

6 海外の馬最新情報

軽種馬育成調教センター 技術普及課長 小林 光紀

超音波検査法は、1980年代から、馬の運動器疾患に使用されており、近年ではMRIなどの高度医療もウマに応用されつつあります。しかし、超音波検査法は今でも運動器疾患の主要な検査方法としてレントゲン検査と並んで一般的に使用されています。また、この10年間で超音波検査機器は劇的に改良され小型化が進み、運動器疾患の診断に多くの獣医師が使用するようになりました。今回は、主に腱や靭帯の超音波検査の際に参考としていただくために2009年度のアメリカ馬臨床獣医学会で報告された超音波検査の基礎的なテクニックについての文献を紹介します。

筋骨格系画像の質を向上させるための超音波検査テクニック

“Review of Ultrasonographic Techniques to Improve Musculoskeletal Image Quality” M.B. Whitcomb, American Association of Equine Practitioners Proceedings, 2009, Vol.55, P431-437

1. 一般的な超音波検査のテクニックエラー

1) 機器のセッティング、ゲイン、深度および焦点領域

過度のゲインは明るい画像をもたらす、不十分なゲインは暗い画像となります。不適当なゲインはエラーとしては一般的ではなくなりつつありますが、それはまだ発生が認められています。過度または不十分なゲインは、著しく出力不足かまたは過度に出力されたレントゲン写真と同様と考えられます。損傷は不適当なゲイン調節により簡単に過小にも過大にも評価されてしまいます。ほとんどすべての超音波機器には、適切な輝度の画像を描写するように調整するためのゲインコントロールがあります。

また、過度の走査深度は、損傷を誤診させることがあります。走査深度が深くなるに従って、組織は画面上ではより小さく見えます。組織がより小さくなるので、小さい損傷を検出する能力は低下します。一般的に馬の四肢骨格筋の診断には4~5cmの走査深度が適切です。大型馬の中手骨/中足骨領域での繋靭帯の評価には6~7cmの走査深度が必要とされます。焦点領域を移動させる能力は、ほとんどすべての機器に搭載されています。焦点領域の範囲は、超音波画像の側面に隣接した小三角形の位置により決定されます。

骨格筋画像のための事前調節では、ほとんどが自動的に焦点領域を近位に設定しています。骨格筋像のほとんどにこの設定は適切ですが、より深い組織を検査する時には変更が必要です。最も一般的な焦点領域に関するエラーは、繋靭帯の評価において組織を適切に明視化するために焦点領域を遠位に移動させなければならない時に発生します(図1)。繋靭帯の評価において、近位に不適当な焦点領域があると、容易に損傷と間違える低エコー

