



Maio 2023

# Análises sanguíneas, dissecação e transplante de coração

Artigo científico



Beatriz Pereira e Maria Miguel Moreira – 12<sup>º</sup>1  
BIOLOGIA – PROF. ALBERTO CAEIRO

## Resumo

Para a concretização do nosso trabalho procedemos à dissecação de um coração de porco e seguidamente extraímos uma pequena quantidade de sangue do mesmo com o fim de analisar a sua constituição sanguínea. Ao longo do nosso artigo iremos explicitar todos os métodos utilizados assim como os resultados obtidos e a possibilidade de haver transplantes de coração de porco para humanos.

Deste modo, o objetivo do nosso trabalho é perceber a eficácia deste método, os seus benefícios e riscos e o impacto desta evolução científica na humanidade.

Palavras-chave:

Coração, dissecação, sangue, transplante

## Abstract

*To carry out our work we proceed to the dissection of a pig's heart and then extract a small amount of blood from it in order to analyze its blood constitution. Throughout our article we will explain all the methods used as well as the results obtained and the possibility of having pig heart transplants for humans.*

*Thus, the goal of our work is to understand the effectiveness of this method, its benefits and risks and the impact of this scientific evolution on humanity.*

*Keywords:*

*Heart, dissection, blood, transplant*

## Introdução

O **coração** é um órgão vital encontrado no sistema cardiovascular de animais vertebrados, incluindo seres humanos. A sua função principal é bombear o sangue para fornecer oxigênio e nutrientes a todas as partes do corpo, além de ajudar na remoção de resíduos metabólicos.

Anatomicamente, o coração é um órgão muscular oco, localizado na cavidade torácica, entre os pulmões, e protegido pelo osso esterno. O seu tamanho é aproximadamente o mesmo de um punho fechado e é dividido em quatro cavidades principais: duas aurículas (aurícula direita e aurícula esquerda) e dois ventrículos (ventrículo direito e ventrículo esquerdo). O septo separa a metade direita do coração, onde só circula sangue venoso, da metade esquerda, onde circula o sangue arterial.

As cavidades do coração são separadas por válvulas que controlam o fluxo sanguíneo numa única direção. As válvulas que dividem as aurículas e os ventrículos, como a válvula tricúspide (entre a aurícula direita e o ventrículo direito) e a válvula mitral (entre a aurícula esquerda e o ventrículo esquerdo), evitam o refluxo do sangue para as aurículas durante a contração dos ventrículos.

A parte muscular do coração tem o nome de miocárdio ou músculo cardíaco. O pericárdio é a membrana que reveste todo o coração. O endocárdio é a membrana que reveste o interior do coração.

O coração recebe sangue venoso (com pouco oxigênio) das veias cavas superior e inferior e envia-o para os pulmões através da artéria pulmonar. Nos pulmões, ocorre a oxigenação do sangue, que retorna ao coração através das veias pulmonares como sangue arterial (rico em oxigênio). Esse sangue oxigenado é então bombeado para o resto do corpo pela aorta, a maior artéria do corpo, distribuindo oxigênio e nutrientes para os tecidos e órgãos.

O ritmo de bombeamento do coração é controlado pelo sistema elétrico intrínseco do coração, que gera impulsos elétricos que coordenam as contrações das cavidades cardíacas. Esta atividade é responsável pelo batimento cardíaco, que ocorre de forma rítmica, impulsionando o sangue para circular pelo corpo.

### **As doenças cardiovasculares são a principal causa de morte na atualidade.**

A insuficiência cardíaca – ou seja, a incapacidade do coração para bombear uma quantidade de sangue suficiente para as necessidades do organismo – tem inúmeras terapêuticas indicadas.

Entre estas, estão, por exemplo, fármacos e procedimentos minimamente invasivos nas válvulas do coração, através de cateterismo. Estes foram, aliás, a grande revolução para os doentes e para os cardiologistas nas últimas duas décadas.

Muitos doentes, porém, entram a certa altura na chamada etapa da insuficiência cardíaca terminal. Estes doentes são temporariamente ligados a um dispositivo de assistência circulatória ventricular mecânica, o ventricular assist device (VAD).

