

APLICAÇÃO DE CONCEITOS DE BIOMECÂNICA NA CONFEÇÃO DE PRÓTESES PARA CÃES

Maíra Harumi H. Lage, UFMG, mairahhl@yahoo.com.br
Alysson R. Lamounier, PUC Minas, lamounierar@pucminas.br
Maria Isabel Vaz de Melo, PUC Minas, bel.melo@terra.com.br
Antônio Eustáquio de M. Pertence, UFMG, aempertence@gmail.com
Estevam Barbosa de Las Casas, UFMG, estevam@dees.ufmg.br

Resumo. *As amputações de membros em cães ocorrem principalmente por condições traumáticas ou oncológicas e, apesar dos pacientes quadrúpedes possuírem boa adaptação na deambulação com três patas, desenvolvem alterações compensatórias a curto e longo prazo que levam a dor crônica. Prótese é um dispositivo que substitui a ausência de um membro ou parte do corpo e tem como principais objetivos alinhamento da coluna, redução da sobrecarga de peso nos membros remanescentes, controle muscular e sistema mecânico externo. O planejamento e desenvolvimento da prótese de membro para cães deve ser realizado a partir da aplicação de conceitos de biomecânica que garantem bases apropriadas para retorno à independência funcional do paciente.*

Palavras chave: Cães, próteses, biomecânica.

1. INTRODUÇÃO

O termo biomecânica pode ser empregado como a ciência que estuda os sistemas biológicos de uma perspectiva mecânica, bem como as causas dos movimentos normais ou patológicos a partir de aspectos anatômicos e funcionais dos organismos vivos (Hall, 2000). A patomecânica lida com o efeito anormal das forças estáticas e dinâmicas sobre o corpo, resultado de distúrbios neurológicos, musculares ou esqueléticos. Fornece a compreensão da causa subjacente do desvio da marcha e da implicação das forças que agem no corpo lesionado durante o movimento: força de reação ao solo (FRS), inércia, e gravidade (Borghese, 2013).

Prótese é um dispositivo que substitui a ausência de um membro ou parte do corpo (Adamson, 2005). A especialidade de próteses aborda a patomecânica através do uso de forças corretivas, incluindo o alinhamento da posição do corpo, controle muscular e sistema mecânico externo (Borghese, 2013).

Objetivou-se aplicar os princípios da biomecânica e patomecânica na elaboração de prótese de membro para espécie canina.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Marcha canina

A marcha normal é o movimento para frente com eficiência e com o mínimo de gasto de energia durante esta atividade. Qualquer desvio mínimo pode ser denominado padrão anormal de marcha, já que o aumento no deslocamento de centro de gravidade do corpo gera aumento do gasto energético, criando aumento da demanda metabólica que resulta na diminuição de eficiência durante a locomoção e aumento da fadiga (Gross, 2000).

A marcha canina normal ou funcional ocorre quando o membro torácico de um dos lados realiza os mesmos movimentos que o membro pélvico homolateral, ou em diagonal, quando o membro torácico executa o mesmo movimento contra lateral do membro pélvico, havendo equilíbrio adequado das forças. O peso é sustentado pelos coxins metatársicos e metacárpicos e em seguida pelos coxins digitais (Bombonato, 2005).

2.2 Anatomia

Pontos anatômicos específicos de alguns ossos se transformam em referências importantes para a avaliação da postura. A Fig. (1) apresenta pontos anatômicos referentes às marcações das articulações dos membros torácicos e membros pélvicos na espécie canina.

Os pontos anatômicos dos membros torácicos são: espinha da escápula/acrômio, tubérculo maior do úmero (articulação do ombro), epicôndilo lateral do úmero (articulação do cotovelo), processo estilóide da ulna (articulação do carpo) e base do osso metacarpo V (articulação metacarpo falangiana) (Silva, 2006).

Os pontos anatômicos dos membros pélvicos são: crista ilíaca, trocânter maior do fêmur (articulação coxofemoral), côndilo femoral (articulação do joelho), maléolo lateral (articulação do tarso) e base do osso metatarso V (articulação metatarso falangiana) (Silva, 2006).

