

ВОПРОСЫ АВИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ

Кандидат медицинских наук В. Б. МАЛКИН

Изучение сердечной деятельности при действии радиальных ускорений

У здоровых людей во время действия ускорений рядом авторов было отмечено на электрокардиограммах развитие синусовой тахикардии, незначительное уменьшение времени атриовентрикулярной проводимости, уменьшение зубцов R и T и увеличение зубца S, а в некоторых случаях смещение интервала ST ниже изоэлектрической линии. После прекращения действия ускорений все эти изменения, как правило, быстро исчезали и сменялись брадикардией, во время которой проявлялась резко выраженная синусовая аритмия, а в некоторых случаях и экстрасистолия (Гауэр О., 1944, В. Р. Франк, В. К. Кер и Розе, 1945, и др.).

При проявлении у обследуемых лиц глубоких нарушений деятельности центральной нервной системы О. Гауэр отмечал на ЭКГ нарушения синусового ритма — перемещение ведущего очага возбуждения в предсердия или желудочки. Этот автор считал, что изменения сердечной деятельности во время действия ускорений обусловлены несколькими факторами: функциональными сдвигами в центрах вегетативной нервной системы, регулирующих сердечную деятельность, необычным колебанием кровенаполнения отдельных частей сердца, изменением положения сердца, а в отдельных случаях и развитием коронарной недостаточности. В последнее время некоторые авторы высказывают мнение, что изменения электрокардиограммы при действии ускорения в основном обусловлены отклонением электрической оси сердца вправо вследствие смещения сердца.

Целью наших исследований было изучить с помощью электрокардиографии состояние сердечной деятельности у здоровых людей при воздействии на них радиальных ускорений. Исследования проводились на 12 мужчинах в возрасте от 20 до 30 лет. Все они прошли обследование специальной медицинской комиссии. Обследуемый помещался в кресло центрифуги, при вращении которой создавались различной величины ускорения, действующие в направлении от головы к ногам. Радиус центрифуги был равен 3,6 м, время действия ускорений максимальной величины (площадка) — 20 секундам, порог устойчивости обследуемых к действию ускорений определялся по появлению у них нарушений зрения — «серой» или «черной» пелены, о чем они сообщали во время вращения посредством специальной световой сигнализации. При получении сигнала от обследуемого о нарушении зрения вращение тотчас прекращалось.

Перед каждым воздействием, во время действия ускорений и после остановки центрифуги у обследуемых лиц проводилась регистрация электрокардиограммы, величины артериального давления, дыхания и условных двигательных рефлексов на световые и звуковые раздражители¹. В этой статье будут представлены лишь данные электрокардиографического исследования.

¹ Исследование проводилось совместно с В. И. Бабушкиным и В. В. Усачевым.

Запись электрокардиограмм до и после действия ускорений проводилась в трех стандартных и в одном грудном отведении. В связи с тем что во время действия ускорений у обследуемых наблюдалось значительное напряжение мускулатуры и при снятии электрокардиограмм в стандартных и обычных грудных отведениях на кривых отмечались биотоки мышц, затруднявшие и делавшие часто невозможным чтение записанного, для получения удовлетворительных записей регистрация электрокардиограмм проводилась в несколько необычном грудном отведении. Для этого «индифферентные» электроды с зажимами в виде серьги укреплялись на мочках правой и левой ушных раковин (как это принято делать при электроэнцефалографии), а другой электрод, маленький круглый, прочно фиксировался резиновым поясом в пятом межреберье на 1 см левее сосковой линии. Анализ записанных таким образом электрокардиограмм показал, что они весьма близки к электрокардиограммам, снятым в 4-м грудном отведении (Гп-4).

