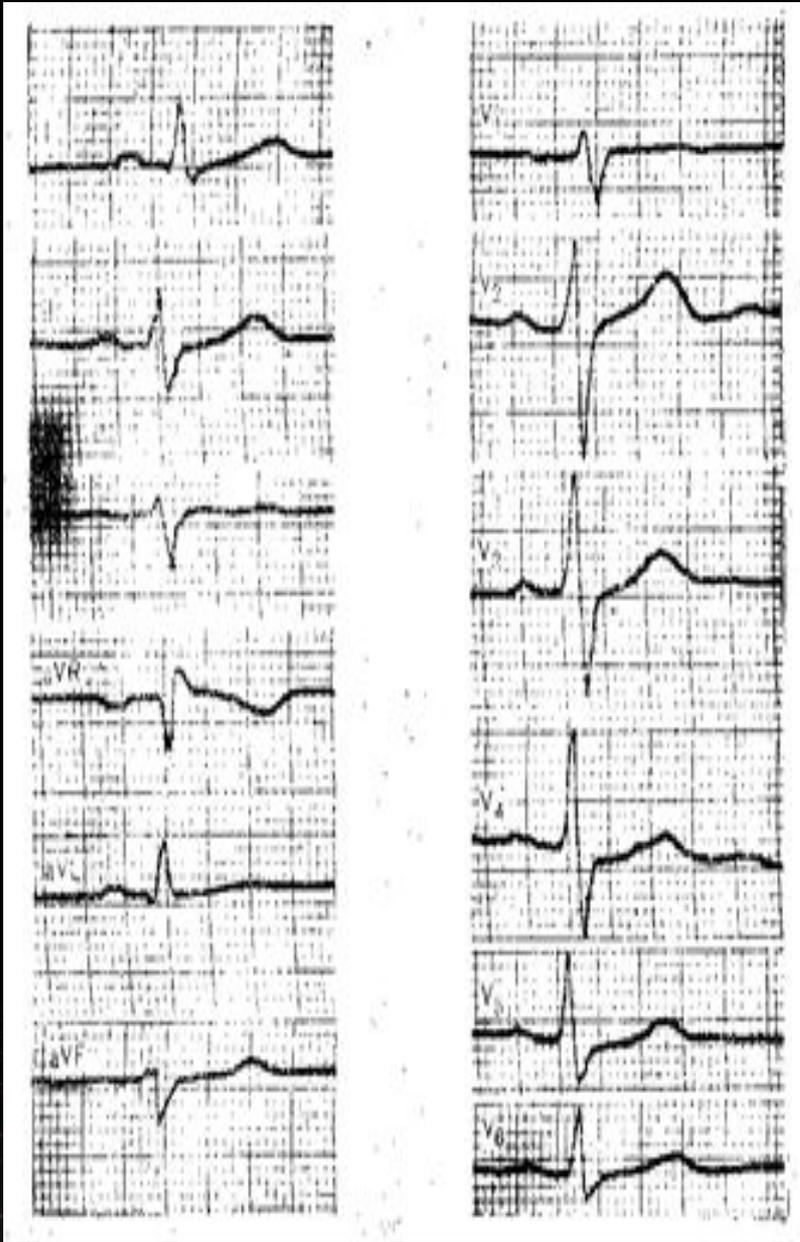
- Степень отклонения ЭОС влево определяется при анализе ЭКГ во II отведении:
- 1.  $R_{II} > S_{II}$  - умеренное отклонение ЭОС влево и  $\alpha$  от 0 до  $-30^\circ$
- 2.  $R_{II} = S_{II}$  - резкое отклонение ЭОС влево, когда  $\alpha = -30^\circ$
- 3.  $S_{II} > R_{II}$  - ось сердца резко отклонена 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  $\alpha$ . 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 чаще расположен между  $+60$  и  $+90^\circ$ , у людей старших возрастных групп — между  $+30$  и  $+60^\circ$ .