Nestes casos, a única solução é um **transplante de coração**.

Um **transplante de coração** é um procedimento cirúrgico no qual um coração doente é substituído por um coração saudável. É realizado em casos de doenças cardíacas avançadas e irreversíveis, como insuficiência cardíaca grave ou cardiomiopatia, quando outras opções de tratamento não são as mais eficazes.

O processo começa com a identificação de um doador compatível, cujo coração seja adequado ao receptor. Quando for encontrado esse doador, o coração é removido do corpo do mesmo e preservado. O receptor, que passou por uma avaliação médica detalhada e está em condições de receber um transplante, é preparado para a cirurgia. Durante a operação, o coração doente é removido e o coração do doador é implantado no lugar. Os vasos sanguíneos do receptor são ligados aos vasos sanguíneos do coração transplantado, e os fios elétricos são conectados para garantir que o novo coração bate corretamente.

Após o transplante, o paciente requer cuidados intensivos e acompanhamento contínuo. Medicamentos imunodepressores são administrados para evitar que o corpo rejeite o coração transplantado. O paciente também passará por um programa de reabilitação cardíaca para ajudar na recuperação e adaptação ao novo órgão.

Um transplante de coração é um procedimento complexo e delicado, e o sucesso depende de vários fatores, incluindo a compatibilidade entre o doador e o receptor, o estado de saúde geral do paciente, a aderência ao tratamento pós-operatório e a prevenção da rejeição do órgão. Com o avanço da medicina, os transplantes cardíacos tornaram-se uma opção viável para muitos pacientes com doenças cardíacas graves.

A possibilidade de fazer **transplantes de coração de porco em humanos** é algo que já acompanha a ciência há décadas. A ideia por detrás deste tipo de cirurgia é usar o coração de porco como um substituto para o coração humano em pessoas que precisam de um transplante cardíaco.

No entanto, o transplante de coração de porco em humanos é muito desafiador devido a várias questões médicas e de caráter imunitário. Uma das principais barreiras é o sistema de defesa do organismo que afeta a intervenção tendo em conta diversos fatores, como por exemplo o reconhecimento do coração de porco como estranho, a diferença de tamanhos destes órgãos e as diferenças a níveis sanguíneos.

Em qualquer uma destas circunstâncias, o nosso sistema imunitário reage contra o transplante, provocando uma rejeição e impedindo o sucesso do mesmo.

Para superar esses desafios, os cientistas têm usado diversas estratégias para tornar o coração de porco mais compatível com o corpo humano, como a edição genética para remover genes que expressam o antigénio  $\alpha$ Gal e a introdução de genes humanos no coração de porco.

Apesar de não ser ainda muito comum na medicina, este tipo de operação já se realizou e, portanto, já é possível estabelecer alguns benefícios e riscos.

#### **Benefícios:**

- O transplante de coração pode melhorar significativamente a qualidade de vida do paciente, permitindo que ele retome a prática de atividades normais, reduzindo os sintomas de insuficiência cardíaca;

- O transplante de coração pode prolongar a vida do paciente, proporcionando uma esperança média de vida de 10 anos ou mais para muitos pacientes;
- O transplante de coração é usado para tratar condições graves, como insuficiência cardíaca avançada e doença arterial coronariana, que podem ser fatais sem tratamento.

**Riscos:**

- O principal risco associado ao transplante de coração é a rejeição do novo coração pelo sistema imunitário do paciente. Para minimizar esse risco, os pacientes precisam tomar imunodepressores pelo resto da vida, o que pode causar efeitos colaterais bastante graves;
- O uso destes imunodepressores pode aumentar o risco de infeções graves e potencialmente fatais;
- O transplante de coração é uma cirurgia complexa e pode estar associado a complicações cirúrgicas, como sangramento excessivo, coágulos sanguíneos e problemas com a função do novo coração;
- O transplante de coração é um procedimento caro e pode ser inacessível para muitos pacientes devido aos custos envolvidos.