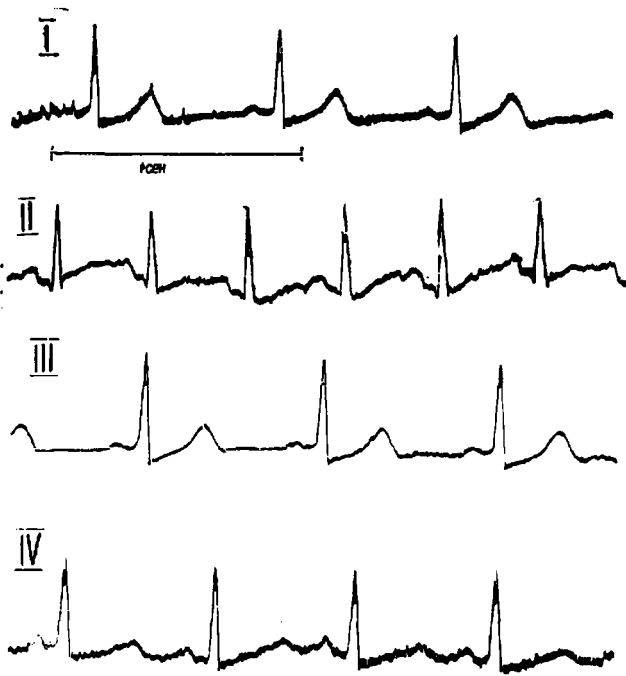


Рис. 1. Электрокардиограммы:
I — до действия ускорения; II — во время действия ускорения 4g; III — через 3 минуты после действия ускорения 4g; IV — во время действия ускорения 4,5 g.

желудочкам (уменьшение интервала P — Q). Время «электрической систолы» — интервал Q — T — незначительно уменьшалось. Продолжительность диастолы резко укорачивалась (о чем свидетельствовало слияние на ЭКГ зубцов T и P); последнее и являлось основным фактором, определяющим значительное повышение частоты сердечных сокращений. Одновременно с развитием синусовой тахикардии исчезала и дыхательная аритмия. Зубец P при действии ускорений в большинстве исследований незначительно увеличивался. Зубцы желудочкового комплекса ЭКГ закономерно изменялись: зубец R уменьшался, а зубец S, как правило, увеличивался. При нарастании ускорений у всех обследуемых отмечалось уменьшение зубца T. На «площадке», при действии ускорений максимальной величины, у большинства (8 человек из 12) зубец T был меньше, чем до действия ускорений, но, как правило, несколько больше, чем в период нарастания их. У 4 обследуемых на «площадке» величина зубца T становилась больше, чем до начала воздействия.

На электрокардиограммах, записанных во время действия ускорений, у всех обследованных были обнаружены закономерные изменения биотоков сердца. Исследования показали, что действие ускорений приводит к развитию синусовой тахикардии. При этом отмечалось незначительное уменьшение времени проведения возбуждения от предсердий к

предсердий к желудочкам (уменьшение интервала P — Q). Время «электрической систолы» — интервал Q — T — незначительно уменьшалось. Продолжительность диастолы резко укорачивалась (о чем свидетельствовало слияние на ЭКГ зубцов T и P); последнее и являлось основным фактором, определяющим значительное повышение частоты сердечных сокращений. Одновременно с развитием синусовой тахикардии исчезала и дыхательная аритмия. Зубец P при действии ускорений в большинстве исследований незначительно увеличивался. Зубцы желудочкового комплекса ЭКГ закономерно изменялись: зубец R уменьшался, а зубец S, как правило, увеличивался. При нарастании ускорений у всех обследуемых отмечалось уменьшение зубца T. На «площадке», при действии ускорений максимальной величины, у большинства (8 человек из 12) зубец T был меньше, чем до действия ускорений, но, как правило, несколько больше, чем в период нарастания их. У 4 обследуемых на «площадке» величина зубца T становилась больше, чем до начала воздействия.

Изменения сердечной деятельности находились в определенной зависимости от величины ускорения и от степени тренированности обследуемых к действию ускорений. У нетренированных лиц первое воздействие ускорений сравнительно небольшой величины вызывало в некоторых случаях более значительные изменения сердечной деятельности, чем последующее действие ускорений большей величины. На рис. 1 представлены электрокардиограммы, записанные у обследуемого С. в исследовании, в котором он впервые подвергся действию ускорения, равного 4g, и при последующем (втором) действии ускорений большей величины — 4,5g.

На рис. 1 видно, что изменения ЭКГ более резко выражены при первом воздействии на обследуемого ускорения: более значительна синусовая тахикардия и уплощение Т, чем при последующем, несмотря на то, что величина ускорения при втором воздействии была больше. Такой характер реакции может быть обусловлен тем, что в первом испытании у обследованных отмечались наиболее выраженные изменения, связанные с обстановкой эксперимента, ожиданием неизвестного «опасного» воздействия. При этом определенное значение имело, по-видимому, и действие угловых ускорений, возникавших в наших исследованиях в связи с небольшим радиусом центрифуги. В дальнейшем, в процессе тренировки, эти реакции постепенно угасали, так как они не подкреплялись самим воздействием (ввиду отсутствия выраженного повреждающего действия), а реакции, связанные с действием угловых ускорений, быстро затормаживались.

