

Авторы выражают свою благодарность Биби Смидеберг за ее помощь в технических аспектах работы. Работа осуществлена благодаря финансовой помощи, предоставленной Шведской Королевской Академией наук и Шведским Фондом Сердце-Легкие.

П.Г.Платонов\*, Й.Карлсон, М.П.Ингеманссон, А.Ройер, А. Ханссон, Л.В.Чирейкин\*, С.Б.Олссон

## ВЫЯВЛЕНИЕ НАРУШЕНИЙ МЕЖПРЕДСЕРДНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ПО КОНФИГУРАЦИИ СИГНАЛ-УСРЕДНЕННОЙ P-ВОЛНЫ У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКОЙ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

\*НИИ кардиологии МЗ РФ, Санкт-Петербург, Россия; Департамент Кардиологии, Лундский Университет, Швеция

*P-волновая сигнал-усредненная ЭКГ выявила различия в морфологии P-волны у пациентов с идиопатической пароксизмальной фибрилляцией предсердий, в то время как стандартный критерий длительности фильтрованной в диапазоне волны P не позволил разделить сравниваемые группы. Результаты могут быть объяснены различиями в последовательности деполяризации предсердий и локальными аномалиями проводимости, а не генерализованным замедлением проведения, хотя истинная природа этих изменений нуждается в уточнении.*

**Ключевые слова:** P-волновая сигнал-усредненная ЭКГ, идиопатическая фибрилляция предсердий, ортогональные отведения, морфология волны P.

*P-wave signal-averaged ECG revealed significant differences in P-wave morphology in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation, while conventional filtered P-wave duration failed to discriminate the two groups. These findings may be explained by differences in routes of atrial activation in patients with lone PAF, rather than overall conduction slowing, although its nature remains to be verified.*

**Key words:** P-wave signal-averaged ECG, lone atrial fibrillation, orthogonal leads, P-wave morphology.

### ВВЕДЕНИЕ.

Несмотря на то, что пароксизмальная фибрилляция предсердий (ПФП) остается одной из наиболее распространенных аритмий, ее патофизиологические механизмы до сих пор не вполне ясны. Считается, что нарушения межпредсердного проведения играют важную роль в генезе этого нарушения ритма. Одной из неинвазивных методик, которая активно разрабатывается в последнее время в попытке выделить группу пациентов, предрасположенных к ПФП, является сигнал-усредненная P-волновая ЭКГ (РСУЭКГ) [1].

Среди количественных критериев, используемых для оценки предрасположенности к ПФП, используется общая длительность фильтрованной P-волны и средний квадратный корень вольтажа ее последних 20 и 30 мс ( $RMS_{20}$  и  $RMS_{30}$ ) [2-4]. Однако, воспроизводимость этих «поздних потенциалов предсердий» в последнее время подвергается серьезным сомнениям и не рассматривается в качестве надежного маркера предрасположенности к ПФП [5, 6].

Таким образом, к настоящему времени только длительность фильтрованной P-волны считается достоверным неинвазивным маркером, характеризующим межпредсердное проведение, и используется в качестве основы для суждений о риске развития ПФП [7].

Хотя фильтрация ЭКГ-сигнала позволяет частично преодолеть проблемы с определением границ P-волны, сохраняются трудности, связанные с тем что, либо вследствие существенного замедления межпредсердного проведения, либо из-за относительно короткого интервала PQ, волна P частично накладывается на комплекс QRS, что делает невозможным точное оп-

ределение ее границ. Поскольку считается, что большинство пациентов, страдающих ПФП, имеют «длинные» волны P, данное обстоятельство становится существенным фактором, ограничивающим применение данной методики. Пренебрежение морфологическими характеристиками P-волны при анализе фильтрованной ЭКГ, потенциально может приводить к потере информации характеризующей распространение возбуждения по предсердиям.

Настоящее исследование проводилось с целью (1) оценить морфологию нефильтрованной сигнал-усредненной P-волны в ортогональных отведениях в связи с наличием идиопатической ПФП и (2) сравнить полученные данные с результатами общепринятой методики фильтрации ЭКГ сигнала.

### МАТЕРИАЛ.

В исследуемую группу были включены 21 пациент с идиопатической ПФП (16 мужчин, 5 женщин, средний возраст  $52 \pm 14$  лет, в диапазоне от 23 до 77 лет). Средняя длительность анамнеза ПФП составляла  $5 \pm 4$  года (1-14 лет). Пятеро больных перенесли менее 5 пароксизмов ПФП (2-5), а у остальных было документировано большее число пароксизмов. Прием антиаритмических препаратов прекращался за 5 периодов полувыведения. Ни один из пациентов не получал терапию амиодароном. В качестве контрольной группы были обследованы 20 здоровых добровольцев из сотрудников больницы, возраст которых соответствовал среднему возрасту исследуемой группы (11 мужчин, 9 женщин, средний возраст  $43 \pm 13$  лет, в диапазоне 25-67 лет). Все включенные в исследование предоставили информированное согласие на участие.