を出現させてしまいます。

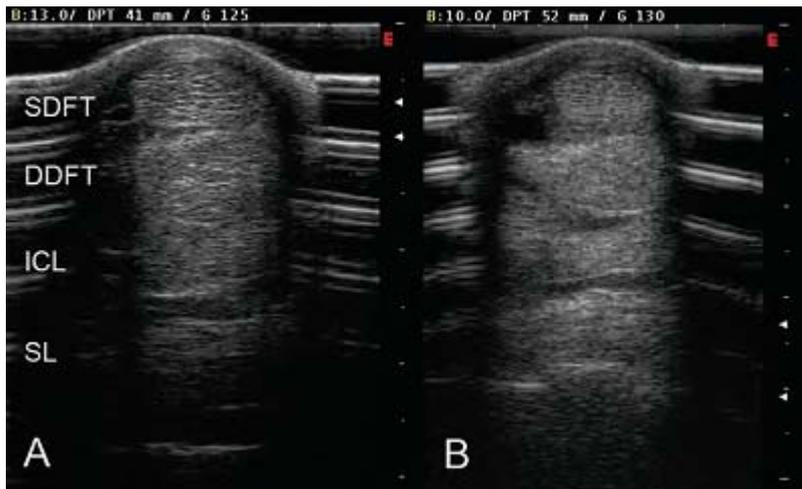


図 1. 繋靭帯を評価するために不適当な (A) 適当な (B) 機器の設定での中手骨近位部の超音波横断画像を示します。A では、焦点領域 (画像右の 2 つの小三角形) は近位にあります。これは、浅屈腱の評価に適切ですが、繋靭帯の診断には適していません。B では、焦点領域は遠位に移動し、繋靭帯の画像は向上しています。さらに、プローブ周波数は繋靭帯を最大限映し出すために、13 から 10MHz に減少しています。(SDFT、浅指屈筋腱、DDFT; 深指屈筋腱、ICL; 支持靭帯。)

2) プローブ位置

すべてのプローブには左右、近位に対して遠位などを示す表示が付いています。プローブの上の印は、小さな光、隆起した印、または小さな点など様々な形があります。検査中にこの表示が示す方向は、超音波画像上の表示に対応しています。例えば中手骨部のスキャン中にプローブの表示が外側に位置している場合、超音波画面上の表示側は中手骨の外側面を示します。これは、損傷が疑われている領域が浅屈腱の外側部で見られるなら重要な指標となります。プローブは、この領域をより明視化するために、わずかに外側方向に移動させることができます。

プローブの適切な方向に関しては統一された意見は見当たりません。; しかし、アメリカでのトレーニングプログラムでは、横断面の検査ではプローブの表示を外側に、縦断像の検査では近位に、肢の内外側面の検査 (例えば繋靭帯脚部) では背側に保持するように教えています。一定の方向を普及させるために、著者は検査者がこの方式を採用するのを奨励しています。そして、このテクニックが使用されているか否かに関係なく、すべての検査者が一貫したプローブの方向で全ての検査で行うべきです。これにより、検査者は超音波画面を観察するだけで、より早期にエラーを修正することができます。このような動作は、ルーチンにほとんど自動的に行われるようになるでしょう。

3) 骨格筋検査のためのプローブ保持

プローブのコントロールは、横断像では図 2A、縦断像では図 2B に示されるようにプローブを持つことにより最適となります。このポジションにより、ほとんどの骨格筋損傷の

評価のために必要な圧力、最大限のプローブ操作が生み出され、そして手首の負担を最小限にすることができます。人差し指と親指を伸ばしてスタンドオフ(キテコ)を安定させ、馬の肢に触れ、中指、薬指、小指でプローブを保持します。人差し指と親指は、プローブを安定させるために最も重要で、多彩な役割を持ちます。これは特に、簡単に逸脱してしまう組織(例えば、中手骨掌側部の縦断像)の損傷を検査するのに役立ちます。検査者はプローブにスタンドオフを引きつけないようにすべきです。

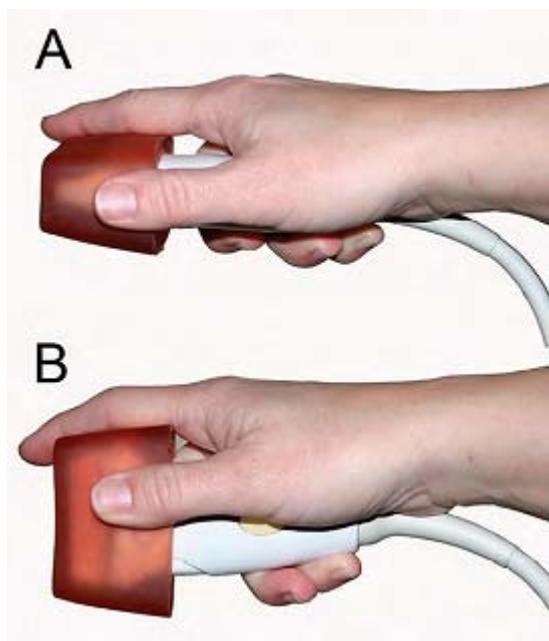


図.2. 主に屈腱部に使用されるリニア型高周波プローブの(A)横断面と(B)縦断面の画像の取得方法。プローブ上の手は、手首を楽な位置に保ち、必要な時には曲げたり伸ばしたりできるようにします。親指と人差し指は、スタンドオフを安定的に保持しますが、プローブの方向にスタンドオフを引き戻さないように保持します。伸ばした人差し指はプローブの安定性を向上するために検査の間、馬と接触し維持することができます。