У тренированных лиц по мере нарастания величин ускорения изменения на электрокардиограммах становились все более выраженными, что прежде всего проявлялось в повышении частоты сердечных сокращений, а также в изменении величины зубцов RS и Т. Зависимость изменений электрокардиограммы от величины действующего ускорения отчетливо видна на рис. 2, на котором представлены ЭКГ, записанные у тренированного обследуемого во время действия на него ускорений различной величины (1,5; 1 и 6g).

Большой интерес представляет характер изменений сердечной деятельности во время проявления зрительных нарушений. Анализ электрокардиограмм, снятых во время появления у обследуемых расстройств зрения — «серой» или «черной» пелены, — сопровождавшихся исчезновением условной двигательной реакции на световой сигнал, показал, что они существенно не отличаются от ЭКГ, снятых во время действия ускорений, хорошо переносимых обследуемыми. Только в одном случае — во время развития у обследуемого обморочного состояния — было отмечено нарушение синусового ритма. Таким образом, при действии ускорений, вызывающих глубокие нарушения функционального состояния центральной нервной системы, на электрокардиограмме, как правило, не отмечается каких-либо качественно новых изменений. В связи с этим можно сделать заключение, что по характеру изменений, выявленных с помощью электрокардиографии, нельзя судить об устойчивости обследуемого к действию ускорений.

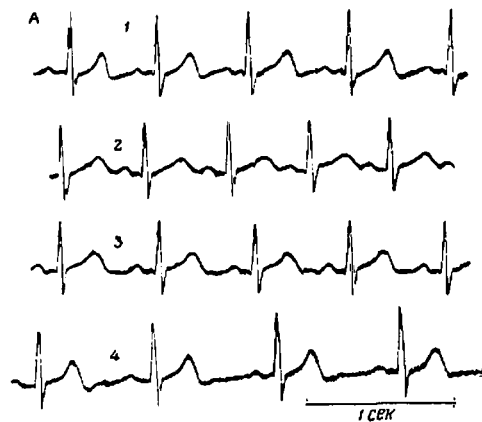


Рис. 2-А. ЭКГ:

1 — до действия ускорения; 2 — во время нарастания ускорения до 1,5g; 3 — при действии ускорения 1,5g; 4 — через минуту после прекращения вращения.

При регистрации электрокардиограммы в конце первой минуты после действия ускорения на ЭКГ можно было отметить снижение частоты сердечных сокращений и увеличение зубца Т. Аналогичные изменения электрокардиограммы описаны многими авторами (Летунов, Фогельсон и др.) у здоровых людей после выполнения ими спортивных упражнений или физической работы.

Для выяснения роли условнорефлекторных реакций в описанных выше изменениях электрокардиограммы были проведены специальные исследования, в которых воспроизводилась обычная обстановка исследования (включался мотор центрифуги, давалась команда о начале вращения), но самого воздействия не проводилось, или же оно было незначительным, и величина ускорения достигала 1,5—2g. На ЭКГ, снятых

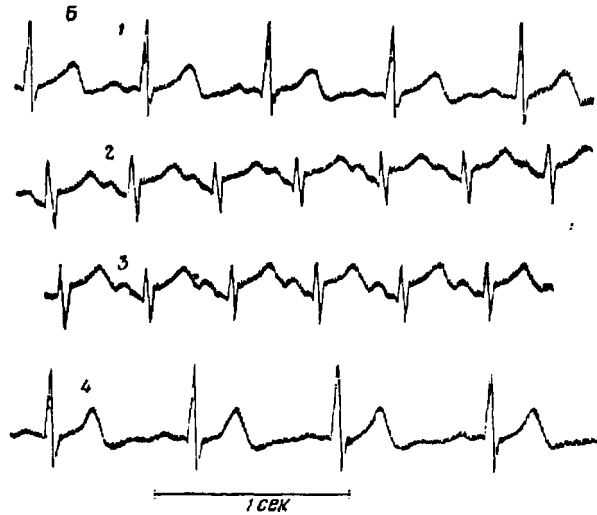


Рис. 2-Б. ЭКГ:

1 — до действия ускорения; 2 — во время нарастания ускорения до 3g; 3 — при действии ускорения 3g; 4 — через минуту после действия ускорения 3g.

