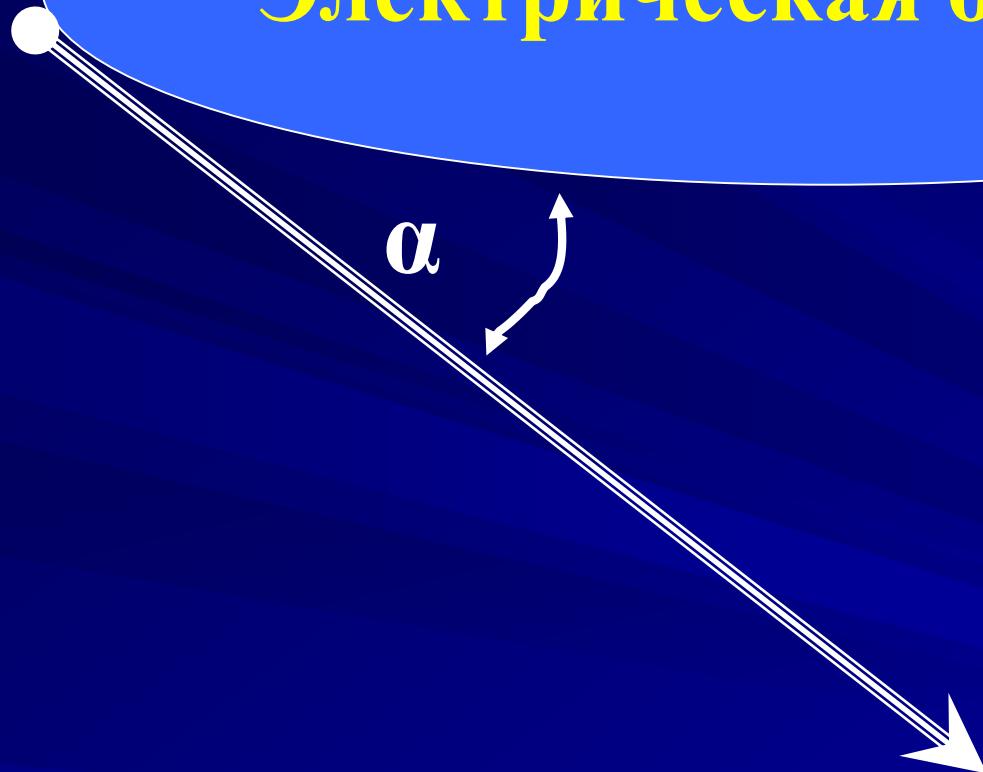
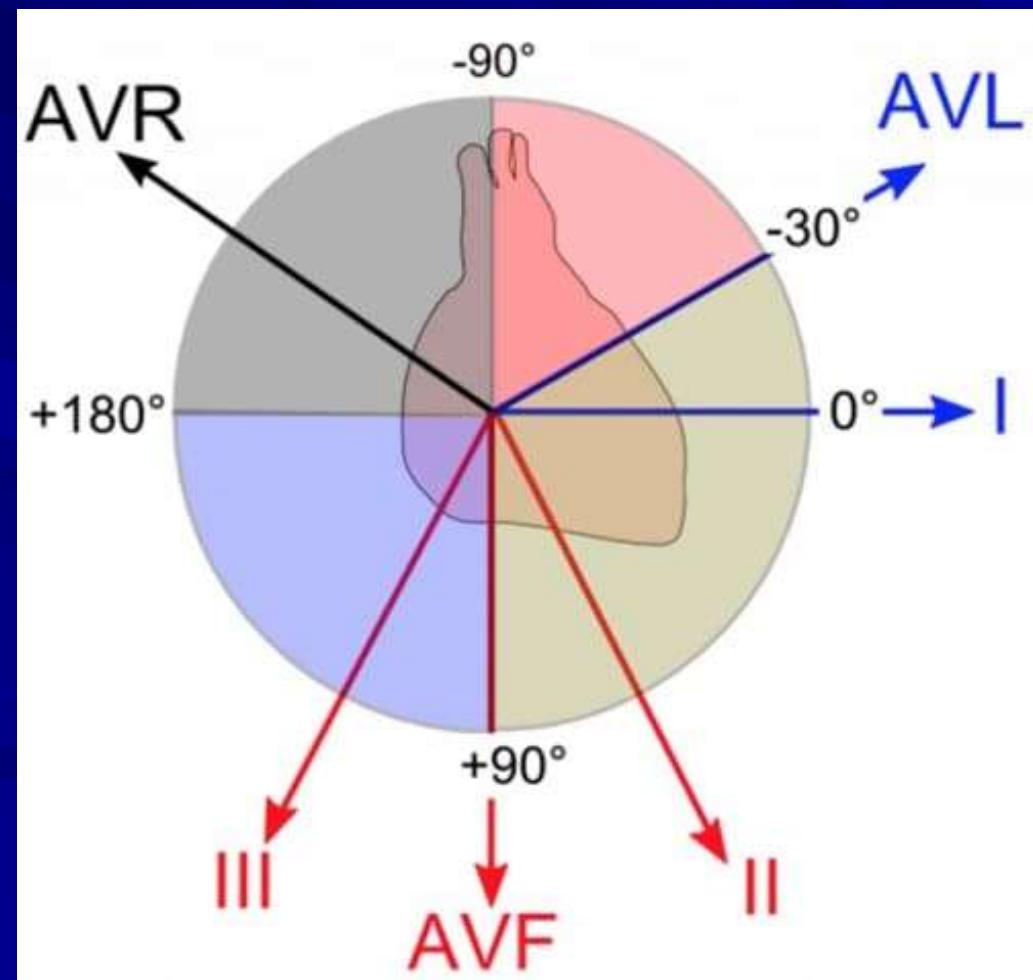
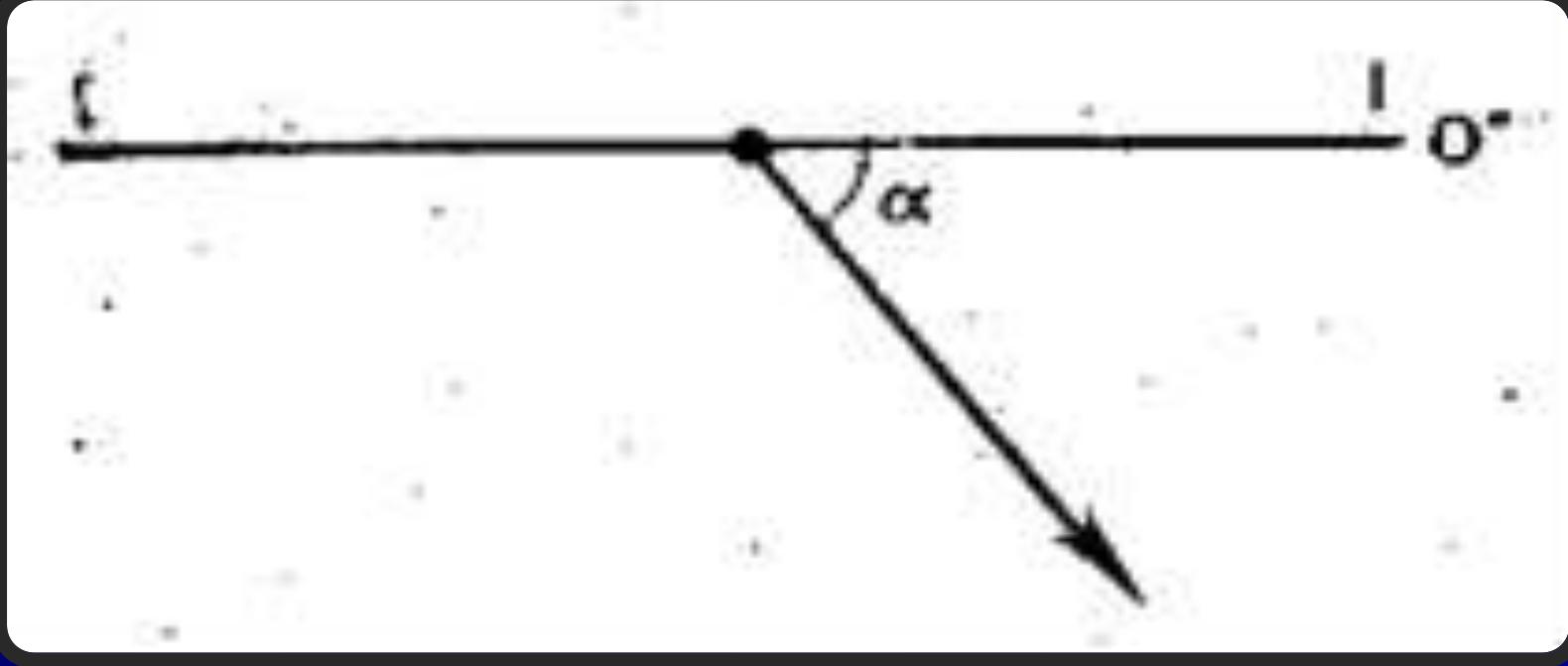