4) プローブ操作

熟練した検査者は、検査中に手首に余裕をもち、しなやかにしなければならないことを知っています。これは、しばしば、初心者と経験豊富な検査者の両方で理解することが難しい考えです。何人かの獣医師は手首が堅くなる傾向があり、できるだけ馬に押し込もうとしていることがあります。手首が硬いためにプローブを適切な角度に保持できないと、どんなに圧力を加えても良い診断画像は得られません。手首をしなやかにしつつ、検査に必要なプローブ圧を生み出すことは可能です。

2. 一般的なスキャンエラー

1) 検査の不適切な角度「off-beam (ビームの消失)」

ほとんどの検査者が、横断面の診断のためにプローブは腱や靭帯に対して正確に垂直に保持されなければならないことを理解しています。組織の全長をスキャンしている間、この方向を維持するのは難しい場合があります。これは新しい部位や難しい部位を評価するときに発生します。ほとんどが診断の開始時に起こり、わずかに「off-beam」が出現しま

すが(図 3A)、画像が向上するだろうと推測し、検査を継続したくなります。しかし、部分的な「off-beam」が認められた場合、検査角度を修正するために検査の継続を一時中断すべきです(図 3B)。エラーが修正された後も、必要ないつでも修正のために検査を一時中止しながら検査を続けることができます。部分的な「off-beam」画像は、損傷を間違える原因となるばかりでなく、存在しない損傷を出現させることがあります。

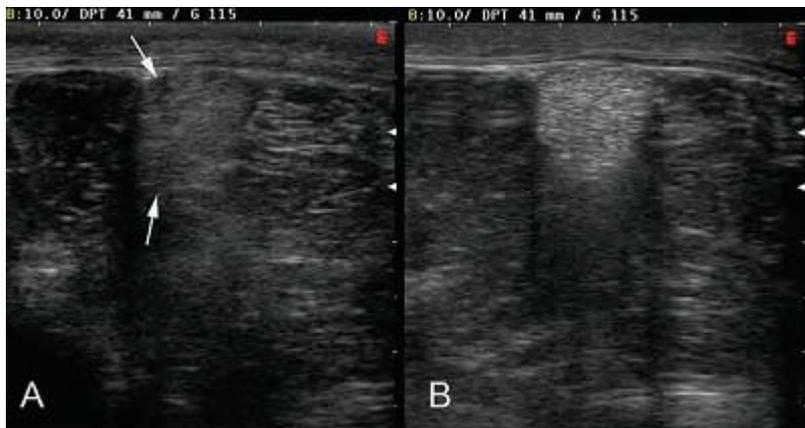


図 3. 損傷のない馬の中間膝蓋靭帯の横断像。(A)プローブが靭帯に対し、完全に垂直な状態でない時に部分的に「オフビーム」画像が作成される例。この画像が検査者によって診断されるなら、低エコー領域(矢印)は損傷に間違えられるかもしれません。(B)プローブが中間膝蓋靭帯に正確に垂直に当てられている時、輝度が均等な超音波画像が得られます。低エコー領域がもう見えていないのに注意しましょう。

2) 画像のセンタリング

検査対象の組織は、検査中は超音波画像の中央に位置させるべきです。一般的なエラーでは、検査の開始時には組織は画像の中央にあります。だんだんと端に移動してきます(図 4)。組織の一部が画面から外れてしまうと、内側や外側の病巣を見逃すかもしれません。画像を画面の中央にする技術は、画像のどこにでも焦点を合わせるためにプローブを移動できるようになり、その結果、走査技術を向上させます。

