

В. С. БАГДАСАРЯН, В. Г. СКРИПЧЕНКО

О ПРИРОДЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗВУКОВ КОРОТКОВА

Артериальное давление крови служит средством диагноза различных заболеваний и является показателем работы всей сердечно-сосудистой системы. Наиболее распространенным из-за своей простоты и безболезненности является аускультативный метод измерения артериального давления крови, основанный на прослушивании звуков Короткова. Несмотря на свою практическую важность и большой научный интерес, природа звукового феномена (звуков Короткова), возникающего в плечевой артерии при ее сжатии и разжатии, еще не выяснена.

Анализ медицинской литературы показал, что механизм возникновения звуков Короткова некоторые исследователи связывают с наличием вихрей и турбулентности в артерии [5, 7], другие же объясняют их как результат колебаний стенок артерии [6, 8]. Ни одна из гипотез, посвященных природе звуков Короткова, не объясняет, почему их громкость при проведении аускультативного метода вначале увеличивается до некоторого максимума, а затем спадает.

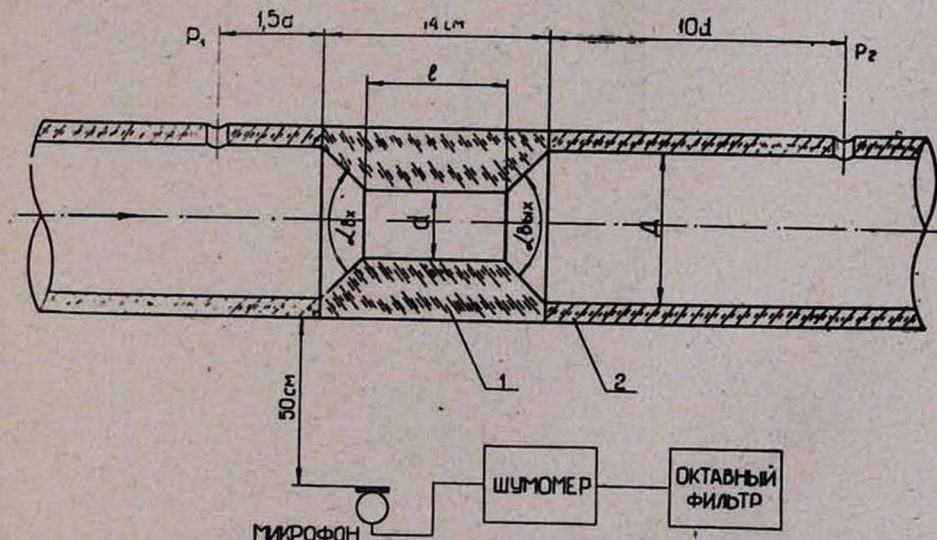


Рис. 1. Прозрачный насадок (1), в трубопроводе (2), имитирующий сужение плечевой артерии.

В данной статье сделана попытка объяснить эту важную особенность звуков Короткова, исходя из предположения о их гидродинамической, а именно: кавитационной природе.

Нами уже обсуждалась возможность возникновения кавитации в кровеносных сосудах и говорилось, что образование кавитационных пузырьков может быть в месте сужения сосуда [1, 2]. При проведении аускультативного метода создается искусственное сужение плечевой артерии, где также может возникнуть кавитация. Возникшие в месте сужения кавитационные пузырьки при выходе из него будут исчезать (захлопываться). Процесс захлопывания кавитационных пузырьков, как известно, всегда сопровождается шумом, причем, с усилением кавитационного режима, т. е. с увеличением параметров, способствующих развитию кавитации, шум появляется, увеличивается, достигает определенного максимума, а затем уменьшается [3, 4].

