

氏名(本籍)	青木卓磨(神奈川県)
学位の種類	博士(獣医学)
学位記番号	甲第113号
学位授与年月日	平成20年3月15日
学位授与の要件	学位規則第3条第2項該当
学位論文題名	イヌにおける僧帽弁形成術(Mitral valve plasty)の基礎的研究 —特に軽度僧帽弁閉鎖不全症に対する腱索再建術における至適腱索長の検討—
論文審査委員	(主査) 若尾義人 (副査) 菅沼常德 浅利昌男

論文内容の要旨

僧帽弁は、左心房と左心室の間に存在する一方向弁で、二枚の大形弁尖（前尖ならびに後尖）および、それらの間に存在する二枚の小形弁尖（交連尖）から構成され、腱索と呼ばれる強固な策状物により乳頭筋に固定されている。僧帽弁は、弁尖、腱索ならびに乳頭筋と共に僧帽弁装置を形成し、左心室から左心房への血液の逆流を防止する機能を備えている。

弁尖には、辺縁部分にある粗雑で不透明な粗帯と他の透明な明帯とが認められるが、逆流防止時に接合する部位は、粗帯である。

腱索は弁尖への挿入の仕方や部位によって分類され、粗帯に挿入する場合は、粗帯部腱索、交連部に挿入する場合は交連部腱索、弁基部の基底帯に挿入する場合は、基底部腱索、また後尖の裂溝に挿入する場合は、裂溝部腱索と称される。また、前尖の接合面を保持する腱索の中で、最も太く、前尖のA1とA2、A2とA3の境界部を跨ぐ腱索はstrut chordaeと称される。

僧帽弁閉鎖不全症（Mitral Regurgitation；MR）は、粘液腫様変性により僧帽弁弁尖の肥厚ならびに腱索の伸展・断裂が生じ、弁の接合に不一致が生じる結果、左心室から左心房へと血液が逆流する後天性心疾患とされている。

MRは初期には、心臓の代償機能により明らかな変化は生じないが、進行性の疾患であるために、次第に代償機能が破綻し、最終的には左心不全に陥り、死に至る。

治療法としては、現在内科的治療が主体であるが、様々な新薬の開発にもかかわらず、予後や生活の質（Quality Of Life；QOL）の改善には限界がみられている。一方、人医領域では一般的な治療法として人工心肺装置を用いた心停止下での外科的治療法が実施されているが、最近では獣医学領域においても報告されるようになってきている。

MRに対する外科的治療法としては、自己の弁を温存する僧帽弁形成術（Mitral Valve Plasty；MVP）

が、難易度は高いものの、低コストであり、生涯的な抗凝固剤の服用も必要ないことから、獣医領域において現在最も多く実施されている。獣医領域では、MVPは主に2つの手技からなる。1は、腱索再建術により粘液腫様変性によって伸展した腱索を逆流が生じない様に短縮する方法、2は、弁輪縫縮術により逆流量の減少を期待して、僧帽弁弁輪部を縫縮する方法である。特に、腱索再建術における逆流防止可能な腱索の長さを至適腱索長と称し、人医領域を見ても、非常に多くの方法が報告されており、術者は個人の経験を基に実施している。

一方、獣医領域において、至適腱索長についての報告はなく、獣医心臓外科医は至適腱索長の決定よりもむしろ、弁輪縫縮術による逆流の防止に主眼を置き、腱索長に関しては、術中の目視下において「逸脱がないように」、経験的に決定されている。

また、現在、イヌのMVPに対する成功率とコストの問題から、飼い主は、内科的治療に対する反応が消失し、重度の症状を示した段階で手術を希望することが多い。そのため、僧帽弁の病変が強く、自己の弁の温存が困難なことが多い。しかしながら、人医領域においては、MRの初期に対してMVPを実施することにより、成功率ならびに心機能が正常化する確率が高く、また良好な長期遠隔成績が期待出来ることから、最近では無症状の時期であるNYHA I度の患者に対する手術が増加している。そのことから、獣医領域においても、今後は初期のMRに対するMVPが増加するものと思われる。しかしながら、イヌの術野は極めて狭小であることから、現在、ヒトに準じて実施されている手技では、実施は困難であるものと思われる。