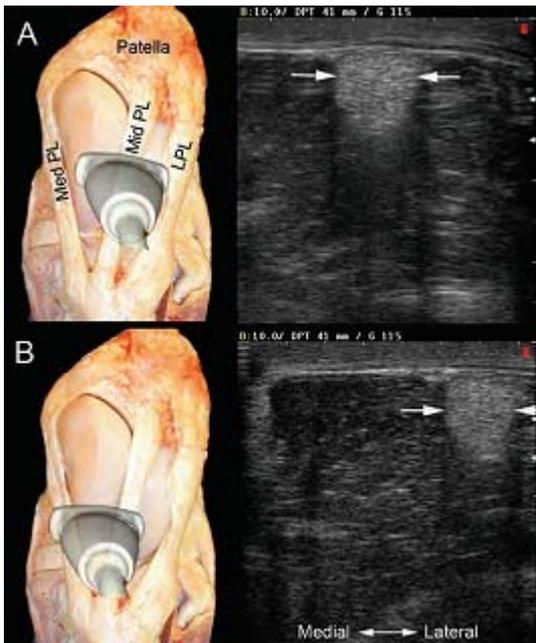


図 4. (A) 中間膝蓋靭帯(矢印)が中央に写っている適切なプローブの位置。(B) 遠位部でも検査が続けられる場合、プローブが中央からずれてしまうことは一般的に起こります。このエラーでは靭帯(矢印)は映し出されますが、徐々に画像の端に移動します。検査が靭帯の付着部に向かって続けられ、プローブの位置が修正されないと画面上から完全にずれてしまうかもしれません。この場合、組織に向かって横にプローブを滑らせると(この場合は外側)、組織を中心にとらえることができます。(PL; 中間膝蓋靭帯, PL; 内側膝蓋靭帯, LPL; 外側膝蓋靭帯)

3) 不十分なプローブへの圧

縦断像での腱線維の正確な評価のためにプローブは腱や靭帯に対して平行にしなければなりません。腱または靭帯からプローブの距離が超音波画像の両端で等しい場合、線維パターンは最も良く映し出されます(図 5)。過大な(または過小な)圧力がプローブの片端に加えられると、目的とする組織は超音波画像の上縁に対して、「上り坂」か「下り坂」に向かって見えます。検査者は正確な画像のためにプローブの位置を良く考える必要があります。もし、超音波画像の上縁から腱/靭帯までの距離が左側(または画像の遠位部)で長いなら、画像は図 6A に示されるように見えます。これは、プローブの遠位部分の圧力を増加することによって修正されます。反対の例では(図 6B)、修正にはプローブの近位部に圧力を加えることが必要となります。

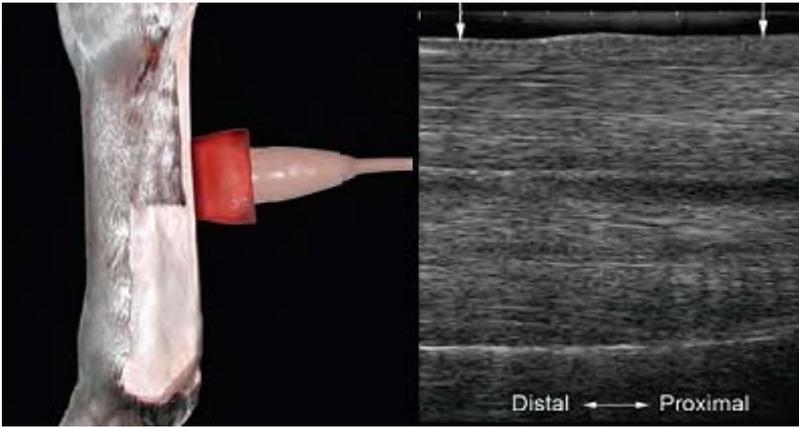


図 5. 腱線維パターンが最も良く見える屈腱部の適切なプローブ位置。
 屈腱の線維が平行であるのに注目してください。これは、プローブから屈腱部までの距離（矢印）が等しく、プローブの近位から遠位にかかる圧力が適当な結果です。

