الجهاز العصبي ..

هو مركز التنسيق الأساسي للجسم وجهاز استلام وتقوية الرسائل الصادرة والواردة ، فهو يكيّف فعاليات الفرد بالنسبة إلى محيطه ويحفظ تكامل الجسم. إن أهم الخصائص المُميزة للنسيج العصبي هي :

١- الأستثارية Irritability ، أو قدرة البروتوبلازم الموروثة على التعامل مع المنبهات أو المثيرات .
٢- التوصيلية Conductivity ، وهي القدرة على نقل الطاقة التي يطلقها المنبه من موضع إلى آخر دون تغيير ملموس في النسيج الناقل .

الجهاز العصبي هو آلية الاستقبال، التوصيل والتنسيق، وهو الجهاز الخاص بالوجود الواعي كما أنه يحفظ وحدة الشخصية . للجهاز العصبي مكونان رئيسان هما :

١- الجهاز العصبي المركزي Central nervous system ،الذي يتألف من الدماغ والحبل ألشوكي .
٢- الجهاز العصبي المحيطي Peripheral nervous system ، الذي يضم جميع الأعصاب والعقد العصبية .

يتألف كلاً من الجهازين من سلاسل متواصلة من خلايا تدعى ألياف عصبية Nerve fibers أو خلايا عصبية Neurons ، التي هي وحدات تركيبية ووظيفية للجهاز العصبي .

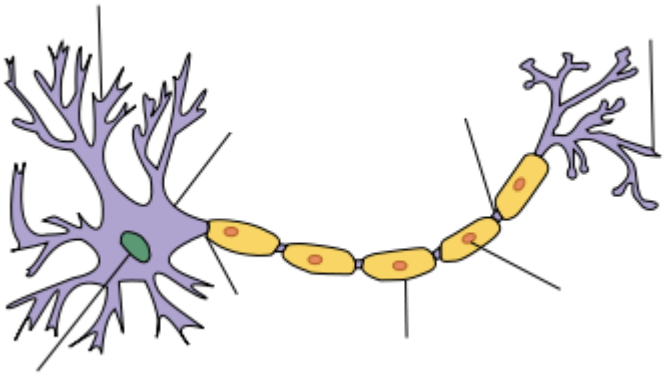
للخلايا العصبية جسم خلية ذو نواة و سايتوبلازم ونوعان من الزوائد السايتوبلازمية هي الزوائد الشجرية Dendrites والمحاور Axons . قد تكون الخلايا العصبية تبعاً لشكلها ، أُحادية القطب Unipolar أو أُحادية قطب كاذبة Pseudo – Unipolar ولها زائدة واحدة فقط تتصل بجسم الخلية. وثنائية القطب Bipolar ، وتوجد عادة في أعضاء الحواس بزائدة شجرية واحدة ومحور واحد. (الخلايا أحادية القطب الكاذبة هي خلايا ثنائية القطب من الناحية الجنينية والوظيفية) . للخلايا العصبية متعددة الأقطاب Multipolar عدة زوائد شجرية ومحور واحد طويل عادةً .

الزوائد الشجرية هي امتدادات سايتوبلازمية من جسم الخلية تقوم بنقل الأيعازات باتجاه جسم الخلية . وللخلية العصبية محور واحد فقط يتفرع إلى عدة فروع قبل أن ينتهي بالتشعبات الكثيرة الشبيهة بالجذور وهي التفرعات الطرفية Telodendria . تحمل المحاور الايعازات بعيداً عن جسم الخلية وتنتهي على مسافات متباينة منها. يغطى كثير من محاور الجهاز العصبي المُحيطي بغمد من النخاعين ألدهني الأبيض وتعرف بالألياف النخاعينية Myelinated fibers ، بينما تسمى تلك التي تفتقد للنخاعين ألياف لانخاعينية Non-Myelinated .

تغطى جميع الألياف العصبية المحيطية ، النخاعينية منها واللانخاعينية ، بجُليد زجاجي قوي يدعى غمد الغشاء العصبيSheath وتكون التفرعات الطرفية فقط عارية. ينقطع النخاعين حول الألياف العصبية المحيطية عند فواصل معينة في تخصرات دائرية هي عقد رانفير Nodes of Ranvier حيث يغطس غمد الغشاء العصبي ويصبح بتماس تقريباً مع الأسطوانة المحورية Axis cylinder أو المحور. لقد حورت النهايات الحرة للتفرعات الشجرية للجهاز العصبي المحيطي إلى نهايات مستلمة أو مستقبلات Receptors تقوم بترجمة المنبهات إلى ايعازات عصبية، وتنتقل هذه عبر سلاسل من الخلايا العصبية أو الناقلات Transmitters تنتهي بأعضاء مستجيبة Effective organs أو أعضاء استجابة Organs of response .

والمستقبلات هي آلية حسية Sensory mechanism . فالأعصاب الموصلة إلى الأعضاء المستجيبة تحمل ايعازات حركية Motor impulse . العصب Nerve هو حزمة من الألياف العصبية في الجهاز العصبي المركزي حُزيمة Fasciculus أو مسار ليفي Fiber tract. ويعرف تجمع أجسام الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المحيطي بالعقدة العصبية Ganglion ، وعندما توجد هذه التجمعات في الجهاز العصبي المركزي يطلق عليها أسم النواة Nucleus. وتتلامس الألياف العصبية عند الوصلة Synapse حيث تنتقل الفروع الطرفية لليف والايعازات إلى الزوائد الشجرية لخلية عصبية أُخرى في السلسلة .

تنقل الايعازات العصبية من المستقبلات على امتداد الألياف العصبية الحسّية أو الواردة باتجاه الدماغ والحبل ألشوكي عبر الأعصاب القحفية Cranial nerves والأعصاب الشوكية Spinal nerves على التوالي. توجد أجسام الخلايا للألياف العصبية الحسّية عادةً خارج الجهاز العصبي المركزي في العقد القحفية والشوكية .



الحبل ألشوكي هو أنبوب يمتد من الدماغ نحو الخلف ، يتألف من مادة بيضاء White matter في الخارج ومادة سنجابية Gray matter في المركز. وينتج اللون الأبيض من غمد النخاعين الذي يغطي الألياف العصبية ، بينما يعزى اللون السنجابي إلى الألياف اللانخاعينية ، وأجسام الخلايا تشغل قناة مركزية Central canal وسط الحبل .

عند كُل فسحة بين فقرية يستلم الحبل زوجاً من الجذور الحسّية Sensory roots أو أعصاباً واردة على السطح الظهري ، وزوجاً من الجذور الحركية Motor roots أو أعصاباً صادرة تبرز على السطح ألبطني . وتقع أجسام الخلايا العصبية للجذور الحسّية في العقد الشوكية الكبيرة ، بينما تقع أجسام خلايا الجذور الحركية ضمن الحبل ألشوكي . وعندما تتقارب الجذور الظهرية والبطنية معاً جانبياً تتكون الأعصاب الشوكية المختلطة ذات الألياف الحسّية والحركية معاً.

ينتقل المنبه في الفعل الانعكاسي البسيط من العضو المستقبل عبر الألياف الحسّية الواردة للجذر الظهري، وتعمل هذه الألياف الحسّية الواردة ارتباطا وصلياً مع الخلايا العصبية الداخلية Interneural neurons' في العمود الظهري للمادة السنجابية .

يتألف الإيعاز العصبي من وابل من مثيرات عبر ألياف العصب وتنتشر بفاعلية وبدون تشتت عادةً مُتبعة قانون الكُل أو العدم All – or – none low ، ويعني هذا أن الإيعاز العصبي ينتقل في العصب نفسه وتحت الظروف نفسها وبالسرعة ذاتها، أو لا ينتقل إطلاقاً . يبلغ تردد هذه المثيرات ما بين ٢٠٠ و ٤٠٠ في الثانية في الأعصاب المنبهة تجريبياً وبصورة مباشرة، وبين ٢٥ و ٦٠ عندما تنبه المستقبلات. وهذا التردد خاص بالألياف الحسّية .

