獣医臨床における心電図の診断的意義

広瀬 昶*

心電図検査は、動物に対してほとんど侵襲を与えずに心機能に関する豊富な情報を得ることができる。とともに、心臓の形態的な異常についても、その結果生じる電気現象の変化をもとにして、ある程度の診断が可能であるということから獣医学領域においても普及している。

心電図は心房の興奮をあらわすP波、心室筋の興奮をあらわすQRS群および心室筋の興奮消退をあらわすT波という波形の組み合わせが定期的に繰り返されるものである。この波形の振れの向き、高さなどは、心臓に対して電極がどの位置に置かれるかによって相違するが、電極の位置、つまり誘導法を決めておけば動物種に特有な標準波形を定めることができる。もし、記録した波形が標準波形と異なっている場合には、心臓の興奮に異常があるか、心臓の位置が変異していると認識される。したがって、誘導法を規定することが必要であるが、一般的に使われるためには標準波形の設定と同時に診断上の実用性も重要であろう。このように誘導法を定めておくことによって診断に役立つものは主に異常心電図に属するものであるが、心電図の異常としてはもう一つ洞房結節において一定の頻度で始まる興奮が、正常の時間と空間を拡がる過程のどこかに異常をきたした不整脈といわれるものもある。不整脈の発生機序を理解することはその治療にも結びつくことから必要なことであり、その

ためには個々の心筋細胞の活動電位生成についての知識も要求される。したがって、誘導法および心筋細胞の電気生理学は心電図の基礎として重要ではあるが、ここでは動物から得られた心電図に、ヒトの場合とほぼ同様に心臓の異常が表現される場合とそうでない場合のあることについて、つまり獣医臨床で心電図を応用する際、どのようなところに問題が残っているかについて述べることにする。

まず、家畜全般ということではなく、ヒトおよびイヌ¹⁵⁾でいわれている心電図の異常を表1に示した。この表にあげた項目を中心にして概説していくこととする。

1. 不整脈の診断

心臓は自動能を有しているもので、周期的な収縮は可能であるが、個体の要求に合った働きをするためには自律神経などによる統御が必要である。心臓の大きさと心拍数の間には、心重量の多いほど心拍数が少ないという動物種を越えた一定の関係がみられる⁵¹⁾ものの、心臓の刺激伝導系に注目しても、その分布密度には種差があり⁵⁷⁾、また自律神経の緊張状態にも動物種による相違がみられる⁴¹⁾。このような種差は心電図にも観察される。例えば、イヌの呼吸性不整脈はヒトとは逆に成犬になると顕著となり⁹⁾、ウマでは不完全房室ブロックがしばしば認められる³⁾。これに対してウシやネコでは不整脈が観察される機会は少ないようである。

動物の心電図でRR, PP, PQ間隔ならびにP波, QRS群波形が変化するかどうかという簡単な基準によって判定できる不整脈を表2に示した。

1) 細動

心房、心室どちらにも観察される。心房細動はウマ^{4, 12, 56)}、イヌ^{1, 36, 58)}、ウシ^{45, 55)}のほかネコ⁵³⁾でも発症が知られているが、心房の大きい方が、細動は持続しやすいと考えられている^{5, 46)}ようである。心房細動の臨床的な意義については運動能力の減退や泌乳量の減量などが知られている⁵⁾。これに対して心室細動は心機能を停止したもっとも重篤な状態であり、ヒトでは一過性の発現にとどまる例もあることが報告されている³³⁾ものの、動物では自然治癒の報告はみられないようである。治療にはDCショック療法が報告されている¹⁰⁾が、細動の維持される条件がみだされているかぎり回復は困難であると考えられる²⁵⁾ので、発症の予防につとめる必要がある。早

表1 心電図の異常

1) 不整脈
a) 刺激生成異常
洞結節：洞性頻（徐）脈、洞性不整脈
洞結節以外：期外収縮、心室性頻拍
心房（室）細動・粗動など
b) 興奮伝導異常
洞房ブロック、房室ブロック、脚ブロック
WPW症候群など
2) 異常心電図
a) P波の異常
肺循環障害、心房筋障害などに関連
b) QRS群の異常
心室肥大（拡張）、心筋梗塞などに関連
c) ST・T波の異常
心筋障害、冠不全、自律神経機能異常などに関連

