

розробки дво- та тривимірних додатків та ігор, що працює на операційних системах Windows і OS X. Вибір було зроблено саме у користь платформи Unity, тому що на відмінність від аналогічних платформ для розробки ігор вона має такі критерії як: безліч компонентів для створення гри окрім самої ігрової логіки; зручний та зрозумілий редактор; підтримка багатоплатформності для ігрового процесу; наявність безкоштовної версії, у якій відсутні обмеження основних функцій розробника.

Розроблена комп'ютерна 2D гра призначена для демонстрації платформерних однокористувацьких ігор, також є цікавим рішенням проблеми вільного часу та розвитку уважності. Вона має не тільки розважальний характер, а й сприяє розвитку логіки, уважності та пам'яті. Оскільки дана комп'ютерна гра є двовимірною та аркадною, вона не надто навантажує очі завдяки легкій графіці та виконанню дій на одному екрані, що є великою перевагою.

Відмінність від аналогічних розробок полягає в тому, що даний продукт можна використовувати на будь-якому персональному комп'ютері з мінімальними конфігураціями (тестування проводилось на комп'ютері з такими характеристиками: процесор Intel Core2 1.8GHz, відеоадаптер ATI Radeon HD 4800).

СЕКЦІЯ 2 БІОМЕДИЧНІ СИСТЕМИ

ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В НЕУСТОЙЧИВОЙ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОЙ БЛЯШКЕ

к.т.н., доцент А. В. Статкус, НТУ «ХПИ», г. Харьков

Современная диагностика разрыва атеросклеротической бляшки основана на концепции уязвимой, то есть склонной к разрыву бляшки. В настоящее время уязвимость оценивается по степени стеноза, толщине фиброзной оболочки (покрышки), составу внутреннего слоя бляшки (липидного ядра), наличию воспаления, микрокровоотечений внутри бляшки, а также по другим биомаркерам, связанным с микробиологическими и биохимическими характеристиками тканей бляшки. Однако, по общему мнению экспертов, парадигма уязвимости характеризуется рядом проблем, вызванных недостаточно научно обоснованной методологией. Это проявляется в значительных ошибках прогнозирования острых сосудистых синдромов (инфарктов и инсультов), связанных с разрывом бляшки и попаданием тромботических масс в кровотоки.

Ранее автор настоящего доклада обратил внимание на то, что перечисленные выше признаки уязвимости фактически являются статическими маркерами и не учитывают возможность вибраций фиброзной оболочки бляшки, а, следовательно, вклад высокочастотных составляющих в механические напряжения, которые в конечном итоге и приводят к разрыву бляшки. Результатом игнорирования вибраций является недооценка фактического напряженного состояния и значительные ошибки прогнозирования разрыва и других критических повреждений. На основе анализа взаимодействия кровотока и бляшки автором вскрыто противоречие между динамической природой этого взаимодействия и общепринятым по существу статическим подходом к его описанию, предложены волновой подход (фокусировка на волновых процессах в механически неустойчивой бляшке и их вкладе в разрыв) и резонансная гипотеза, согласно которой разрыв происходит вследствие механического нелинейного резонанса бляшки, вызванного пульсирующим кровотоком в крупной артерии.

Поле вибраций поверхности бляшки получено в ряде точек вдоль оси сосуда (рис. 1 а). Оно рассчитано как решение задачи взаимодействия потока и структуры (ВПС) в стенозном сосуде с использованием метода конечных элементов в программном пакете COMSOL Multiphysics. Для упрощения задачи ВПС и построения теории механически неустойчивой бляшки ее реальная структура заменена осесимметричной двухслойной моделью. Ее внутренний слой (имитирующий фиброзную покрышку) имеет форму тонкостенного однополостного гиперboloида (ОПГ). Внешний слой (имитирующий липидное ядро) заполняет всю полость между внутренним слоем и стенкой цилиндрического сосуда (рис. 2). Любые включения бляшки (т.е. мелкомасштабные неоднородности), такие как кальцификация или кровотечение, игнорируются.