Para além de estudar a possibilidade de transplantar um coração de porco em humanos, decidimos também estabelecer algumas diferenças no que diz respeito ao sangue de cada um deles.

O **sangue humano** está presente no sistema cardiovascular e apresenta um movimento unidirecional, devido às contrações rítmicas do coração. É composto por vários componentes que desempenham funções cruciais no corpo humano. Estes componentes incluem plasma, glóbulos vermelhos (eritrócitos), glóbulos brancos (leucócitos) e plaquetas.

- **Plasma:** O plasma é a matriz líquida do sangue, constituindo aproximadamente 55% do volume total. É uma solução aquosa que contém água (91%), proteínas, hormonas, nutrientes, produtos de excreção e outras substâncias. No plasma estão inseridos os elementos celulares que desempenham um papel importante no transporte de nutrientes, hormonas e resíduos metabólicos, além de ajudar na regulação da temperatura corporal e na manutenção do equilíbrio ácido-base.
- **Glóbulos vermelhos (Eritrócitos):** Os glóbulos vermelhos, também denominados por hemácias são células sanguíneas especializadas responsáveis pelo transporte de oxigénio dos pulmões para os tecidos e pela remoção do dióxido de carbono dos tecidos para os pulmões. Estes contêm hemoglobina, uma proteína rica em ferro que se liga ao oxigénio, conferindo a cor vermelha característica do sangue. As anemias são causadas por défice na quantidade de hemoglobina ou presença de hemoglobina não funcional no sangue, o que leva à redução da oxigenação dos tecidos. As hemácias, produzidas na medula óssea, são as células sanguíneas mais abundantes, apresentam a forma de um disco bicôncavo e são anucleadas, o que lhes confere maior capacidade de transporte de oxigénio.

- **Glóbulos brancos (Leucócitos):** Os glóbulos brancos são células do sistema imunitário que utilizam o sangue apenas como um meio de locomoção para chegarem aos tecidos onde irão atuar. Desempenham um papel fundamental na defesa do organismo contra infecções e doenças. Existem vários tipos de glóbulos brancos, incluindo neutrófilos, linfócitos, monócitos, eosinófilos e basófilos. Cada tipo possui funções específicas na resposta imunitária, como a destruição de microrganismos invasores, produção de anticorpos e regulação da resposta imunitária.
- **Plaquetas:** As plaquetas, também conhecidas como trombócitos, são fragmentos celulares envolvidos na coagulação do sangue. Elas ajudam a formar coágulos sanguíneos para estancar o sangramento em caso de lesões nos vasos sanguíneos. Além disso, as plaquetas libertam substâncias químicas que promovem a reparação dos tecidos danificados.

Estes componentes do sangue trabalham em conjunto para desempenhar funções vitais no corpo, como transporte de oxigênio, defesa contra infecções, coagulação e manutenção do equilíbrio químico e térmico. É importante realçar que o sangue também contém outros componentes, como iões, nutrientes, hormonas e produtos de excreção, que desempenham papéis específicos na homeostasia do organismo.

O **sangue de porco** estruturalmente é muito semelhante ao sangue humano, mas existem algumas diferenças genéticas. As mais notórias são:

- **Os antígenos:** O sangue humano contém antígenos A, B ou AB na superfície dos glóbulos vermelhos, enquanto o sangue de porco contém antígenos diferentes, incluindo os antígenos galactose- $\alpha$ -1,3-galactose ( $\alpha$ Gal). Deste modo, o sangue de porco pode ser reconhecido como estranho pelo sistema imunitário humano e desencadear uma possível rejeição se for transferido para humanos.
- **O tamanho dos glóbulos vermelhos:** Os glóbulos vermelhos do sangue humano são maiores do que os glóbulos vermelhos do sangue de porco.
- **A coagulação:** A coagulação do sangue humano e de porco é diferente. O sangue humano contém uma proteína chamada fibrinogénio que é convertida em fibrina durante a coagulação. Por outro lado, o sangue de porco contém uma proteína chamada trombina, convertida em tromboplastina, que é a forma ativa da trombina. Estas características díspares podem afetar a eficácia da coagulação quando os dois tipos de sangue são misturados.
- **A composição:** O sangue humano contém hemoglobina como o principal pigmento respiratório, enquanto o sangue de porco contém hemoglobina e mioglobina.