© П.Г.Платонов\*, Й.Карлсон, М.П.Ингеманссон, А.Ройер, А. Ханссон, Л.В.Чирейкин\*, С.Б.Олссон

## МЕТОДЫ.

ЭКГ в ортогональных отведениях (X, Y, Z) регистрируется с частотой дискретизации 1000 Гц при разрядности 12 бит при помощи оригинального программного обеспечения и регистрационного блока (Сименс-Элема АБ, Швеция). Электроды отведения X накладываются в четвертом межреберном промежутке с обеих сторон по срединным подмышечным линиям; отведение Y регистрируется с рукоятки грудины непосредственно под грудинно-ключичным сочленением и электрода, размещаемого слева от пупка; электроды, помещенные в пятом межреберном промежутке по средне-ключичной линии спереди и на том же уровне сзади на позвоночном столбе соответствуют отведению Z.

Низко-частотные компоненты ЭКГ фильтруются на уровне 0.8 Гц для устранения медленного дрейфа изолинии. Матрица формируется путем усреднения первых 300 волн P, идентифицированных в интервале 400 мс перед комплексом QRS. Атипичные комплексы устраняются посредством общепринятого метода матричного сравнения в каждом из отведений с использованием в качестве критерия исключения перекрестной корреляции  $< 0.9$ . Матричное сравнение продолжается до тех пор, пока не закончено включение 300 комплексов.

Триггерный принцип, основанный на волне P, реализуется посредством центрирования волн P относительно их наивысшего пика с последующим усреднением, приводящим к формированию конечного сигнала в каждом из трех отведений. Наивысший пик определяется по локализации максимального значения сигнала, полученного суммированием сигналов всех трех отведений.

Усредненные сигналы отведений X, Y и Z рассматриваются вместе с целью определения начала и конца волны P. Эти границы определяются повторными установками вручную как для фильтрованного, так и для нефильтрованного сигнала. Нулевой уровень в каждом из трех отведений устанавливается в точке, выбранной в качестве начала волны P в данном отведении. Сигналы всех трех отведений комбинируются в пространственную магнитуду в соответствии с формулой:

$$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Анализ фильтрованной РСУЭКГ осуществляется в диапазоне 40-300 Гц. Качество записи расценивается как удовлетворительное при уровне шума, не превышающем 1 мкВ ни в одном из трех отведений.

### *Эхокардиография.*

Все включенные в исследование субъекты обследованы с использованием трансторакальной эхокардиографии.

### *Измерения и определения.*

Начало нефильтрованной волны P определяется по наиболее раннему отклонению сигнала от изолинии в любом из трех отведений. Соответственно, окончанием волны P считается самый поздний возврат к изолинии в каком-либо из отведений. Длительность нефильтрованной волны P определялась как

временной интервал между визуальным началом и окончанием волны P.

В качестве фильтрованной P-волны рассматривалась совокупность сигналов, устойчиво превышающих пороговое значение шума, принятое равным 1 мкВ. Ее длина, соответственно, определялась как временной интервал между началом и окончанием волны P.

Измерялись также  $RMS_{20}$  и  $RMS_{30}$ . В статистических расчетах использовалась средняя длина P-волны, определенная в результате двукратных измерений.

Локализация максимумов определялась в мс от начала нефильтрованной сигнал-усредненной P-волны до появления максимума в любом из ортогональных отведений. Максимумы, определяемые в пространственной магнитуде, получили название пиков. Локализация пика также измерялась в мс от начала P-волны. Межпиковое расстояние измерялось в мс как разница между локализациями пиков в пространственной магнитуде.

Локализация надир определялась как расстояние в мс от начала P-волны до отрицательного экстремума пространственной магнитуды, возникающего в результате пересечения изолинии сигналами каждого из трех ортогональных отведений. Надир всегда располагался непосредственно перед окончанием P-волны, определенным визуально (Рис. 1).

Надир всегда имеет значение, большее нуля, поскольку изолиния каждым из отведений пересекается неодновременно. Этот индекс был предложен Raitt et al., 1996 [8] в качестве альтернативной меры длительности P-волны, позволяющей избежать ранее описанных недостатков фильтрованной и нефильтрованной РСУЭКГ.

### *Статистические методы.*

Результаты обрабатывались с использованием непараметрического U-теста Мэнна-Уитни для непарных переменных.

Распространенность явления в группах сравнивалась с использованием точного теста Фишера. Анализ проводился с использованием пакета статистических программ «StatView». Все результаты выражены в виде Среднего арифметического  $\pm 1$  Стандартное отклонение.