تنقل الألياف الحركية الإيعاز بتردد من ١٠ – ٩٠ إيعاز في الثانية الواحدة. إن سرعة الإيعاز العصبي (النبضة العصبية Neural pulse) عبر عصب ما تكون ثابتة ويزداد التردد تبعاً لشدة المنبه فقط. أن سرعة الايعازات العصبية أكبر من الألياف العصبية الكبيرة ، فهي تتراوح في أعصاب اللبائن من نصف إلى ١٠٠ متر في الثانية .

النمو :

عند التكوين الجنيني لجسم الفقريات، تتجسد جميع مواد الجهاز العصبي الذي سيتكون في المستقبل في الصفيحة العصبية، وهي تثخن طلائي جزءه الأمامي أعرض من جزءه الخلفي، ويقع على سطح الخط الوسطي الظهري. ترتفع حافتا الصفيحة العصبية لتُشكل الأخدود العصبي وعندما تتقارب حافتا الأخدود من بعضهما عند الخط الوسطي الظهري تلتحمان لتُشكلا الأنبوب العصبي، وفي نفس الوقت الذي يتكون فيه الأنبوب العصبي تتقارب حافتا البشرة الواقعة إلى جانب الصفيحة العصبية وتلتحم فوق الأنبوب العصبي وتبقى كتلة من الخلايا على كُل جانب من جانبي خط التحام الأديم الظاهر العصبي مع الأديم الظاهر للسطح العام، هي العرف العصبي Neural crest خارج الأنبوب العصبي. وقبل أن ينسد الأنبوب العصبي كُلياً يتوسع طرفه الأمامي ويبدأ بإظهار حويصلات الدماغ الأولية Primary brain vesicles ، أما بقية الأنبوب فتظل دقيقة وتكون الحبل العصبي .

لا يظهر الأنبوب العصبي في البدء أي تنظيم تركيبي خاص لكن انقسامات الخلايا اللاحقة وحركتها وتمايزها تحوّل جداره إلى تركيب مميز مرئي في الجهاز العصبي المركزي. يتألف الأنبوب العصبي من :

١- صفيحة حسية Sensory plate ٢- صفيحة حركية Motor plate قاعيه بطنيه ، وكلا الصفيحتين تنقسمان بأخدود محدد Sulcus limitans . وبالرغم من الفروق العامة فأن للحبل ألشوكي والدماغ نفس المخطط التركيبي الأساس. يقسم تخصران النهاية الأمامية المنتفخة من الأنبوب العصبي إلى الأقسام الثلاثة الأولية للدماغ Encephalon وهي :

أ – الدماغ الأمامي Forebrain

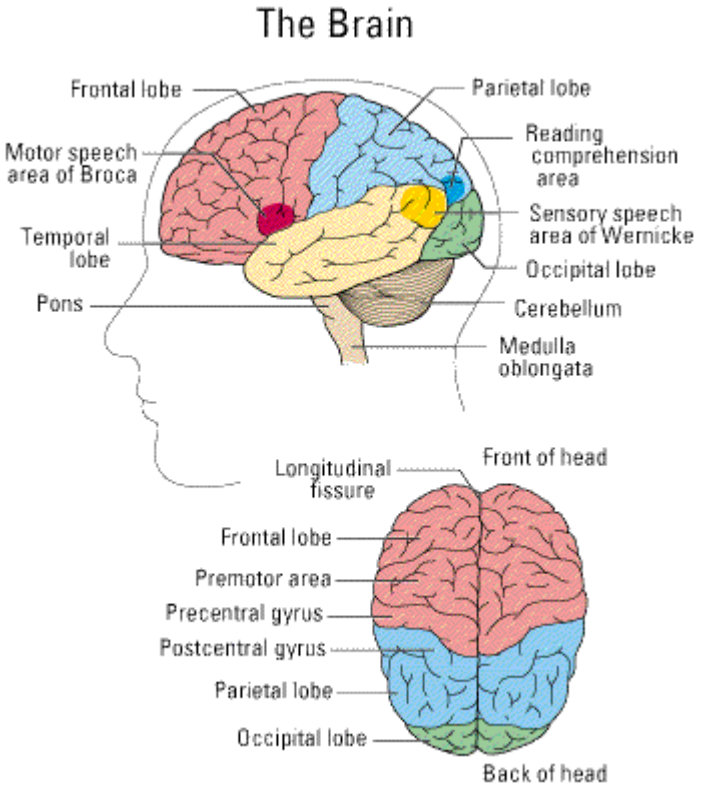
ب – الدماغ المتوسط Midbrain

ج – الدماغ الخلفي Hindbrain ويكون معيني الشكل .

أن هذه الأجزاء المُبكرة متميزة بصورة خاصة في أجنة الطيور .

يصبح الدماغ الأمامي مُقسماً خطياً إلى مقدم الدماغ Telencephalon وسرير الدماغ (الدماغ البيني) ويبقى الدماغ المتوسط غير مُجزء . يكوّن مقدم الدماغ الحويصلتين الجانبيتين اللتين تكوّنان نصفي كُرة المخ Cerebral hemispheres. كما يكوّن سرير الدماغ الحويصلتين البصريتين .

يكون الدماغ الخلفي ألبعدي (التالي) Metencephalon الذي يتمايز فيما بعد إلى المُخيخ Cerebellum والجسر Pons. بينما يكوّن الدماغ النخاعي Myelencephalon النخاع المستطيل Medulla oblongata. تكوّن الخلايا غير المتمايزة أو الأورمات العصبية زوائد وهي بدورها تتحول تدريجياً إلى خلايا عصبية، وعدد هذه الخلايا العصبية في أفراد كُل نوع ثابت نسبياً ولا تزداد بعد الحياة الجنينية المُتأخرة .



تكون الأورمات العصبية مبدئياً ثنائية القطب ولكن تنمو بعدئذ إحدى الزائدتين بالطول وهي المحور أكثر من الزوائد الأخرى. وقد يبقى المحور كُلياً ضمن الجهاز العصبي المركزي كما في الخلايا العصبية داخل العصيبة، أو قد تبرُز عند الحافة البطنية الجانبية للأنبوب

العصبي كأعصاب حركية صادرة. تكوّن هذه في الحبل ألشوكي الجذر ألبطني Ventral root، بينما تكوّن في الدماغ الجذور الحركية للأعصاب القحفية. وفي نفس الوقت يمتد العرف العصبي الواقع بين الأنبوب العصبي والقطع العضلية على طول الحبل ألشوكي إلى مستوى الدماغ . ويتضخم عند كُل قطعة أديميه متوسطة ليتخذ مظهراً سبحياً. تختفي القطع المستدقة بين الأنتفاخات المُتعاقبة وتتجمع أشرطة من خلايا العرف العصبي لتكون العقد ألشوكية المُقبلة. إن العقد المتكونة في منطقة الدماغ الخلفي لا تترتب تعقيلياً . تصبح الأورمات العصبية ثنائية القطب، وتمتد الزائدتان خطياً بزوايا قائمة على محور الحبل أحدها باتجاهه والأُخرى مبتعدة عنه. تنمو الزوائد في حُزم متوازية لتؤلف الجذور الظهرية .

تخترق المحاور الأنبوب العصبي وتكوّن التفرعات الشجرية الجزء المُحيطي من عصب الجذر الظهري. يجتمع الجذران الظهري والبطني ليكوّنا العصب ألشوكي. وفي منطقة الدماغ تبرز الأعصاب القحفية أما كجذور بطنية أو ظهرية. تحوي العقد ألشوكية أجسام الخلايا العصبية الحسيّة، وتكون الأورمات العصبية الحسية عند البدء ثنائية القطب ولكن القطبين ينموان بأتجاه أحدهما الآخر حتى يصبحان في حالة تلامس فعلي وتؤدي هذه العملية إلى تكوين الخلية العصبية أُحادية القطب الكاذبة .

