

競走馬の神経系と神経疾患 その1

獣医病理専門医 獣医学博士 吉原 豊彦

今号では、生体の情報伝達システムとして重要な役割を果たしている馬の神経系の構造と機能を中心に解説します。

神経系は精巧な情報伝達システム

動物の体は無数の細胞から構成され、それらがそれぞれ特有の機能を持って集まり、各種組織や器官を形成しています。それら固有の働きを持っている組織や器官が、秩序を持って機能するための情報伝達システムとして神経系および内分泌系があります。これら2つのシステムは、共に生体の一部から他の部位に情報を伝える役割を果たしていますが、その手法は大きく異なっています。すなわち、神経系は主に電気的な神経インパルスを介して迅速に情報を伝達するのに対し、内分泌系は導管を持たない腺組織から分泌される化学物質（ホルモン）を血流中に放出し、体循環を通じて他の組織や器官に情報を伝達するという比較的ゆっくりした方法によります。生体のこれら情報伝達システムは、個別の生体機能を調節や統合しながら、健康な状態を維持する役割を担っているというわけです。今回はそのうちの神経系について説明します。

神経系は中枢神経系と末梢神経系に区分

神経系は、脳、脊髄のみならず、身体の隅々まで支配している神経、眼や耳、鼻や皮膚などにある感覚器官などからできています。その構造をみると、大きく中枢神経系および末梢神経系に区分されます。脳と脊髄は身体の中心部に位置し、きわめて重要な役割を果たしていることから中枢神経系とよばれます。一方、身体の外表面部や末梢の部分に支配する神経を末梢神経系とよんでいます。

中枢神経系を構成している脳と脊髄のうち、脳は頭蓋腔内に納まっており、丈夫な頭蓋骨で守られています。脊髄は脊柱管内に存在し、脊柱に取り囲まれて保護されています。さらに、脳と脊髄は、髄膜とよばれる丈夫な保護膜に覆われています。

末梢神経系は、身体の自律性あるいは不随意機能（心臓の拍動、胃腸の蠕動、腺組織からの化学物質の分泌など）を調節する自律神経系と、意思によって随意に機能する体性神経に分かれます。両者を見極めるのは意思により動くかどうかで区別することができます。

自律神経系は、心臓の機能亢進や消化管の運動など、意思とは無関係に働き、循環器、呼吸器、泌尿生殖器および感覚器などの組織や器官を制御する神経系の一部として広く全身に分布しています。自律神経系は、さらに交感神経系と副交感神経系という2つの神経に分けられます（図1）自律神経系は、体内外の環境に関する情報を受けて、体内の代謝を制御します。その過程を促進するのは主に交感神経系で、逆にその過程を抑制するのは主として副交感神経系が使われます。多くの臓器は、交感神経系あるいは副交感神経系のいずれかによって制御されます。一方、1つの臓器が両方の神経系により拮抗する作用によって制御されている場合もあり、両神経系が協調して働くことで、生体は様々な状況に対して適切に反応することを可能にしています。

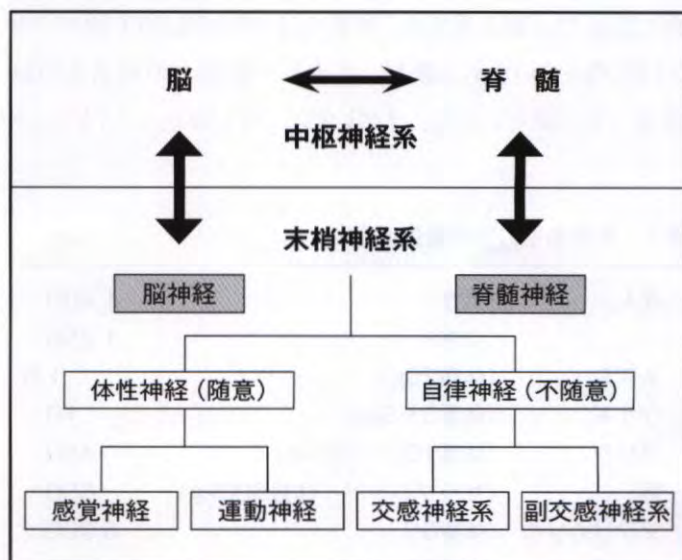


図1 神経系の区分

自律神経系の情報伝達には、アセチルコリンとノルアドレナリンという2種類の神経伝達物質が利用されています。アセチルコリンを分泌する神経線維はコリン作動性線維とよばれ、ノルアドレナリンを分泌する線維はアドレナリン作動性線維とよばれます。通常、アセチルコリンは副交感作用（抑制作用）、ノルアドレナリンは交感作用（刺激作用）を示します。