そこで、今回、MVPが、主に腱索再建術と弁輪縫縮術とから構成される手技である以上、一方の手技のみの評価では不十分であるが、初期のMR犬に対する腱索再建術を目的に、腱索再建術の対象となる腱索、すなわち伸展している腱索の検出法の確立ならびに腱索の伸展メカニズムの検討、ならびに初期のMR犬における至適腱索長の確定法を検討した。

第1章 心エコーを用いた生理的腱索長の推定法に関する検討（基礎実験）

現在、前尖の至適腱索長は、術中に後尖の高さに合わせる事で決定されているが、著者は術前に心エコーを用いて前尖の生理的検索長を推定することが可能であれば、手術時間を短縮する事が可能であると考えた。そこで第1章では、基礎的実験として、ビーグル犬17頭を用いて、心エコー下で生理的検索長を推定する方法を検討した。また、この場合、イヌの前尖には、各乳頭筋から派生する2本の腱索が付着していることから、本実験においては、便宜上、前乳頭筋側の腱索をAMV (Anterior Mitral Valve) 1ならびに2、後乳頭筋側の腱索をAMV3ならびに4と仮称した。AMV1ならびに4は、前尖の外側に付着する太い腱索で、上述のstrut chordaeに相当する。

その結果、心エコー下で指標H（前乳頭筋腱索付着部から僧帽弁前尖付着部までの距離）と指標J（後乳頭筋腱索付着部から僧帽弁前尖付着部までの距離）を用いることによって、それぞれAMV1ならびに4の生理的検索長を推定する方法を開発した。

第2章 心エコーにより推定した腱索長を用いた正常犬へのループ・テクニック法による腱索 再建術の検討（基礎実験）

第2章は、第1章における推定法の有用性を確認すると同時に、人医領域において近年開発されたループ・テクニック法を用いることにより、腱索再建術の簡便化ならびに手術時間の短縮化を目的として実施した。ループ・テクニック法は、人工腱索として最も一般的に使用されているゴアテックス糸における最大の欠点である滑り易い性質を克服すると同時に、術式を非常に簡便化させた方法である。手技としては、術中に測定した後尖の高さを元に、1本のゴアテックス糸上に後尖の高さと等長なループを複数本作成し、乳頭筋ならびに前尖に単純に縫合する。そこで著者は、第1章の手法により術前にAMV1ならびに4の生理的腱索長を推定し、術前に1本のゴアテックス糸上に、推定値に準じた各種の長さのループを作成することによって、手技の簡便さを維持させると同時に、手術時間の短縮も可能となると考え、本章において実施した。

その結果、第1章における心エコーを用いた推定法は、AMV1ならびに4の生理的腱索長を正確に推定し、また推定値に準じて予め作成しておいたループを用いることにより、正常犬を用いて作成した腱索断裂モデルにおいて、腱索の再建が可能であった。

第3章 心エコーを用いたMR犬の逆流部位に関する検討

人医ならびに獣医の両領域共に、MRにおいて術前に伸展した腱索を形態学的に明確に推定する方法がないことから、本学附属動物病院に来院したMR症例16頭ならびに本実験における自然発症MRビーグル犬6頭の計22頭を用いて、心エコーを用いて逆流の原因となる腱索（伸展している腱索）を検出する方法について検討した。

この場合、右傍胸骨四腔断面像で、各乳頭筋の描出像に対して、カラー・ドプラ法を用いてモザイク・パターン面積を測定し、面積に1.5倍以上の差がある場合、大きな面積を持つ乳頭筋描出像の腱索がより伸展していると判断した。また、右傍胸骨四腔断面像僧帽弁レベルに対して、カラー・ドプラ法を用いることにより、逆流部位を描出させ、さらに解剖学的な位置から、伸展している腱索を判断した。

その結果、MR犬では、AMV1ならびに4ではなく、AMV2ならびに3が伸展し、逆流の原因となっている可能性が示唆された。特に後乳頭筋の腱索であるAMV3が伸展することが判明した。

第4章 正常若齢犬群、正常中齢犬群ならびに僧帽弁逸脱犬群の腱索長の比較検討

第3章において、心エコーによりMR犬ではAMV2ならびに3（特にAMV3）が伸展し、逆流の原因となっていることが判明した。そこで第4章ではこれらの確認のために、ビーグル犬の心臓標本28例を用いて、直接腱索長を測定し比較することにより、伸展している腱索を検討した。