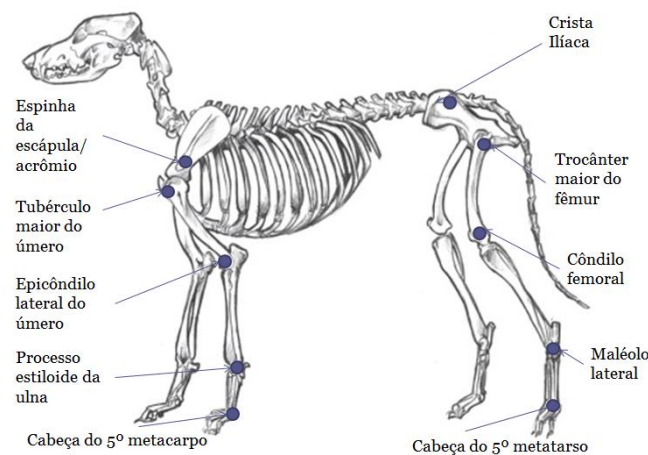


Figura 1. Pontos anatômicos na espécie canina, adaptado de Deviantart (2011).

2.3 Biomecânica

O sistema locomotor é constituído pelos ossos, articulações e músculos. Os ossos e articulações formam os elementos passivos do movimento e os músculos são considerados órgãos ativos do movimento. O músculo exerce uma força de tração transmitida do tendão para o osso. Os ossos são considerados alavancas biológicas, pois se movimentam ao redor de um ponto de apoio, as superfícies articulares, ou seja, giram em torno de um ponto fixo denominado eixo ou fulcro para mover ou equilibrar a força de resistência (Bombonato, 2005).

A distribuição de peso do cão em estação quadrupedal normal é 60% do peso corporal nos membros torácicos e 40% em membros pélvicos (Borghese, 2013). O centro de gravidade teórico dos cães seria então localizado três quintos da distância entre os membros pélvicos e membros torácicos, como deduzidos da proporção da força vertical que cada membro exerce (Kirpensteijn, 2000).

O centro de massa dos membros pélvicos está localizado na articulação sacro-íliaca, enquanto o centro de massa dos membros torácicos está localizado na espinha da escápula. A soma das forças gravitacionais e forças de inércia do centro de massa resultam em uma carga vetorial que deve ser compensada por uma força de reação igual e oposta chamada força de reação do solo (FRS) aplicada no ponto de contato entre o membro e o solo. Quando a direção de aplicação da FRS passa pelo centro da articulação do membro nenhum momento é criado; entretanto, se isso não acontece, haverá um efeito de rotação do membro e será gerado um momento cujo valor é calculado pelo produto da FRS e a distância perpendicular da linha de ação desta FRS e o centro da articulação (Fig. 2) (Kaufmann, 2016).

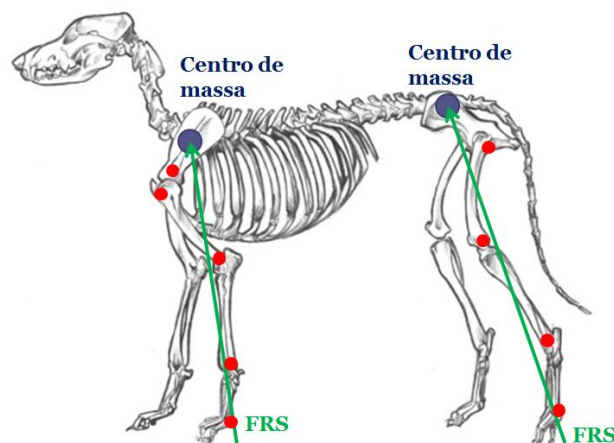


Figura 2. Centro de massa dos membros torácicos e pélvicos e vetor de força de reação ao solo no cão, adaptado de Deviantart (2011).

2.4 Amputação

A amputação é a retirada cirúrgica ou traumática, parcial ou total, de um segmento corpóreo (Carvalho, 2003). A indicação de amputação de membro em cães ocorre principalmente por condições traumáticas (65%) ou oncológicas

(35%) (Adamson, 2005). Com menor frequência a amputação pode ser indicada na necrose isquêmica, infecção ortopédica intratável, incapacidade grave decorrente de artrite intratável, paralisia, deformidade congênita (Weijel, 2007) ou nos casos de denervação em que há automutilação e presença de múltiplas lesões de tecidos moles (Adamson, 2005).

As amputações de membro torácico são mais debilitantes do que as realizadas em membros pélvicos. A decisão do uso de prótese deve ser comunicada ao cirurgião antes da realização do procedimento cirúrgico, para que a altura da amputação seja adequada e permita a fixação de uma prótese (Adamson, 2005).