تُهاجر بعض الأورمات العصبية من العرف العصبي إلى أسفل الجذور الظهرية لتستقر في مجاميع مزدوجة على الجهة الظهرية الجانبية للأبهر. توّلد الكتل المزدوجة للأورمات العصبية المرتبة تعقيلياً سلسلة جانبية من العقد الودّية على طول الأبهر الظهري كما تنشأ عقداً أخرى من العرف العصبي تُعرف بالعقدة الجانبية Collateral أو قبل الفقرية Prevertebral ganglia .

أن جميع العقد العصبية عدا العقدة الشوكية والقحفية تُحفز الجهاز العصبي الذاتي. تتمايز الأورمات العصبية في العقد الذاتية إلى خلايا عصبية متعددة الأقطاب. وفي الأسماك تكون الخلايا العصبية في العقد العصبية وحيدة القطب ومتعددة. وفي البرمائيات تكون الأغلبية أُحادية القطب وتعمل كُل خلية في عُقدة عصبية إرتباطاً وصلياً مع محور الخلية التي تستقر في الجهاز العصبي المركزي .

التشريح المُقارن للجهاز العصبي المركزي

الدماغ :

الدماغ هو المركز الرئيسي لارتباطات الحس والحركة. فالطيور مثلاً بعيونها الكبيرة الحادة لها دماغ خُصص أساساً للتنسيق ونقل الإيعازات البصرية. للحيوانات الكفوءة الحركة من اتجاه في الفضاء مخيخ كبير، أما الخاملة منها فلها مخيخ صغير عادةً .

يغطى كل من الدماغ والحبل الشوكي بالسحايا Meninges التي تسندها وتحفظها وتزودها بالدم.

لقد بقي الجهاز العصبي المركزي تركيباً مجوفاً، إذ يتكون من مادة بيضاء مؤلفة من ألياف نخاعينية ليس لها غشاء عصبي ، ومادة سنجابية مؤلفة من تجمعات أجسام الخلايا العصبية أو النوى، ألياف لا نخاعينية، أوعية دموية ونسيج ساند. تكون المادة البيضاء في النخاع الشوكي في الخارج والمادة السنجابية في الداخل بينما تتداخل المادتان في الدماغ .

أما في المخ والمخيخ تكون المادة البيضاء في الداخل والمادة السنجابية في الخارج مشيرة إلى أن الألياف النخاعينية هي في الداخل ، وليس هناك حدود منظورة بين النخاع المستطيل والحبل الشوكي ولكن يحدد الفصل أمام العصب الشوكي الأول تماماً .

للنخاع المستطيل جدران سميكة وسقف غشائي رقيق تتدلى منه الضفيرة المشيمية الخلفية الكبيرة إلى البطين الرابع العريض. تمر جميع الألياف التي تربط بين النخاع الشوكي والدماغ عبر النخاع المستطيل. تحوي جدران النخاع المستطيل مراكز الأعصاب القحفية الخامس والعاشر في دائرية الفم والأسماك والبرمائيات، الخامس والثاني عشر في السلويات. ينظم النخاع المستطيل جميع الأفعال الأنعكاسية الحيوية اللاإرادية .

تعبر جميع الإيعازات التي تدخل الحبل الشوكي وتنتقل إلى الدماغ من جانب إلى آخر بواسطة خلايا عصبية مقرنة Commissural neurons وبهذه الطريقة تتكامل فعاليات جانبيّ الجسم، وفي النخاع المستطيل تتصالب الألياف أو تعبر إلى الجهة الأخرى . إن الضرر الذي يحدث للدماغ في إحدى جهتيه يتسبب في ضرر الجانب الأخر من الجسم .

الرميح :

الدماغ:- عبارة عن حوصلة صغيرة تقع في النهاية الأمامية للأنبوب العصبي، لا تتضخم إلى أجزاء منفصلة ويكون الدماغ في المقطع العرضي مُثلثاً ذا قاعدة عريضة وسقف ضيق ويشبه الأنبوب العصبي لأجنة الفقريات المبكرة .

دائرية الفم :

يشبه الدماغ الصغير دماغ الأسماك والبرمائيات التي تكون أكثر بدائية. يكون النخاع المستطيل جزء من الدماغ أكبر منه في الأسماك . لقد قصرت الأجزاء الأمامية من الدماغ وقد يعزى ذلك لوجود الممص الفمي الكبير المستدير .

للدماغ الأمامي حويصلتان جانبيتان تنقسم كل منها إلى البصلة الشمية أماماً والفص الشمي خلفاً. يكون الدماغ المتوسط وهو المركز البصري الرئيسي أصغر منه في الأسماك وله تركيبان صنوبريان شبيهان بالعين الصغيرة . المخيخ أثري ويعلو الجزء المستمر من فص الخط الجانبي الذي يقع وراءه تماما .

الأسماك :

لقد فرض المحيط المائي على الأسماك ظروفاً لم تتغير إلا قليلاً مع الزمن وفي مثل هذا الوسط يكون الجهاز العصبي قد فصل إلى مستويات إنعكاس reflex plane وكل جهاز انعكاس يتعامل مع بعض الاستجابات لبيئته. للأسماك ميكانيكية شمية وذوقية جيدتا التكوين وأعضاء سمعية خاصة وأخرى تخص الخط الجانبي . وفي الأنواع التي تقطن المياه الضحلة الطينية تكونت مراكز ذوقية وشمية كما اصبح المخيخ صغيراً، أما الأنواع التي تسبح برشاقة فيكون لها مراكز ذوقية شمية صغيرة ومخيخ جيد النمو كما في الطيور. وفي الأسماك التي تعتمد على البصر أكثر من الشم تكون فصوصها البصرية جيدة التكوين كما في البرمائيات والزواحف والطيور. الدماغ تركيب ضيق مستطيل ومجوف يمكن تجزئته بسهولة إلى مكوناته ويصاغ شكله بالارتباطات الخاصة التي يعملها مع اعضاء الحواس. تحوي جدران الدماغ مراكز الأعصاب والسبل المتعلقة بالأعصاب القحفية واعضاء الحواس .

ترتبط البصلتان الشميتان بالدماغ الأمامي بواسطة السبيلين الشميين ، ويكوّن الفصان الشميان معظم الدماغ الأمامي. المِهاد قطعة ضيقة تربط الدماغ الأمامي بالدماغ المتوسط وله توسع بطني جيد التكوين يدعى تحت المِهاد .

ينتهي السبيلان البصريان بالفصين البصريين للدماغ المتوسط . المخيخ جيد النمو جداً إذ يسيطر على التوازن وانبعاث الايعازات العصبية المحركة لتنسيق حركة العضلات الهيكلية. يكون حجم النخاع المستطيل كبير ويمتلك فصّان حائران Vagal lobes وهما مركزان للتذوق يوجدان في أدمغة الفقريات الأرقى. تنتقل الاحساسات الذوقية بعد وصولها تحت المِهاد أماماً الى الفصين الشميين. والفصان الأخيران هما مراكز إرتباط الشم ولكنهما يعنيان أيضاً بالتذوق وبدء الحركات البصرية والغطائية (للتنفس) والتغذية .

ينسق الفصان البصريان التوجيه الحيزي وينسق المخيخ والجهاز الدهليزي التوازن ووظائف الإحساس الحركي للعضلات .

البرمائيات :

يرتبط نصفا كرة الدماغ الأمامي في الجهة الأمامية للبصيلتين الشميّتين. تكون البصلتان الشميتان في الذنبيات مستمرتين مع الدماغ الأمامي بينما تنفصلان في القافزات جزئياً بتخصر. يشبه الدماغ الأمامي للبرمائيات الدماغ الأمامي للأسماك فهو اساساً عضو لأستقبال الأيعازات الشميّة وناقل لها الى الأجهزة الحركية .

يعتبر الدماغ الامامي متقدما عنه في الأسماك. ففي الضفدع تكون له حويصلتان تشبهان آثار المخ ولكنهما لا تحويان نسيجاً عصبياً وترتبط الحويصلتان المخيتان الصغيرتين بمُلتقى مُخي .