Нестационарный спектральный анализ сегментов V1 – V4 поля вибраций бляшки позволил установить последовательность волновых процессов и преобразований волновой энергии в неустойчивой бляшке, возбуждаемой систолическим импульсом пульсирующего кровотока. Модель время-частотной эволюции вибраций на основе их линейной частотной модуляции (ЛЧМ-модель) приведена на рис. 1 б в едином временном масштабе с эпюрами вибраций на рис. 1 а.

На первом этапе (V1) в результате кратковременного импульсного воздействия возникает неустойчивость самой нижней продольной собственной моды фиброзной покрышки (180Гц в условиях модельного эксперимента), т.е. возникает одномодовая генерация (рис. 2). Тонкая оболочка возбуждает внутренний слой бляшки, который представляет собой объемное ядро из пластичного гелеобразного вещества – липида (рис. 2 а). Оно имеет ряд характерных свойств – нелинейность, потери и дисперсия, т.е. для упругих волн ядро является нелинейным резонатором с дисперсией и потерями. Под действием гармонического колебания покрышки, радиальный

прогиб моды которого показан на рис. 2 b, в ядре возникает вынужденная одномодовая генерация упругой волны. Эта упругая волна, называемая далее по аналогии с теорией управляемых оптических генераторов волной накачки, распространяется в ядре в радиальном направлении – от внутренней стенки (фиброзной покрышки) к наружной (стенке сосуда) и обратно (рис. 2 а).

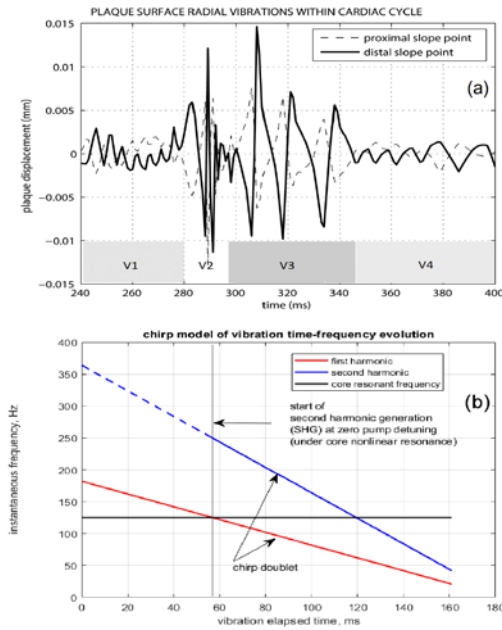


Рис. 1. (а) Поверхностные вибрации бляшки как решение задачи ВПС пульсирующего кровотока в стенозной артерии после удаления фона с сегментацией на этапы. (б) ЛЧМ-модель время-частотной эволюции вибраций. По оси времени – время с начала вибраций, но масштаб времени на обоих рисунках совпадает. Старт генерации первой гармоники на частоте 180 Гц при $t=0$, т.е. в момент возбуждения младшей моды покрышки (на Рис. 1а соответствует 242 мс сердечного цикла (СЦ) – сразу после прохождения систолического импульса). Старт генерации второй гармоники на частоте 125Гц при $t \approx 55$ мс, т.е. в момент резонанса ядра (на Рис. 1а соответствует 292 мс СЦ).

При значительной расстройке частоты накачки относительно резонансной частоты ядра (125Гц в условиях модельного эксперимента), то есть при удалении мгновенной частоты вынужденных колебаний от резонансной частоты ядра, форма колебаний его стенки (фиброзной оболочки) сохраняется неизменной (и совпадает с граничными условиями). Это наблюдается в пределах V1, когда частота колебаний равна собственной частоте самой низкой собственной моды фиброзной покрышки. Однако дисперсия ядра заставляет мгновенную частоту волны накачки изменяться во времени (нижний ЛЧМ-след на рис. 1b), что приводит к уменьшению частотной расстройке накачки и ядра. Со временем мгновенная частота вынужденных колебаний попадает в полосу резонансной спектральной линии (РСЛ) ядра, и возникает резонанс, что сопровождается резким увеличением интенсивности колебаний ядра. В этом случае, согласно теории, во-первых,