Электрическая ось сердца



Вектор сердца располагается в грудной клетке в трехмерном пространстве. Величина и направление этого вектора постоянно изменяются в течение всего сердечного цикла. Отразить результирующий сердечный вектор во фронтальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостях позволяют 12 ЭКГ-отведений.





ЭОС образует угол с осью I ст ($\angle\alpha$), по которому можно судить о направлении ЭОС.

У здоровых людей $\angle\alpha$ от 0 до $+90^\circ$.

Повороты сердца во фронтальной плоскости (вокруг переднезадней оси) сопровождаются отклонениями ЭОС и существенными изменениями конфигурации комплексов QRS в стандартных и усиленных однополюсных отведениях от конечностей.

Система координат во фронтальной плоскости



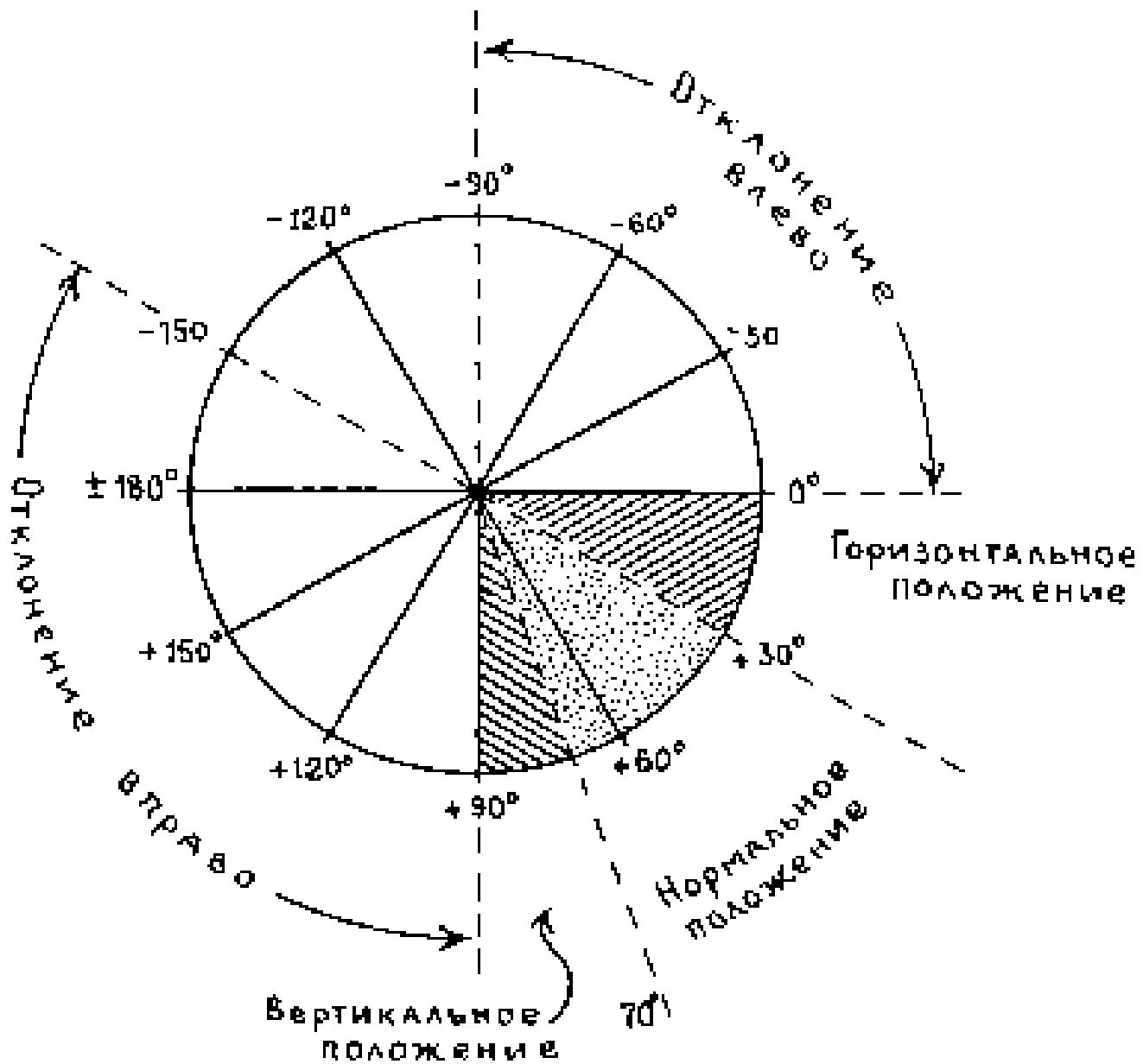
(+) полюс I ст. соответствует 0° ,

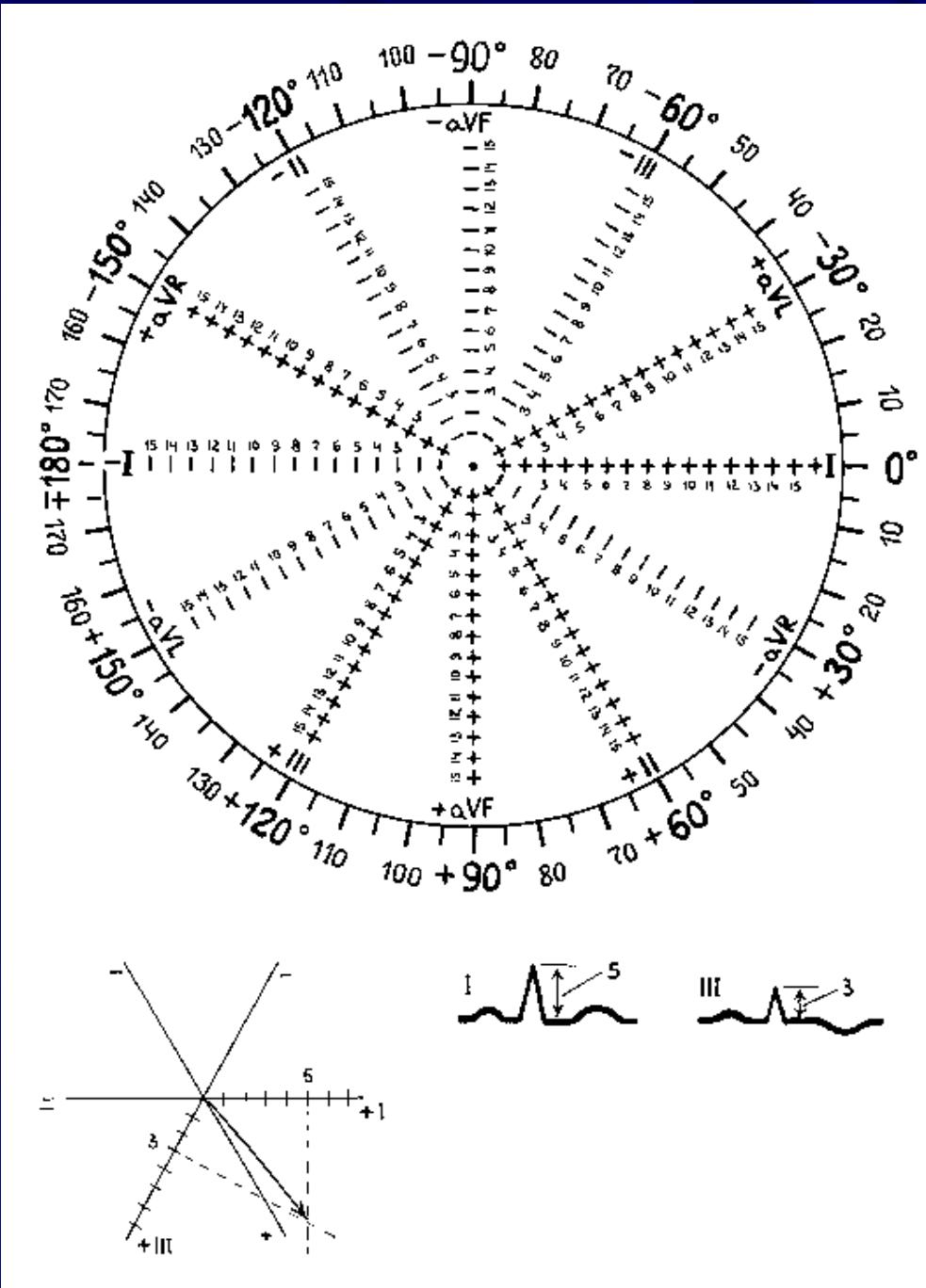