A determinação do nível apropriado de amputação exige compreensão dos riscos entre função aumentada com um nível mais distal de amputação e uma taxa diminuída de complicação com um nível mais proximal de amputação. O estado geral do paciente, condição clínica e a reabilitação são fatores importantes para tomada da decisão técnica (Heck, 2006).

Para o uso de prótese o paciente deve apresentar articulação funcional do ombro e cotovelo ou quadril e joelhos e pode ser considerada uma forma de tratamento em cães com amputação distal ao terço proximal de rádio e ulna ou tíbia e fíbula (Marcellin-little, 2015).

2.5. Patomecânica

A grande maioria dos animais se adapta bem e consegue andar em três patas; porém, a mudança da marcha causada pela amputação de um membro pode promover o aumento da incidência de doenças ortopédicas nos demais membros, como doenças articulares, principalmente em animais grandes e obesos (Kirpensteijn, 2000).

Alterações mecânicas em pacientes amputados implicam na mobilidade e funcionalidade das articulações, músculos e coluna. Tanto humanos como pacientes veterinários desenvolvem compensações de deficiências funcionais para manter balanço e locomoção. Contudo, esses movimentos compensatórios não são necessariamente eficientes e frequentemente levam a complicações a curto e longo prazo (Borghese, 2013).

Na amputação do membro torácico, os cães distribuem seu peso para o membro torácico contra lateral, já na amputação de membro posterior distribuem mais peso para os membros torácicos, do que para seu membro posterior contra lateral (Bastian, 2013). Após amputação do membro torácico, cada membro posterior carrega 27 % do peso enquanto o membro torácico restante carrega 46%, após amputação de membro pélvico, o membro pélvico restante carrega 26% da carga enquanto cada membro torácico carrega 37%. Esse resultado mostra que uma amputação de membro torácico gera maior sobrecarga no membro torácico remanescente do que uma amputação de membro pélvico gera no membro pélvico remanescente (Kirpensteijn, 2000).



Figura 3. Paciente após amputação parcial de membro pélvico esquerdo apresentando alteração no alinhamento da coluna e maior distribuição de peso em membros torácicos.

2.6. Protése de membro

As próteses de membro podem ser divididas em prótese de encaixe no coto (exoprótese) e prótese transcutânea intraóssea (endoprótese) (Fitzpatrick, 2011). A prótese de encaixe no coto é constituída por diversos componentes como o cartucho que fornece suporte estrutural e dispositivo de contato com o solo tal como um pé artificial. Historicamente, a utilização de prótese é pouco explorada na medicina veterinária, mas com a ascensão da reabilitação como um campo especializado na medicina veterinária e a crescente valorização dos animais de companhia há uma tendência para aumentar sua aplicabilidade (Adanson, 2005).

3- METODOLOGIA

Foi realizado estudo de caso com apoio do Laboratório de Projetos Mecânicos do Depto de Eng. Mecânica da UFMG de um paciente canino, macho, adulto, sem raça definida, pequeno porte, com amputação em articulação do carpo de membro torácico esquerdo. A tutora do paciente autorizou todo o processo do estudo de caso para confecção da prótese.

O paciente foi avaliado clinicamente quanto ao bem-estar geral, ortopédico, muscular, biomecânico e neurológico. Pela biofotogrametria foi possível realizar as marcações dos pontos anatômicos, traçar vetores (em a) de força e calcular a distância entre coto e solo (em b) (Fig. 4).

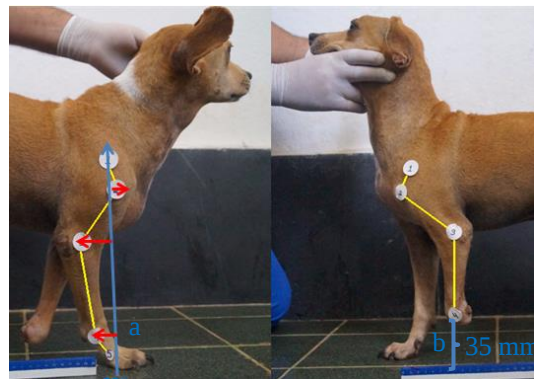


Figura 4. Paciente canino com amputação em articulação de carpo membro torácico esquerdo: a) vetores de força, b) distância entre coto e solo.