الزواحف

دماغ الزواحف صغير، ضيّق وطويل، الدماغ الأمامي أكبر منه في البرمائيات ويرتبط بالبصلتين الشميتين ويكتنف مهاداً صغيراً. الجسم المخطط الكبير Corpus striatum أو العقد القاعدية Basal ganglia مظهر مميز لأدمغة الزواحف ويظهر أن هذا مركز إرتباط حسي – حركي، حيث تكون الارتباطات الواردة من الفصين البصريين والمهاد .

تكون الحويصلتان البصريتان للدماغ المتوسط أوضح جزء في الدماغ، وتختلف درجة نمو المُخيخ بأختلاف المجاميع. للنخاع المستطيل إنثناء بطني شبيه بمثيله في اللبائن .

الطيور

تكون ادمغة الطيور أكبر وأعرض وأقصر من ادمغة الزواحف، واهم تقدم فيها هو النمو العظيم للدماغ الامامي واختزال الفصين والبصلتين والعصبين الشميين. ويكون عرض نصفي كرة الدماغ الامامي أكبر من طولهما . يتألف الدماغ الأمامي من الفصين الشميين الأثريين والجسم

المخطط. للدماغ المتوسط فصان بصريان كبيران وللمخيخ جزء وسطي كثير التلافيف ومقسم إلى ثلاثة فصوص أمامي، وسطي وخلفي مع فص جانبي صغير على كُل جانب .

تُنجز الطيور حركة انتقالية واسعة جبارة تُنظَم من قِبل المُخيخ الكبير والكثير التلافيف. للنخاع المستطيل الواسع إنثناء جسري واضح. ولما كانت العينان أفضل أعضاء الحس نمواً، فإن أكبر أجزاء الدماغ هنا الجسم المخطط والفصان البصريان وكلاهما يسهُمان في التكامل البصري .

اللبائن

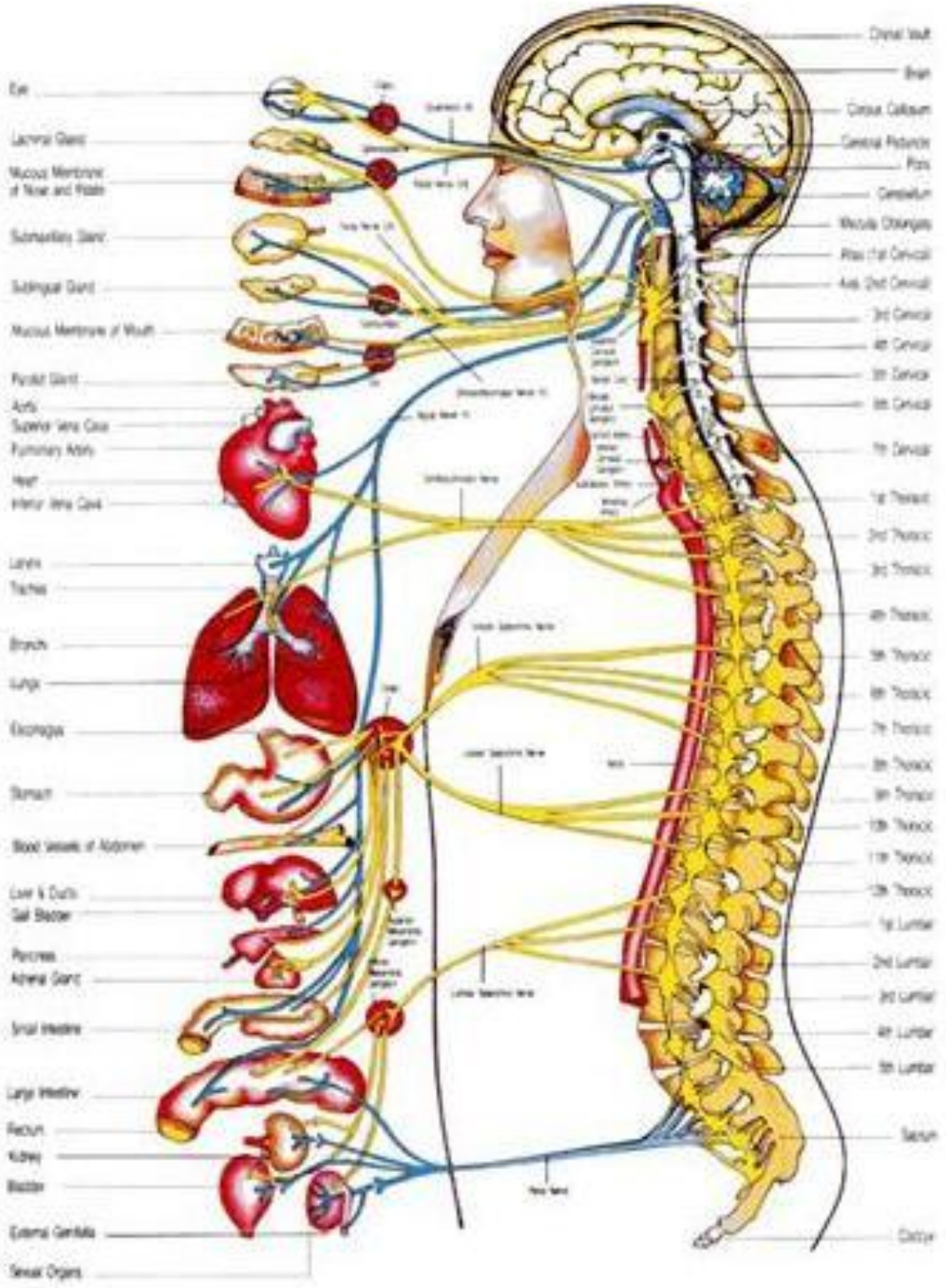
ترد الايعازات المستمرة البصرية، السمعية، الجلدية والحسية العميقة والايعازات الحركية الأرادية كلها إلى مخ اللبائن إذ تعاني تحويراً، تهذيباً وتحليلاً (ترجمة) .

إن أهم صفة مُميزة للدماغ هي حجم الدماغ الأمامي الكبير إذ يُقسم إلى الدماغ الشمي القديم والمُخ الجديد أو القشرة المخية، ينفصل المخ عن الدماغ الشمي بشق أنفي Rhinal fissure عميق. رغم أن البصلتين الشميتين والفصين الهرميين صغيرة نسبياً في بعض اللبائن إلا أنها كبيرة في أحادية المسلك والكيسيات التي لها حاسة شم جيدة التكوين . إن نصفي كرة المخ في أحادية المسلك أملس وله أخاديد ضحلة، أما في اللبائن الأرقى وخاصة في الرتبة المقدمة والحيتان فيكون مخدداً بأخاديد تتخللها حروف أو تلافيف. تسمى الطيات العميقة التي تشمل الجدار الكلي للقشرة ثُلم Incisures، ومع إن علماء التشريح العصبي وجدوا أن من الملائم تسمية كل أجزاء سطح الدماغ العديدة إلا أننا سنذكر هنا معلمين فقط هما شق سلفيوس Sylvian fissure والاخدود المركزي Central sulcus . ويوجد شق سلفيوس بين الفصين الجبهي والصدغي .

يتميز سرير المخ إلى تحت المهاد، المهاد وفوق المهاد. يختص تحت المهاد الذي يتصل بالفص الخلفي من الغدة النخامية بتكامل وظائف الجهاز العصبي الذاتي. يحوي المهاد مركزاً يُنشط بواسطته جميع الجهاز العصبي الذاتي، ومع القشرة المخية يقوم بتنظيم مراكز تحت المِهاد . لحيوانات رتبة المقدمة أكبر قشرة مخية ولها أيضاً أكبر مهاد.