その結果、MR犬では、AMV3ならびに4が伸展していることが判明した。

第5章 腱索伸展のメカニズムの検討

腱索が伸展するメカニズムを解剖学的な背景から解明することは、外科手技の精度の向上ならびに理論的構築を行う上で、極めて重要である。そこで、第5章ではビーグル犬の心臓標本33例を用いて、腱索が伸展するメカニズムを検討した。

方法としては、正常犬とMR犬との心臓標本を用いて、僧帽弁をデジタルカメラで撮影後、パソコン上で各乳頭筋における僧帽弁前尖の支配領域（各乳頭筋の占有する前尖面積）、各腱索の太さ、回転の支点である僧帽弁輪部から前尖の各腱索付着部位での距離、ならびに僧帽弁前尖の面積を測定し、比較・検討した。

その結果、前乳頭筋より後乳頭筋の前尖面積が大きいことから、AMV3ならびに4に強い負荷が加わり、またAMV2ならびに3は、AMV1ならびに4と比較して細いことから強度が弱いことが推察された。さらに弁尖の回転の支点である弁輪部からの距離に対して慣性モーメントを用いることにより、AMV2ならびに3には強い負荷が加わることが推察された。本検索から、上述のような解剖学的な要因により、AMV2、3ならびに4、特にAMV3が伸展することが判明した。

第6章 正常心における腱索短縮率の限界についての検討

腱索再建術には様々な手法が報告されているが、伸展している腱索を短縮し、弁尖を左室内に落としこむことは共通している。しかしながら、短縮が過度となる場合、逆流が発生する可能性が高い。そこで第6章では、正常ビーグル犬の心臓標本3例を用いて、腱索短縮率の限界について検討を加えた。この場合、MR犬ではAMV4は伸展しているものの正常に機能していると推察されたことから（第3章、第4章）、第1章ならびに第2章において有用であった手法は、ループの縫着後、AMV1ならびに4の正常な機能に影響を与える可能性が考えられた。そこで、AMV1ならびに4の乳頭筋起始部から、AMV2ならびに3の乳頭筋起始部に縫着点を移動させる必要が生じた。また、第1章ならびに2章から正常犬においてAMV1ならびに4の生理的腱索長を推定することが可能であった。しかしながら、第5章の成績よりAMV4の伸展には種々の要因が関連していることが判明したことから、MR犬においては心エコーを用いて術前に腱索長を推定することは困難であるものと思われた。しかしながら、これらの腱索は露出が容易であり、腱索長の測定も容易に実施出来ることから、AMV1ならびに4の実測値を、AMV2ならびに3の指標として採用した。

方法としては、心臓標本を用いてAMV2ならびに3に対し、それぞれAMV1ならびに4の実測値を指標として、実測値と等長な長さから漸次、人工腱索を短縮し、逆流が生じる長さを短縮限度とした。逆流の有無は逆流テストで確認した。また、人工腱索の腱索長の調整にはループ・テクニク法を応用し、予め長さの異なるループを作成し、必要な長さのループを選択し使用するループ・テクニク変法を使用した。

その結果、正常心ではAMV1ならびに4の実測値の20%減が、それぞれAMV2ならびに3の短縮限界であることが判明した。

第7章 軽度MR犬における腱索再建術の検討

これまでの成績から、MR犬ではAMV2ならびに3が伸展し、逆流の原因となっていることが判明した。また基礎実験において有用であった正常犬における至適腱索長ならびにループ・テクニク法は、MR犬には応用が困難であることが判明した。そこで第7章では第6章の成績を基に、自然発症したMRビーグル犬6頭を用いてAMV2ならびに3の至適腱索長の指標について検討を加えた。

方法としては、自然発症したMR犬に対して、実際に体外循環下でループ・テクニク変法を用いて腱索再建術を実施した。この場合、人工腱索長は、AMV2に対してはAMV1の実測値を、AMV3に対してはAMV4の実測値を指標として、第6章の成績から下限を20%減じた長さとして、0%減、10%減および20%減までの長さを適用し、至適腱索長を検討した。

その結果、初期のMR犬に対しては、AMV1ならびに4の実測値の20%を減じた長さが、それぞれAMV2ならびに3の至適腱索長であることが判明した（20%減テクニク法）。

