

Nghiên cứu thiết kế công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim

Designing Tool for Supporting the Heart Contraction Process

Dương Trọng Lượng*, Nguyễn Thái Hà

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Đến Tòa soạn: 12-02-2020; chấp nhận đăng: 25-9-2020

Tóm tắt

Hiện nay, số lượng người mắc bệnh suy tim ngày càng gia tăng (tỉ lệ 1-2% dân số thế giới bị suy tim). Đây là một vấn đề đáng báo động và mang tính thời sự. Bên cạnh đó, chi phí cho mỗi đợt điều trị nội trú của bệnh nhân suy tim khoảng 25 triệu đồng - là khoản chi phí tương đối cao đối với nhiều gia đình ở Việt Nam. Gần đây, có một vài loại thiết bị hỗ trợ bệnh nhân suy tim đã được chế tạo và thương mại hóa. Tuy nhiên, những thiết bị này phải nhập khẩu và có giá thành rất đắt (từ 900 triệu đồng trở lên), chưa tính chi phí cấy ghép thiết bị, điều trị và dùng thuốc. Do vậy, việc nghiên cứu, thiết kế một công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim là rất cần thiết. Bài báo này trình bày việc nghiên cứu, thiết kế công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim. Kết quả của nghiên cứu được thử nghiệm với tim giả - là tim được nhóm nghiên cứu chế tạo bằng vật liệu silicon.

Từ khóa: Tim, co bóp, suy tim, bệnh nhân.

Abstract

Currently, the number of people with heart failure is increasing (1-2% of the world's population). This is an alarming problem and a topical topic. Besides, the cost for each treatment of heart failure inpatients is about VND25 million - a relatively high cost for many families in Vietnam. Recently, there are several types of devices support heart failure patients have been manufactured and commercialized. However, these devices are imported and very expensive, from VND900 million or more, and not including the cost of transplantation, treatment, and medication. Therefore, researching and designing a tool for supporting contractility of the heart is essential. This paper presents the research and design of a tool for supporting the contractility of the heart. The results of this study were tested on a fake heart made by silicon material.

Keywords: Heart, contraction, heart failure, patient.

1. Đặt vấn đề

Bệnh suy tim hiện đang là gánh nặng của toàn cầu, số lượng người bị suy tim chiếm 1-2% dân số thế giới, tỉ lệ người mắc suy tim tăng theo độ tuổi ở cả nam và nữ [1]. Ở Việt Nam, tuy chưa có số liệu thống kê chính thức, nhưng ước tính có khoảng trên 1 triệu người mắc bệnh suy tim. Đáng chú ý là 50% bệnh nhân suy tim tử vong trong vòng 5 năm, chi phí điều trị cho bệnh nhân suy tim tương đối cao do tỷ lệ nhập viện cao và chất lượng cuộc sống thấp. Chi phí cho mỗi đợt điều trị nội trú của bệnh nhân suy tim lên đến 25 triệu đồng [1]. Đây là khoản chi phí tương đối cao đối với nhiều gia đình ở Việt Nam. Gần đây, một số thiết bị, công cụ hỗ trợ bệnh nhân suy tim đã được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo và thương mại hóa có thể kể đến như thiết bị hỗ trợ tâm thất (ventricular assist device VAD). VAD đầu tiên được nghiên cứu, thiết kế chế tạo và cấy ghép thành công cho bệnh nhân vào năm 1966 do Dr. Michael E. DeBakey thực hiện [2]. Cho đến nay, VAD có tên là HeartMate III do hãng Thoratec sản xuất nhỏ gọn, và khá hoàn

chỉnh về công nghệ. Một thiết bị khác cũng có mặt trên thị trường hiện nay đó là thiết bị hỗ trợ bệnh nhân suy tim sử dụng phương pháp vành giăng tim [3]. Một thiết bị nữa có tên là thiết bị hỗ trợ bệnh nhân suy tim sử dụng phương pháp ống tay robot mềm [4]. Tuy nhiên, những thiết bị, công cụ này có giá thành rất đắt (từ 900 triệu đồng trở lên), chưa tính chi phí cấy ghép thiết bị, điều trị và dùng thuốc. Do vậy, việc nghiên cứu, thiết kế một công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim là rất cần thiết tại Việt Nam.