Devido a estas diferenças, o sangue de porco não é geralmente usado em transfusões sanguíneas em humanos, a menos que seja modificado geneticamente para se tornar mais compatível com o sangue humano. No entanto, o sangue de porco é usado em pesquisas médicas e em produtos derivados do sangue, como a heparina, um anticoagulante utilizado em cirurgias e tratamentos médicos.

## Materiais e métodos

Na planificação inicial do nosso trabalho apostamos na dissecação do coração do porco, uma vez que esta pode ser útil na investigação do transplante de coração devido à semelhança estrutural e funcional deste com o coração humano. Existem diversas especificidades nas quais este tipo de procedimento pode ser útil no que toca a um transplante de coração. Exemplos disso são:

- Estudo da anatomia e fisiologia;
- Desenvolvimento de técnicas cirúrgicas;
- Testes de imunodepressores;
- Estudo de compatibilidade.

Para a dissecação do coração de porco recorreremos aos procedimentos do seguinte protocolo:

### Materiais

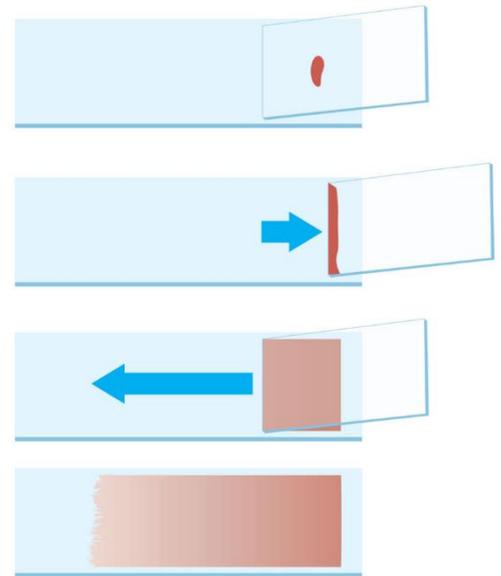
- Coração de porco fresco;
- Luvas de látex;
- Tesoura;
- Pinça;
- Tabuleiro;
- Bisturi;
- Sonda;
- Microscópio Ótico;
- Lamela;
- Lâmina;
- Conta-gotas;
- Amostra de sangue;

### Métodos

1. Obter um coração de porco fresco;
2. Colocar o coração no tabuleiro e trabalhar sobre uma superfície adequada, como uma mesa de laboratório;
3. Observar a aparência geral do coração;
4. Identificar as cavidades do coração, como as aurículas e os ventrículos;
5. Identificar a artéria aorta, a artéria pulmonar, as veias cavas (superior e inferior) e as veias pulmonares.
6. Explorar as válvulas cardíacas. O coração possui quatro válvulas principais: válvula tricúspide, válvula mitral (ou bicúspide), válvula pulmonar e válvula aórtica.
7. Observar a musculatura do coração. O coração é composto por músculo cardíaco, conhecido como miocárdio, ao qual devemos analisar a espessura e a textura.
8. Dissecar as cavidades e os vasos sanguíneos. Nesta importante fase, é utilizada uma tesoura ou bisturi para realizar pequenos cortes e abrir o coração. O processo inicia-se pelas aurículas e segue para os ventrículos.

Depois de todo este processo, recolhemos uma pequena amostra de sangue do coração e passamos à preparação da amostra sanguínea através da técnica do esfregaço. Este método concretiza-se colocando uma gota de sangue sobre a lâmina de vidro e espalhando-a numa fina camada pela sua superfície. É um procedimento concreto e bastante eficaz, que se realiza através das seguintes etapas:

1. Colocar a lâmina sobre uma superfície limpa e certificar-se de que esta tem uma boa qualidade e não possui qualquer tipo de vestígios;
2. Dispor uma pequena gota de sangue próxima de uma das extremidades da lâmina;
3. Com a ajuda de outra lâmina colocar a gota de sangue em contacto com a sua borda, inclinando-a de forma a criar um ângulo de  $45^\circ$ ;
4. Deslizar cautelosamente a lâmina sobre a outra, na direção oposta à extremidade em que foi colocada a gota de sangue;
5. Depois de completamente espalhado, o sangue forma uma camada fina sobre a lâmina de vidro;
6. Deixar que o esfregaço seque sem nenhuma interferência;
7. Seguir para o passo de coloração da amostra.