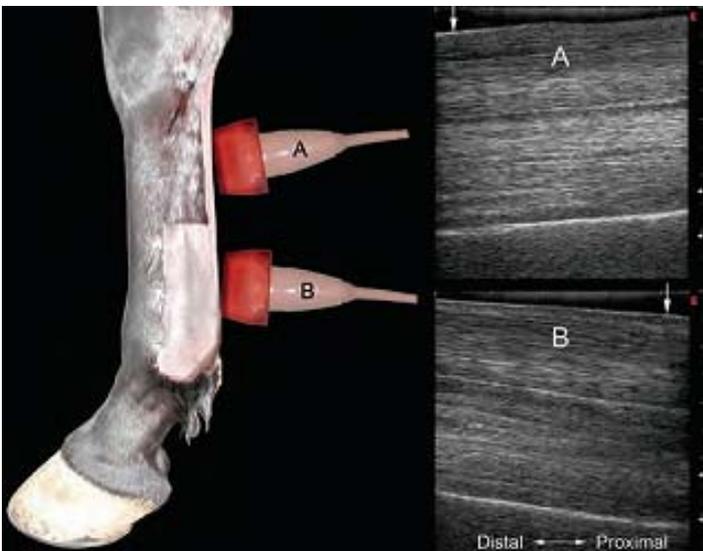


図 6. 不適当な近位から遠位へのプローブ圧とその超音波画像。
 (A) プローブの遠位部の圧が十分でない場合。これは超音波画像において、超音波画像の上縁から浅屈腱線維への距離の増加が認められます。プローブは近位方向に傾くため、プローブの遠位端の圧力を増加することによりこのアーチファクトを修正できます。(B) 正反対の場合、プローブの近位端の圧力を増加することにより、画像を修正して線維パターンのより良い評価を可能にするでしょう。

4) プローブのねじれ

これはプローブが腱または靭帯の縦軸に沿っていないときに発生する一般的なエラーです。それは超音波画像の横幅に完全には達していない線維によって認識されます(図 7A)。線維の一部が認められるため、検査者は画像の質が適切であると間違って解釈してしまい、このエラーにより異常な線維パターンを見つけられなくなるかもしれません。このエラーはまず画面上にその存在を認めることができれば、腱線維を超音波画像の幅に完全に達するまでわずかにプローブをねじることで容易に修正できます(図 7B)。もし、プローブが間違った方向にねじれると、組織は横断像の様相を呈し始めるでしょう。ねじれが発生して

いる時は、プローブを腱や靭帯の中央に保持するために安定した保定が必要となります。もしこのテクニックを各検査の間に少しずつ練習すれば、容易にマスターすることができます。