体性神経は、自律神経系とは逆に意思に従って自由に動くことができる神経です。これはさらに、運動神経と感覚神経に分けられます。運動神経は、神経系の中枢に起きた興奮を末梢に伝える遠心性の神経です。これに対して、感覚神経は、感覚器の興奮を中枢に伝える求心性神経であり、脳神経と脊髄から起こって各感覚器に神経枝を出している脊髄神経とがあります。脳神経は、脳から直接出ている末梢神経の総称で、嗅神経、視神経、動眼神経、滑車神経、三叉神経、外転神経、顔面神経、内耳神経、舌咽神経、迷走神経、副神経および舌下神経の12対あります。これに対し、脊髄から出ている末梢神経は脊髄神経とよばれ、馬では、頸神経（8対）、胸神経（18対）、腰神経（5対）、仙骨神経（5対）、尾骨神経（1対）に区分され、全部で37対あります。

脳と脊髄の詳しい構造

脳の形態を解剖学的に説明する前に、脳の重さについて少し説明します。一般に脳の重量は、動物の種類により異なり、身体が大きく体重が重くなれば、当然脳の重量も重くなります。馬の脳の重量は雌雄に差がなく約650gで、体重の重いクジラやゾウの脳の重量は、人のそれよりもはるかに重く、逆に身体の小なハツカネズミは当然軽くなります。成人の脳の重量は、男女に差がみられ、男性の方が重く約1,400g、女性は約1,250gで、脳の重さは、男性のほうが女性より十数パーセント重くなっています（表1）。しかし、歴史上の有名人の脳重量（夏目漱石1,425g、ナポレオン三世1,500g、アインシュタ

表1 各種動物の脳の重量 (g)

| | | |
|--------|------------------|-------|
| 成人 | (男性) | 1,400 |
| | (女性) | 1,250 |
| ネズミ | (体重20g) | 1.5 |
| ウサギ | (体重3~5kg) | 10 |
| ゴリラ | (体重100~150kg) | 450 |
| 馬 | (サラブレッド：体重500kg) | 650 |
| アフリカゾウ | (体重6t) | 5,000 |
| クジラ | (体重25t) | 9,000 |

イン1,230g) をみても様々で、脳の重量と知能とは関連がなく、脳が重いからと言って優れた知能を持っているわけではないと考えられています。

脳はさらに細かく見てみると、大脳、間脳（視床、視床下部）、小脳、脳幹（中脳、橋、延髄）に大きく区分されます。脳の表面を観察すると複雑な隆起、しわや溝が多数あります。脳にしわを形成することにより大脳皮質の表面積を増大させています。以下、脳のそれぞれの区分について詳しく解説します。

1. 大脳

大脳の外表面には隆起と“みぞ”があり、隆起した部分は脳回とよばれ、“みぞ”は脳溝とよばれます。最深の溝は裂とよばれ、大脳縦裂は大脳を左右に半分にして大脳半球を形成しています。左右の大脳半球は深い溝によって分けられますが、脳の成長とともに脳回や脳溝は無造作に出来るのではなく、左右の大脳半球はほぼ対称であり、多少の個体差はあってもその深さや曲がり方は決まっています。深い脳溝は、脳の前方外側から後方まで走行するシルビウス裂と頭頂部中央で背側端からシルビウス裂まで走る中心溝です。そして、大脳半球は部位により前頭葉、頭頂葉、側頭葉および後頭葉に分割されますが、頭頂葉と後頭葉の境界は明瞭ではありません（図2）。なお、左右の大脳半球は脳梁で連結されています。