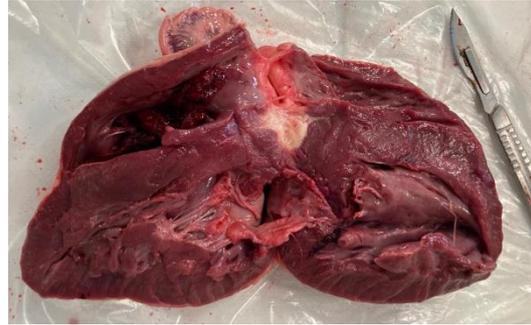


Após a amostra preparada, seguimos para a observação da mesma e de uma amostra de sangue humano ao microscópio ótico, utilizando uma ampliação total de 400x.

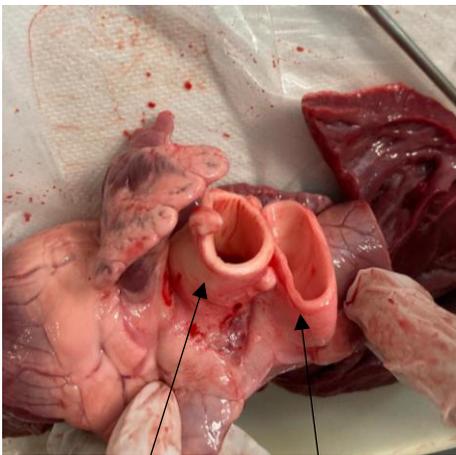
## Resultados



*Coração de porco inteiro*

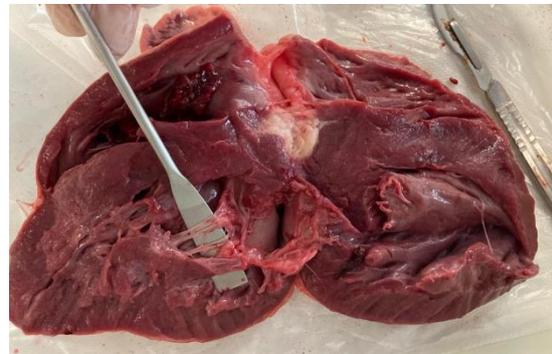


*Coração de porco dissecado*



Artéria aorta

Artéria pulmonar



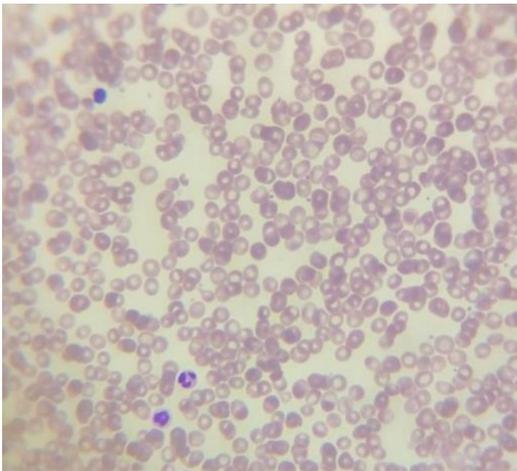
*Músculo do miocárdio*

A dissecação do coração de porco fornece muitas informações sobre a estrutura e função do coração