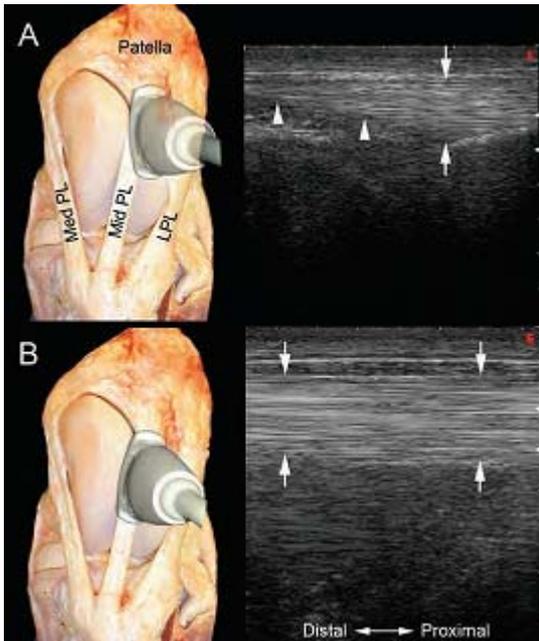


図 7 中間膝蓋靭帯の縦軸に沿った(A)不正な、(B)正しいプローブの方向。A では、プローブは靭帯の直線的な方向からわずかにねじれています。この場合、超音波画像(矢印)に示すように、線維が部分的にしか示されない不適當な像となります。線維が画像の横方向に完全に広がるまでプローブをねじることによって、容易にこれを修正することができます。B では、プローブは靭帯の縦軸に沿って正しく向けられています。これは線維が画面の全幅に達している診断画像を得ることができます。(Mid PL;中間膝蓋靭帯, Med PL;内側膝蓋靭帯, LPL;外側膝蓋靭帯。)

5) 組織からの逸脱

組織からの逸脱は通常、縦断像の検査中に発生します。ほとんどは中手骨掌側部、中足骨底側、繫靭帯脚部、膝蓋靭帯の検査中に起こります。中手または中足の掌側(底側)を評価する時、縦断像のプローブ操作は比較的簡単です。しかし、特に親指と人差し指が馬に接触していないと逸脱は良く発生します。馬のこの部位ではプローブを復位させることは他の部位と異なり簡単です。繫靭帯脚は肢の内外側から容易に見ることができ(図 8A)、緊張した構造をしています。したがって、プローブは脚部の両側面に容易に逸脱します(図 8.B・C)。プローブが背側にスライドすると、球節関節包、第3中手骨、または腓骨の画像が映し出されます。プローブが掌側にスライドすると、肢の腱鞘部や脈管構造が映し出されるでしょう。このような場合、検査者は肢からプローブを外して脚部の再検査を試みるよりは、繫靭帯脚部の画像が再度得られるまで、プローブを単に背側や掌側にスライドさせてみるべきです。膝関節の中間膝蓋靭帯を評価する時も同様の原則が適用されます。これもまた緊張した構造ですが、両側に軟性の膝蓋下脂肪があります。このように、プローブが靭帯の両側面にすべるとは良くあり、その結果、脂肪の画像が得られることとなります。これを修正するために、検査者は靭帯の画像を再び映し出すためにプローブを内側か

外側にスライドさせる必要があります。また、これらの靭帯からわざと逸脱した後にプローブを適切にスライドさせ、診断画像を再生するためのテクニックを練習することができます。これは、直接馬を見ずに超音波画面を見ながら練習するべきです。

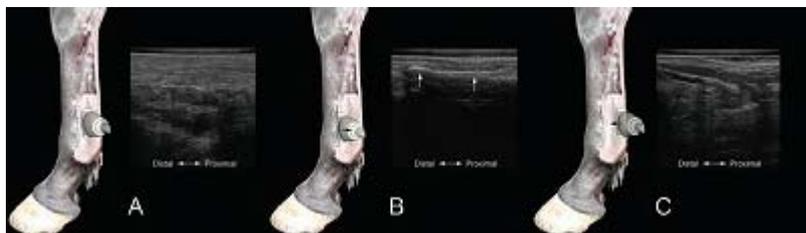


図 8 (A) 繋靭帯内側および外側脚の縦断像を診断するための適切なプローブの位置。(B) プローブは繋靭帯脚部の背側に滑り落ちて、第 4 中手骨(白矢印)の超音波画像を映しています。第 4 中手骨は繋靭帯脚部にきわめて近接しているために、靭帯脚部の診断画像を得るためプローブを掌側(黒矢印)にスライドさせる必要があることを示す目印として使用することができます。(C) プローブは繋靭帯脚部の掌側に滑り落ち、肢の腱鞘部の脈管構造が描かれます。これは繋靭帯脚部像を再び映し出すために背側にスライドさせる必要があるのを知る目印となります。