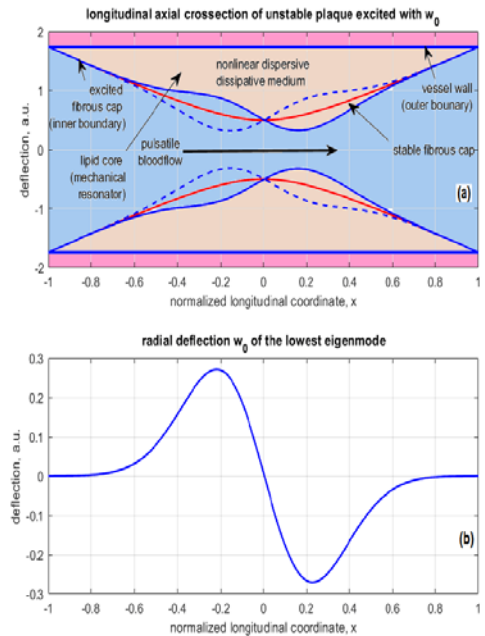


Рис. 2. Механизм возбуждения ядра бляшки гармоническими колебаниями его стенки – фиброзной покрышки: (а) продольное сечение стенозного участка сосуда. Форма покрышки возмущена ее неустойчивой модой колебаний. Штриховая линия соответствует противофазному положению прогиба; (б) радиальный прогиб неустойчивой моды покрышки, т.е. ее младшей моды в случае ОПГ-оболочки.

включаются нелинейные эффекты (при одномодовой генерации это, прежде всего, генерация второй гармоники (ГВГ), что соответствует появлению верхнего ЛЧМ-следа на рис. 1b), а, во-вторых, характер колебаний стенки резонатора радикально изменяется по сравнению с граничными условиями (рис. 1a). Фактически собственная мода колебаний фиброзной оболочки, подавленная к этому времени, заменяется вынужденным колебанием, которое возбуждается резонансной модой ядра. Таким образом, на этом этапе (V2) связь между оболочкой и ядром восстанавливается: теперь колебания оболочки повторяют характер поля ядра. Сегмент V2 имеет чрезвычайно широкий спектр и может быть интерпретирован как мощный высокочастотный шум. Заканчивается V2, когда под действием дисперсии мгновенная частота выходит за пределы РСЛ, и начинается затухание вибраций (V3). Однако их интенсивность еще достаточно высока для поддержания нелинейного режима. В ядре развивается ГВГ, которая наблюдается на V3 как укрупнение профиля вибрации. Оно сопровождается линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) вибраций, вызванной дисперсией в ядре. Таким образом, на V3 имеет место взаимодействие двух связанных ЛЧМ-компонент, называемых ЛЧМ-дублетом. Когда интенсивность колебаний падает ниже порога нелинейности, передача энергии от первой гармоники ко второй прекращается. Наступает V4, где характер ЛЧМ-дублета поддерживается до тех пор, пока энергия колебаний не будет исчерпана.

Приведенная физическая картина в целом согласуется с принципами нелинейной механики и, в частности, с динамикой управляемого оптического микрорезонатора. Эти аргументы позволяют считать полученное описание адекватным и использовать его как основу для разработки количественной динамической модели нелинейных волновых процессов в механически неустойчивой бляшке, что необходимо для получения строгих количественных зависимостей между характером непосредственно наблюдаемых явлений (поверхностного виброполя бляшки) и биомеханическими характеристиками, вызывающими основной интерес при диагностировании уязвимости и прогнозировании опасных состояний бляшки, а именно распределением механических напряжений в покрышке, параметрами поля ядра и материальными параметрами тканей бляшки.

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ АУСКУЛЬТАЦИИ

к.т.н., доц., А.В.Ивашко, НТУ «ХПІ», г.Харьков, А.А. Ивашко, КНП «ОЦО», г.Харьков, магистрант С.В. Курдюков, НТУ «ХПІ», г.Харьков

Одним из важнейших методов диагностики патологий сердца, легких и других органов является аускультация. Аускультация (лат. *Auscultatio* — «выслушивание») основывается на прослушивании и анализе звуков, образующихся в процессе функционирования внутренних органов. При