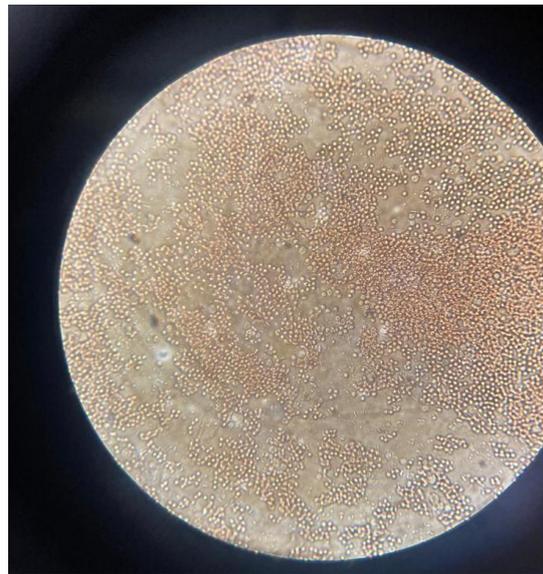
1. Identificação das cavidades cardíacas: A dissecação permite a identificação das quatro cavidades cardíacas - aurícula direita, aurícula esquerda, ventrículo direito e ventrículo esquerdo - e suas conexões.
2. Identificação das válvulas cardíacas: A dissecação permite a identificação das quatro válvulas cardíacas - válvula tricúspide, válvula pulmonar, válvula mitral e válvula aórtica - e suas funções.
3. Identificação dos vasos sanguíneos: A dissecação permite a identificação dos principais vasos sanguíneos que entram e saem do coração, incluindo a artéria aorta, as artérias coronárias, as veias cavas e as artérias pulmonares.
4. Análise da estrutura do coração: A dissecação permite a análise da estrutura do coração, incluindo a espessura das paredes das cavidades e das válvulas, bem como a estrutura dos músculos e tecidos do coração.

5. Identificação de possíveis anomalias: A dissecação também pode ser útil na identificação de possíveis anomalias ou doenças do coração, como anomalias nas válvulas cardíacas, cardiomiopatia ou outras doenças cardíacas.

Essas informações podem ser usadas para ajudar no estudo da anatomia e fisiologia do coração, bem como na compreensão de doenças cardíacas e possíveis tratamentos, como o transplante do coração de porco



*Sangue humano ao MOC*



*Sangue de porco ao MOC*

Nota:  
A visibilidade da imagem ficou comprometida por impedimento da realização do passo no.7 da preparação de amostras de sangue

Aparentemente, o sangue humano e o sangue de porco parecem não apresentar diferenças estruturais pois são ambos constituídos por células sanguíneas e plasma. No entanto, algumas características estruturais variam entre as espécies.

A observação de sangue de porco pode ter várias aplicações em diferentes áreas.

1. O sangue de porco pode ser utilizado em estudos científicos como um modelo animal para pesquisas em diversas áreas, como imunologia, fisiologia, farmacologia, entre outras. Através da observação do sangue de porco, é possível obter informações sobre as características hematológicas e imunológicas desta espécie, bem como realizar experiências para investigar determinados mecanismos biológicos.
2. A observação do sangue de porco pode ser usada em formações médicas. Estudantes de medicina, enfermagem e outras áreas da saúde podem praticar técnicas de recolha de sangue, análise hematológica básica e interpretação de lâminas sanguíneas utilizando amostras de sangue de porco, antes de aplicar essas habilidades em pacientes humanos.

3. A observação do sangue de porco pode ser útil no desenvolvimento de produtos e dispositivos médicos. Por exemplo, ao testar a compatibilidade e segurança de materiais, como próteses cardíacas, o sangue de porco pode ser usado para simular a interação com o sistema circulatório.
4. A observação do sangue de porco também pode ser aplicada na indústria alimentar. O sangue de porco é usado em alguns produtos alimentares, como salsichas e enchidos, e a análise das suas características hematológicas pode garantir a segurança e a qualidade desses alimentos.