Bài báo này trình bày việc nghiên cứu, thiết kế công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim. Kết quả của nghiên cứu được thử nghiệm với tim giả - là tim được nhóm nghiên cứu chế tạo bằng silicon. Bố cục của bài báo được chia thành các nội dung chính gồm phần giới thiệu, phần phương pháp thiết kế, phân kết quả và bàn luận, cuối cùng là kết luận.

2. Phương pháp luận

Suy tim và một số vấn đề liên quan đến suy tim

Suy tim là khi tim bị giảm khả năng giãn để nhận máu (suy tim tâm trương) hoặc giảm khả năng co bóp (suy tim tâm thu), dẫn đến giảm lượng máu

* Địa chỉ liên hệ: Tel: (+84) 967008876
E-mail: luong.duongtrong@hust.edu.vn

cần thiết đi nuôi cơ thể và ứ trệ máu ở phổi và ngoại biên [5].

Nguyên nhân của suy tim [5]: Sự tổn thương cơ tim chính là nguyên nhân gây ra suy tim. Một số căn nguyên sau đây có thể khiến cho cơ tim bị tổn thương:

Bệnh động mạch vành: Là bệnh lý xảy ra khi động mạch cấp máu cho tim bị hẹp, do các mảng xơ vữa hoặc do sự co thắt mạch, dẫn đến tim bị thiếu oxy, gây đau thắt ngực.

Điện hình là nhồi máu cơ tim: Các cơn nhồi máu cơ tim xảy ra khi động mạch vành bị tắc nghẽn đột ngột, ngăn chặn sự lưu thông máu đến các tế bào cơ tim, làm tổn thương cơ tim và khu vực không được cấp máu đó sẽ không thể hoạt động bình thường.

Bệnh cơ tim: Tổn thương cơ tim còn bắt nguồn từ nhiều nguyên nhân khác ngoài các vấn đề về động mạch hoặc lưu thông máu, chẳng hạn như tình trạng nghiện rượu, hút thuốc lá lâu ngày hoặc sử dụng ma túy.

Những bệnh lý mạn tính khiến tim hoạt động quá sức: Bao gồm bệnh tăng huyết áp, bệnh van tim (như hở van tim), bệnh tuyến giáp (như cường giáp), suy thận, đái tháo đường hoặc các khiếm khuyết ở tim, đây đều có thể là nguyên nhân dẫn đến suy tim. Bên cạnh đó, bệnh nhân mắc đồng thời các bệnh kể trên có nguy cơ mắc suy tim cao hơn. Bệnh nhiễm trùng, nhiễm độc ảnh hưởng đến cơ tim.

Triệu chứng lâm sàng của suy tim trái, phải và toàn bộ:

Suy tim phải: bao gồm các nguyên nhân gây cản trở trên đường tổng máu, tăng gánh nặng và tổn thương trực tiếp cơ tim thất phải.

Suy tim trái: Gồm các nguyên nhân gây ra cản trở trên đường tổng máu, tăng gánh nặng và tổn thương cơ tim thất trái.

Công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim bao gồm 4 khối chính: Khối nguồn, bộ phận hỗ trợ co bóp tim, khối thu nhận tín hiệu và điều khiển quá trình co bóp tim, khối hiển thị.

▪ **Khối nguồn:** Cung cấp nguồn điện cho toàn bộ thiết bị

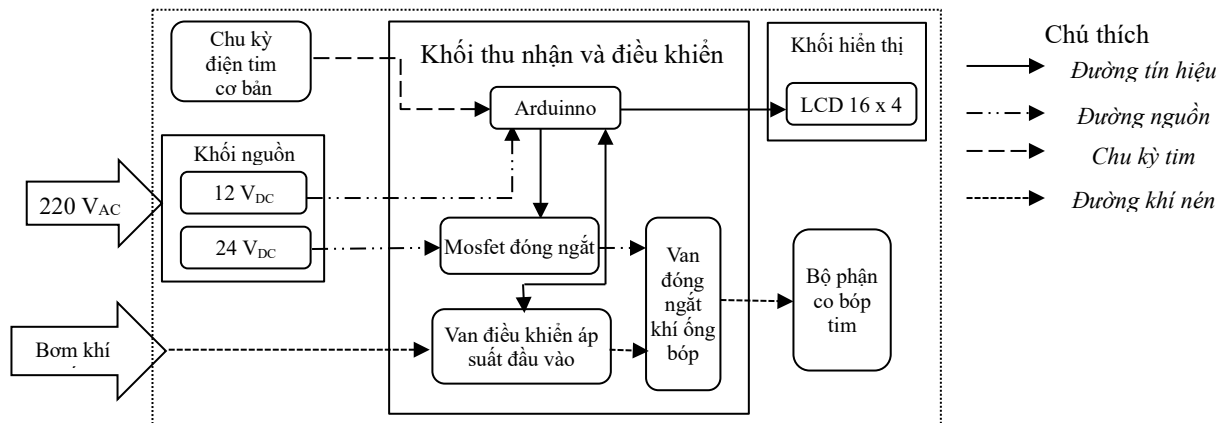
Sơ đồ cấp nguồn cho toàn bộ thiết bị được thể hiện như hình 2.