$\alpha (-) \pm 180^\circ$.

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:

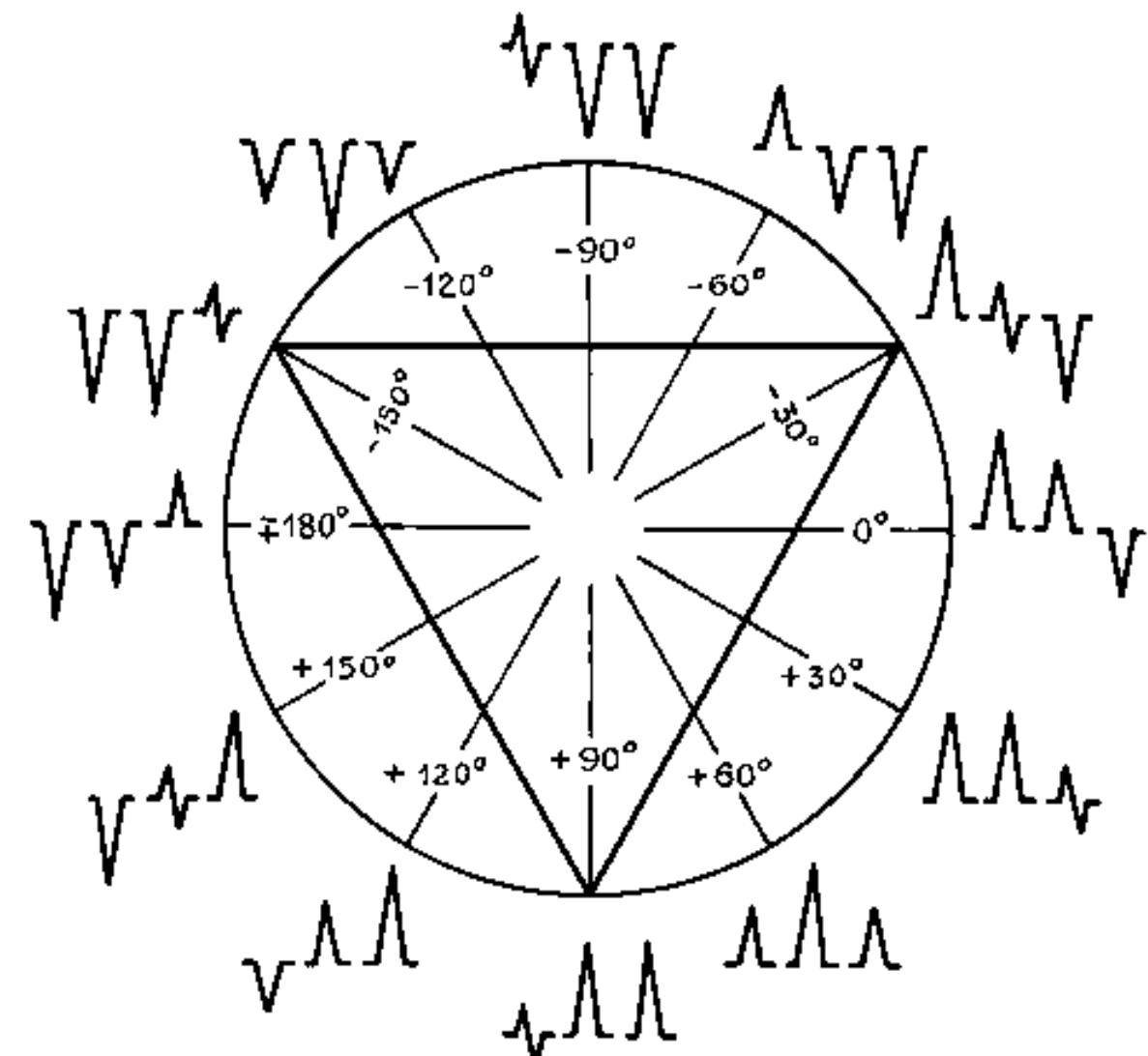
- 1) горизонтальное, если $\alpha = \text{от } 0 \text{ до } +40^\circ$;
- 2) нормальное, если $\alpha = \text{от } +40 \text{ до } +70^\circ$;
- 3) вертикальное, если $\alpha = \text{от } +70 \text{ до } +90^\circ$.





Круг Бейли.

Пример определения угла по стандартным отведениям I и III.



Конфигурация комплекса QRS в отведениях I, II, III
в зависимости от различных положений угла α .

- I. $\alpha > +90^\circ$ - отклонение ЭОС вправо
- II. $\alpha \geq +120^\circ$ - резкое отклонение ЭОС вправо
- III. $\alpha < 0^\circ$ ($-5^\circ, -20^\circ, -40^\circ, -60^\circ$) - отклонение ЭОС влево
- IV. $\alpha \leq -30^\circ$ - резкое отклонение ЭОС влево, (<а 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.

