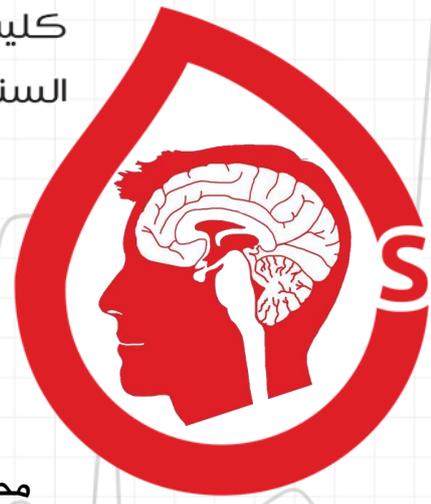


النوى القاعدية والجهاز

الحركي خارج الهرمي

د. وضاح كزكز

محتوى مجاني غير مخصص للبيع التجاري



12/12/2022

RB Medicine

تشریح العصبية | Neuroanatomy

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

تخيل عزيزي الطالب أنك أصبحت طبيباً ولكَ عيادتكَ الخاصة، وجاءك رجلٌ بسببِ ملاحظته حدوثَ رجفانٍ خفيفٍ في يده اليسرى يشملُ كلَّ الأصابع، في حالة الراحة، غير أنها تتوقفُ في أثناء الحركات الإرادية. بعدما فحصتَ المريضَ وباستخدامِ قُدْرَاتِكَ الفدَّة في الملاحظة، وجدتَ أنَّ المريضَ يميلُ إلى إنجازِ جميعِ حركاتِهِ ببطءٍ، وكانت تعابيرُ وجهه ضعيفةً إلى درجة أصبحَ الوجهُ فيها شبيهاً بالقناع، وبالتحريكِ المنفعلِ لِذراعَيْهِ وجدتَ زيادةً في مقوية العضلاتِ مع مقاومةٍ خفيفةٍ للحركاتِ. وعندما طلبتَ منَ المريضِ الوقوفَ منتصباً، نفذَ الطَّلَبَ لكنَّ مع انحناءٍ في ظهره. وعندما مشى المريضُ عبرَ غرفةِ الفحصِ جرَّ قدميه متثاقلاً.

بعينيك التحليليتينِ وبقدراتِكَ الاستنتاجية وسرعة بديهتكِ ودراستكِ لمحاضرة النوى القاعدية وضعتَ تشخيصاً بداءِ باركنسون، وقمتَ بوصفِ العلاجِ الدوائيِّ المناسبِ والجميعُ سعداءُ. بالعودة لواقعنا الجميلِ، إن كنتَ ترغبُ في جعلِ الخيالِ حقيقةً عليكِ بِدراسةِ هذهِ المحاضرة، راجينَ منَ الله أنْ نكونَ أوردناها بالشكلِ الأنسبِ، واللهُ المستعان..



النوى القاعدية

2

الجهاز الحركي
خارج الهرمي

6

الاتصالات الرئيسية
للجهاز خارج الهرمي

11

النواقل العصبية
الرئيسية للجهاز خارج
الهرمي

16

الارتباطات السريرية

25

وظائف النوى
القاعدية

22

المعقد المخططي
الشاحب البطني

21

تذكرة *

- النسيج العصبي للجذعة العصبية المركزية يتألف من مادة رمادية ومادة بيضاء، بالنسبة للمخ والمخيخ المادة الرمادية هي أجسام الخلايا العصبية تتوضع في المحيط والمادة البيضاء هي السبل الناقلة تتوضع في المركز، وبالعكس بالنسبة لجذع الدماغ والنخاع الشوكي.
- يوجد وجه شبه آخر بين المخ والمخيخ وهو وجود كتل من مادة رمادية ضمن المادة البيضاء.
- في المخيخ هي النواة المسننة والمقحمة والقمية.
- في المخ هي النوى القاعدية.

النوى القاعدية Basal nuclei

- تتألف من **نوى تحت قشرية** subcortical nuclei (مادة رمادية gray matter) ضمن نصفي الكرة المخية cerebral hemispheres.
- لا تزال في كثير من الأحيان تعرف باسم **العقد القاعدية Basal ganglia**.
- يتنوع تصنيف المكونات ويعتمد على نقاط الاهتمام.