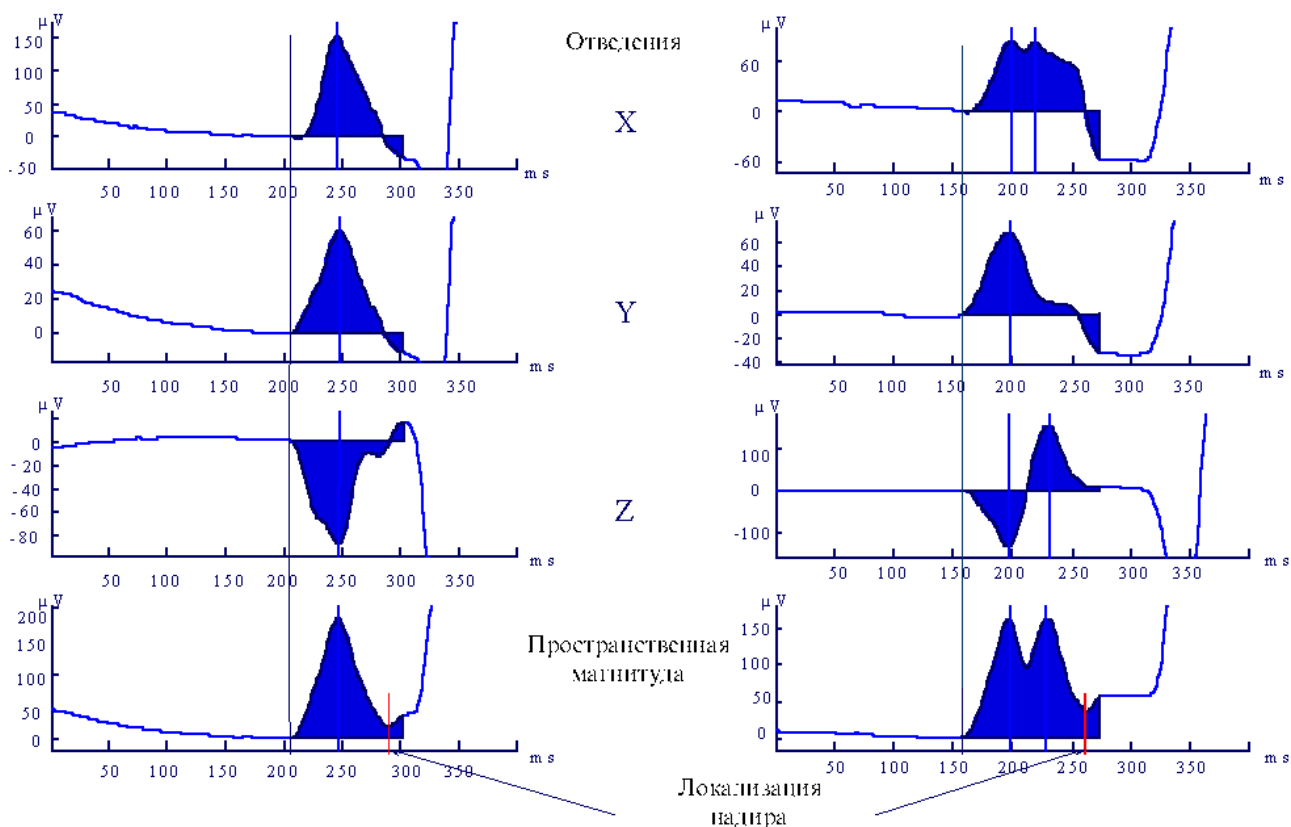
## РЕЗУЛЬТАТЫ.

### *Воспроизводимость измерений.*

Анализ воспроизводимости двух последовательных измерений оператором, показал высокую степень согласия в отношении определения локализации надир. Средняя разница (СР) составила  $0.05 \pm 2.10$  мс с диапазоном согласия (Д) 8.4 мс. Согласие в оценке длительности P-волны было несколько ниже: СР=  $-0.2 \pm 5.1$  мс (Д= 20.4 мс) для нефильтрованной и СР=  $0.5 \pm 4.0$  мс (Д=16.0 мс) для фильтрованной сигнал-усредненной P-волны.

### *Размеры предсердий и площадь поверхности тела.*

Передне-задний диаметр левого предсердия в парастернальной проекции, нормализованный к ППТ, не отличался между двумя группами ( $21 \pm 3$  мм и  $20 \pm 3$  мм для группы ПФП и контроля соответственно).



**Рис. 1.** Варианты «типичной» морфологии R-волн. Надир пространственной магнитуды (показан стрелками) является результатом пересечения изолинии сигналами трех суммируемых отведений. Однопиковая конфигурация с преимущественно отрицательной полярностью в отведении Z оказалась характерной для контрольной группы. Наличие двух пиков с доминирующей положительной фазой отведения Z - для группы больных ПФП. (См. пояснения в тексте)

#### Длительность R-волны.

Длительность нефильтрованной R-волны была больше в группе ПФП ( $128 \pm 15$  мс и  $120 \pm 15$  мс соответственно,  $p < 0.05$ ). Длительность фильтрованной R-волны проявляла такую же тенденцию, однако различия между группами не достигли порога значимости ( $128 \pm 18$  мс и  $121 \pm 12$  мс для группы ПФП и контроля соответственно). Другой маркер длительности, локализация надира, показал более достоверные различия между группами ( $114 \pm 12$  мс и  $104 \pm 10$  мс,  $p < 0.01$ , для группы ПФП и контроля соответственно). Ни один из сравнивавшихся показателей длительности R-волны не сохранил значимости различий после нормализации по ППТ. Различий между группами по  $RMS_{20}$  и  $RMS_{30}$  также не было получено. Результаты исследования суммированы в Табл. 1.