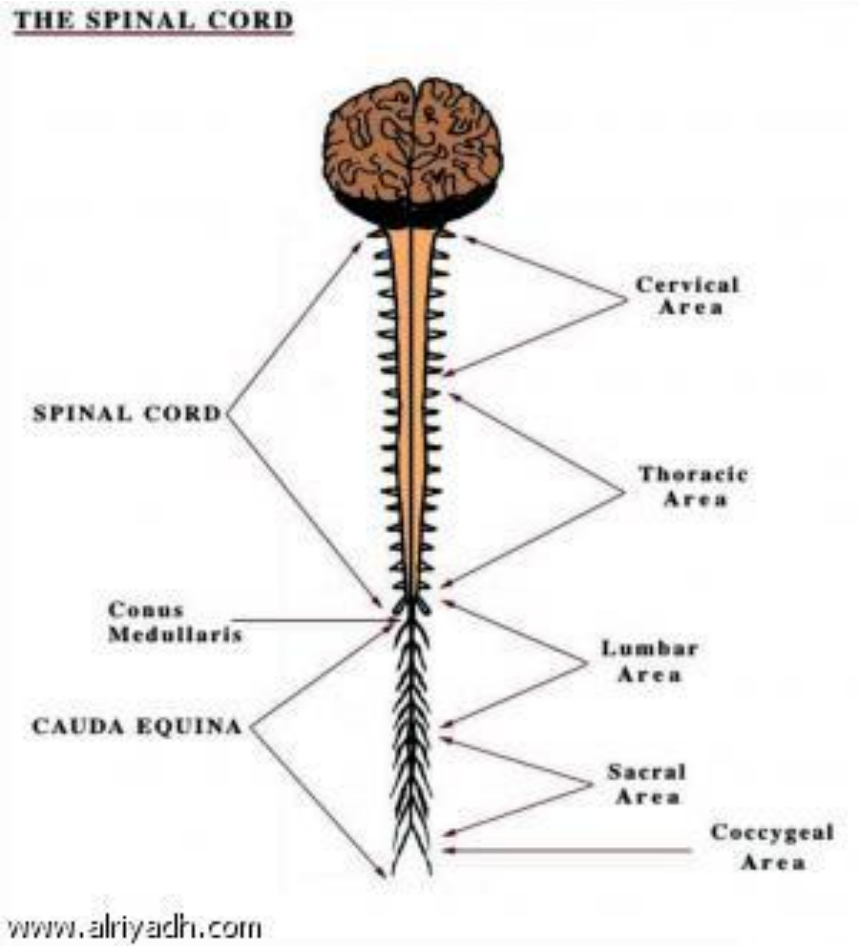
يستلم المخ عن طريق المهاد جميع الإحساسات التي تتطلبها عملية التمييز. يحوي فوق المهاد الجسم الصنوبري ومركز ارتباط شمي مهم يُدعى اللُجيم Habenula . يتمايز سطح الدماغ الوسطي إلى الفصوص الرباعية التوأمية. تحوي الأكيمتان Colliculus العلويتان مراكز لتنسيق البصر وحركة العينين، بينما ينقسم المخيخ إلى الفصوص الآتية أمامي، وسطي، خلفي وفصين ندفيين Floccular lobes.

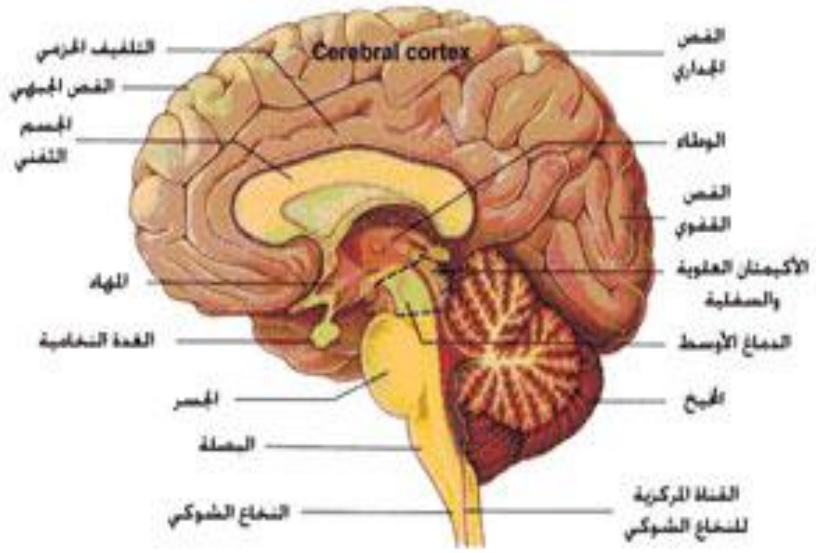
يختص المخيخ cerebellum بالوظائف الحركية التي تشمل الموضع والحركة ويُساعد في تنظيم التوازن، وتنظيم فترة وقوة وسرعة الحركة العضلية. يختص أحد أجزاء المخيخ بأطلاق الإيعازات التي تميل إلى كبح الانعكاسات الموضعية. يستطيع المخ أن يحصل على سيطرة متقدمة على وظائف المخيخ .



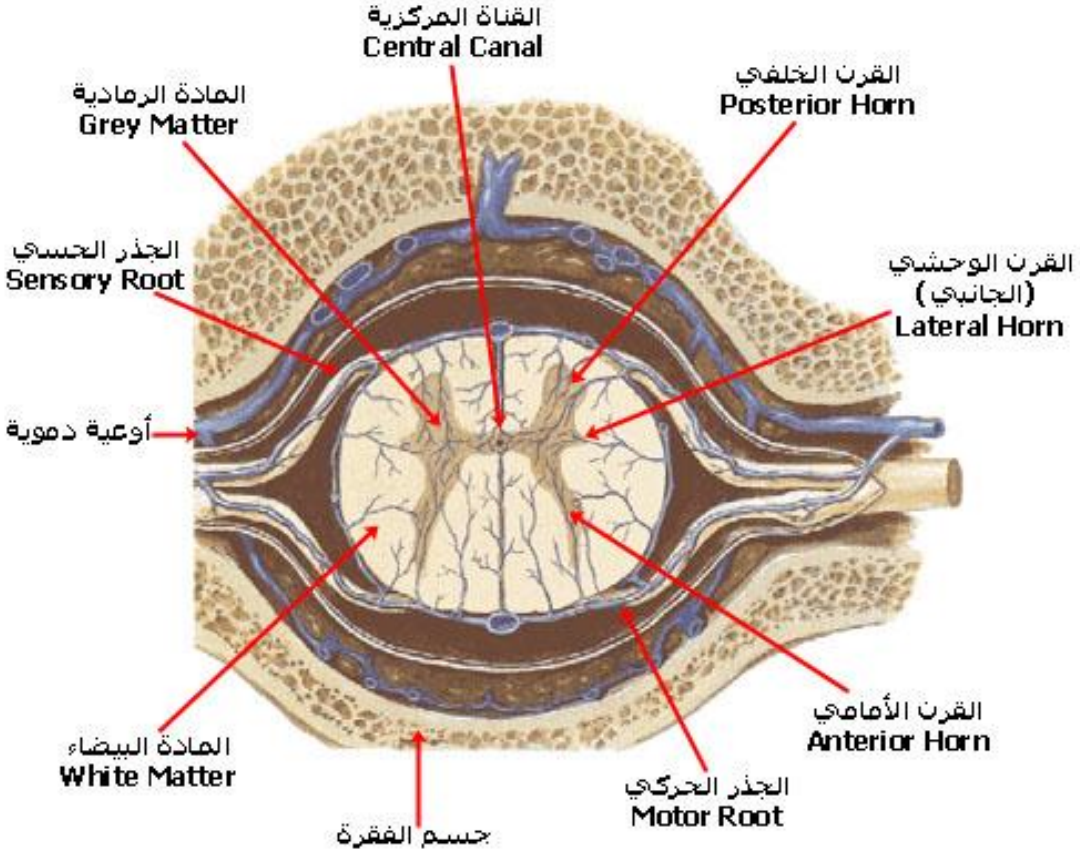
الحبل الشوكي Spinal cord

يستمر الحبل الشوكي مع النخاع المستطيل ويمتد من بعد آخر الاعصاب القحفية إلى الذنب وينتهي في المنطقة القطنية الخلفية بالخيط النهائي Filum terminale . يتوسع الحبل في المنطقتين العنقية والقطنية حيث تنشأ الظفيرتان العضدية brachial والقطنية العجزية Lumbosacral على التوالي، ويتناسب مدى التوسع مع نمو الأطراف الامامية والخلفية. تبرز إلى منطقة التوسع القطني أعصاب عديدة تعطيه شبهاً بذيل الحصان ولهذا يدعى ذيل الحصان Cauda equine . يوجد شق وسطي بطني عميق وحاجز ظهري يمتد من الأخدود الوسطي الظهري ويفصل الحبل الى نصفين متناظرين ، كما توجد قناة مركزية مستمرة مع البطين الرابع للنخاع المستطيل تمتد على طول الحبل من السطح الظهري، واعصاب حركية مناظرة لها تبرز من السطح البطني .