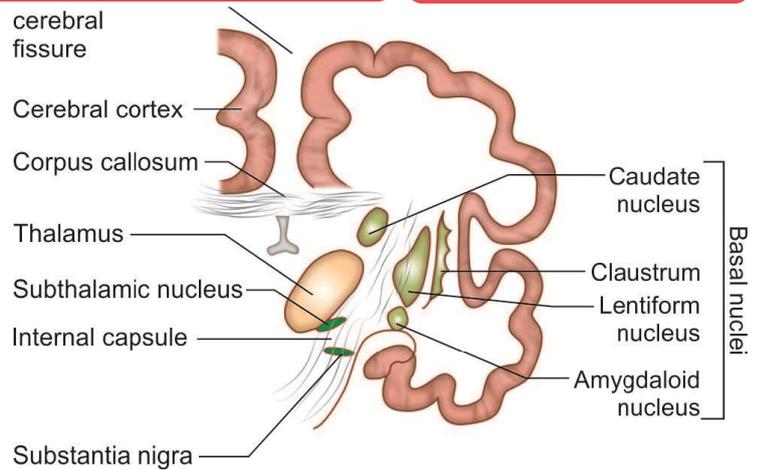
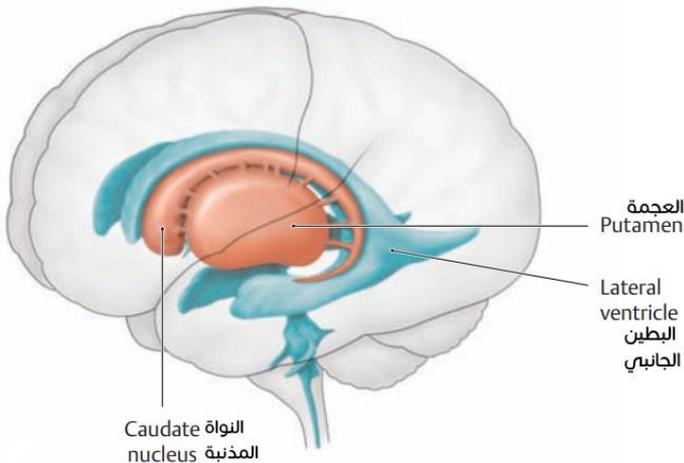
المكونات الرئيسية الأربعة Four main components (الأشكال 7.2 و 7.3 و 7.9 و 7.10)

اللوزة Amygdala

الكرة الشاحبة

Globus pallidus

الأتبة (اللحاء، العجمة)

البطامة (Putamen)¹النواة المذنبة
Caudate nucleus
(الشكل 7.1)

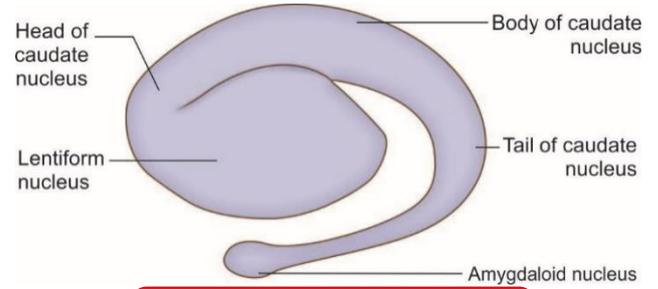
الشكل (7.1): توضع النواة المذنبة وعلاقتها بالبطين الجانبي

صورة توضح مكونات النوى القاعدية

¹ الأسماء اللحاء، الأتبة، البطامة فيها بعض الشرح أو التعريب لمصطلح Putamen (سنل تشريح الجذعة العصبية 310:p).

إثراء آريبيسيزي:

النواة المذنبة كتلة كبيرة من مادة رمادية بشكل حرف C، تقع وحشي المهاد وترتبط ارتباطاً وثيقاً بالبطين الجانبي، تتألف من رأس وجسم وذيل.