第8章 総括

著者の知る限り、獣医領域において至適腱索長における明確な報告は認められなかったが、今回の基礎実験において、心エコーを用いることにより、AMV1ならびに4の生理的腱索長が推定可能であり、またループ・テクニク法を応用することにより、正常犬を用いた腱索断裂モデルに対して、腱索の再建が容易にかつ手術時間を短縮して、実施出来る可能性が示された。

しかしながら、第3章ならびに第4章の成績より、MR犬においては、AMV2ならびに3が伸展し、逆流の原因となっていることが判明した。したがって正常犬から得られたこれらの成績は、AMV1ならびに4を縫着点とすることから、縫着後、正常に機能している腱索の機能に異常を与えると推察された（第4章、第5章）。これにより、ループの縫着点を、AMV1ならびに4の乳頭筋起始部から、AMV2ならびに3の乳頭筋起始部へと変更させる必要が生じた。さらに、第6章からAMV4は種々の要因により負荷が加わり、伸展していることが判明したため、心エコーを用いて推定することは困難であることが判明した。しかしながら、開心術操作では、AMV1ならびに4は露出が容易であること、腱索長の計測も容易に実施可能であること、また第3章から正常に機能していることが判明したことなどから、これらの実測値を、それぞれAMV2ならびに3の指標として採用した。

さらに第7章において、上記の成績を基に自然発症の軽度MR犬に適応させて検討した結果、初期のMR犬に対するAMV2ならびに3の至適腱索長は、それぞれAMV1ならびに4の実測値の20%減じた長さであることが判明した。

さらにMRの外科的治療では、腱索再建術に必要な手技の開発も必要とされる。今回、著者はループ・テクニク法を応用し、予めループのみを作成し術中に必要な長さのループを選択し使用する、ループ・テクニク変法を考案した。第7章では、この方法を使用して初期のMR犬に適応した結果、狭小な術野においても、乳頭筋ならびに前尖に至適腱索長と等長な長さのループを縫着するのみであることから、有効な手法と考えられた。

本研究により、初期のMR犬における至適腱索長を確定する方法を明らかにしたと同時に、MR犬における伸展腱索の検出法が開発され、また伸展する腱索のメカニズムが解明された。またループ・テクニック変法を考案した。これらは、特に初期のMR犬における腱索再建術に対して、非常に有用な情報を提供したと考えられた。

第9章 結語

初期のMR犬に対して、腱索再建術における至適腱索長、伸展している腱索の検出方法、腱索の伸展するメカニズム、ならびに狭小な術野においても簡便で手術時間が短縮可能な外科手技に対して検討を加えた結果、以下の知見が得られた。

- 1) 心エコーを用いて、MRにより伸展した腱索を推察する方法を考案した。
- 2) 初期のMR犬ではAMV2ならびに3、特に後乳頭筋の腱索であるAMV3が伸展していることを明らかにし、また伸展するメカニズムは解剖学的な要因に起因している可能性を示した。
- 3) 初期のMRに対しては、AMV1ならびに4の実測値の20%減の長さを、それぞれAMV2ならびに3の至適腱索長として使用することにより、腱索の再建が可能であることを示した（20%減テクニック法）。
- 4) イヌに対してループ・テクニック法を応用し、またその変法を考案したことにより、従来の術式と比較して、より簡便で、手術時間を短縮可能な手技を提案した。

論文審査の結果の要旨

僧帽弁閉鎖不全症（Mitral regurgitation；MR）は、粘液腫様変性により僧帽弁弁尖の肥厚ならびに腱索の伸展・断裂が生じ、弁の接合に不一致が生じる結果、左心室から左心房へと血液が逆流する後天性心疾患である。

治療法としては、内科的治療が主体であるが、最近では獣医学領域においても、人工心肺装置を使用した外科的治療法が報告されてきている。とくに、自己弁を温存する僧帽弁形成術（Mitral valve plasty；MVP）が、現在最も多く実施されている方法である。MVPには主に2つの手技、すなわち、1) 腱索再建術により、伸展した腱索を逆流が生じない位置まで短縮する方法、2) 弁輪縫縮術により逆流量の減少を期待して、僧帽弁輪部を縫縮する方法がある。この場合、1) の逆流防止可能な腱索の長さを至適腱索長と称し、この至適腱索長の決定がMVPでは最も重要であるとされているにもかかわらず、獣医領域では、至適腱索長に関する報告はない。