#### Морфология R-волны

У 19 из 20 контрольных субъектов (95%) R-волны были положительными в отведениях X и Y и двухфазными (-/+) в отведении Z. В группе больных ПФП такая «типичная» конфигурация выявлялась лишь у 18 из 21 (86%) больных (рис. 1). Двухфазные R-волны в отведении Z различались по соотношению их положи-

тельного и отрицательного компонента, что позволило проводить сравнение длительностей фаз между группами. Конфигурация R-волн одного из контрольных субъектов и трех больных ПФП не соответствовали выявленным закономерностям и поэтому были исключены из дальнейшего анализа.

**Таблица 1.**

**Характеристика фильтрованных и нефильтрованных усредненных R-волн в сравниваемых группах.**

	Контрольная группа n=20	Группа ПФП n=21	p
Длительность волны R (нефильтрованная), мс	$116 \pm 13$	$125 \pm 13$	$< 0.05$
Локализация надира, мс	$103 \pm 9$	$114 \pm 13$	$< 0.01$
Межпиковое расстояние, мс	$17 \pm 14$	$27 \pm 16$	0.05
Длительность максимума X, мс	$54 \pm 10$	$71 \pm 17$	$< 0.01$
Длительность положительной фазы Z, мс	$41 \pm 27$	$58 \pm 22$	$< 0.05$
Длительность волны R (фильтр 40-300 Гц) мс	$121 \pm 13$	$128 \pm 18$	-
$RMS_{20}$ , мкВ	$2.5 \pm 1.2$	$2.9 \pm 1.4$	-
$RMS_{30}$ , мкВ	$3.6 \pm 1.8$	$3.5 \pm 2.0$	-

## ОБСУЖДЕНИЕ

Межгрупповые различия конфигураций Р-волн в основном проявлялись в отведениях Х и Z. Так в группе больных ПФП, Р-волна в отведении Х достигала максимальной амплитуды достоверно позже, чем в контрольной группе ( $71 \pm 17$  мс и  $54 \pm 10$  мс соответственно,  $p < 0.001$ ).

В группе больных ПФП конечная положительная фаза Р-волны в отведении Z в целом доминировала над ее отрицательным компонентом. Так ее длительность была существенно больше в исследуемой группе ( $58 \pm 22$  мс и  $41 \pm 27$  мс,  $p < 0.05$ , для исследуемой и контрольной группы соответственно). Различия в морфологии Р-волны в отведении Z представлены на рис. 1.

Анализ морфологии Р-волны выявил две принципиально различных конфигурации пространственной магнитуды, которая может быть одно- или двухпиковой. Расстояние между пиками (межпиковое расстояние) оценивалось в мс. Несмотря на то, что средние значения межпикового расстояния достоверно не различались между группами ( $17 \pm 14$  мс и  $27 \pm 16$  мс,  $p = 0.05$ , для контрольной и исследуемой группы соответственно), представительство двухпиковой конфигурации в группе больных ПФП было достоверно выше (табл. 2). При выборе межпикового расстояния 30 мс в качестве критерия определения двухпиковой конфигурации, она выявлялась у 10 из 18 больных ПФП и только у 1 из 19 контрольных субъектов ( $p < 0.01$ ). «Нетипичные» волны Р были исключены из сравнительного анализа.

Таблица 2.

**Распространенность одно- и двухпиковой конфигурации пространственной магнитуды Р-волны.**

	ПФП	Контроль
Однопиковая волна	8	18
Двухпиковая волна	10	1
"Нетипичные" волны Р	3	1

Сопоставление одно- и двухпиковых волн Р показало наличие существенных различий в конфигурации отведения Z (табл. 3). В целом, двухпиковые волны Р характеризовались более высоким вольтажом положительной фазы, чем однопиковые ( $98 \pm 59$  мкВ и  $29 \pm 34$  мкВ соответственно,  $p < 0.01$ ), и большей продолжительностью конечной положительной фазы ( $60 \pm 18$  мс и  $40 \pm 22$  мс соответственно,  $p < 0.05$ ). «Нетипичные» волны Р также были исключены из сравнения.

Таблица 3.