▪ **Bộ phận hỗ trợ co bóp tim:** Đây là phần quan trọng nhất của các nghiên cứu trên thế giới nói chung và của nghiên cứu này nói riêng. Nhóm tác giả đã đưa ra một số ý tưởng để thiết kế, chế tạo bộ phận hỗ trợ co bóp tim này cụ thể:

Ý tưởng 1: Thiết kế một màng bao quanh quả tim và bộ phận cơ học là dạng các cánh tay nhỏ tác dụng trực tiếp lên bộ phận màng bao quanh tim để tạo ra lực ép lên tim nhằm hỗ trợ quá trình co bóp của tim.

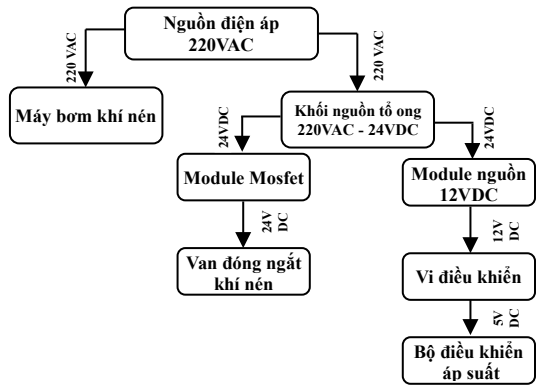
Để điều trị bệnh suy tim, ngoài việc điều chỉnh lối sống, điều trị bằng thuốc; các bác sỹ chuyên khoa tim mạch còn dùng các kỹ thuật cao như cấy máy tái đồng bộ thất trái (CRT), cấy máy khử rung tự động (ICD), thiết bị hỗ trợ thất trái (LVAD), ghép tim, và gần đây nhất là tim nhân tạo toàn bộ. Các kỹ thuật này chưa được thực hiện một cách rộng rãi ở Việt Nam do cần phải có trang thiết bị và trình độ kỹ thuật chuyên sâu, và nhất là do chi phí còn rất cao so với khả năng kinh tế của người bệnh. Sơ đồ khối của công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim được nhóm nghiên cứu đề xuất được thể hiện trong hình 1.

Tuy nhiên, ý tưởng này có một số nhược điểm đó là khoang ngực cơ thể nhỏ việc đưa thiết bị vào cơ thể là khó thực hiện, cánh tay co bóp khó lựa chọn vật liệu để triển khai do trong cơ thể người cần tránh nhiễm trùng khi tiếp xúc và có thời gian sử dụng lâu dài.



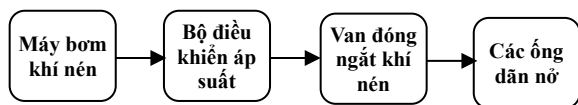
Hình 1. Sơ đồ khối của công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim

Ý tưởng 2: Thiết kế bộ phận bao tim tương tự ý tưởng 1, bộ phận tác dụng lực bằng các dây quấn lượn vào bên trong bộ phận bao tim và sử dụng động cơ bên ngoài để quấn hoặc thả dây tạo lực ép lên tim. Nhưng ý tưởng này có nhược điểm là các đường dây bao tim khi bệnh nhân di chuyển sẽ gây ảnh hưởng lớn đến các cơ quan khác trong cơ thể người. Bên cạnh đó nếu trường hợp dây bị kẹt trong cơ thể người là rất nguy hiểm.