* HISASHI HIROSE; 東京大学農学部（東京都文京区弥生1-1-1）

表2 不 整 脈 の 分 類

RR 間隔	PP 間隔	PQ 間隔	P 波	QRS 群	不 整 脈 の 種 類
整	一 定	正常	正常	正 常	洞性頻脈・洞性徐脈
		正常	異常	正 常	左房調律・発作性心房性頻拍
		短縮	正常	異 常	WPW 症候群
		短縮	異常	正 常	房室調律
		延長	正常	正 常	第1度房室ブロック
		変化	正常	正 常	第3度房室ブロック
		変化	正常	異 常	心室頻拍
	P波以外の		F波	正 常	心房粗動
	心房活動		f波	正 常	心房細動（完全房室ブロックを伴う）
				異 常	“ ”
	心房活動なし			異 常	心室性調律
一過性短縮	一 定	変化	正常	異 常	心室性期外収縮・副収縮
	短 縮	正常	正常	正 常	心房性期外収縮
	短 縮	短縮	異常	正 常	房室期外収縮
	ゆらぎ	変化	正常	正 常	房室干渉解離
一過性延長	一 定	正常	正常	正 常	第2度房室ブロック II型
	短 縮	——	異常	欠如	ブロックを伴う上室性期外収縮
	延長	——	欠如	欠如	洞休上・洞房ブロック
周 期 性	短 縮	短縮	異常	正 常	上室期外収縮による2段階, 3段階
	一 定	変化	正常	異 常	心室 “ ”
	一 定	変化	正常	正 常	第2度房室ブロック I型
	変 化	正常	正常	正 常	洞性不整脈
	変 化	正常	変化	正 常	洞房結節内ワンダリング・ペースメーカー
	変 化	変化	異常	正 常	洞結節と房室結節間でのワンダリング・ペースメーカー
不 規 則	P波以外の		F波	正 常	心房粗動
	心房活動		f波	正常・異常	心房細動
	P波不明			異 常	心室粗細動

注) RR, PP, PQ それぞれの間隔が正常であるかどうか, またその時 P 波, QRS 群波形が正常の波形で出現しているかどうかを観察して不整脈の種類を決めることができる。

期収縮が心筋の過剰期に発現した場合に細動に移行する可能性を秘めていることが古くから知られている^{60, 64)}が, この早期収縮はウマ^{3, 54)}, イヌ^{9, 48)}, ネコ⁵³⁾などで観察されている。

2) 脚 ブ ロ ッ ク

脚ブロックはヒス束以下の刺激伝導系における興奮伝導異常を指すが, この状態ではブロックを起こした側の心室の興奮に遅れが生じる。しかし, これは興奮時相のずれを生じているだけであって, 心拍リズムが不整になっているわけではないから, 聴診や触診では診断できず, 心電図による判断が必要となる。

脚ブロック時の心電図の特徴として^{15, 53)}, まず, QRS 群の持続時間の長いことがあげられる。これは, 左右いずれかの脚に障害があった場合, まず非障害側の心室が興奮し, つづいて非障害側から障害側へ, 固有心筋から個有心筋へと興奮がひろがることにより, 最終的に障害側の心室の興奮が完了するという経過をとり, 全心室の興奮開始から終了までに正常の場合よりも時間がかかるためである¹⁹⁾。その他の特徴としては, 胸部誘導の近接効果に遅延がみとめられること, および興奮伝播に時間

がかかるために興奮消退も正常より遅れ, QT 間隔も延長することである。

右脚ブロック時の興奮伝導様式と右側または左側から誘導した心電図を模式的に示せば図1のようになる。原則は刺激伝導路における伝導障害であるが, 心電図からは伝導速度を直接計測することができないので, 上記の心電図上の条件が満たされた場合には脚ブロックと診断されてしまうわけである。したがって, 心電図では右脚ブロックと診断したものの, その波形のもたらされた原因は伝導遅延ではなくて右心室自由壁の一部が部分的に