Para confecção da prótese foi realizado primeiramente molde negativo do coto do paciente com atadura gessada de 10 cm, posteriormente o molde negativo foi preenchido com mistura de gesso em pó e água na proporção volumétrica de 50% de cada componente para obtenção do molde positivo ou cópia anatômica do coto.

O planejamento da prótese objetivou alinhamento da coluna, descarga de peso funcional, angulação anatômica das articulações e redução do efeito de momento nas articulações do membro torácico contralateral ao membro amputado. A confecção foi dividida em três etapas: parte estrutural, acabamento e dispositivo de contato com o solo.

A parte estrutural da prótese ou cartucho deve possuir algumas características como leveza, resistência mecânica, conforto, durabilidade, estética e adequação à modelagem. O material escolhido para compor a parte estrutural da prótese foi uma atadura ortopédica sintética de poliéster impregnada com resina de poliuretano, que é polimerizada após contato com água ou umidade do ar. É um material de espessura fina e necessita de várias camadas para se tornar resistente, possui secagem rápida, não é danificado se molhado novamente e não permite remodelagem e correções posteriores (Francisco, 2004).

O molde positivo foi envolto por uma camada de EVA de 3 mm de espessura, sendo fixado na parte posterior desta uma barra suporte de alumínio de perfil de 10mm x 5mm. Esta barra tinha dois furos de 4 mm de diâmetro para que pudesse se unir ao cartucho, através de rebites de aço, e transferir o carregamento existente sobre o cartucho para o dispositivo de contato com o solo. Utilizou-se atadura sintética de poliéster da marca Hygiacast® número 2, em quatro camadas para a confecção final do cartucho. No momento da confecção, a atadura sintética foi retirada da embalagem e mergulhada em um frasco contendo água a temperatura ambiente, utilizando luvas de procedimento durante todo o processo. Os autores consideram que o processo de modelagem foi rápido e de fácil execução, levando em média cinco minutos para execução.

O dispositivo de contato com solo foi confeccionado com uma barra de alumínio de perfil 16mm x 2mm propiciando um formato anatômico para a fixação de uma base de borracha de espessura 4mm. As proporções foram estabelecidas para que ao contato com solo no ponto de descarga de peso e o centro da articulação do ombro e do cotovelo apresentem a menor distância do vetor FRS de modo a gerar menor momento funcional. A área de contato estabelecida com solo foi proporcional à área de contato com o solo da superfície palmar do membro contralateral.

Na etapa de acabamento, o dispositivo foi pintado com tinta preta spray e as bordas foram lixadas, duas correias de velcro de 20mm de largura foram fixadas com rebite de aço de diâmetro de 4mm e o material de forração EVA de 3mm permaneceu colado na parte interna com objetivo de proporcionar conforto ao paciente e reduzir escoriações de contato das protuberâncias ósseas. A figura 5 mostra a prótese metacarpofalangiana finalizada.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

O paciente apresentou boa aceitação inicial ao dispositivo, realizando apoio em estação com descarga de peso e apoio intermitente ao caminhar, a próxima etapa será constituída por treinamento e fortalecimento muscular. A prótese apresentou encaixe satisfatório ao coto permitindo ao paciente controle mecânico externo e movimento de alavanca. O sistema de correias utilizado no dispositivo possibilitou ajuste ao coto bem como facilidade para colocação e retirada do dispositivo. O material de forração EVA auxiliou na interface e envolvimento preciso entre coto e dispositivo bem como acolchoamento e proteção, também é um material que pode ser higienizado facilmente.



Figura 5. Prótese metacarpofalangiana.

O uso do gesso sintético para compor a parte estrutural do dispositivo tornou o processo de fabricação mais simples por não necessitar de equipamentos e instrumentos especiais durante a modelagem, instituindo-se utilização inovadora. Este material é acessível e viável economicamente podendo ser facilmente encontrado em lojas de produtos ortopédicos.

A resistência do cartucho pode ser ajustada considerando o número de camadas utilizadas na confecção. O cartucho desenvolvido com quatro camadas atendeu bem ao paciente que possui seis quilos de peso vivo; porém, um estudo sobre a resistência do material na forma de canudo em função do número de camadas precisa ainda ser melhor desenvolvido.