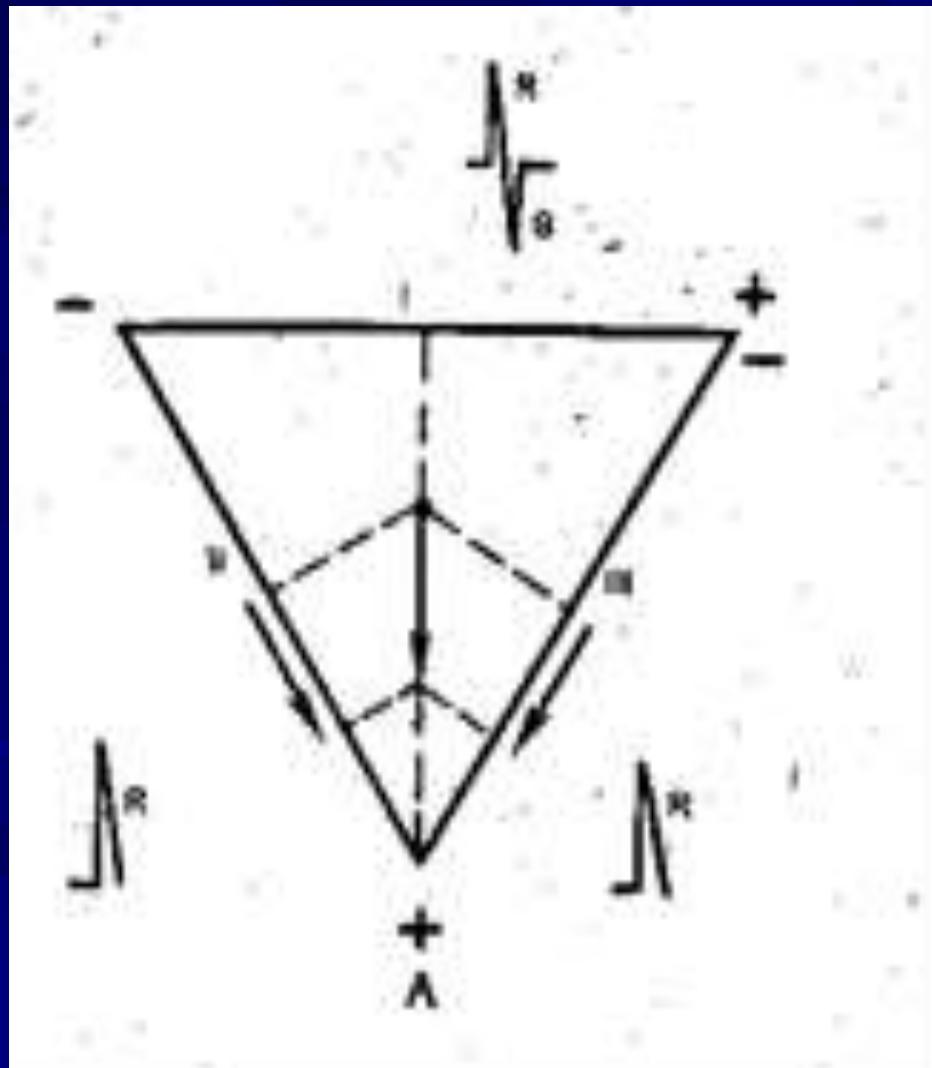
Определение угла α

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

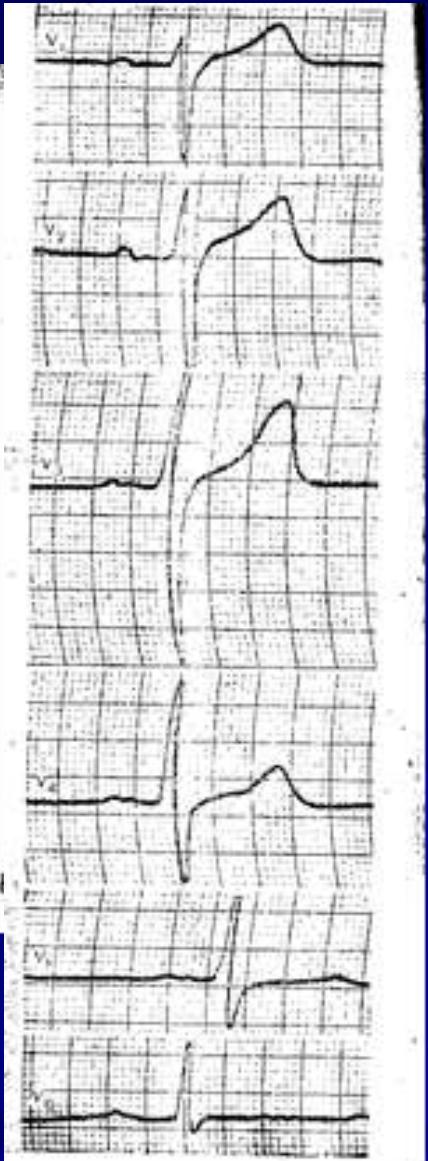
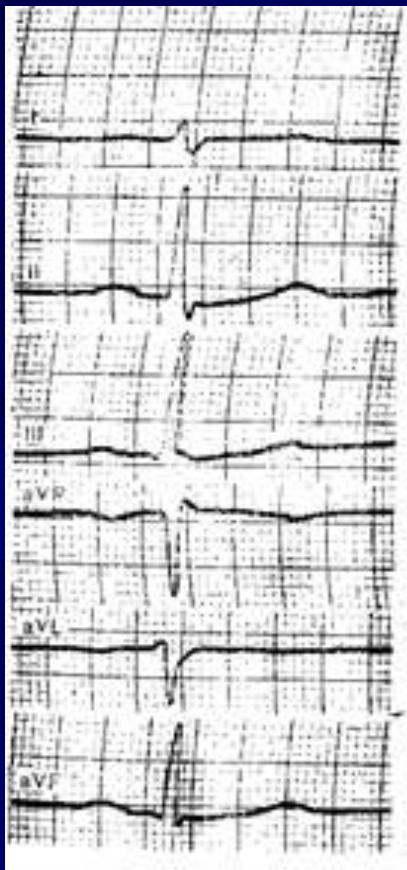
Визуальное определение основано на двух хорошо известных принципах:

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.