×印の位置に脚ブロックが発生すると, 固有心室筋における興奮は時間的には①→②→③の順序になる。

図1 右脚ブロックの模式図

肥厚していたためであるという報告⁴⁷⁾が目につくことからみても、脚ブロックと診断される心電図波形の成因には多少問題が残っているようである²³⁾。しかしながら、イヌの脚ブロックに限定すると、症例でも^{8,48)}、実験的にも^{6,24,26)}、ヒトの心電図における解析方法と同様の根拠をもって判定可能な波形変化が観察されているといえるようである。ところが、ウシ、ウマなど有蹄類の脚ブロック、とくに右脚ブロックの症例に関する報告はみあたらないようである。これは、ウシを用いた実験的脚ブロック時の心電図波形に、顕著な変化がない^{2,65)}ことから、ウシに脚ブロックの発症があったとしても診断できないのがむしろ当然と考えられる。ただし、ウシの脚ブロック時の心表面から電位図を誘導し、イヌにおける同様の条件下の波形と類似しているとの報告⁴⁹⁾がある。しかし、心表面で観察される変化が肢誘導心電図になぜ反映されないのであろうか。現在、この疑問に対して明確な答えを出すことはできないが、有蹄類の心室遊離壁における特殊心筋の分布様式が関与していると考えたい。

ALFREDSON^ら²⁾は心室壁内のプルキンエ線維の分布がイヌとウシで相違している点に注目し、イヌとウシで実験的に脚ブロックを作出し、その前後の心電図の変化を比較している。その結果、脚ブロックの作出後、ウシでQRS群持続時間の延長がみとめられなかった理由として、やはり、心室内の刺激伝導系の分布の違いが原因であると結論づけている。ところで、同じ反芻類であるヤギの心室興奮波のベクトルの方向は、正常でも右方に向かう例が多い⁵²⁾。そして、このベクトルの方向は、イヌにおける実験的右脚ブロック時の所見と類似している。このようなヤギとイヌにみられる相違は、ヤギの特殊心筋

は心内膜側のみならず、心外膜側にいたるまで心室壁内に広く分布しており、イヌでは心内膜近辺のみに分布しているという形態的な相違によっているのであろうと理解されている^{17,48)}。この心室遊離壁内におけるイヌとヤギの特殊心筋の分布の相違を図2に模式的に示した。

では、ヤギを含む有蹄類のQRS群波形はどこの興奮伝播によるベクトルを反映しているのであろうか。HAMLIN^{17,19)}や松井^ら^{42,43)}は有蹄類の心室遊離壁では図2で示したように一定のベクトルは作られにくいと報告している。さらに、HAMLIN²¹⁾は心室中隔には特殊心筋の分布が少ないので、心尖側に開始した興奮が心基部に向かって個有心筋を伝播し、この時でできる興奮のベクトルが心電図に主に反映されると説明している。これらの報告から、有蹄類の心室遊離壁の興奮過程が心電図にあまり反映されていないために、また特殊心筋の分布をもとにした、興奮伝播様式や心室遊離壁の興奮に対する左・右脚の関与の程度がイヌやヒトとは異なるために、左右脚に興奮伝導障害が発生しても心電図に顕著な変化が現われず、したがって、現状では有蹄類の脚ブロックに対して心電図検査は有力とはいえない。

3) WPW 症候群

発生頻度はあまり高くないが、比較的多くの動物種にみられ、しかもその特徴的な波形としてよりも、致死的な頻脈性不整脈の誘発原因となるために、臨床的に重要であるとされているWPW症候群について若干述べてみたい。

正常な心臓では心房と心室が興奮性を有す組織で連絡されるのは、房室伝導系にかぎられているのに対し、WPW症候群では、房室輪を越えて連絡する副伝導路が存在しているものである。現在ではこれに亜型を含めて早期興奮症候群と呼ばれることが多い¹⁹⁾。この症候群の原因となる3本の副伝導路としては、図3に示すような3種のものが判明している。

症例ではこれらが別々に存在することもあれば、2本以上の組み合わせで存在する場合もありうる。さらに、同じ1本の副伝導路であっても、ここを通過する興奮の通りやすさは一様ではなく、心電図波形のみで診断することの難しさを物語っている。この副伝導路が関与して頻拍を招くには、副伝導路がリエントリー回路の一部を形成したことによる場合と、高頻度の心房興奮、例えば心房細動を心室にまで伝導してしまう場合がある。副伝導路が存在しなければ心房細動の巡回している興奮の何割かは房室結節の部位で途絶してしまい、心室にまで伝導されて頻拍を引き起こすことはない⁶¹⁾。

動物にみられたWPW症候群では、頻拍発作を観察記録した報告はなく、特異な波形の記載がほとんどである。また、臨床的な検査という点において心電図記録を行う機会には、ウシ、ウマよりもイヌの方が多くに思われ