صورة توضح النواة المذنبة



ملاحظات الدكتور

- النوى القاعدية تمتلك معقد يدعى بالمعقد النووي اللوزي (النواة اللوزية) الموجود بالفص الصدغي (في نهاية ذيل النواة المذنبة) ومرتبطة بشكل أساسي بالجهاز الحوفي ودائماً ما يرتبط الجهاز الحوفي بالعواطف والمشاعر.
- إن النواة المذنبة تكون على علاقة بالبطين الجانبي:
 1. رأس النواة: يشكل انتباج ضمن البطين الجانبي وجزء من قاعدة أو أسفل أو أرضية القرن الأمامي للبطين الجانبي.
 2. جسم النواة: يشكل جزء من أرضية جسم البطين الجانبي أي من القسم المركزي للبطين الجانبي.
 3. الذيل: سقف القرن السفلي للبطين الجانبي وهو الذي يتصل بالمعقد اللوزي النووي الموجود بالفص الصدغي.

تجمّعات النوى القاعدية (مهم جداً)

Groupings of the basal nuclei (الأشكال 7.2 و 7.3)

1. المخطط (المخطط الحديث) ² Striatum (neostriatum):

يتألف من **النواة المذنبة caudate nucleus** و**الأتية (العجمة) putamen**، والتي تتشابه في البنية والاتصالات ولها أصل جنيني مشترك، حيث يتصل رأس النواة المذنبة من الأسفل مع الناحية الأمامية للعجمة عبر النواة المتكئة³ *Accumbens nucleus.

2. النواة العدسية Lentiform nucleus:

يتألف من **الأتية (العجمة) putamen** و**الكرة الشاحبة globus pallidus**.

² يطلق عليه أيضاً المخطط الظهري Gray's Clinical Neuroanatomy p:247، وسيأتي ذكر المخطط البطني لاحقاً.

³ RBCs: وهي أول اتصال بين النواة المذنبة والعجمة من الأمام.

تفصل المحفظة الداخلية Internal capsule النواة العدسية عن النواة المذنبية، وتفصل صفيحة عامودية من مادة بيضاء (الصفيحة النخاعية الوحشية Lateral medullary lamina) النواة العدسية إلى قسم وحشي أكبر وأكثر قتامة هو العَجَمَة وقسم إنسي أصغر وأقل قتامة هو الكرة الشاحبة، وينجم شحوبها عن وجود كثافة عالية من ألياف نخاعية.

3. الجسم المخطط Corpus striatum:

- يتألف من **النواة العدسية lentiform nucleus** و**النواة المذنبية caudate nucleus**.
- سمي بالمخطط بسبب وجود شرائط من مادة رمادية تمر عبر المادة البيضاء (المحفظة الداخلية)، تربط هذه الشرائط بين النواة المذنبية والعَجَمَة.*⁴

ملاحظة

يضاف للنوى المذكورة
عنصر آخر وهو العائق
Claustrum.



جولة ثلاثية الأبعاد في النوى القاعدية

العائق Claustrum وهو طبقة رقيقة من مادة سنجابية تفصلها المحفظة الخارجية External capsule عن السطح الوحشي للنواة العدسية، يوجد إلى الوحشي من العائق مادة بيضاء هي المحفظة القصوى Extreme capsule التي تفصله عن المادة البيضاء تحت القشرية للجزيرة Insula، وظيفته غير معروفة، لكن قد يسهم في الأنشطة المرتبطة بالانتباه البصري.

تقسيم النوى القاعدية *

❖ قُسمت النوى القاعدية لشكلين: شكل وظيفي وشكل تشريحي.

• مجموع النواتين المذنبية والعدسية دعى **بالجسم المخطط**.

الشكل
التشريحي

• مجموع النواة المذنبية مع العَجَمَة دعى **بالمخطط الحديث** (دون كلمة جسم)، والكرة الشاحبة أطلق عليها الجسم الشاحب أو الجسم القديم كما سيمر معنا.

الشكل
الوظيفي

⁴ كلام الدكتور + سنل تشريح الجملة العصبية السريري p:310.