**Связь между различиями в морфологии пространственной магнитуды.**

	Однопиковые волны Р n=23	Двухпиковые волны Р n=10	p
Амплитуда максимума Z, мкВ	$29 \pm 34$	$98 \pm 59$	$< 0.01$
Длительность положительной фазы Z, мс	$40 \pm 22$	$60 \pm 18$	$< 0.05$

**PCУЭКГ и межпредсердное проведение**

Накопленные к настоящему времени проспективные данные о прогностической ценности усредненной Р-волны определялись практически исключительно у пациентов, госпитализированных для операции шунтирования коронарных сосудов или после перенесенного острого инфаркта миокарда [10-13]. Эти данные в подавляющем большинстве свидетельствуют о том, что больным ПФП присущи существенные нарушения межпредсердного проведения, проявляющиеся в увеличении длительности фильтрованной сигнал-усредненной волны Р.

Результаты исследований последних лет [5, 7] предполагают, что длительность Р-волны является единственным воспроизводимым индексом межпредсердного проведения, полученным при использовании усреднения фильтрованного сигнала. Ценность RMS конечной части Р-волны, таким образом, подвергается сомнению ввиду ее крайне низкой воспроизводимости. Однако роль метода в других группах пациентов с ПФП и, особенно, при идиопатической ПФП нуждается в дальнейшем исследовании.

Ряд последних сообщений, однако, свидетельствует о том, что длительность фильтрованной Р-волны не оказалась параметром, который бы идентифицировал пациентов с ПФП среди страдающих артериальной гипертензией [14] или предсказывал бы развитие ПФП после операций на открытом сердце [15]. Изучение ценности PCУЭКГ и размеров предсердий для прогнозирования развития ПФП также приводит к неоднозначным результатам [6, 14, 16, 17]. Таким образом, противоречивость выводов о значении методики до сих пор держит ее за пределами клинической практики.

Наша работа была сфокусирована на морфологии PCУЭКГ у пациентов с ПФП без органической сердечной патологии, что в значительно меньшей мере отражено в литературе. В противоположность ранее опубликованным исследованиям, мы исследовали морфологию «нефильтрованной» Р-волны после прохождения низко-частотного фильтра на уровне 0.8 Гц, позволяющего устранить дрейф изолинии, минимально затрагивая конфигурацию Р-волны. Мы также сравнивали общепринятые индексы Р-волны, фильтрованной в диапазоне 40-300 Гц, а именно общую длительность и RMS конечных 20 и 30 мс Р-волны [3, 18-20].

**Трудности измерения длительности Р-волны.**

Временной анализ PCУЭКГ осложняется трудностями определения конца Р-волны. Фильтрованные волны Р часто сливаются с началом комплекса QRS. В нефильтрованных записях реполяризация предсердий (волна Та) скрадывает окончание волны Р. Было предложено рассматривать время от визуального начала волны Р до отрицательного экстремума пространственной магнитуды, располагающегося непосредственно перед визуально определяемым концом Р-волны, в качестве альтернативной меры ее длительности. Была продемонстрирована высокая воспроиз-

водимость этого индекса [8], который позволяет избежать неоднозначности при определении окончания волны Р и не уступает длительности фильтрованной Р-волны в идентификации пациентов с анамнезом ПФП. В нашем исследовании этот индекс длительности показал максимальную статистическую достоверность различий между двумя исследуемыми группами (Табл. 1). Он также показал выраженную положительную корреляцию с определенной вручную длительностью волны Р ( $r=0.87$ ,  $p<0.0001$ ).

Поскольку этот рассчитанный компьютером индекс зависит от точности мануального определения начала волны Р (которое определяет нулевой уровень, влияющий на построение пространственной магнитуды), анализ согласия по этому показателю между независимыми наблюдателями характеризует воспроизводимость вручную установленных границ. Показанная в нашей работе высокая степень согласия по этому показателю свидетельствует о том, что низко-частотная фильтрация на уровне 0.8 Гц позволяет воспроизводимо определять начало волны Р, что ранее являлось существенным ограничением нефилтрованной методики. Очевидно, методика нуждается в дальнейшем изучении.

#### ***Длительность Р-волны у пациентов с ПФП и здоровых лиц.***

Интересно, что в нашем исследовании различий длительности фильтрованной Р-волны между группами выявлено не было. Мы использовали 1 мкВ в качестве пограничного уровня шума, который отражается на определении границ Р-волны. Будучи принятым в ряде исследований [3, 21, 22], такая величина может недооценивать низкоамплитудные компоненты Р-волны за пределами установленных границ. В других работах также использовались значения уровня шума 0.3 и 0.5 мкВ [4, 23]. Применение критерия 0.5 мкВ в наших группах привело к исключению 2 пациентов вследствие неприемлемого уровня шума (1 в контрольной и 1 в исследуемой группе). Среди оставшихся 19 здоровых субъектов и 20 пациентов с ПФП различия в длительности фильтрованной Р-волны не могли быть подтверждены ( $130 \pm 15$  мс и  $139 \pm 20$  мс,  $p=0.2$ , соответственно). Не было также выявлено различий между группами по  $RMS_{20}$  и  $RMS_{30}$ .