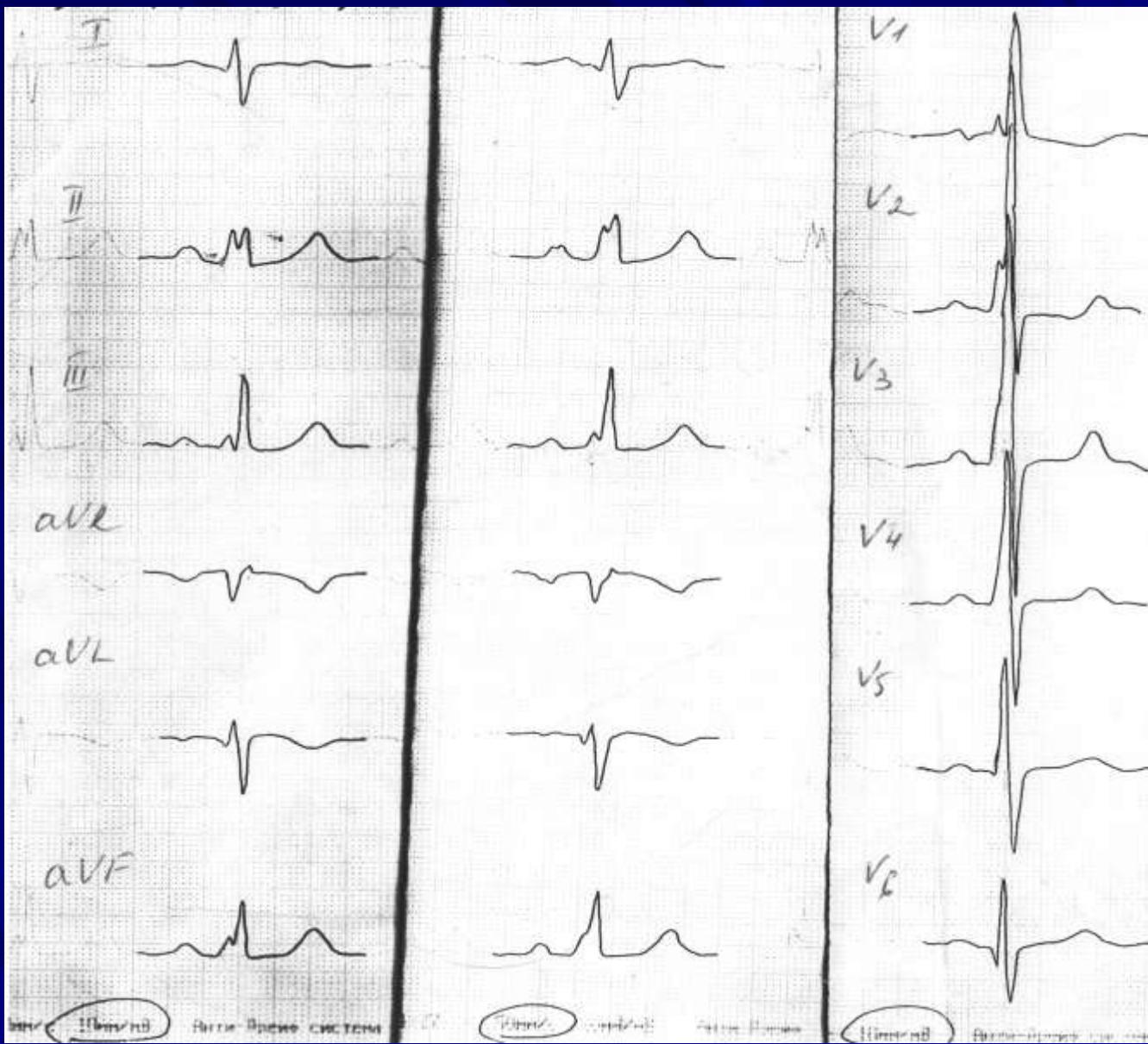
Вертикальное положение электрической оси сердца (угол $a = +90^\circ$).



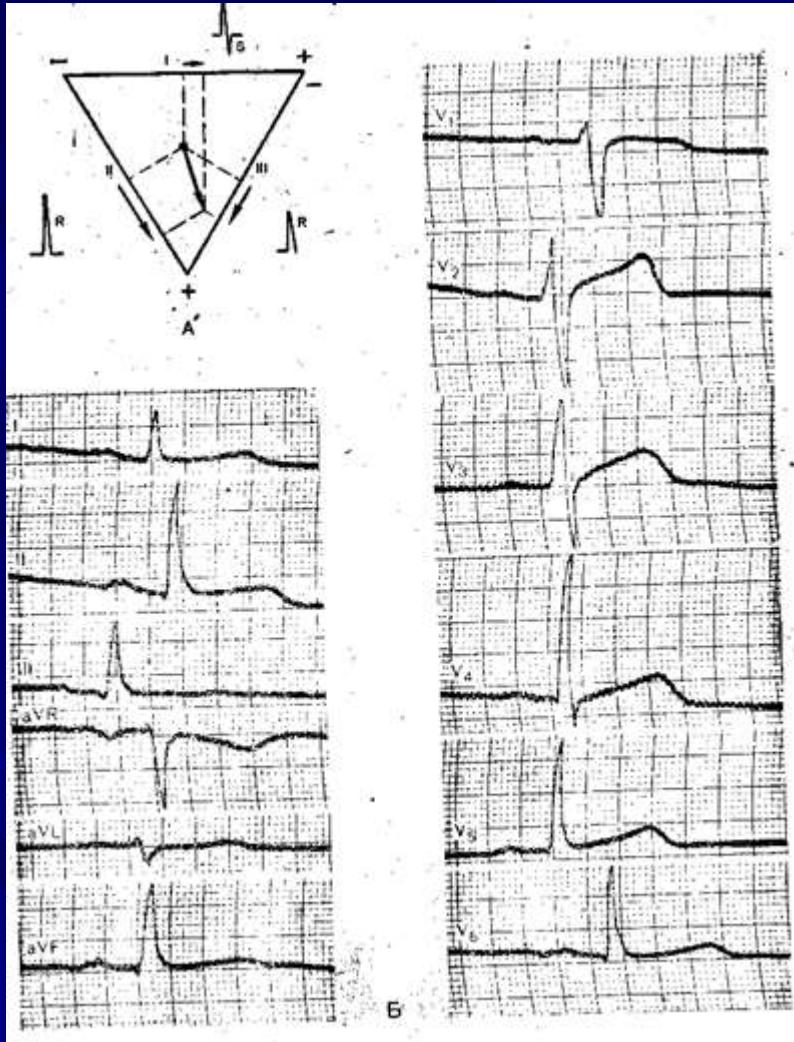
- В связи с тем что угол $a=+90^\circ$, ЭОС перпендикулярна оси I отведения. Проекция ЭОС на ось этого отведения равна нулю, $RI = SI$.
- В связи с тем, что оси трех стандартных отведений образуют равносторонний треугольник, каждый из углов его равен 60° .
- Поэтому с точностью до 30° ЭОС одинаково параллельна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



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



Вертикальное или полувертикальное положение ЭОС (угол α от +70 до +90°)



Как только α будет $< +90^\circ$, ЭОС станет более параллельной II, чем III отведению и нечетко перпендикулярной I стандартному отведению:

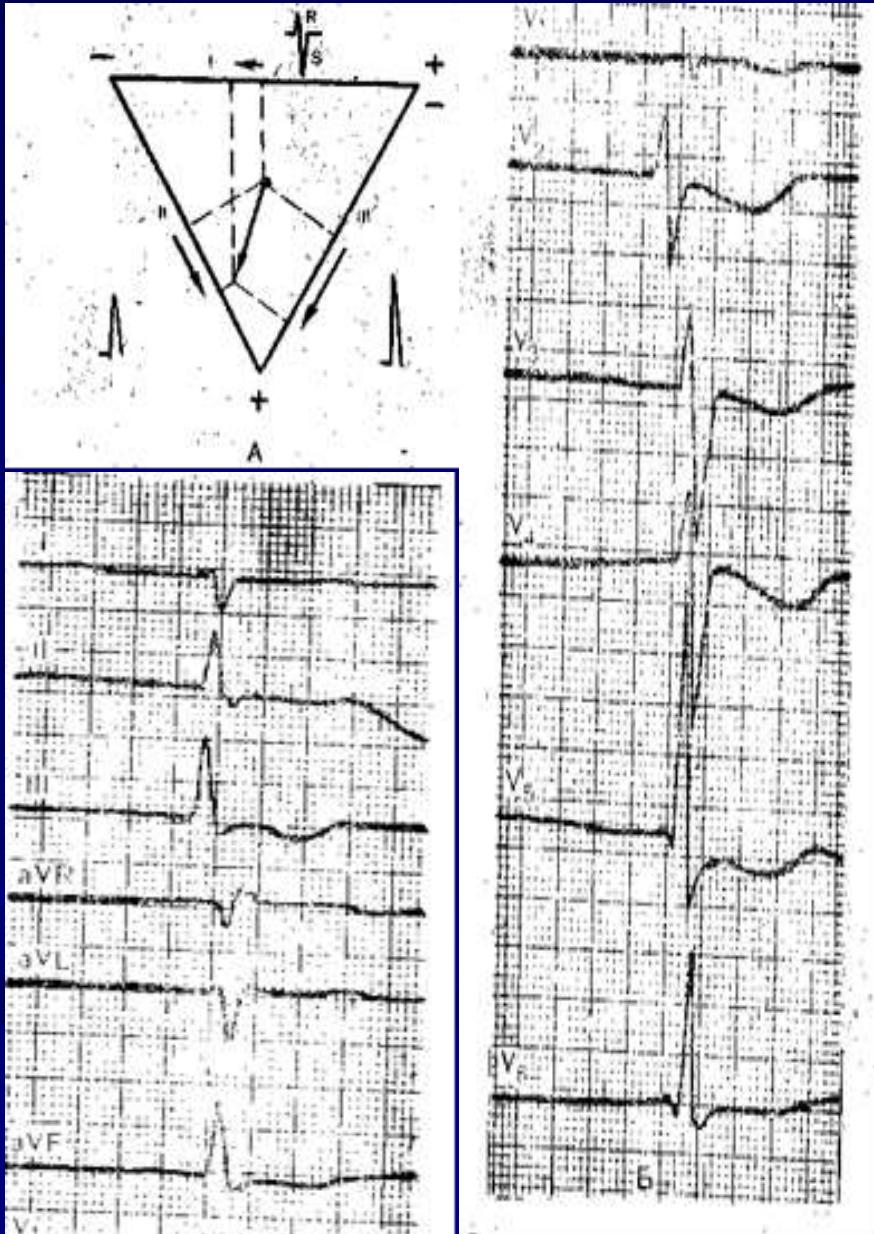
$$\mathbf{RII} > \mathbf{RIII} > \mathbf{RI}.$$