$$\Delta L = L_{\text{изм}} - L_{\text{ф}}, \\ q \delta A.$$

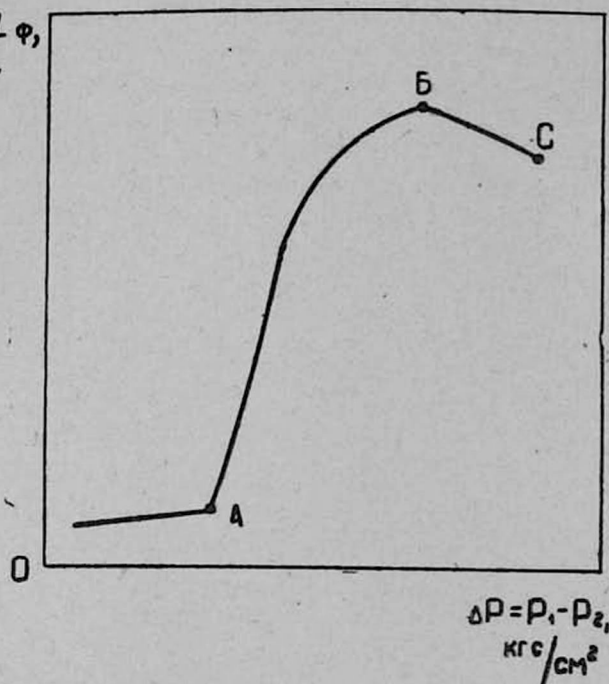


Рис. 2. Типичная зависимость уровня звукового давления от препарата давлений для всех исследованных насадков.

При измерении артериального давления по аускультативному методу громкость звуков Короткова меняется так же в зависимости от изменений кавитационного режима в артерии: когда давление в манжете падает до определенной критической величины, появляются характерные хлопающие звуки, по мере дальнейшего снижения давления в манжете они становятся все более громкими, а затем, достигнув максимума, уменьшаются и при определенном нижнем давлении исчезают. Таким образом, в начале измерения, при самом сильном кавитационном режиме, когда артерия сильно сжата и напор потока крови при систоле большой, звуки Короткова только становятся слышными;

далее кавитационный режим уменьшается, так как артерия разжимается из-за падения давления в манжетке, при этом громкость звуков Короткова увеличивается и при определенной степени сжатия достигает своего минимума; в конце измерения, при самом слабом кавитационном режиме, когда артерия слабо сжата, а напор потока крови при диастоле мал, звуки Короткова исчезают.

Данное сходство в характерах изменения кавитационного шума и звуков Короткова (при изменениях кавитационных режимов) дает возможность сделать предположение о кавитационной природе звуков Короткова.

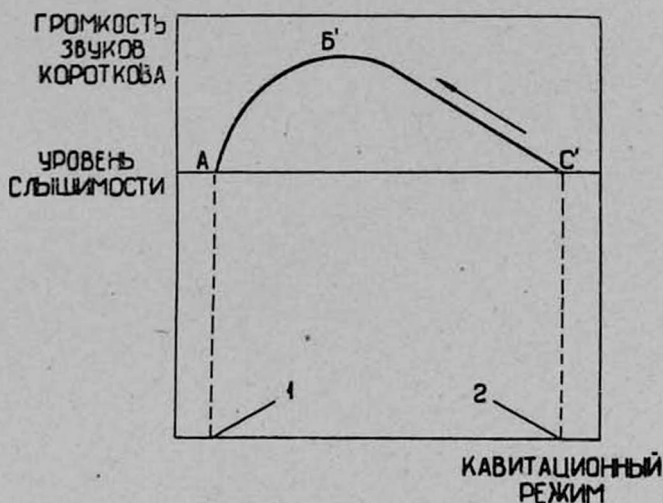


Рис. 3. Зависимость громкости звуков Короткова от кавитационного режима, 1—кавитационный режим в точке А: артерия слабо сжата, диастола; 2—кавитационный режим в точке С: артерия сильно сжата, систола.

Для уточнения этих предположений были проведены экспериментальные исследования шумообразования в прозрачных насадках из оргстекла, имитирующих сужение плечевой артерии (рис. 1). Внутренний диаметр всех исследованных насадков d был равен 18 мм, а внутренний диаметр трубопровода D до и после насадка—50 мм. Длина цилиндрического участка насадка l менялась от 0 до 5 d , а углы α вх и α вых.—от 2° до 180° . Давление до и после насадка P_1 и P_2 измерялось образцовыми пружинными манометрами. Акустические измерения заключались в измерениях воздушного шума от стенок насадка. Измерения проводились с помощью точного шумомера и октавного фильтра PSI-101 производства «RFT» (ГДР). От измеренных величин шума L изм вычитался акустический фон L_f , который определялся перед началом каждой серии экспериментов. Кавитационный режим создается уменьшением P_2 при поддержании постоянным P_1 , т. е. увеличением перепада давлений.