Hình 2. Sơ đồ cấp nguồn cho toàn bộ công cụ hỗ trợ quá trình cơ bóp của tim

Ý tưởng 3: Thiết kế bộ phận bao tim tương tự ý tưởng 1, bộ phận tác dụng lực bằng các ống quấn quanh bộ phận bao tim; các ống này sử dụng dung dịch hoặc khí để làm căng các ống tạo ra lực tác dụng. Ưu điểm của ý tưởng này là khí hoặc dung dịch sẽ an toàn với cơ thể hơn so với các phương pháp khác. Nhưng vẫn tồn tại nhược điểm đó là đảm bảo nguồn cung cấp khí hoặc dung dịch ổn định. Nếu là dung dịch cần đảm bảo an toàn với cơ thể không gây rò rỉ. Nếu là khí cần chú ý tới áp suất đẩy vào bên trong các ống. Nhóm tác giả lựa chọn ý tưởng 3. Như vậy, bộ phận hỗ trợ cơ bóp tim có các thành phần chính gồm bộ phận bao tim, bộ phận cung cấp áp lực (máy nén khí) và các ống dẫn nở tạo lực tác dụng trực tiếp lên tim. Sơ đồ khối thể hiện đường di chuyển của khí nén trong bộ công cụ hỗ trợ tim cơ bóp được thể hiện như trong hình 3.



Hình 3. Sơ đồ khối thể hiện đường di chuyển của khí nén trong bộ công cụ hỗ trợ tim cơ bóp

Các ống dẫn nở ở đây được nhóm tác giả chế tạo từ vật liệu silicon dạng lỏng đổ bằng khuôn. Silicon sau khi khô rất mềm, chắc chắn và rất co giãn, có thể kéo dài gấp nhiều lần kích thước ban đầu của nó mà không bị rách và sẽ trở lại hình dạng ban đầu mà không bị biến dạng. Để bảo vệ các ống dẫn nở này tránh dẫn tới mức mà không thể đàn hồi lại hoặc bị nổ, các tác giả sử dụng dây lưới có dạng như hình 4.



Hình 4. Hình dạng dây lưới bọc ống dẫn nở

Trong quá trình nghiên cứu thử nghiệm, các ống dẫn nở thử nghiệm được đúc với đường kính bên trong thành ống là 5mm; chiều dài ống 30cm và độ dày ống là 2mm vì với độ dày như này thì áp lực của ống chịu đựng tốt và quá trình đúc ống dễ dàng hơn so với ống có độ dày 1mm. Hình 5 thể hiện ống dẫn nở được đúc bằng silicon lỏng và sau đó được bọc lưới để bảo vệ.



Hình 5. Ống dẫn nở được đúc bằng silicon lỏng (a); và sau đó được bọc lưới (b)

Bộ phận bao tim:

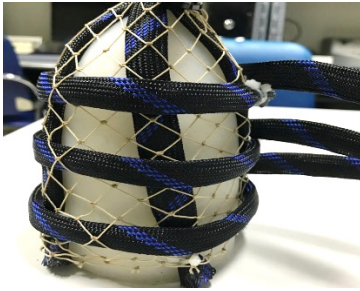
Để có quả tim người phục vụ cho nghiên cứu, thử nghiệm trong lĩnh vực y khoa cũng như trong những nghiên cứu như này quả là một vấn đề hết sức khó khăn. Chính vì vậy, nhóm tác giả đã đưa ra ý tưởng chế tạo tim giả bằng vật liệu silicon.

Thiết kế bao tim có thể bắt chước chức năng sinh học phức tạp của tim đó là sự co bóp tim. Để có thể tạo thành bộ phận bao quanh quả tim tiếp xúc trực tiếp với thành quả tim, nhóm nghiên cứu đã đúc bộ phận bao tim bằng Silicon lỏng dựa trên khuôn mẫu được thiết kế bằng phần mềm Solidworks sau đó được in 3D. Hình 6 thể hiện bộ phận bao tim được đúc bằng silicon lỏng.