(مقطع طولي في النحاع الشوكي في اللبائن)



((المقطع عرضي في الحبل الشوكي للبائن))

يبدو الحبل الظهري في المقطع العرضي وكأنه مؤلف من مادة مركزية سنجابية مُحاطة بالمادة البيضاء. تأخذ المادة السنجابية حرف (H) أو شكل الفراشة. يمثل الطرفان الظهريان لـ (H) القرنين أو العمودين الظهريين كما يُمثل الذراعان البطنيان العمودين البطنيين .

تبرز اعمدة جانبية أصغر بين العمودين الظهري والبطني، ويمثل القضيب المستعرض للمادة السنجابية فوق القناة المركزية المُلتقى الظهري وتحتها المُلتقى البطني. يحوي العمودان الظهريان الأعصاب الحسية كما تحوي الأعمدة الجانبية والبطنية الخلايا الحركية. ويكون الحبل الظهري موضعاً لكثير من المراكز الإنعكاسية التي تُسيطر على عضلات الجذع والأطراف كما أنه يُعتبر الممر الناقل من الدماغ وإليه .

الحبل الشوكي أنبوب ذو جانبين وله قناة مُسطحة جانبياً. تربط الأعصاب الحسية والحركية التي تُقابل في موضعها فواصل النسيج الرابط بين القطع العضلية، جدران الحبل بالقطع العضلية وهكذا تتبادل المواقع على الجانبين .

دائرية الفم

يكون الحبل الظهري مسطحاً من الجهتين البطنية والظهرية. تكون المادة السنجابية كُتلة صَلدة بدون قرون ظهرية وبطنية. تقع خلايا العقد العصبية جزئياً داخل الجدار الظهري للحبل ولكنها غالباً ما تكون خارجة أي ضمن الأعصاب الظهرية. تقع الخلايا الحركية في الجزء البطني من المادة السنجابية. تحوي الجذور الظهرية أليافاً حسية جسمية وحشوية .

الأسماك

للمادة السنجابية أعمدة ظهرية وبطنية، لكن العمود الظهري يؤلف كُتلة صَلدة من اليمين إلى اليسار. تقع جذور العقد العصبية الظهرية في صفيحية الخياشيم خارج الحبل. بينما لا تزال خلايا العقد العصبية الحسية القليلة في الأسماك طرفية التعظم واقعة ضمن الحبل. للجذر الظهري ألياف واردة جسمية وحشوية معاً، وللجذر البطني ألياف حركية جسمية وحشوية .

البرمائيات

يشبه الحبل الشوكي في الذنبيات نظيره في الأسماك، بينما يظهر للحبل الشوكي في القافزات توسعين، عنقي وقطني وذلك لأول مرة. للمادة السنجابية أعمدة ظهرية وبطنية وتقع العقد الحسية خارج الحبل تماماً، كما تقع الخلايا العصبية الحركية في القرن البطني .

الزواحف

يشبه الحبل في الزواحف نظيره في اللبائن. للزواحف ذات الأطراف جيدة التكوين توسعين، عنقي وقطني عدا الحيّات التي ليس لها توسع . للجذور الحسية والحركية ألياف جسمية وحشوية .

الطيور

للحبل الشوكي انتفاخان كبيران عنقي وقطني. تبرز منها الضفيرتان العضدية والقطنية التي تنتشر إلى الجناحين والساقين. يوجد في الطيور فقط جيب قطني عجزي، وهو توسع في المنطقة العجزية مرتبط بالجذور الحسية. تتمايز المادة السنجابية في الطيور تمايزها في اللبائن .

الأعضاء االصُّم ..

يعتمد بقاء الحيوان على تنظيم وتنسيق فعاليات أعضاءه وانسجته. أن التكيف السريع كإفراز الغدد أو تقلص العضلات، استجابة لتغيرات في المُحيط تتم غالباً بواسطة الجهاز العصبي إذ انه يقوم بتنظيم الأيض، النمو والتكاثر الذي يتطلب تنسيقاً طويل الأمد عن طريق مُنظمات كيمياوية محمولة في الدم ذات صفة نوعية تُدعى الهرمونات .

أطلق العالم ستارلنك Starling الأسم على الهرمون والذي يعني الإثارة Exciting من الكلمة اليونانية هرمون Hormone . الهرمون هو أي عامل يحرر من قبل خلايا وينتشر أو ينتقل إلى جميع أقسام الكائن الحي ويؤدي إلى تكيفات تكامل أجزاءه المكونة. هناك عدد من أنسجة مختلفة وأعضاء تفرز الهرمونات في سوائل الجسم مُباشرة لتحملها إلى جميع أجزاء الجسم وهكذا تصبح جميع خلايا الجسم بتماس جميع الهرمونات لكن قسم منها يتأثر بأفرازها يُطلق عليها الأعضاء المقصودة Target organs وقسم منها لا يتأثر .

توحد الهرمونات الفعاليات الأيضية للكائن الحي وذلك عن طريق التغذية الأسترجاعية Feed-back mechanism أو أنظمة السيطرة .

يمكن أن نقسم أعضاء الأفراز الداخلي إلى مجموعتين، تلك التي لها وظيفة إفراز داخلي فقط والتي لها وظيفة أُخرى معها. تضم المجموعة الأولى الغدة النخامية، الدرقية، جنب الدرقية، والكظرية. بينما تضم المجموعة الثانية غدة البنكرياس، الغدد التناسلية، المخاطية المعوية والسخد.

الغُدة النخامية Pituitary gland

هي غدة مركبة تتألف من فص أمامي مُشتق من جيب راثك الذي ينشأ من أكتوديرم المسلك الفمي. أما الفص الخلفي فمُشتق من قمع سرير الدماغ. ينقسم الفص الأمامي إلى فص أمامي كبير وإلى فص متوسط أصغر منه، ويكون أصل وتركيب ووظيفة الغدة النخامية في جميع الفقريات متشابها. توجد أول غدة نخامية متميزة في دائرية الفم وذلك عند الطرف الأمامي للحبل الظهري بين قاع سرير الدماغ وامتداد كيس مسدود من الكيس الشمي.

تكون لهرمونات النخامية تأثير واضح على جميع الغدد الصُم الأخرى وكما مبين:

١- الفص الأمامي ... ويفرز الهرمونات التالية

- هرمونات النمو Growth hormone

- الهرمون المُحفز للمناسل .Gonadotropic H وهرمون مُحرض القشرة Cortictropic التي تحفز الغدد التناسُلية ، الدرقية والكظرية على التوالي .
- هرمونات مدرّة للحليب Lactogenic تُحفز افراز الغدد اللبنية .
- هرمون محرض لجنب الدرقية قد يحفز الغدة جنب الدرقية .
- الهرمون المكوّن للسُكر Diabetogenic لأيض الكربوهيدرات .

٢- الفص المتوسط ...

- هرمون المتوسطين Intermedin الذي يُسيطر على تكوين الصبغة في الخلايا الميلانية

٣- الفص الخلفي ...

- هرمون بيتوسين Pitocin الذي يؤثر على تقلص الرحم .
- هرمون بترسين Pitressin الذي يُسبب تقلص الأوعية الدموية ويمنع من زيادة تكوين البول.

الغُدة الدَرقية Thyroid gland

توجد الغدة الدرقية في جميع الفقريات، إذ تنمو من الأديم الباطن لقاع البلعوم كردب وسطي بطني، في اللبائن تصبح الأجسام الخيشومية الأخيرة مرتبطة بردب الدرقية ثانوياً وتتمايز معها لتكوين النسيج الدرقي .