大脳の断面は、灰白質と白質に区別されます。灰白質は主に神経細胞の細胞体が集まった部分であり、肉眼的に灰

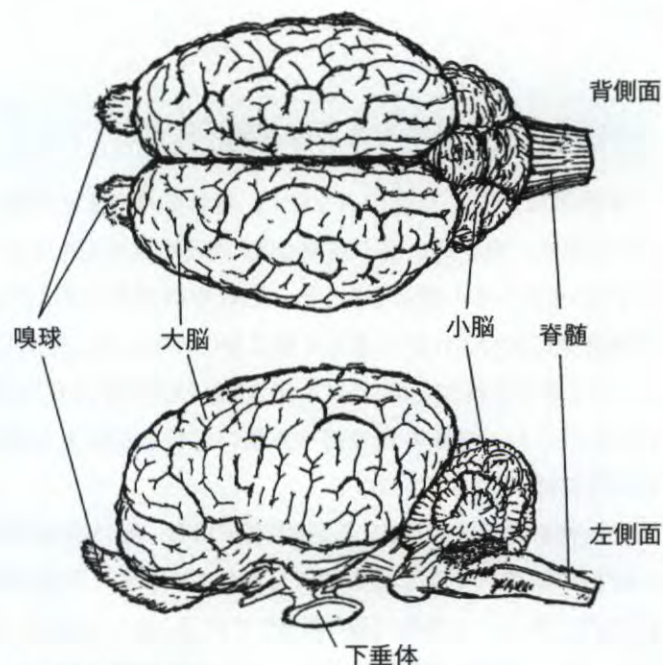


図2 馬の脳の外観

部位により前頭葉、頭頂葉、側頭葉および後頭葉に分割されます。

色がかった白色であることに起因します。一方、白質は神経線維の集まった部分で白く見えることに基づいています。大脳の灰白質の部分は脳皮質ともよばれます。

2. 間脳

間脳は視床と視床下部からなっています（図3）。これらの部位は大き的にはさほど大きくありませんが、生命維持に対する役割からすると非常に重要な脳部位の1つと言えます。すなわち、心臓の拍動、血管の収縮と拡張、胃や腸管の収縮などに関わっています。

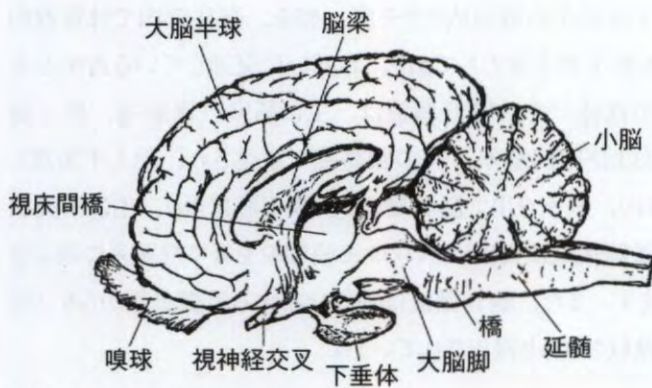


図3 馬の脳の正中断面

3. 小脳

小脳は大脳の後頭葉の下部に位置しています。小脳はその表層を灰白質が覆っており、白質が内部の大半を占めています。小脳の機能は、分かりやすくいうと、協調運動を円滑に行うこと、体の平衡を保つこと、正常な姿勢を維持することです。したがって、小脳機能に障害が起きると細かな動作ができなくなります。

4. 脳幹

脳幹は中脳、橋および延髄で構成されています。白質とそこに散在する少量の灰白質からなっています。脳幹では両方向性の伝導路として働き、感覚性神経線維は脊髄からのインパルスを上行性に脳に伝え、運動性の神経線維は脳からのインパルスを下方の脊髄に送ります。また、脳幹には多数の重要な中枢が存在しています。さらに、延髄には生命中枢と総称される心臓、呼吸および血管運動の中枢があり、心拍数、呼吸数並びに血管の太さの調節（血圧の制御）を行っています。

5. 脊髄

脊髄は白色の細長い円柱状をしており、脊柱の中を走行し、下方は脊髄円錐となって腰椎で終わっています。上方は延髄に連なり、上方から頸髄、胸髄、腰髄、仙髄および尾髄に区分されます（図4）。

脊髄の前面には縦走する深い溝からなる前正中裂が、後面には浅い後正中溝があり、これらの溝の少し外側にある溝から脊髄神経の前根および後根が入り出しています。脊髄の内部にはH文字型の灰白質があり、その周囲を白質が包んでいます。中央には細い中心管があり、脳室に連なっています。