Давление P_1 при проведении опытов поддерживалось постоянным и равным поочередно 4,9; 6,9; 8,9; 10,4 кгс/см² абс. В результате экспериментальных исследований было определено, что независимо от геометрии насадков экспериментальные кривые ΔL — ΔP имели одинаковый, с несущественными отклонениями, вид (рис. 2).

Визуальные наблюдения, проводимые во время опытов через прозрачные стенки насадков, дали основание для объяснения формы кривой ΔL — ΔP . Оказалось что величина кавитационного шума зависит от количества захлопывающихся кавитационных пузырьков в большей степени, чем от их величины. При усилении кавитационного режима (ΔP растет) число кавитационных пузырьков увеличивается от некоторого количества первых кавитационных пузырьков до некоторого максимального их количества, при этом шум растет от минимума (точка А) до максимума (точка Б). С увеличением количества кавитационных пузырьков идет процесс роста отдельных пузырьков, поэтому после достижения их максимального количества начинается слияние их между собой. С дальнейшим усилением кавитационного режима кавитационные пузырьки растут все больше и больше, чаще сливаются между собой, таким образом число их уменьшается, при этом величина шума снижается от точки Б до точки С. Отрезок кривой от оси ординат до точки А соответствует турбулентному шуму воды в бескавитационный период.

Итак, если считать правомерными наши предыдущие рассуждения, можно представить изменение громкости звуков Короткова во время аускультативного измерения артериального давления аналогичным образом, т. е. зависящим от количества кавитационных пузырьков (рис. 3). Точка А' соответствует громкости звуков Короткова при диастоле, точка Б'—максимальному значению громкости звуков Короткова, точка С'—громкости звуков при систоле. Точки А' и С' определяются уровнем слышимости, который, в свою очередь, зависит от способа прослушивания и от индивидуальных свойств органов слуха прослушивающего и тканей, окружающих артерию. Максимальное число пузырьков в артерии соответствует точке Б', точка А' соответствует малому количеству первоначальных пузырьков, а точка С'—малому количеству пузырьков из-за их слияний.

Выводы

1. Сходство в характере изменения громкостей кавитационного шума и звуков Короткова позволяет предположить кавитационный механизм возникновения звуков Короткова.
2. Акустические и визуальные экспериментальные исследования кавитации в прозрачных насадках, имитирующих сужение в артерии, согласуются с теоретическими предположениями.
3. Необходимо проведение аналогичных экспериментальных исследований на биологических объектах.

4. Подтверждение кавитационной природы звуков Короткова может поколебать общепризнанное мнение о безболезненности аускультативного метода, вследствие неблагоприятных для организма эффектов, возникающих при захлопывании кавитационных пузырьков.

НИИ автоматика, г. Кировакан

Поступило 15/X 1976 г.

Վ. Ս. ԲԱԳԴԱՍԱՐՅԱՆ, Վ. Գ. ՍԿՐԻՊՉԵՆԿՈ

ԿՈՐՈՏԿՈՎԻ ՀԵԶՅՈՒՆՆԵՐԻ ԾԱԳՄԱՆ ԲՆՈՒՅԹԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ի մ

Բաղկալին զարկերակի նեղացումը իմիտացնող, թափանցիկ մոդելների վրա կատարված ակուստիկական և տեսողական փորձերը լավ համապատասխանում են Կորոտկովի հնչյունների առաջադրված կապիտացիոն մեխանիզմին:

V. S. BAGDASARIAN, V. G. SKRIPCHENKO

ON NATURE OF KOROTKOV' SOUNDS ORIGIN

S u m m a r y

Carried out acoustic and visual experiments on transparent models, imitating brachial artery stenosis, are well agreed with the suggested cavitative mechanism of Korotkov sounds.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багдасарян В. С., Скрипченко В. Г. Труды НИИ «Автоматика», Кировакан, 1974, 52, 73—79.
2. Багдасарян В. С., Скрипченко В. Г., Харатян С. А. Кровообращение, 1976. IX, 2, 15—20.
3. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммитт Ф. Кавитация. М., 1974.
4. Перник А. Д. Проблемы кавитации. Л., 1966.
5. Савицкий Н. Н. Биофизические методы изучения гемодинамики. Л., 1974.
6. Энлайкер М., Раман К. В кн.: «Гидродинамика кровообращения». М., 1971, 61—88.
7. McKusik V. Circulation, 1957, 16, 2, 270—290.
8. Raman K. J. Sci. Engng. Res., 1967, 11, 3, 227—268.