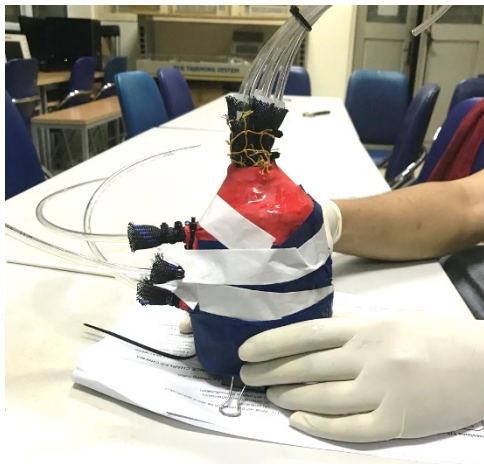
Hình 6. Bộ phận bao tim được đúc bằng silicon lỏng

Sau khi thiết kế bộ phận bao tim và các ống dẫn nở, nhóm nghiên cứu thực hiện công việc cố định các ống dẫn nở theo đường tròn và đường xoắn ốc để tạo thành bộ phận cơ bóp như trong hình 7.

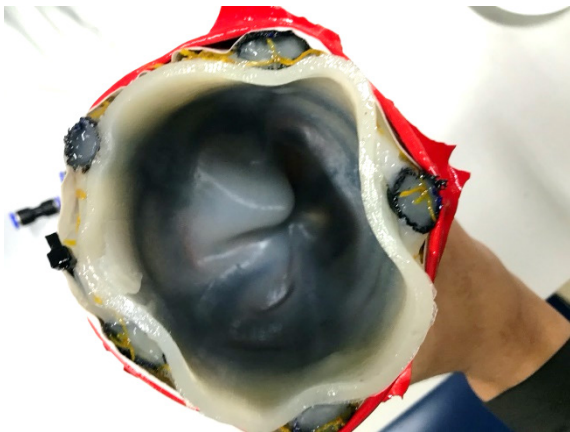


Hình 7. Các ống dẫn nở được cố định xung quanh bộ phận bao tim trước khi đổ silicon

Quá trình đổ silicon để cố định các ống dẫn nở xung quanh bộ phận bao tim được thể hiện trong hình 8.



Hình 8. Quá trình đổ silicon cố định các ống dẫn nở xung quanh bộ phận bao tim

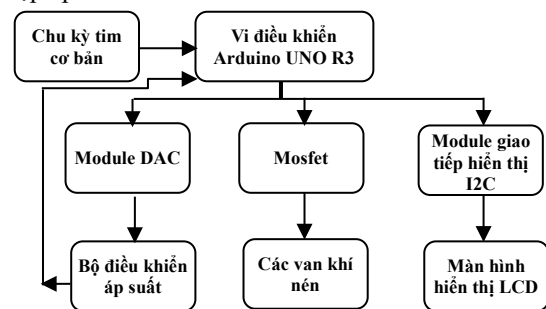


Hình 9. Hình ảnh bên trong bộ phận hỗ trợ cơ bóp tim

- Khối thu nhận tín hiệu và điều khiển quá trình cơ bóp tim:

Khối này thực hiện điều khiển quá trình cơ bóp

bằng các xung dựa trên chu kì tim cơ bản; thu nhận tín hiệu từ bộ điều khiển áp suất thông qua vi xử lý để điều chỉnh áp suất như mong muốn và cung cấp tín hiệu để hiển thị lên màn hình. Sơ đồ khối chi tiết của khối này được thể hiện trong hình 10. Bộ điều khiển áp suất khí nén tạo ra áp lực để ép lên thành tim. Đây là một yếu tố rất quan trọng, nên việc điều khiển một cách chính xác áp suất khí là sự ưu tiên hàng đầu. Khí nén được cung cấp bởi bộ điều khiển khí nén ITV1050-212BL của hãng SMC -Nhật, áp suất đầu ra của bộ điều khiển này có thể điều chỉnh theo dải cố định và được hiển thị trên màn hình. Đầu ra của bộ điều áp ITV có một cảm biến áp suất. Cảm biến này được sử dụng để đo áp suất khí nén đầu ra, cũng chính là áp suất đặt lên các ống dẫn nở. Bộ điều khiển áp suất sử dụng nguồn cung cấp 24Vdc. Đầu ra máy nén khí có thể được điều khiển bằng điện tử với dải điện áp điều khiển từ 0-5Vdc.