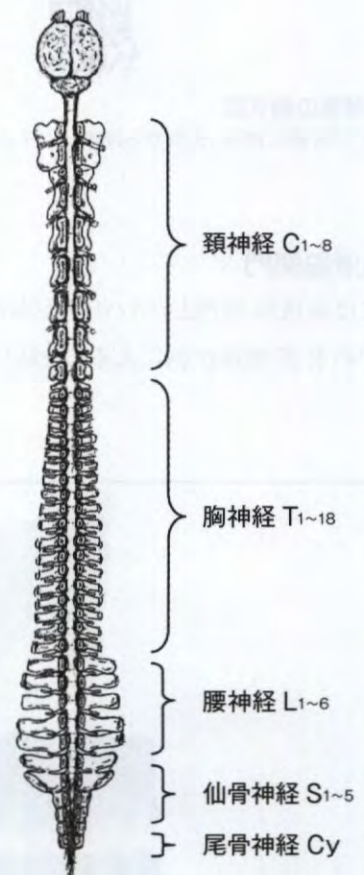


図4 馬の脊髄の背面図

脳と脊髄に備わっている構造と機能

1. 髄膜

脳と脊髄は共に3層の膜からなる組織で覆われ、保護されています。最内側にある層は、軟膜とよばれる薄い膜で、脳と脊髄に密着しています。中間にはクモ膜とよばれるクモの巣状の層があります。クモ膜と軟膜の間のスペースはクモ膜下腔とよばれ、脳脊髄液で満たされています。脳脊髄液は、髄膜の間を流れて脳の表面を流れ、脳の内部にある4つの脳室を満たし、急激な振動や外傷から脳を保護します。最外側は

丈夫な層で、硬膜とよばれます（図5）。脳と髄膜は、丈夫な骨の保護体である頭蓋の中に収容されています。

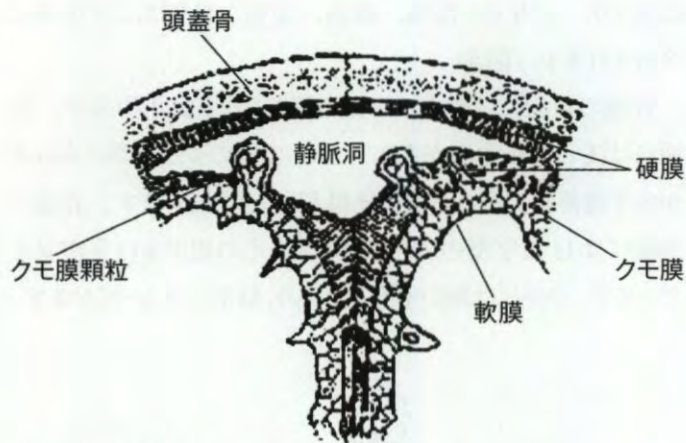


図5 髄膜の模式図

脳および脊髄は髄膜（外側から硬膜、クモ膜、軟膜）で保護されています。

2. 血液脳関門

脳には血液脳関門というバリアがあります。このバリアは、血液中の有害物質が脳に入るのを防いで脳を保護していま

す。脳は身体他の部分と異なり、毛細血管の壁を形成している細胞間がぴったりと閉じていて、これが関門の役割を果たしています。ただし、血液脳関門は脳室周囲器官には存在しません。これはその組織がホルモンなどの物質を分泌し、全身に運ぶ必要があるためです。

3. 脳室と脳脊髄液

脳室は左右の大脳半球にそれぞれ側脳室があり、間脳には第三脳室があって、延髄には第四脳室があります。左右の第三脳室の間は室間孔により、第三脳室と第四脳室の間は中脳水道でそれぞれ連絡しています。脳脊髄液は、頭蓋内では前述の脳室内とクモ膜下腔を、脊柱管内では脊髄のクモ膜下腔を満たしており、お互いに交通している透明な水様の液体です。脳脊髄液は、主に脳室（側脳室、第三脳室および第四脳室）内の脈絡叢で産生され、絶えず循環しており、脳室を出て脳表層のクモ膜下腔に至り、主に上矢状静脈洞領域に突出しているクモ膜顆粒を経て静脈系に吸収されます。また、脳脊髄液は脳に分布する毛細血管からも一部は吸収されると報告されています。