イヌは心内膜側近辺のみに特殊心筋が分布しており、そこから固有心筋に興奮を伝播させている。したがって、興奮の伝播は心内膜側から心外膜側へ向い、心外膜側に置かれた電極からは上向きの棘波が記録される。一方、ヤギでは壁内至るところに特殊心筋が分布しているから、興奮伝播に一定の方向性を持たない。したがって、心外膜側に置かれた電極からは一定の方向を持つ棘波は記録されない。

図2 イヌとヤギの心室遊離壁内の特殊心筋の分布

図 3 早期興奮症候群における副伝導路の模式図

るにもかかわらず⁴⁸⁾、むしろ、ウシやウマに WPW 症候群が発見されやすい傾向にある³⁰⁾。有蹄類であるウシやウマに WPW 症候群が多いとすれば、同じ有蹄類であるブタやヤギにも WPW 症候群が発見される可能性が高いのではなかろうか。

2. 異 常 心 電 図 の 診 断

ヒトの心電図を基準にしてみると、動物の心電図にはずいぶん異なる点がみられる。例えば、P波については、ウマの安静時には二峰性で僧帽性P波と呼ばれる波形であることが多いが²⁰⁾、わずかに緊張状態になるだけで正常な単峰性に変化すること、イヌの肺循環障害時に肺性P波をみかけることが決して多くはないこと、QRS群については、生後左右心室の遊離壁の厚さが変化していく過程で、有蹄類の場合には一定の波形変化を伴わないこと⁵²⁾、また自律神経の活動状態と関連してT波が変化し、ウマでは生理的な状態で逆転まで起きることなどがあげられる。

胸腔内における心臓の位置に動物種差のみられることが報告されている⁵³⁾が、同じ動物種の中でも何らかの原因によって心臓の位置に異常のある個体では、心電図にもそれなりの変化を伴うことも知られている³⁹⁾。このように多様な異常心電図をP波、QRS群、ST・T波に分けて述べる。

1) P 波 の 異 常

心房筋の障害は不整脈との関連としてとらえられる³⁴⁾、³⁵⁾ことが多いようである。これに対して、心房筋の障害とP波の関係については、動物では臨床診断的な意義がはっきりしていないようであるが、実験的には心房梗塞時などの波形についての報告がある¹¹⁾。

いっぽう、波形の特徴から肺性P波、僧帽性P波とよ

ばれる異常心電図は臨床的にはそれぞれ肺循環障害、左房室弁障害の存在と関連づけられることが多い¹⁵⁾。しかし、典型的な肺動脈栓塞を呈するイヌのフィリア症において出現するP波の異常は、肺性P波にかぎらず僧帽性P波を呈するものも多い。また、ウマの二峰性P波の原因は左右心房間の生理的な伝導遅延にあるとの考え方がある²⁰⁾。広瀬らは、イヌを用いて肺循環および左右の心房を対象とした実験を行い、病変とP波の異常との対応関係について検討した結果、心房の房間部がP波の持続時間形成に深い関わりを持つことは示唆されたものの、病変とP波の異常との間に一義的な対応関係が認められなかったことを報告している²⁷⁾。

2) QRS 群 の 異 常

ここでは、心室肥大に由来するQRS群波形の変化について述べることにする。心電図によるイヌの心室肥大の診断は、すでに多く報告されているこれらの正常値と比較することによって十分可能である。すなわち、イヌでは小暮³⁷⁾や、HILLら²⁴⁾のほかにも、胸部X線と対比しながら心電図による心室肥大の判定基準を定めた報告が数多くある¹⁵⁾。その判定基準は、肢誘導心電図から求めた平均電気軸およびQRS群持続時間が正常範囲内にあるかどうか、胸部単極誘導心電図において、R波とQまたはS波のバランスが正常範囲にあるかどうか、などにもとづいて設定されている⁵³⁾。

いっぽう、ネコについてはTILLEY⁵³⁾が心電図、心音図および、ベクトル心電図の解析をもとに、ネコの心室興奮伝播過程がイヌのそれに類似していると結論しているが、ネコの場合、心電図所見と胸部X線所見などによる心臓の形態情報とが一致しないことが臨床診断の場では珍しくない。心電図による心室肥大の診断は直接的なものではないから、必ずしも一致するとはかぎらないが、イヌの場合と比べて一致する度合いが低いようにみられる。このことは、心電図による心室肥大の判定基準を設定するにあたって、ネコでは、その正常範囲をイヌよりも広くしなければならないことを意味している^{28, 63)}。