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°:

$$\mathbf{RII} > \mathbf{RIII} > \mathbf{RI} \quad \mathbf{RI} > \mathbf{SI} \quad \mathbf{SaVL} > \mathbf{RaVL}$$

Отклонение ЭОС вправо ($>+90^\circ$)

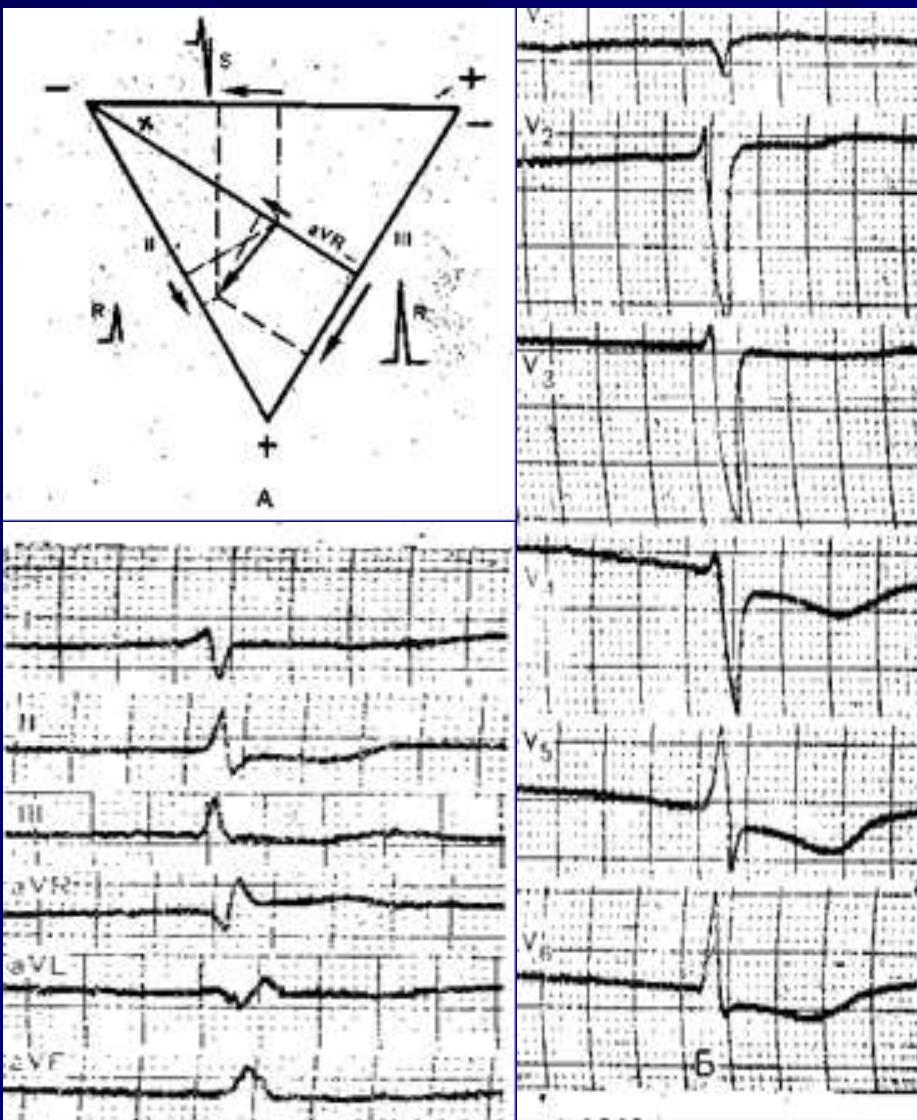


При $\alpha > +90^\circ$ ЭОС наиболее параллельна III: $R_{III} > R_{II}$. Ось сердца нечетко перпендикулярна оси I отведения и проецируется на его (-) часть, поэтому SI $>$ RI (наиболее важно).

Общее соотношение зубцов:
 $R_{III} > R_{II} > R_I$ SI $>$ RI.

На ЭКГ: $R_{III} > R_{II} > R_I$ 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 **SI > RI**.

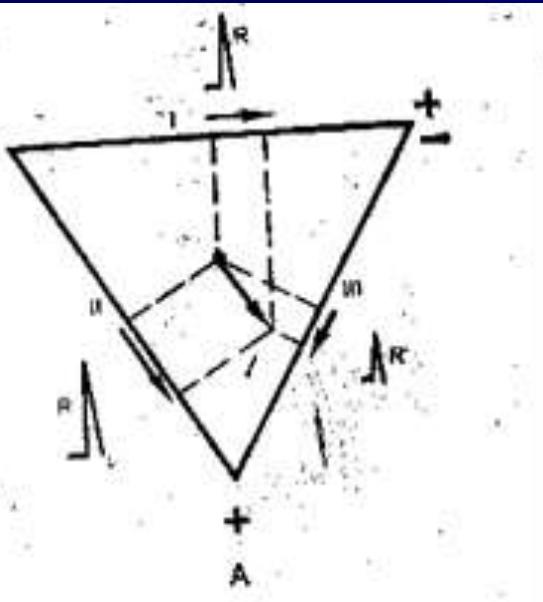
Общее соотношение зубцов:
R_{III} > R_{II} > R_I; SI > RI; $\frac{R_{aVR}}{aVR} > Q(S)aVR$. *Q(S) AVR > R aVR (умеренное отклонение < α от $+90^\circ$ до $+120^\circ$)*

$Q(S) AVR = RaVR$ (резкое отклонение $<\alpha = +120^\circ$)

$Q(S) AVR < RaVR$ (резкое отклонение $<\alpha > +120^\circ$)