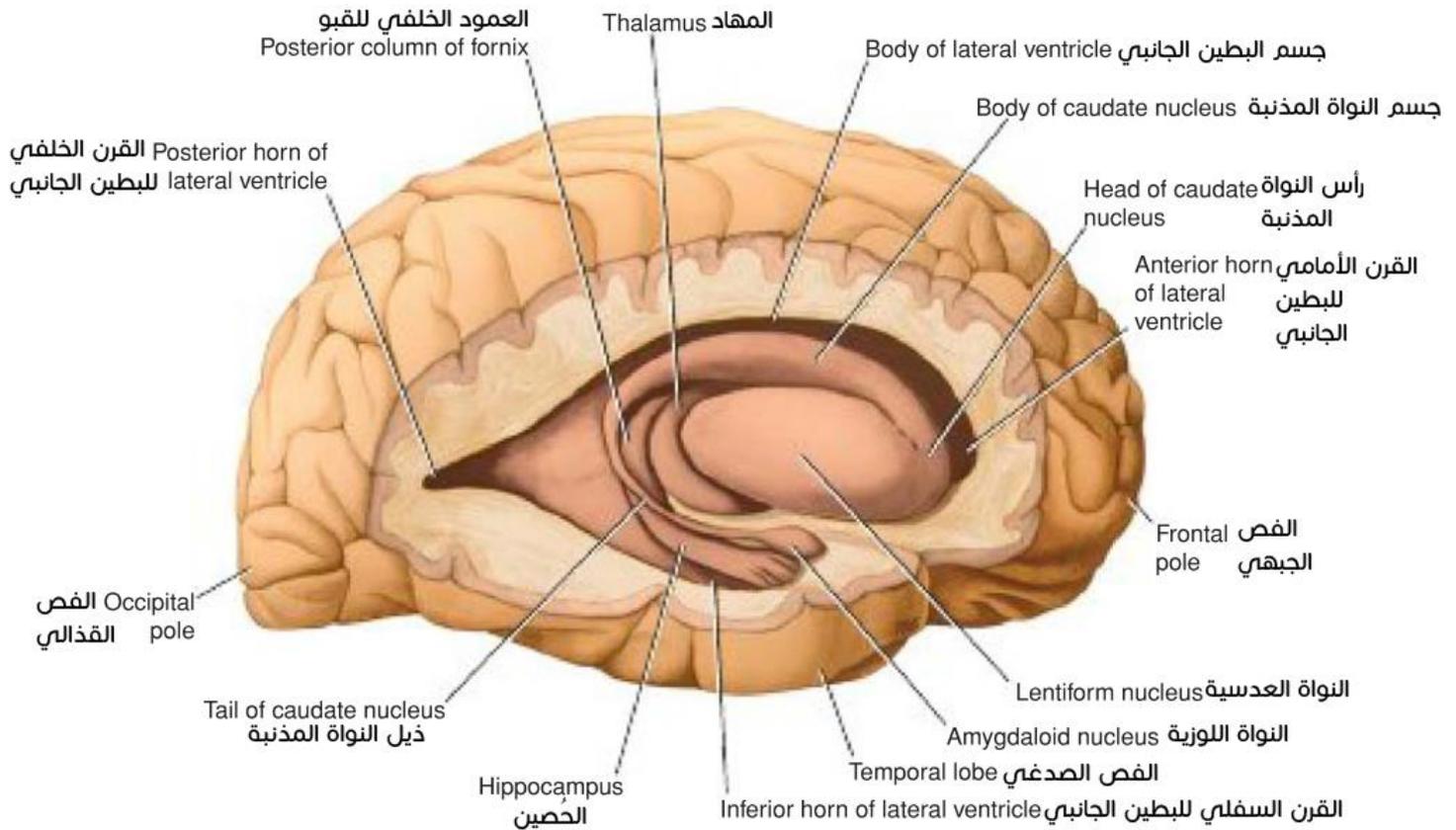
ملاحظة الدكتور:

تتصل النواة المذنبة بالأتية عن طريق القمع المخطط ليشكلا المخطط الحديث.

لماذا تم الجمع بين النواة المذنبة والعجمة دون سائر النوى، وإفراد الكرة الشاحبة؟

لأن كل **الواردات** للنوى القاعدية يتم استقبالها عن طريق النواة المذنبة والعجمة، وهذه الواردات قادمة من القشر الدماغى، أما **صادرات** النوى القاعدية فتصدر عبر الكرة الشاحبة.