## Discussão

Ao realizar a dissecação de um coração de porco averiguamos, devido à sua semelhança estrutural e funcional com o coração humano, a sua utilidade na investigação do transplante de coração:

- Permite que os investigadores estudem a anatomia e fisiologia do coração em detalhes. Pode fornecer informações valiosas sobre a estrutura e função do coração, bem como sobre como ele é afetado por diferentes doenças.
- Pode ser usada para desenvolver e aperfeiçoar técnicas cirúrgicas para transplante de coração humano. Por exemplo, os médicos podem praticar a substituição do coração do porco para aperfeiçoar as suas capacidades antes de realizar o procedimento num paciente humano.
- Os investigadores podem usar o coração de porco para testar medicamentos e tratamentos imunodepressores que podem ser usados para evitar a rejeição do coração transplantado pelo sistema imunitário do recetor.
- Os investigadores também podem usar o coração de porco para estudar a compatibilidade entre os tecidos e órgãos de diferentes espécies, incluindo o coração humano e o coração de porco. Isto pode ajudar a determinar se o transplante de coração de porco é viável e quais são os desafios associados.

Ao realizar a análise entre as amostras de sangue humano e de porco e, devido às diferenças evidenciadas, sabemos que o sangue de porco não é geralmente usado em transfusões de sangue em humanos, a não ser que seja modificado geneticamente para tornar-se mais compatível com o sangue humano.

Para uma melhor contextualização e compreensão do assunto em estudo, resolvemos investigar um pouco acerca do primeiro caso real, fruto de um transplante de coração de porco para um ser humano.

Há cerca de 37 anos foi realizada a primeira intervenção deste tipo, numa menina recém-nascida, porém, devido a um ataque de rejeição, a bebé morreu. No entanto, com a evolução da ciência e da genética, tudo mudou.

David Bennett, foi a mais recente cirurgia de transplante de coração e foi um verdadeiro sucesso. Durante a sua intervenção, que durou cerca de 8 horas, quatro genes foram desativados e seis genes humanos foram inseridos como forma de enganar o sistema imunitário e assim não se gerar uma possível rejeição. Após 48 horas do maior perigo de rejeição, a operação foi considerada um sucesso e tornou-se histórica no que toca ao ramo científico.

## Conclusão

O transplante de coração de porco para seres humanos é uma área de pesquisa promissora e em constante evolução. A dissecação do coração de porco tem se mostrado uma ferramenta crucial no estudo e desenvolvimento desta técnica, proporcionando informações importantes sobre a anatomia, fisiologia e compatibilidade do coração entre espécies.

A dissecação do coração de porco permite aos investigadores examinar detalhadamente as estruturas cardíacas, como cavidades, válvulas e vasos sanguíneos, e compreender as suas semelhanças e diferenças em relação ao coração humano. Este procedimento contribui para o aperfeiçoamento das técnicas cirúrgicas utilizadas no transplante de coração, bem como para a identificação e resolução de desafios relacionados à compatibilidade imunológica e à coagulação sanguínea.

Além disso, a dissecação do coração de porco possibilita o estudo dos efeitos dos imunodepressores e a avaliação de estratégias para minimizar a rejeição do órgão transplantado. Estes estudos são essenciais para aumentar e melhorar a qualidade de vida dos recetores de transplante de coração de porco.

Apesar dos avanços realizados até o momento, ainda existem desafios significativos para serem superados antes que o transplante de coração de porco se torne uma opção viável para pacientes humanos. Questões como a rejeição aguda e crónica, a adaptação vascular e a transmissão de doenças entre espécies exigem mais investigação e desenvolvimento de terapias eficazes.

No entanto, a dissecação do coração de porco continua a desempenhar um papel crucial no avanço do conhecimento nessa área e na busca por soluções para superar esses desafios. Com uma abordagem científica rigorosa, é possível continuar a explorar as oportunidades e limitações do transplante de coração de porco, com o objetivo de melhorar a disponibilidade de órgãos para transplante e salvar vidas humanas.

## Referências Bibliográficas

- [Hematologia: Como é realizada a técnica de esfregaço de sangue? - Kasvi](#) (17-05-2023)
- [Transplante inédito de coração de porco em humanos pode mudar a história da medicina | Fantástico | G1 \(globo.com\)](#) (17-05-2023)
- [Biología en Enciclopedia \(biologia.net\)](#) (17-05-2023)
- [BIOLOGIA E GEOLOGIA \(albertocaeiro.net\)](#) (17-05-2023)
- [Dissecação do Coração de um Porco - NotaPositiva](#) (17-05-2023)