有蹄類の心電図による心室肥大の診断については、とくにウシ、ウマの場合、それに対応させるX線や超音波診断法を含めて方法自体にもまだ問題が残されており、満足できる状態ではない。心奇形由来の心室肥大があるウシの心電図記録を行った内野⁵⁹⁾は、心電図のみによる確定診断は難しいと述べている。さらに、競走馬ではトレーニングによって心室肥大が発生することが報告されているが⁴⁰⁾、一方ではトレーニングを積んだ競走馬でベクトル心電図上に変化を認めなかったとの報告もある²²⁾。脚ブロックのところでも述べたが、有蹄類の心室遊離壁内には特殊心筋が広く分布しているという点で、ヒトやイヌとは心形態面の相違があり、この違いは機能面の相違に関係しているという考え方がある^{13, 17, 18, 43, 50,}

57). この点は図2で示したこともあるが、有蹄類のQRS群の波形パターンに意義を持たせることは一般的とはいえず、現に診断に結びつける解析も行われてはいない。しかし、イヌの左右心室遊離壁の容積比における変化にみられるようなQRS群の波形の変化はみとめられないにしても、ヤギでも成長にともなうQRS群持続時間の延長はみられる^{7,52)}。このことは、心室の興奮伝播速度は変わらないと仮定するならば、興奮がいきわたる距離が増したことを意味している。

では、このQRS群持続時間の延長は心室肥大の診断に結びつく指標となりうるのであろうか。

有蹄類のQRS群波形の生成について一連の研究を進めているHAMLINら²¹⁾によれば、有蹄類のQRS群生成に最も寄与するのは特殊心筋の分布が少ない心室中隔の興奮であり、心尖部から心基部に向かう興奮伝播によってQRS群が形成される。この考え方にしたがって有蹄類のQRS群持続時間の延長を理解するならば、心室中隔において心尖部から心基部までの距離が拡大したにすぎず、QRS群持続時間の延長がみとめられても、必ずしも心室の肥大があるとはいえないのではなかろうか。

以上のことから、有蹄類においてはイヌ、ネコなどと同様の解析手段で心室肥大のような心室の形態異常に関する診断を心電図のみに頼ってくださることは無理があると考えられる。

3) ST・Tの異常

ST偏位、T波異常などは、ヒトの臨床ではそれぞれの変化が重要な意味を持っている。しかし、動物ではいわゆる虚血性心疾患は現状ではほとんど臨床対象とはなっていないが、これはヒトの冠血管に好発する粥状動脈硬化がブタなど一部の動物を除いて一般に発症しにくいことによる²⁹⁾。それゆえ、動物では心電図の波形上にST偏位をみとめても、原因を含め、病態ないし予後の判定をくだすには慎重でなければならない。

これは次の実験からもいえるのではなかろうか。つまり、イヌを用い、左冠状動脈の分枝である前下行枝または中隔枝動脈をそれぞれ結紮して、経時的に心電図と左心室の収縮特性を追跡した。その結果、『急性期には類似の反応がみられるものの慢性経過をたどった場合には、中隔枝動脈結紮の例でのみ収縮機能関係のパラメータに回復がみられなかった。』という報告である³⁹⁾。

T波は心室筋の再分極過程を表現し、心室筋細胞活動電位の第3相と密接な関連を有する。

一般に、T波の異常は増高ないし尖鋭化、平低化、陰性化あるいは二相性、二峰性および冠性T波といった波形の変化として観察される。その成因は、心筋活動電位の再分極過程そのものが異常になる結果生じる一次性変化と、脱分極過程に変化が生じた結果起こる二次性変化とに大別される⁶²⁾。動物における異常T波の臨床的意義は

ほとんど知られていないが、T波の変化に自律神経の働きが関与していることが報告されている^{31,32,44)}。

おわりに、獣医臨床で心電図の異常を解析するにあたって、不整脈に関しては、有蹄類の脚ブロックを除けば、医学における心電図学的理論にもとづいた診断が可能であるが、異常心電図の診断にあたっては、動物種による心機能、自律神経機能や循環動態を考慮に入れ、心電図以外の検査成績を含めて判断する必要があることを述べた。なお、心電図の診断的意義を高めるために、心電図以外の検査法、たとえば、心臓構造物の形態と動きを捉える超音波診断、あるいは生化学検査などの所見と心電図の異常を対比する試みが必要であると思われる。