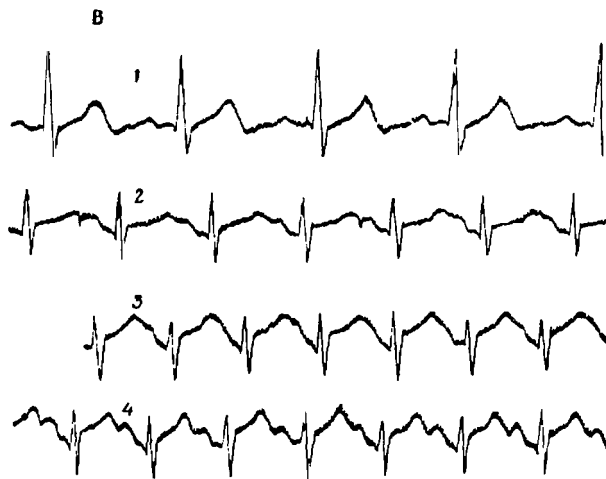


Рис. 2-В. ЭКГ:

1 — до действия ускорения; 2 — во время нарастания ускорения; 3 — при действии ускорения 6g на 3 сек; 4 — при действии ускорения 6g на 20 сек.

в этих исследованиях, у лиц, тренированных к действию ускорений, одно только включение мотора центрифуги вызывало повышение частоты сердечных сокращений на 4—12 в минуту, при создании же минимальной величины ускорений синусовая тахикардия значительно нарастала и на электрокардиограммах отмечалось уменьшение величины зубца Т и незначительное снижение R.

Развитие синусовой тахикардии при действии ускорений обусловлено рефлекторным механизмом — появлением афферентной импульсации с барорецепторов синокаротидной зоны, возникающей в результате снижения артериального давления, а также вследствие рефлекторного влияния со скелетной мускулатуры, повышение тонуса которой при действии ускорений определяет в значительной степени характер изменений сердечной деятельности. Изменение величины зубцов желудочкового комплекса — увеличение зубца S и уменьшение зубцов R и T при действии ускорений небольшой величины (1,5g) — было выражено незначительно.

С увеличением ускорения уменьшается величина зубца R и увеличивается зубец S. Эти изменения являются в основном следствием отклонения электрической оси сердца вправо в результате смещения сердца во время действия ускорений. На правомерность такого представления указывают данные исследований: во время действия ускорения величиной $5g$ обследуемому предлагалось сделать форсированный выдох, во время которого диафрагма поднималась и сердце вновь принимало обычное положение. При этом на электрокардиограмме отмечалась нормализация зубцов R и S, однако зубец T оставался уплощенным.

Изменения на ЭКГ зубца T во время действия ускорений не могут быть объяснены только смещением электрической оси сердца, они, очевидно, зависят от нескольких факторов, из которых существенное значение имеют повышение тонического влияния на сердце со стороны симпатической нервной системы и изменения кровенаполнения правого и левого желудочков сердца. Различное соотношение этих факторов и определяет характер изменения зубца T. Попытка некоторых авторов (Франк, Кэр и др.) связать уплощение зубца T во время действия ускорений с нарушением коронарного кровообращения нам представляется недостаточно аргументированной. Точке зрения этих авторов противоречит отмеченное нами уплощение зубца T при действии небольшой величины ускорений, к которым отмечается достаточно полное приспособление организма, и увеличение зубца T у некоторых обследуемых при действии на них большой величины ускорений.

Результаты проведенного нами электрокардиографического исследования показывают, что у здоровых людей при действии ускорений отмечаются закономерные изменения сердечной деятельности, обусловленные, с одной стороны, развитием компенсаторных реакций (среди которых существенное значение имеет повышение тонуса скелетной мускулатуры), с другой — смещением сердца и изменением его кровенаполнения под влиянием механических сил.

Полковник медицинской службы, кандидат мед. наук И. Я. БОРЩЕВСКИЙ

Влияние вестибулярных раздражений на точность стрельбы

Стрельба с самолета по воздушным и наземным целям имеет ряд особенностей. Оружие, из которого производится стрельба, быстро перемещается в пространстве вместе с самолетом. Стрельба ведется на различных высотах и при различных положениях цели. Под влиянием ветра оружие во время стрельбы может сноситься вместе с самолетом. Воздушная цель — самолет противника — перемещается в пространстве с большой скоростью. Одновременно с этим на летный состав и стрелковую установку могут оказывать воздействие восходящие и нисходящие потоки воздуха и вибрации самолета.

Для успешного выполнения воздушных стрельб от летно-подъемного состава требуется высокоразвитая координация движений, точность и быстрота ответных реакций, тренированность к воздействиям в полете ускорений, вызывающих раздражение вестибулярного аппарата.