Hình 10. Sơ đồ khối chi tiết của khối thu nhận tín hiệu và điều khiển quá trình cơ bóp tim

Module DAC (digital to analog converter) PCF 8591 [6] được sử dụng để chuyển tín hiệu số từ vi điều khiển thành tín hiệu analog nhằm điều khiển bộ điều áp ITV. Module này có 8bit nên có thể điều khiển $2^8= 256$ mức với dải áp suất từ 0,0005- 0,9 (MPa).

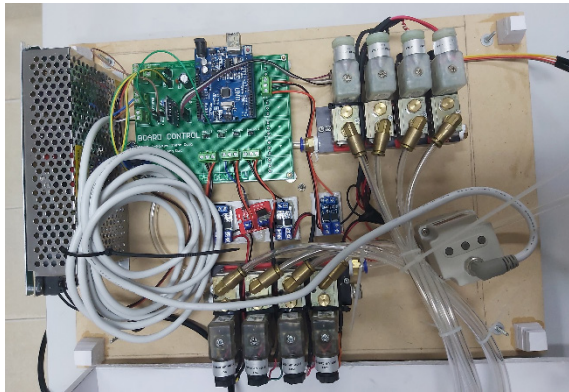
Các van đóng mở khí nén để điều khiển thời điểm đóng ngắt khí khác nhau, để đóng mở khí nén, nhóm tác giả sử dụng 2 cụm 4 van điện từ loại 3/2 (3 cửa 2 vị trí), loại này được điều khiển chủ yếu bằng cuộn coil điện từ, van có chức năng đóng mở và xả (1 cổng vào, 1 cổng ra, 1 cổng xả), chỉ sử dụng hơi khí nén, thường được dùng để điều khiển xi lanh khí nén 1 chiều (loại tác động đơn). Để điều khiển quá trình hoạt động của toàn bộ hệ thống trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng Vi điều khiển Arduino UNO R3 [7]. Module này được sử dụng phổ biến tại Việt Nam, giá thành không đắt, đặc biệt, nó hỗ trợ giao tiếp I2C/TWI với các thiết bị khác. Để có thể sử dụng xung PWM đóng ngắt cho nhiều van khí nén khác nhau và thời gian đáp ứng nhanh chóng, nhóm tác giả đã sử dụng 4 module mosfet nhằm điều khiển cho hệ thống 8 van khí nén tín hiệu đầu vào là các xung PWM tỉ lệ chu kì xung là 25% với chu kì là 0,8s .

- Khối hiển thị:

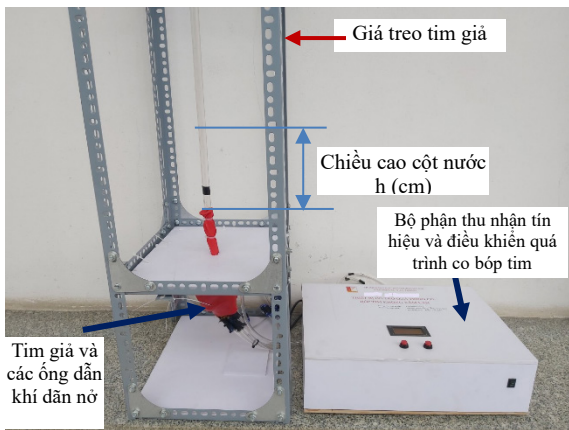
Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng màn hình LCD 16x4 để hiển thị kết quả đo được.

3. Kết quả và bàn luận

Trên cơ sở lý thuyết, phương pháp luận mà các tác giả đã nghiên cứu và thực hiện; khối thu nhận tín hiệu và điều khiển quá trình co bóp tim đã được các tác giả cụ thể hóa bằng các mạch cứng và các module được kết nối với nhau và được thể hiện như trong hình 11. Hình ảnh bộ công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim được thể hiện trong hình 12.



Hình 11. Mạch cứng và các module của khối thu nhận tín hiệu và điều khiển quá trình co bóp tim



Hình 12. Bộ công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim

Để tiến hành thử nghiệm, các tác giả đã sử dụng nước sạch thay cho máu để đưa vào tim giả và sử dụng ống nghiệm để đo thể tích nước (thể tích nhất bóp của tim) ở đơn vị ml với đường kính ống là 14mm. Ta có thể tính được thể tích nhất bóp của tim (thể tích máu mà mỗi lần tim đẩy đi tới các bộ phận của cơ thể người) qua công thức tính thể tích hình trụ:

$$V = \pi x R^2 x h \tag{1}$$

trong đó: $\pi = 3.14$; R là bán kính ống nghiệm; h là chiều cao ống.