一方、手術適応時期に関しては、人医領域においては無症状あるいは症状が軽度な時期の患者に対する手術が増加していることから、獣医領域においても、今後は初期のMRに対するMVPが増加するものと思われる。しかしながら、初期のMRにおけるイヌの術野は極めて狭小であることから、現在、ヒトに準じて実施されている手技をそのまま適応することは、大きな問題を提起する可能性が高い。

そこで、著者は初期のMR犬に対する腱索再建術を目的に、腱索再建術の対象となる腱索、すなわち伸展している腱索の検出法の確立および腱索の伸展メカニズムの検討、初期のMR犬における至適腱索長を推定する方法ならびに狭小な術野に対する再建術手技について検討を行った。

第1章 基礎実験1：心エコーを用いた生理的腱索長の推定法に関する検討

第2章 基礎実験2：心エコーにより推定した腱索長を用いた正常犬へのループ・テクニック法による腱索再建術の検討

第1章および第2章は正常犬を用いた基礎実験である。その目的は、術前に心エコーを用いて前尖の生理的検索長を推定することが可能か否かを検討すると同時に、もし可能であった場合、ループ・テクニック法を用いることにより、腱索再建術の簡便化ならびに手術時間の短縮が可能か否かを検討することにある。その結果、

第1章で著者は、心エコー下で指標H（前乳頭筋検索付着部から僧帽弁前尖付着部までの距離）と指標J（後乳頭筋腱索付着部から僧帽弁前尖付着部までの距離）を用いることによって、それぞれAMV1ならびに4（前乳頭筋側の腱索をAMV1ならびに2、後乳頭筋側の腱索をAMV3ならびに4と仮称。AMV1ならびに4は、前尖の外側に付着する太い腱索で、ヒトにおけるstrut chordaeに相当する）の生理的検索長を正確に推定した。

また第2章では、第1章の手法により術前にAMV1ならびに4の生理的腱索長を推定し、ループ・テクニック法を用いて、1本のゴアテックス糸上に、推定値に準じた各種の長さのループを作成して、腱索再建術を実施した結果、著者が、推定値に準じて予め作成したループを用いることにより、正常犬を用いて作成した腱索断裂モデルの腱索再建が可能であることを確認した。

第3章 心エコーを用いたMR犬の逆流部位に関する検討

MRにおいて術前に伸展した腱索を明確に推定する方法がないことから、著者は、本学附属動物病院に来院したMR症例16頭ならびに本実験で使用した自然発症MRビーグル犬6頭の計22頭を用いて、心エコー上から逆流の原因となる伸展腱索の検出方法ならびに部位について検討を加えた。

この場合、右傍胸骨四腔断面像で、各乳頭筋の描出像に対して、カラー・ドプラ法を用いてモザイク・パターン面積を測定し、面積に1.5倍以上の差がある場合、大きな面積を持つ乳頭筋描出像の腱索がより伸展していると判断した。また、右傍胸骨四腔断面像僧帽弁レベルに対して、カラー・ドプラ法を用いることにより、逆流部位を描出させ、さらに解剖学的な位置から、伸展している腱索を判断した。

その結果、MR犬では、AMV1ならびに4ではなく、AMV2ならびに3が伸展し、逆流の原因となっている可能性が示唆された。特に後乳頭筋の腱索であるAMV3が最も強く伸展していることが判明した。

第4章 正常若齢犬群、正常中齢犬群ならびに僧帽弁逸脱犬群の腱索長の比較検討

第3章において、心エコーによりMR犬ではAMV2ならびに3（特にAMV3）が伸展し、逆流の原因となっていることが判明した。そこで第4章では、経年齢変化に起因する腱索長の伸展も考慮して、これらの確認のために、ビーグル犬の心臓標本28例を用いて、直接腱索長を測定・比較し、伸展している腱索部位を観察、検討を加えた。

その結果、正常犬群間では有意な差異は認められなかったが、MR犬では、AMV3ならびに4が伸展していることが判明した。

第5章 腱索伸展のメカニズムの検討

外科手技の精度の向上ならびに理論的構築を行う上で、腱索伸展メカニズムを解剖学的な背景から解明することは、極めて重要である。そこで、第5章で著者は、ビーグル犬の心臓標本33例を用いて、腱索が伸展するメカニズムを検討した。方法としては、正常犬とMR犬との心臓標本を用いて、各乳頭筋における僧帽弁前尖の支配領域（各乳頭筋の占有する前尖面積）、各腱索の太さ、回転の支点である僧帽弁弁輪部から前尖の各腱索付着部位での距離、ならびに僧帽弁前尖の面積を測定し、比較・検討した。