تتألف الغدة من حويصلات مملوءة بأفراز غروي يحتوي على هرمون الدرقين الذي يسيل من خلال جدار الحويصلات ثم يُلتقط من قِبل وسادة من الشعيرات الدموية التي تُحيط بكُل حويصلة ويكون تجهيز الدم غنياً بصورة غير أعتيادية .

تتميز الدرقية لاول مرة في دائرية الفم ويكون على شكل نسيج درقي نموذجي مُنفصلاً عن البلعوم. في الأسماك تتخذ الدرقية أشكالاً مُتعددة، ففي صفيحية الخياشيم تكون ذات فص واحد وذات فصيّن في طرفية التعظم أو قد تنتشر وتتبعثر في عناقيد من الخلايا .

في البرمائيات للدرقية فصين كاملين منفصلين، إذ يقع الفصان في الذنبيات أمام الأقواس الأبهرية تماماً. وفي القافزات يقع كل فص على أحد جانبي الجهاز اللامي. يلعب هرمون الدرقين دوراً في تحول الدعاميص إلى بالغ وبدونه لا يحدث تحوّل. في الزواحف للدرقية فص

واحد عدا في السحايا إذ تكون ثنائية وتكون بعيدة في منطقة العنق وغالباً ما تكون أمام التجويف التاموري مُباشرةً. يقع فصا الدرقية في الطيور بعيداً في الجهة الخلفية بالقرب من تفرع القصبة الهوائية. لدرقية اللبائن فصان يقع كل واحد منهما في جهة من الحَنجرة وتوجد حزمة من النسيج الدرقي هي البرزخ تربط الفصين ببعضهما بطنياً.

الغدد جنب الدرقية Parathyroid glands

وتقع على جانبي الغدة الدرقية أو فوقها أو بالجهة الظهرية منها، تنشأ هذه الأجسام في البرمائيات والزواحف من الأمتدادات البطنية للجيبين البلعوميين الخامس والسادس، أما في الطيور واللبائن فتنشأ من الأمتداد الظهري للجيبين البلعوميين الثالث والرابع وتقع عادةً على جانبي الدرقية .

يُنظم هرمون جنب الدرقية Parathohormone أيض الكالسيوم والفسفور، وعند إزالة جنب الدرقية جراحياً يحدث نقص في الكالسيوم مصل الدم تعاني الحيوانات من تصلب كَزازي في عضلات الجسم لتداخل وجود الكالسيوم مع فعل العضلة .

الغُدتان الكظريتان Adrenal glands

تُسميان بالغدتين فوق الكلويتين Suprarenal's وتقعان في جميع الفقريات فوق الكليتين أو بالقرب منهما. ينشأ لُب الغدة من العرف العصبي وهو يصطبغ بأملاح الكروم بسرعة ويُدعى بالجسم أليف الكروم (الجسم الكروماتيني) Chromaffin body .

يُشتق الجزء الخارجي السميك وهو القشرة من الأديم المتوسط بالقرب من الغدد التناسلية المُتمايزة. في دائرية الفم والأسماك تكون العناصر القشرية وأليفة الكروم مُنفصلة كُلياً عن بعضها. إذ تقع الأجسام القشرية في الأسماك على طول النهايات الذنبية للكليتين، وتتبعثر الأجسام أليفة الكروم على طول الأبهر والوريدين الرئيسيين الخلفيين .

في البرمائيات يقترب العنصران من بعضهما. أما في القافزات فينضغط أليف الكروم والنسيج القشري معاً ويقعان فوق الكليتين، في الزواحف والطيور يكون اندماج عنصريّ الغدة تماماً. إذ تقع أمام الكليتين محيطة بالوريد الأجوف الخلفي .

يتداخل نخاع الكظر في اللبائن الأولية القشرة بطريقة مُشابهة لما هي عليه في الطيور. أما اللبائن الحقيقية فتُحيط القشرة بالنخاع إحاطة تامة .

يفرز نخاع الكظر الأدرينالين الذي له تأثير سريع على حركة الحيوان مُسبباً تعجيلاً في ضربات القلب وتخصراً في الأوعية الدموية وإرتفاعاً في ضغط الدم وفي مستويات السكر في الدم. كذلك يُوسّع ويُرخي المجاري الهوائية كما يُضيّق البؤبؤ. تفرز قشرة الكظر عدداً من المواد تُدعى ستيروايدات قشرة Corticosteroids من بينها مركبات الكورتيزون Cortison (F) وكورتيزون مائي Hydrocortisone (E) والسيترويد القشري الفاقد للأوكسجين Desoxycorticosterone .

تُنظم هذه الهرمونات توازن التحليل الكهربائي والأيض الكاربوهيدراتي اللذين بدونهما يفقد الحيوان حياته .

البنكرياس pancreas

يُشتق متن البنكرياس كله من الأديم الباطن للمعي الأولي، وتنتشر خلال البنكرياس عناقيد من الخلايا هي جُزر لانكَرهانس التي نفرز هرمون الأنسولين .

لدائرية الفم عناقيد خلايا تشبه الجزر في الكبد والجدار المعوي، ويصعب فحص هذه الجزر في الأسماك التي لها بنكرياس مُنتشر ولكنها تمتاز بوضوح في الأسماك ذات البنكرياس المُتماسك. يُنظم الأنسولين عملية خزن الكربوهيدرات وأستغلالها ويُسبب نقصه مرض البول السُكري Diabetes mellitus الذي يتميز بأرتفاع مستويات السكر في الدم فوق الحد الكلوي بحيث يفرّغ السُكر من البول .

الغدد التناسُلية Genital glands

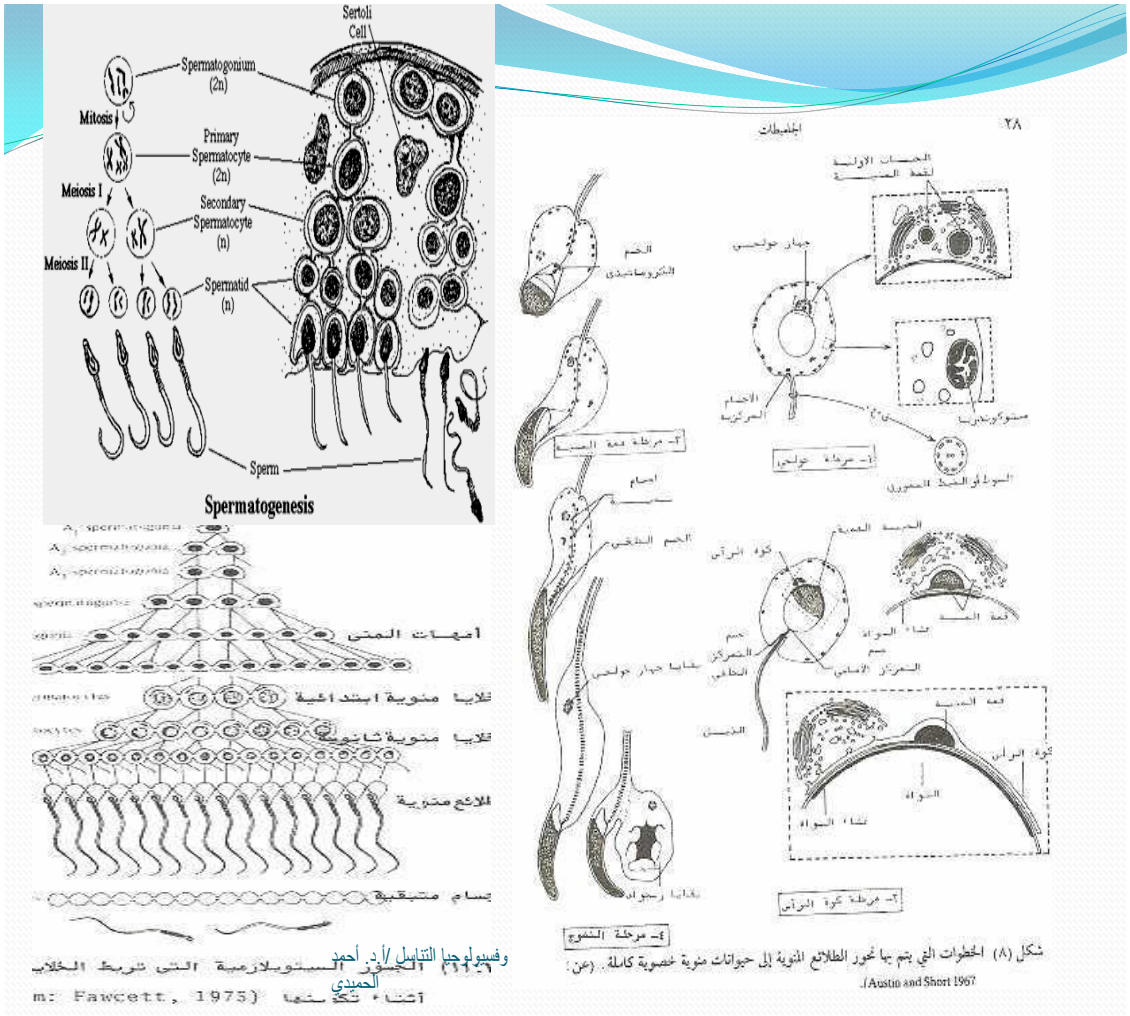
للغدد التناسُلية التي ينظم بقاؤها بالمحرض الغدي التناسلي المُفرز من قِبل الفص الأمامي للنخامية وظيفة مُزدوجة، فهي مصانع للأمشاج أو الخلايا الجرثومية. كما وتفرز هرمونات جنسية Sex hormones في مجرى الدم .