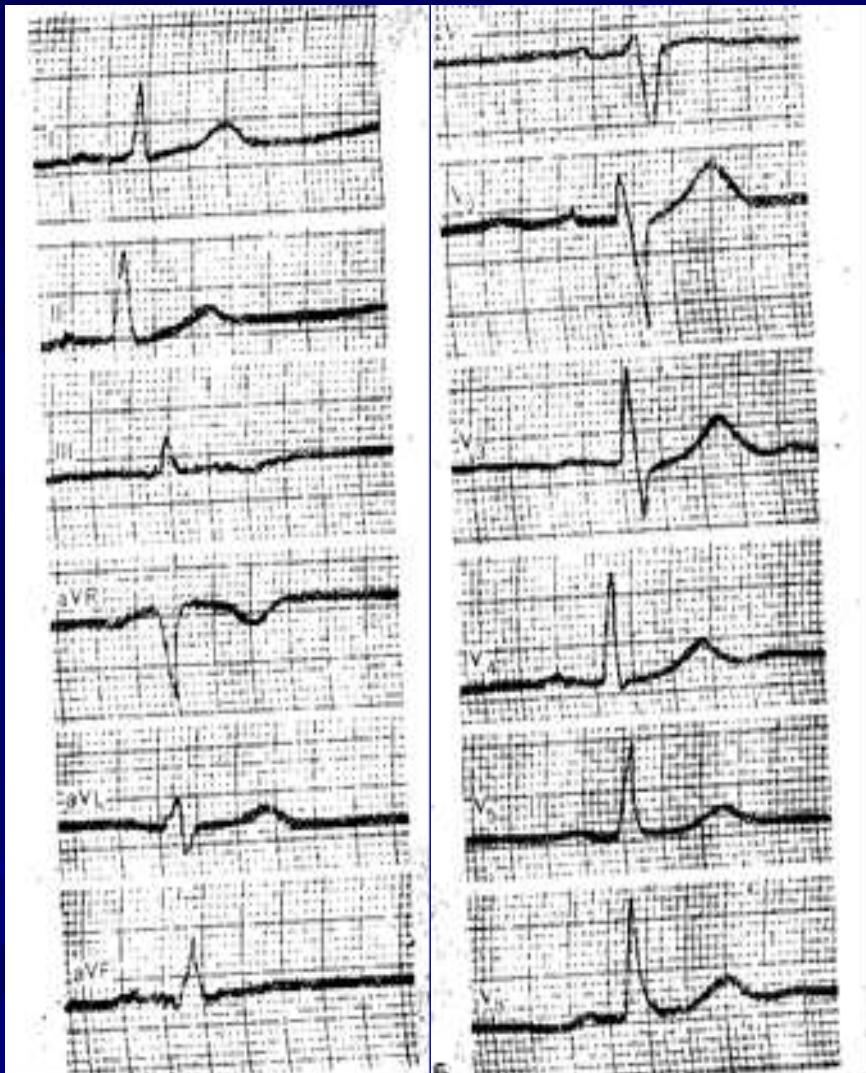
на ЭКГ: **R_{III} > R_{II} > R_I; SI > RI; R aVR > Q (S)aVR**

Нормальное положение ЭОС (α = от +40 до +70°)



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 $RII > RI$.

Ось сердца нечетко перпендикулярна оси III отведения, поэтому проекция ее на ось этого отведения наименьшая, и $RII > RI > RIII$. ЭОС проецируется на положительную часть оси III отведения, в результате этого $RIII > SIII$.



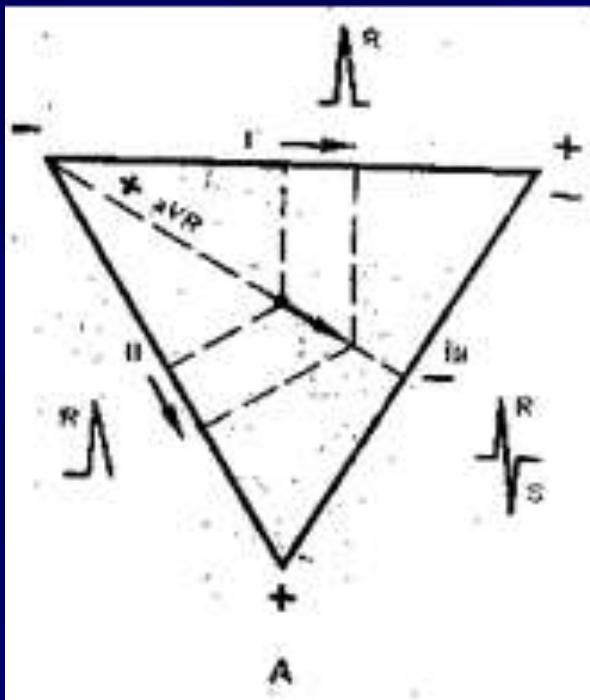
При нормальном расположении ЭОС алгебраическая сумма зубцов во всех трех стандартных отведениях положительная, и ЭКГ в этих отведениях представлена положительными зубцами R.

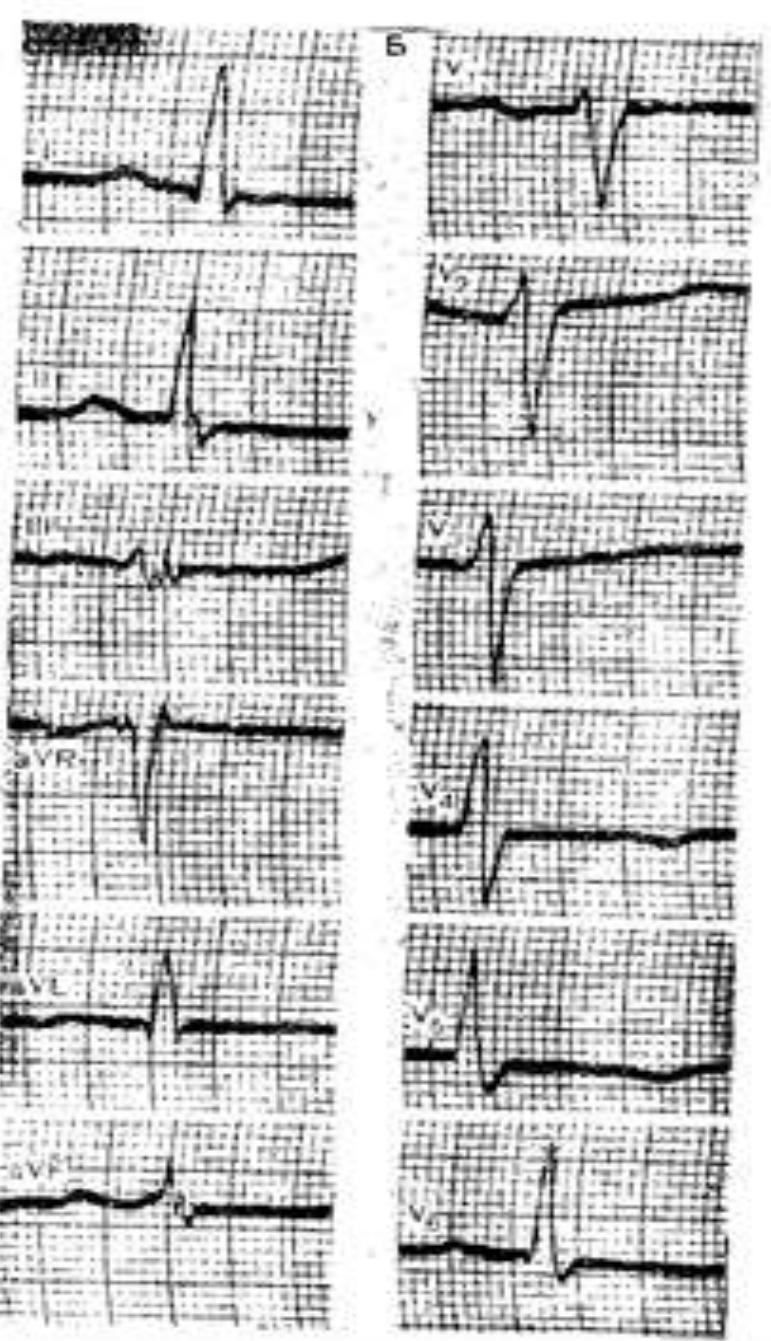
Для α от +40° до +70° характерно следующее соотношение зубцов: RII > RI > RIII. При таком положении ЭОС она более или менее перпендикулярна оси aVL. Поэтому алгебраическая сумма зубцов близка к 0 и $RaVL < S_{aVL}$.