その結果、著者は、前乳頭筋より後乳頭筋の前尖面積が大きいことから、AMV3ならびに4に強い負荷が加わり、またAMV2ならびに3は、AMV1ならびに4と比較して細いことから強度が弱いことを推察した。さらに弁尖の回転の支点である弁輪部からの距離に対して慣性モーメント理論から、AMV2ならびに3には強い負荷が加わることを推察した。以上、AMV2、3ならびに4、特にAMV3が強く伸展する理由として、上記の解剖学的な要因が強く関与することを示唆した。

第6章 正常心における腱索短縮率の限界についての検討

腱索再建術の基本は、伸展している腱索を短縮させて、弁尖を左室内に落としこむことにある。しかしながら、短縮が過度となる場合、逆流が発生する可能性が高い。そこで著者は、正常ビーグル犬の心臓標本3例を用いて、腱索短縮率の限界について検討を加えた。

方法としては、AMV2ならびに3に対し、それぞれAMV1ならびに4の実測値を指標として、実測値と等長な長さから漸次、人工腱索を短縮し、逆流が生じる長さを短縮限度とした。逆流の有無は逆流テストで確認した。また、人工腱索の腱索長の調整には、予め長さの異なるループを作成し、必要な長さのループを選択し使用するループ・テクニック変法を考案し、実際に応用した。

その結果、正常心ではAMV1ならびに4の実測値の20%減が、それぞれAMV2ならびに3の短縮限界であることを明らかにした。

第7章 軽度MR犬における腱索再建術の検討

これまでの成績から、軽度MR犬ではAMV2ならびに3が伸展し、逆流の原因となっていることが

判明した。そこで第7章では第6章の成績を基に、自然発症したMRビーグル犬6頭を用いて伸展腱索の確認およびAMV2ならびに3の至適腱索長の指標について検討を加えた。

方法としては、自然発症したMR犬に対して、実際に体外循環下でループ・テクニック変法を用いて腱索再建術を実施した。この場合、人工腱索長は、AMV2に対してはAMV1の実測値を、AMV3に対してはAMV4の実測値を指標として、第6章の成績から下限を20%減じた長さとして、0%減、10%減および20%減までの長さを適用し、至適腱索長を検討した。

その結果、初期のMR犬に対しては、AMV1ならびに4の実測値の20%を減じた長さが、それぞれAMV2ならびに3の至適腱索長であることを明確にした（20%減テクニック法）。

以上のごとく、本研究で著者は、初期のMR犬に対する腱索再建術における至適腱索長の推察を目的に、伸展している腱索の検出方法、腱索の伸展するメカニズム、ならびに狭小な術野においても簡便で手術時間が短縮可能な外科手技に対して検討を加えた結果、以下の知見を明らかにした。

- 1) 心エコーを用いて、MRにより伸展した腱索を推察する方法を考案した。
- 2) 初期のMR犬ではAMV2ならびに3、特に後乳頭筋の腱索であるAMV3が伸展していることを明らかにし、また伸展するメカニズムは解剖学的な要因に起因している可能性を示した。
- 3) 初期のMRに対しては、AMV1ならびに4の実測値の20%減の長さを、それぞれAMV2ならびに3の至適腱索長として適応させることにより、腱索の再建が可能であることを明らかにし、20%減テクニック法を提案した。
- 4) イヌに対してループ・テクニック変法を考案したことにより、従来の術式と比較して、より簡便で、手術時間を短縮可能な手技を提案した。

これらの知見は、初期におけるイヌの僧帽弁閉鎖不全症（MR）の外科的処置、特に科学的根拠が乏しかった腱索再建術に対する至適腱索長の決定に対して、20%減テクニック法を提案したことは、腱索長の推察に理論的根拠を与えたものと、高く評価できる。同時に、手術前に伸展腱索を評価する方法を考案したこと、さらに左心房の拡大が小さく、術野の狭い初期のMRに対して手技的に重要なループ・テクニック変法を考案したことは、今後における獣医臨床分野、特に循環器外科への貢献は極めて大きく、博士（獣医学）の学位を授与するに相応しい業績であると判定した。