تفرز الغدد التناسلية الذكرية والأنثوية عدة هرمونات تُدعى المذاكير (الأندروجينات androgens) والمودقات (الأستروجينات estrogens) على التوالي. وتبقى الهرمونات الغدد التناسلية في حالة عمل واداء، كما توجه وتحفظ نمو الصفات الجنسية الثانوية وتشمل هذه المزاج، الحجم، الشكل، القوة، الخصائص الخارجية، اللون والميل الجنسي .

الخِصى

من غير المعروف على وجه التأكد أي جزء أو أجزاء من الخصية يؤلف العضو الأصم، فيُمكن أن تكون العناقيد المُتخصصة من الخلايا النسيج الرابط المستقرة بين النبيبات المنوية والتي تُسمى خلايا ليدك Leydig cells أو الخلايا البينية، هي الموضع الرئيسي لهرمونات الجنس الذكرية .

في الطيور واللبائن تنتج الخلايا الجرثومية الأولية عند محيط النُبيبات المنوية المذاكير أيضاً. ويظهر أن خلايا سرتولي في النبيبات المنوية تُنتج هرمونات مودقة، وهذه الخلايا لا تُشارك في فعالية تكوين الحيامن بل تُعد خلايا مُغذية للحيامن .



شكل (٨) الخطوات التي يتم بها تحور الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية خصوية كاملة. (عن: Austin and Short 1967).

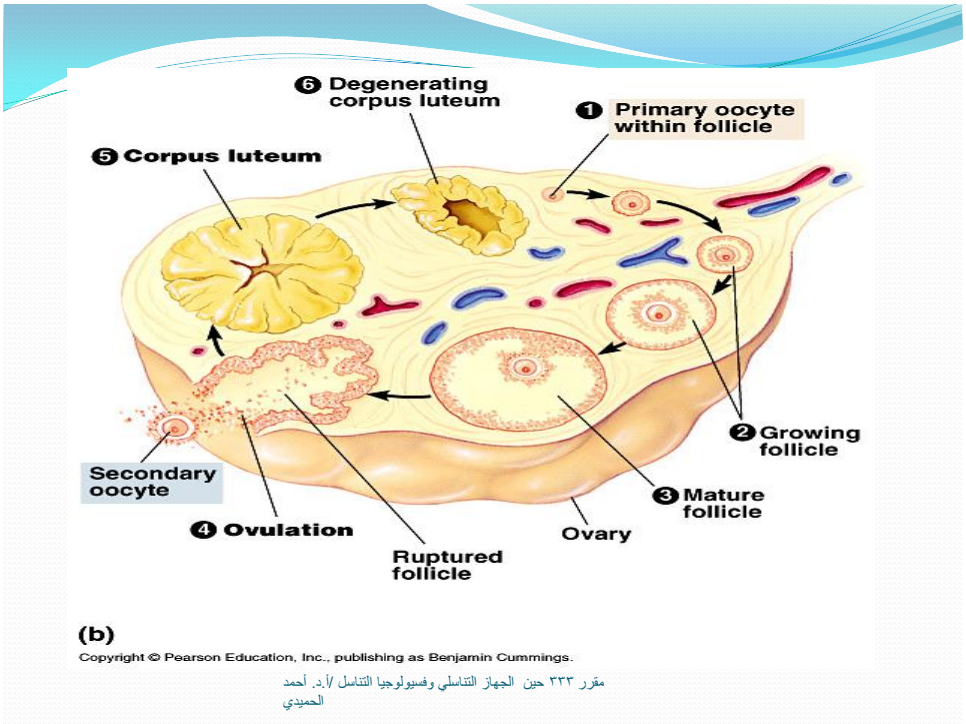
المبايض

للمبايض أيضاً وظيفة مزدوجة، فهي تصنع الأمشاج وتفرز الهرمونات الجنسية. يُعد المودق Estrogen الهرمون الرئيسي للمبيض. يُفرز المودق من قِبل خلايا القراب الداخلية Theca interna التي تُحيط بحوصلة كَراف، كما يُفرز بعض المودق أيضاً من قبل خلايا الطبقة الحُبيبية للحوصلة Stratum granulosum .

بعد تمزق حويصلات مبايض اللبائن وتحرر البويضات تكبُر الخلايا وتُحمّل بمواد دهنية وتأخذ لوناً أصفر ويُطلق على هذا العضو الجديد بالجسم الأصفر Corpus luteum الذي يفرز هرمون اللقوح (البروجستيرون) Progesterone. إذ يُحفز هذا الهرمون مع المودق الأعضاء الجنسية الثانوية في الأنثى ويُهيأها للحمل ويُديمه ويُنظم عملية إفراز الحليب .

تخضع التغييرات المبيضية التوافقية لسيطرة هرمون مُحرض الغدة التناسُلية من الفص الأمامي للغدة النُخامية، ويقترن بالتغيرات المبيضية تغيرات في المسالك التناسُلية كما في الإنسان يحدث الحيض المُقترن بانسلاخ بطانة الرحم المُخاطية في نهاية الطور الأصغري وبعدها يستعد الرحم

لأستقبال البيضة المُخصبة. أما في لبائن أُخرى تخلق الهرمونات الجنسية حالة فسلجية في الأنثى تُعرف بالحرارة Heat أو الوداق Eetrus خلالها تكون الأنثى مُستعدة لاستقبال الذكر .



السَخَد **Placenta**

تكون فترة الحمل أو الوقت المطلوب لنمو الجنين داخل الرحم في اللبائن أطول من حدود الدورة الطمثية ويَصبح هذا مُمكناً بواسطة السخد الذي يفرز مقادير كبيرة من الهرمونات المُحرضة التناسُلية المشيمية والذي يؤدي مهمة اولية وهو الإبقاء على الجسم الأصفر ليستمر الحمل .

مُخاطية الأثني عشري

تفرز مخاطية الأثني عشري عدة هرمونات مهمة منها :

- هرمون الأفرازين Secretin الذي ينظم جريان العصير البنكرياسي .
- هرمون مُنشط المرارة Cholecystokinin الذي يُنظم تقلصات كيس الصفراء وبالتالي جريان الصفراء .
- هرمون المعوي المعدي Enterogastrone الذي يمنع حركة المعدة وإفراز العصير المعدي.