De qualquer forma, o estudo da biomecânica para o desenvolvimento de próteses veterinárias é de suma importância e deve atender a anatomia específica de cada indivíduo, qualquer desvio de angulação no planejamento pode tornar o funcionamento da prótese pouco eficaz ou levar a sobrecarga das articulações.

Com o uso da prótese foi possível observar melhor alinhamento da coluna e posicionamento do corpo (Fig. 6), o paciente demonstrou conforto ao uso do dispositivo e conseguiu executar tarefas como subir e descer escadas com maior facilidade. Considera-se que a prótese desenvolvida promoveu benefícios qualitativos na distribuição de peso anatômico, melhora na qualidade de vida do paciente e prevenção de doenças articulares a curto e longo prazo cumprindo com o objetivo do presente trabalho.



Figura 6. Paciente canino com prótese metacarpofalangiana.

5. CONCLUSÃO

A aplicação dos conceitos de biomecânica garante bases apropriadas para elaboração de prótese canina fundamentando o desenvolvimento do dispositivo de forma que o paciente apresente retorno à função e prevenção de doenças articulares e ortopédicas.

O presente estudo de caso conduziu a produção de uma prótese metacarpofalangiana a partir de análise biomecânica por biofotogrametria de um paciente canino e apresentou resultados preliminares satisfatórios dentro dos objetivos de alinhamento da coluna e descarga de peso funcional no dispositivo.

Ressalta-se a necessidade de estudos mais aprofundados na elaboração e fabricação de próteses veterinárias bem como nos resultados quantitativos das alterações e correções possíveis com o uso de prótese a curto e longo prazo em cães.

6. REFERÊNCIAS

- ADAMSON, C. et al. Assistive devices, orthotics, and prosthetics. **Veterinary Clinics Small Animal Practice**. v. 35, p. 1441-1451, 2005.
- BASTIAN, N.C. **Distribuição de força estática em cães com membros amputados**. 2013. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013.
- BOMBONATO, P., MORAES, V.V., OLIVEIRA, M.A.R.G. Biomecânica canina. In: MIKAIL, S., PEDRO, C.R. **Fisioterapia veterinária**. São Paulo: Manole, 2005. Cap. 2, p. 13-17.
- BORGHESE, I. et. al. Assistive devices, orthotics, prosthetics, and bandaging. In: ZINK, M.C., DYKE, J.B.V. **Canine sports medicine and rehabilitation**. John Wiley e Sons, 2013. Cap. 11, p. 201-222.
- CARVALHO, J.A. **Amputações de membros inferiores em busca da plena reabilitação**. 2ª ed. Barueri, SP: Manole; 2003.
- Deviantart. Disponível em: <<https://nyo-yume.deviantart.com/art/Dog-skeleton-200545679>>. Acesso em: 27 fev. 2018.
- FITZPATRICK, N. et al. Intraosseous Transcutaneous Amputation Prosthesis (ITAP) for limb salvage in 4 dogs. **Veterinary surgery**, v.40, p. 909-925, 2011.
- GROSS, J., FETTO, J., ROSEN, E. **Exame músculo-esquelético**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- HALL, S.J. **Biomecânica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- HECK, R.K., CARNESALE, P.G. Princípios gerais das amputações. In: CANALE, S.T. **Cirurgia ortopédica de Campbell**. Barueri: Manole, 2006. Cap. 9, p. 537-551.
- KAUFMANN, M.W. 1º Curso internacional de biomecânica Orthopets Brazil. São Paulo: 2016.
- KIRPENSTEIJN, J., et. al. Ground reaction force analysis of large breed dogs when walking after the amputation of a limb. **Veterinary Record**, v.146 p. 155-159, 2000.
- MARCELLIN-LITTLE, D.J. et. al. Orthoses and exoprostheses for companion animals. **Veterinary Clinics Small Animal**. Elsevier, v.45, p. 167-183, 2015.
- MARTINS, J.C.; SELEGUIM JUNIOR, P. Assessment of the performance of acoustic and mass balance methods for leak detection in pipelines for transporting liquids. **Journal of Fluids Engineering**, New York, v. 132, p. 11401, 2010.
- SILVA, G.C.A. **Análise cinemática da marcha de cães da raça Golden Retriever saudáveis**. 2006. 81 f. Dissertação (mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- WEIJEL, P.J. Amputações. In: SLATTER, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. Barueri: Manole, 2007. Vol. 2, cap. 141, p.2180-2190.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o importante apoio da agência de pesquisa brasileira FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais).

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.