Các bước tiến hành thử nghiệm

Bước 1: Kết nối ống khí của máy khí nén, các ống dẫn nở với bộ phận thu nhận và điều khiển

Bước 2: Bật công tắc nguồn

Bước 3: Điều chỉnh áp suất bằng nút bấm

Bước 4: Ghi chép số liệu áp suất được hiển thị trên màn hình LCD và chiều cao cột nước trong 10 phút co bóp.

Nhóm tác giả tiến hành nhiều thí nghiệm, mỗi thí nghiệm 2 lần đo, mỗi lần đo cách nhau khoảng 10 phút, bắt đầu từ giá trị áp suất khí nén nhỏ nhất là 0.01 Mpa để tìm ra thể tích nhất bóp của tim. Ở người trưởng thành, thể tích nhất bóp của tim khoảng từ 60ml đến 100ml với chu kỳ tim là 0.8s tương ứng với nhịp đập của tim là 75 nhịp/ phút [8].

Số liệu thử nghiệm đo được và tính toán thể tích nhất bóp trung bình qua công thức được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng số liệu thử nghiệm đo thể tích nhất bóp thực tế

Thí nghiệm	Lần đo	Áp suất p (Mpa)	Chiều cao ống h (cm)	Thể tích nhất bóp tính toán trung bình qua công thức V_1 (ml)	Thể tích nhất bóp đo được V_2 (ml)
1	1	0,01	5	8,2	8
	2		5,6		7
2	1	0,03	11,4	18,2	17
	2		12,2		15
3	1	0,04	18	28,5	27
	2		19,1		29
4	1	0,06	23	36,2	36
	2		24		38
5	1	0,08	33,4	50,0	50
	2		32,5		52
6	1	0,1	37,3	57,7	57
	2		37,6		59
7	1	0,11	42,1	65,4	65
	2		42,9		63
8	1	0,14	47,5	73,9	70
	2		48,5		74
9	1	0,15	51	77,7	77
	2		50		79

4. Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu, bước đầu nhóm tác giả đã thiết kế chế tạo được bộ công cụ trợ quá trình co bóp của tim. Do nghiên cứu này thử nghiệm trên tim người - đây là điều kiện thử nghiệm rất khó khả thi nên chúng tôi đã chế tạo tim giả bằng silicon để thử nghiệm dựa trên nguyên lý hoạt động, một số đặc điểm và chức năng chính về mặt y học của tim. Nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bộ công cụ hỗ trợ quá trình co bóp của tim tại phòng thí nghiệm của bộ môn Kỹ thuật y sinh - Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Trong tương lai gần, các tác giả

sẽ phát triển đề tài này theo hướng tích hợp các linh kiện thành mạch tổ hợp cỡ nhỏ, thiết kế các cảm biến áp suất và cảm biến lưu lượng cỡ nhỏ, thu nhỏ thiết bị để bước đầu có thể thử nghiệm trên động vật chẳng hạn như lợn,....

Tài liệu tham khảo

- [1]. <http://bachmai.gov.vn/tin-tuc-va-su-kien/bai-viet-chuyen-mon-menuleft-33.html>
- [2]. https://en.wikipedia.org/wiki/Ventricular_assist_device
- [3]. Christopher J. Payne, Isaac Wamala, Daniel Bautista-Salinas, Mossab Saeed, David Van Story, “Soft robotic ventricular assist device with septal bracing for therapy of heart failure”. Science robotics, 22 November 2017, pp. (1-11)
- [4]. Ellen T. Roche, Markus A. Horvath, Isaac Wamala, Soft robotic sleeve supports heart function. Science Translational Medicine, 18 Jan 2017, pp. (1-11)
- [5]. <https://www.vinmec.com/vi/tin-tuc/thong-tin-suc-khoe/nguyen-nhan-va-cac-phuong-phap-dieu-tri-hieu-qua-benh-suy-tim/>
- [6]. <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/PCF8591.pdf>
- [7]. <http://arduino.vn/>
- [8]. Phạm Khuê, Lê Huy Liệu, Nguyễn Văn Xang, Nội khoa cơ sở, tập 1, Nhà xuất bản y học Hà Nội, năm 2012.