#### ***Морфология Р-волны у больных с ПФП.***

Вероятно, одним из наиболее важных фактов настоящего исследования является наблюдение двух различных типов морфологии пространственной магнитуды, а именно одно- и двух-пиковой. Четыре волны Р были исключены из морфологического анализа ввиду нетипичной конфигурации сигнала в каком-либо из ортогональных отведений, позволяя предположить нетрадиционное происхождение синусового ритма.

*Результаты предполагают существование связи между двухпиковой конфигурацией пространственной магнитуды и наличием идиопатической ПФП. Выбранное в качестве критерия межпиковое расстояние 30 мс продемонстрировало специфичность 91% и чувствительность 95% в определении пациентов с ПФП в анамнезе.* Поскольку иные общепринятые ха-

рактеристики Р-волны, а именно длительность фильтрованной Р-волны и RMS конечных 20 и 30 мс, не позволили разграничить две сравниваемые группы, можно предположить, что у пациентов с идиопатической ПФП аритмия может быть обусловлена не удлинением межпредсердного проведения в целом, отражающимся на длительности Р-волны, а местными дефектами внутрисердечного проведения. Однако точный физиологический смысл и практическая значимость этих находок нуждаются в изучении.

Наличие отдельного второго пика в пространственной магнитуде может отражать степень, в которой возбуждение распространяется по левому предсердию в передне-заднем направлении. В противоположность исследованиям Bayes de Luna et al. [24, 25], описавшим межпредсердную блокаду Бахмана, проявляющуюся в ретроградном возбуждении левого предсердия и, соответственно, двуфазной конфигурации Р-волны в отведении Y, ни у одного из наших пациентов не было выявлено такого феномена.

С другой стороны, электрофизиологический смысл двуфазной конфигурации отведения Z, в котором конечная положительная фаза доминирует в группе пациентов с ПФП и связана с двухпиковой конфигурацией пространственной магнитуды (табл. 3), требует уточнения.

Что же касается различий в конфигурации Р-волны в отведении X, проявившихся в более позднем достижении максимальной положительной амплитуды в группе больных с идиопатической ПФП (табл. 2), то этот факт был ранее зафиксирован в группе больных со стенозом митрального клапана, хотя адекватного объяснения ему дано не было [22]. Можно предположить, что он является проявлением замедления проведения по предсердиям, не отражающимся существенно на общем времени межпредсердного проведения и длительности волны Р.

#### ***Морфология Р-волны и возбуждение предсердий.***

Имеется очевидный недостаток эндокардиально полученной информации относительно соответствия распространения возбуждения по предсердиям и морфологии Р-волны в ортогональных отведениях. Доступные данные свидетельствуют о том, что в конечную фазу деполяризации предсердий нижняя часть левого предсердия вероятно активируется двумя противоположно направленными сливающимися волнами возбуждения. Одна из них движется со стороны ушка левого предсердия, а другая достигает левого предсердия ниже легочных вен, двигаясь через интеркавальную зону правого предсердия. Самым последним активируемым участком предсердий является небольшая область на задней поверхности левого предсердия ниже устья левой нижней легочной вены [26]. Таким образом, можно предположить, что у здоровых лиц при синусовом ритме левое предсердие активируется двумя сбалансированными волнами деполяризации, распространяющимися спереди через пучок Бахмана и сзади через интеркавальную зону, приводя к преимущественной ориентации вектора деполяризации области коронарного синуса справа налево и спереди назад, что проявляется преимуществен-

но отрицательной полярностью Р-волны в отведении Z. При ухудшении проведения по интеркавальному пути, область коронарного синуса будет активироваться за счет волны деполяризации, двигающейся со стороны ушка левого предсердия, приводя к более или менее выраженному задне-переднему распространению возбуждения. Учитывая ориентацию отведения Z, это приведет к более положительной ориентации конечного вектора деполяризации, соответствующему находкам в группе больных с ПФП. Безусловно, эти теоретические объяснения необходимо верифицировать в серии эндокардиальных электрофизиологических исследований, чтобы прояснить связь между данным феноменом и наличием идиопатической ПФП.

### ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования были бы более исчерпывающими, если бы имелась возможность сравнить данные, полученные эндокардиально с морфологией синхронно зарегистрированной Р волны. Мы можем лишь показать, что корреляция между эндограммами и морфологией сигнал-усредненной волны Р у пациентов с идиопатической ПФП является неизученной областью требует изучения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Rosenheck, S., Signal-averaged P wave in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1997. 20(10 Pt 2): p. 2577-86.
2. Ehlert, F.A., N. Zaman, and J.S. Steinberg, Immediate and short-term reproducibility of the P wave signal-averaged electrocardiogram. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1997. 20(6): p. 1636-45.
3. Fukunami, M., et al., Detection of patients at risk for paroxysmal atrial fibrillation during sinus rhythm by P wave-triggered signal-averaged electrocardiogram [see comments]. *Circulation*, 1991. 83(1): p. 162-9.
4. Michelucci, A., et al., Influence of age, lead axis, frequency of arrhythmic episodes, and atrial dimensions on P wave triggered SAECG in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1996. 19(5): p. 758-67.
5. Stafford, P.J., J. Cooper, and D.M. Garratt, Reproducibility of the signal averaged P wave. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1996. 19, Pt II: p. 586.
6. Stafford, P.J., et al., Signal averaged P wave compared with standard electrocardiography or echocardiography for prediction of atrial fibrillation after coronary bypass grafting. *Heart*, 1997. 77(5): p. 417-22.
7. Stafford, P.J., et al., Reproducibility of the signal averaged P wave: time and frequency domain analysis. *Heart*, 1997. 77(5): p. 412-6.
8. Raitt, M.H. and K.D. Ingram, A new method for measuring signal averaged P wave duration. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1996. 19, Pt II: p. 586.
9. Bland, J.M. and D.G. Altman, Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1986. 1(8476): p. 307-10.
10. Klein, M., et al., Use of P-wave-triggered, P-wave signal-averaged electrocardiogram to predict atrial fibrillation

after coronary artery bypass surgery [see comments]. *Am Heart J*, 1995. 129(5): p. 895-901.
- 11. Steinberg, J.S., et al., Value of the P-wave signal-averaged ECG for predicting atrial fibrillation after cardiac surgery. *Circulation*, 1993. 88(6): p. 2618-22.
- 12. Dimmer, C., et al., Analysis of the P wave with signal averaging to assess the risk of atrial fibrillation after coronary artery bypass surgery. *Cardiology*, 1998. 89(1): p. 19-24.
- 13. Gjogrov, N., et al., Analysis of the P-wave duration with signal averaging to assess the risk for atrial fibrillation after coronary bypass surgery. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1996. 19, Pt II: p. 586.
- 14. Voigman A., et al., Identification of hypertensive patients with atrial fibrillation: left atrial size, signal averaged P-Wave, or both? *J Am Coll Cardiol*, 1998. 31(2[Suppl.A]): p. 184A.
- 15. Frost L., et al., Re-evaluation of the role of P-wave duration and morphology as predictors of atrial fibrillation and flutter after coronary artery bypass surgery. *Eur Heart J*, 1996. 17: p. 1065-1071.
- 16. Ishimoto, N., et al., Signal averaged P wave duration rather than atrial size predicts atrial fibrillation in idiopathic paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1998. 21[Pt.II]: p. 835.
- 17. Stafford, P.J., et al., The signal averaged P wave is better than clinical, standard electrocardiographic or echocardiographic variables for prediction of atrial fibrillation after coronary bypass grafting. (Abstract). *Pacing Clin Electrophysiol*, 1996. 19, Pt II: p. 585.
- 18. Michelucci, A., et al., P-wave signal averaging. *Cardiac Electrophysiology Review*, 1997. 1(3): p. 325-328.
- 19. Yasushi, A., et al., Prediction of transition to chronic atrial fibrillation in patients with paroxysmal atrial fibrilla-

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Р-волновая сигнал-усредненная ЭКГ выявила существенные различия в морфологии ортогональных отведений у пациентов с идиопатической ПФП, предполагая наличие местных нарушений межпредсердного проведения, не отражающихся на общей длительности волны Р. Общепринятая методика анализа длительности Р-волны, а именно фильтрация усредненного сигнала в диапазоне, не смогла помочь в разграничении сравниваемых групп пациентов. Очевидна необходимость продолжения работы над методом морфологического анализа нефильтрированной сигнал-усредненной Р-волны для уточнения ее практической значимости.

tion by signal-averaged electrocardiography. Prospective study. *Circulation*, 1997. 96: p. 2612-2616.

20. Gondo, N., et al., The best criterion for discrimination between patients with and without paroxysmal atrial fibrillation on signal-averaged electrocardiogram. *Am J Cardiol*, 1995. 75: p. 93-95.

21. Abe, Y., et al., Prediction of transition to chronic atrial fibrillation in patients with paroxysmal atrial fibrillation by signal-averaged electrocardiography: a prospective study. *Circulation*, 1997. 96(8): p. 2612-6.

22. Sgrigna, V., et al., Automatic analysis of high resolution atrial activation in mitral valve stenosis. *Int J Cardiol*, 1993. 42(1): p. 63-70.

23. Guidera, S.A. and J.S. Steinberg, The signal-averaged P

wave duration: a rapid and noninvasive marker of risk of atrial fibrillation [see comments]. *J Am Coll Cardiol*, 1993. 21(7): p. 1645-51.

24. Bayes de Luna, A., et al., Electrocardiographic and vectorcardiographic study of interatrial conduction disturbances with left atrial retrograde activation. *J Electrocardiol*, 1985. 18(1): p. 1-13.