引用文献

- 1) ALEXANDER, J. W., BOLTON, G. R. and KOSLOW, G. L.: *J. Am. Anim. Hosp. Ass.*, 11, 160~166 (1975).
- 2) ALFREDSON, B. V. and SYKES, J. F.: *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.*, 43, 580~584 (1940).
- 3) 天田明男, 千田哲生: 日競研報, 2, 9~27 (1964).
- 4) AMADA, A. and KURITA, H.: *Exp. Rep. Equine Hlth. Lab.*, 15, 47~61 (1978).
- 5) 天田明男: 不整脈, 家畜の心疾患, 澤崎 坦監修, 275~332, 文永堂出版, 東京 (1984).
- 6) ANSELM, A., MONTES, O. and ALVAREZ, M.: *Am. Heart J.*, 61, 387~394 (1961).
- 7) BARNES, L. L., DAVIS, G. K. and McCAY, C. M.: *Cornell Vet.*, 28, 16~22 (1938).
- 8) BOLTON, G. R. and ETTINGER, S. J.: *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 160, 1104~1119 (1972).
- 9) BUCHANAN, J. W.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 127, 224~238 (1965).
- 10) CLARK, D. R.: *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 171, 98~106 (1977).
- 11) CUSHING, E. H., FEIL, H., STANTON, E. J., et al.: *Brit. Heart J.*, 4, 17~34 (1972).
- 12) DEEM, D. A. and FREGIN, G. F.: *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 180, 261~265 (1982).
- 13) DURER, D. and VAN DER TWEEL, L. H.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 65, 289~299 (1957).
- 14) ERICKSON, R. V., SCHER, A. M. and BECKER, R. A.: *Circulation Res.*, 5, 5~10 (1957).
- 15) ETTINGER, S. J. and SUTER, P. F.: *Electrocardiography, Canine Cardiology*, ETTINGER, S. J. and SUTER, P. F. ed., 102~169, W. B. Saunders Company, Philadelphia (1970).
- 16) FERRER, M. I.: *Pre-excitation including the Wolff-Parkinson-White and other related syndrome*, Futura Publishing Co., New York (1976).
- 17) HAMLIN, R. L. and SCHER, A. M.: *Am. J. Physiol.*, 200, 223~228 (1961).
- 18) HAMLIN, R. L., SMETZER, D. L. and SMITH, C. R.: *Am. J. vet. Res.*, 24, 792~802 (1963).