В связи с этим приблизительное равенство зубцов R и S в отведении aVL, когда $RaVL < S_{aVL}$ помогает диагностике нормального положения ЭОС.

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

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 Эйтховена 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 одна и та же. 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.





Для полугоризонтального положения ЭОС с $\alpha=+30^\circ$ характерно следующее соотношение зубцов:

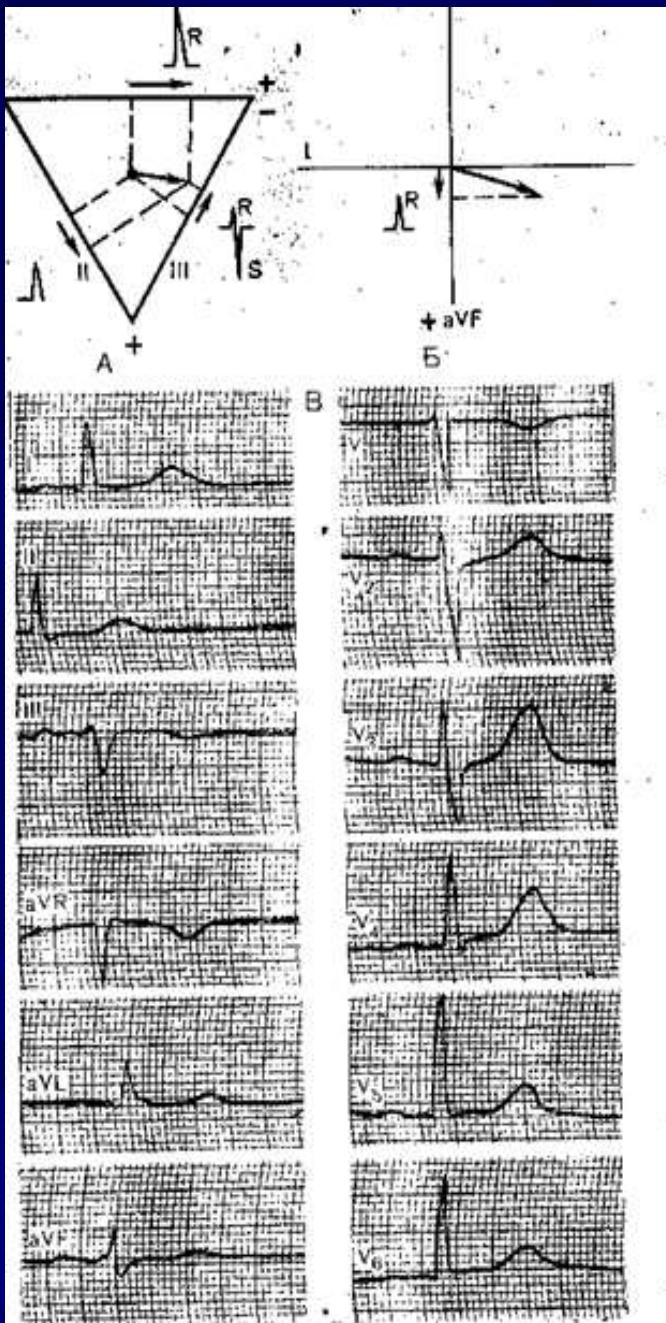
$RI = RII > RIII;$

$RIII = SIII$ (важно).

на ЭКГ: $RI = RII > RIII;$
 $RIII=SIII$

QRS III расщеплен

Горизонтальное положение ЭОС (α = от 0 до +30°)

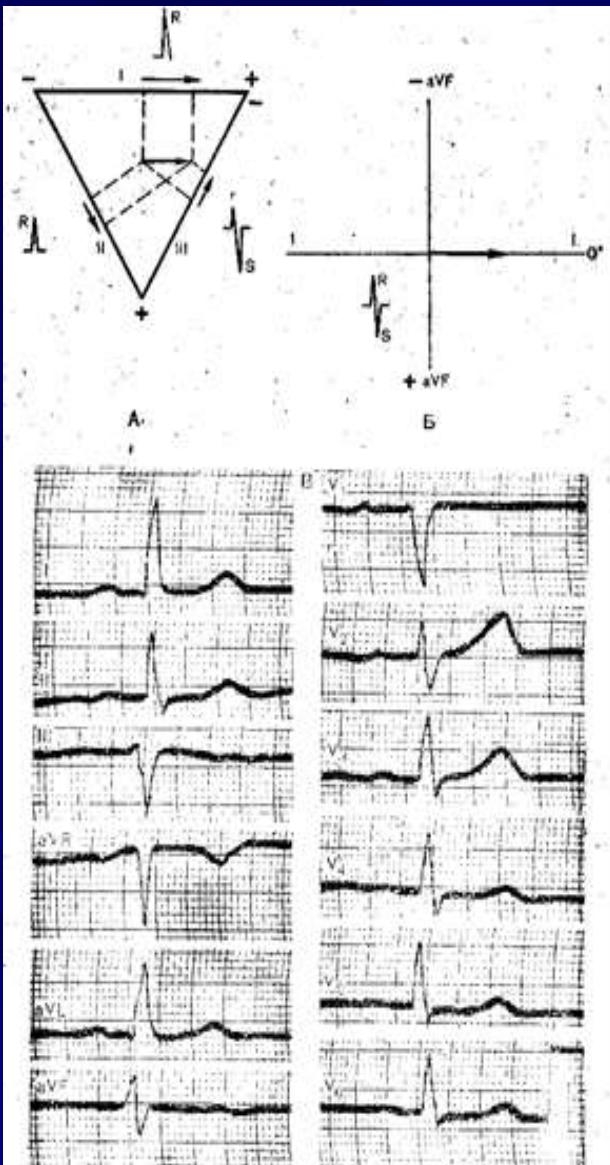


ЭОС наиболее параллельна I отведению, проекция ее на ось этого отведения наибольшая: RI > RII. ЭОС нечетко перпендикулярна оси III отведения и проецируется на его (-) часть, т. е. SIII > RIII. ЭОС проецируется на положительную часть оси отведения aVF; следовательно, алгебраическая сумма зубцов в этом отведении положительная и RaVF > SaVF.

Общее соотношение зубцов ЭКГ, характерное для горизонтального положения ЭОС (от 0 до +30°):
RI>RII>RIII; SIII>RIII; RaVF>SaVF

на ЭКГ: RI>RII>RIII; SIII>RIII; RaVF > SaVF

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



ЭОС проецируется на (+) часть I отведения и величина проекции в этом отведении наибольшая. ЭОС проецируется также на (+) часть оси II отведения, но $RI > RII$. 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:

$RI > RII < RIII$ $S_{III} > R_{III}$ и $R_{aVF} = S_{aVF}$ (важно)

На ЭКГ: $RI > RII > RIII$; $S_{III} > R_{III}$; $R_{aVF} = S_{aVF}$