25. Bayes de Luna, A., et al., Interatrial conduction block and retrograde activation of the left atrium and paroxysmal supraventricular tachyarrhythmia. *Eur Heart J*, 1988. 9(10): p. 1112-8.

26. Boineau, J.P., et al., Demonstration of a widely distributed atrial pacemaker complex in the human heart. *Circulation*, 1988. 77(6): p. 1221-37.

#### ВЫЯВЛЕНИЕ НАРУШЕНИЙ МЕЖПРЕДСЕРДНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ПО КОНФИГУРАЦИИ СИГНАЛ-УСРЕДНЕННОЙ Р-ВОЛНЫ У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКОЙ ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

*П.Г.Платонов, Й.Карлсон, М.П.Ингеманссон, А.Ројер, А. Ханссон, Л.В. Чирейкин, С.Б.Олссон*

**Цель исследования:** исследовать межпредсердное проведение с использованием Р-волновой «нефильтрованной» сигнал-усредненной ЭКГ (РСУЭКГ), сравнить результаты со стандартной методикой фильтрации сигнала в диапазоне, у больных с идиопатической пароксизмальной фибрилляцией предсердий (ПФП).

**Методы:** В исследование были включены 21 пациент с идиопатической ПФП без терапии (средний возраст  $51 \pm 15$  лет) и 20 здоровых добровольцев (средний возраст  $45 \pm 16$  лет). ЭКГ трех ортогональных отведений X, Y и Z преобразовывалась низко-частотным фильтром (0.8 Гц) для устранения дрейфа изолинии, усреднялась с использованием стандартного матричного сравнения и комбинировалась в пространственную магнитуду. Границы волны Р определялись по самому раннему отклонению от изолинии и самому позднему возврату к ней в каком-либо из отведений. Длительность полученной волны Р сравнивалась Р-волной, фильтрованной общепринятым методом.

**Результаты:** 1) Выявлено два типа конфигурации пространственной магнитуды волны Р (одно- и двухпиковая). Двухпиковая конфигурация (межпиковое расстояние  $> 30$  мс) выявлена у 11 из 21 пациентов с ПФП и лишь у 2 из 20 контрольных субъектов ( $p < 0.05$ ); 2) Надир пространственной магнитуды локализован достоверно позже в группе больных ПФП в сравнении с контрольной группой; 3) Не получено различий в длительности сигнал-усредненной Р-волны, фильтрованной в диапазоне 40-300 Гц ( $121 \pm 12$  мс и  $128 \pm 18$  мс для группы ПФП и контроля соответственно).

**Заключение:** Р-волновая сигнал-усредненная ЭКГ выявила различия в морфологии Р-волны у пациентов с идиопатической пароксизмальной фибрилляцией предсердий, в то время как стандартный критерий длительности фильтрованной в диапазоне волны Р не позволил разделить сравниваемые группы. Результаты могут быть объяснены различиями в последовательности деполяризации предсердий и локальными аномалиями проводимости, а не генерализованным замедлением проведения, хотя истинная природа этих изменений нуждается в уточнении.

#### DETECTION OF INTERATRIAL CONDUCTION DEFECTS FROM MORPHOLOGY OF SIGNAL-AVERAGED P-WAVE IN PATIENTS WITH LONE ATRIAL FIBRILLATION

*P.G. Platonov, J. Carlson, M.P. Ingemansson, A. Roijer, A.Hansson, L.V. Chireikin, S.B. Olsson*

**Objective:** To explore interatrial conduction using "unfiltered" signal averaged P-wave ECG (PSAECG), compared to conventional filter settings in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation (PAF) .

**Methods:** 21 pts with lone PAF in a drug-free state were enrolled to the study (mean age  $51 \pm 15$  y). 20 healthy volunteers were included as controls (mean age  $45 \pm 16$  y). ECG was high-pass filtered at 0.8 Hz to eliminate baseline drift, averaged with a conventional template matching and combined into a spatial magnitude. P-wave limits were defined as the earliest onset and latest offset in any of the three orthogonal leads (X, Y, Z). P-wave duration (PD) was compared with conventionally filtered (40-300 Hz) PSAECG.

**Results:** 1) Two distinct types of SM (single- and double-peaked) are described. Double-peaked P-waves (inter-peak distance  $> 30$  ms) were revealed in 11 of 21 PAF patients but only in 2 of 20 controls ( $p < 0.05$ ). 2) Nadir location in SM is significantly later in the PAF group; 3) No differences in filtered PD were noticed between the groups ( $128 \pm 18$  vs.  $121 \pm 12$ ,  $p = 0.2$ ).

**Conclusions:** PSAECG revealed significant differences in P-wave morphology in patients with lone PAF while conventional filtered PD failed to discriminate the two groups. These findings may be explained by differences in routes of atrial activation in patients with lone PAF, rather than overall conduction slowing, although its nature remains to be verified.