- 19) HAMLIN, R. L. and SMITH, C. R.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 127, 195~203 (1965).
- 20) HAMLIN, R. L., HIMES, J. A., GUTTRIDGE, H., et al.: *Am. J. vet. Res.*, 31, 1027~1031 (1970).
- 21) HAMLIN, R. L., GLOWER, D. D. and PIMMEL, R. L.: *Am. J. Vet. Res.*, 45, 938~941 (1984).
- 22) HANAK, J.: *Acta. vet. Brno.*, 51, 69~73 (1982).
- 23) 橋場邦武: 心電図異常と刺激伝導系, 刺激伝導系, 佐野豊美編, 医学書院, 211~234, 東京 (1974).
- 24) HILL, J. D.: *Am. Heart J.*, 75, 518~527 (1968).
- 25) 広瀬 昶, 鈴木 明, 澤崎 坦: 日獣誌, 37, 65~73 (1975).
- 26) 広瀬 昶, 松井寛二: 家畜の心電図, 8, 16~21 (1975).
- 27) 広瀬 昶, 松井寛二, 澤崎 坦: 日獣誌, 38, 289~297 (1976).
- 28) 広瀬 昶, 山本龍生, 宮川幸子, ほか: 家畜の心電図, 12, 8~12 (1979).
- 29) 広瀬 昶: その他の心疾患, 家畜の心疾患, 澤崎坦監修, 449~455, 文永堂出版, 東京 (1984).
- 30) 広瀬 昶, 澤崎 坦: 動物における WPW 症候群, 内科MOOK 早期興奮症候群, 渡部良夫編, 233~240, 金原出版, 東京 (1984).
- 31) HUH, M. D., HIROSE, H., SUGANO, S., et al.: *Jap. J. Vet. Sci.*, 48, 137~144 (1986).
- 32) 許 敏道, 広瀬 昶, 菅野 茂: 動物の循環器, 19, 97~102 (1986).
- 33) JOSEPHSON, M. E., SPIELMAN, S., R. GREENSPAN, A. M., et al.: *Am. J. Cardiol.*, 44, 623~631 (1979).
- 34) KIRYU, K., KANEKO, M. and SATOH, H.: *Jap. J. Vet. Sci.*, 39, 425~436 (1977).
- 35) KIRYU, K., KANEKO, M. and SATOH, H.: *Ibid.*, 40, 131~140 (1978).
- 36) 小林園仁, 松沢秀治, 宮坂次郎, ほか: 家畜の心電図, 12, 20~30 (1979).
- 37) 小暮一雄: 家畜の心電図, 12, 31~44 (1979).
- 38) 小室 仁, 広瀬 昶, 菅野 茂: 家畜の心電図, 15, 38~46 (1982).
- 39) KOUNTZ, W. B., PRINZMETAL, M., PEARSON, E. F., et al.: *Am. Heart J.*, 10, 605~613 (1935).
- 40) KUBO, K., SENTA, T. and SUGIMOTO, O.: *Exp. Rep. Eq. Hlth. Lab.*, 11, 87~93 (1974).
- 41) KUWAHARA, M., HUH, M. D., HIROSE, H., et al.: *Jpn. J. Vet. Sci.*, 48, 703~709 (1986).
- 42) 松井寛二, 広瀬 昶, 澤崎 坦: 日畜会報, 47, 725~732 (1976).
- 43) MATSUI, K., HIROSE, H., KUWAHARA, A., et al.: *Jap. J. Vet. Sci.*, 39, 343~345 (1977).
- 44) MATSUI, K., SUGANO, S. and AMADA, A.: *Jap. J. Vet. Sci.*, 48, 305~312 (1986).
- 45) 南 三郎, 津村 敏, 佐々木博一, ほか: 家畜の心電図, 14, 32~40 (1981).
- 46) MOE, G. K. and ABILDSKOV, J. A.: *Am. Heart J.*, 58, 59~70 (1959).
- 47) MOORE, E. N., BOINEAU, J. P. and PATTERSON, D. F.: *Circulation*, 44, 678~687 (1971).
- 48) PATTERSON, D. F., DETWEILER, D. K., HUBBEN, K., et al.: *Am. J. Vet. Res.*, 22, 355~369 (1961).
- 49) PRUITT, R. D.: *Circulation Res.*, 10, 593~597 (1962).
- 50) SAWAZAKI, H., HIROSE, H., MATSUI, K., et al.: *Jap. J. Vet. Sci.*, 38, 235~240 (1976).
- 51) 澤崎 坦: 比較心臓学, 朝倉書店, 東京 (1980).
- 52) 須藤有二, 菅野 茂, 森 祐司, ほか: 実験動物, 28, 381~391 (1979).
- 53) TILLEY, L. P.: *Essentials of Canine and Feline Electrocardiography*, Lea & Febiger, Philadelphia (1985).
- 54) Too, K.: *Jap. J. Vet. Res.*, 8, 29~34 (1960).
- 55) 戸尾祺明彦: 家畜の心電図, 3, 13~18 (1970).
- 56) 戸尾祺明彦, 新山雅美, 片桐 祐, ほか: 北獣会誌, 17, 5~15 (1973).
- 57) TRUEX, R. C. and SMYTHE, M. Q.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 127, 19~33. (1965).
- 58) 内野富弥, 三谷節生, 木沢千佳子, ほか: 家畜の心電図, 12, 13~19 (1979).
- 59) 内野富弥: 大動物心疾患の診断, 家畜の心疾患, 澤崎 坦監修, 132~231, 文永堂出版, 東京 (1984).
- 60) VERRIER, R. L. and HAGESTAD, E. L.: *Neural mechanism in cardiac arrhythmias, Mechanisms and treatment of cardiac arrhythmias; Relevance of basic studies to clinical management*, REISER, H. J. and HOROWITZ, L. N. eds., 39~56, Urban & Schwarzenberg, Baltimore (1983).
- 61) 渡部良夫: 不整脈—その電気生理と臨床, 文光堂, 東京 (1975).
- 62) 渡部良夫, 西村昌雄: 呼吸と循環, 27, 247~255 (1979).
- 63) 若尾義人: 日獣会誌, 40, 3~8 (1987).
- 64) WEGRIA, R. and WIGGERS, C. J.: *Am. J. Physiol.*, 131, 104~118 (1940).
- 65) 米倉清次, 萩尾光美, 村上隆之, ほか: 家畜の心電図, 16, 31~36 (1983).