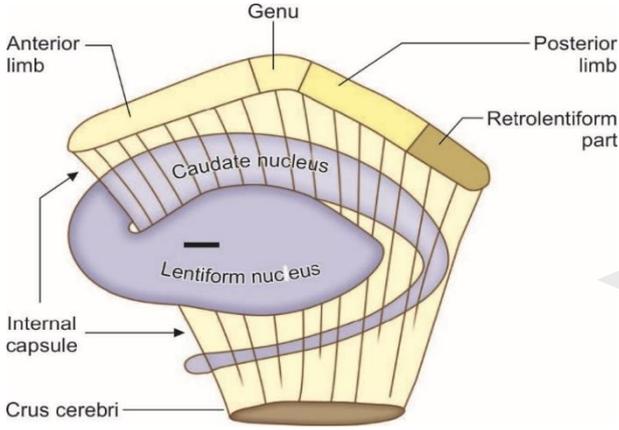
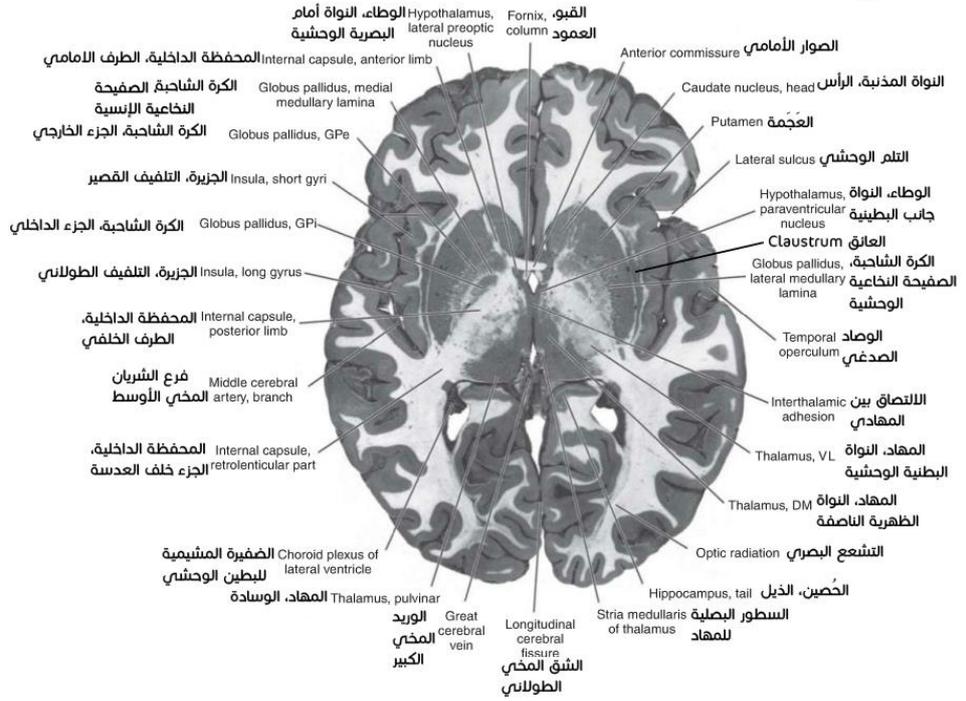
❖ هذه النوى القاعدية مسؤولة عن دارة مهمة جداً وهي **الدارة خارج الهرمية**.



الشكل (7.2)

منظر وحشي لنصف الكرة المخية وهو مشرح ليظهر موقع النوى القاعدية المختلفة.

الشكل (7.3): مقطع محوري (أفقي) خلال الصوار الأمامي
 anterior commissure والكتلة المتوسطة .massa intermedia
 الظهرية الإنسية = DM dorsomedial
 الكرة الشاحبة الخارجية = GPe globus pallidus externus
 الكرة الشاحبة الداخلية = GPi globus pallidus internus
 البطنية الوحشية VL = ventral lateral .lateral



شرح الصورة

نلاحظ وجود النواة العدسية والمذنبية وبينهما المحفظة الداخلية بين النواتين (بالذراع الأمامي والركبة والذراع الخلفي).

الجهاز الحركي خارج الهرمي

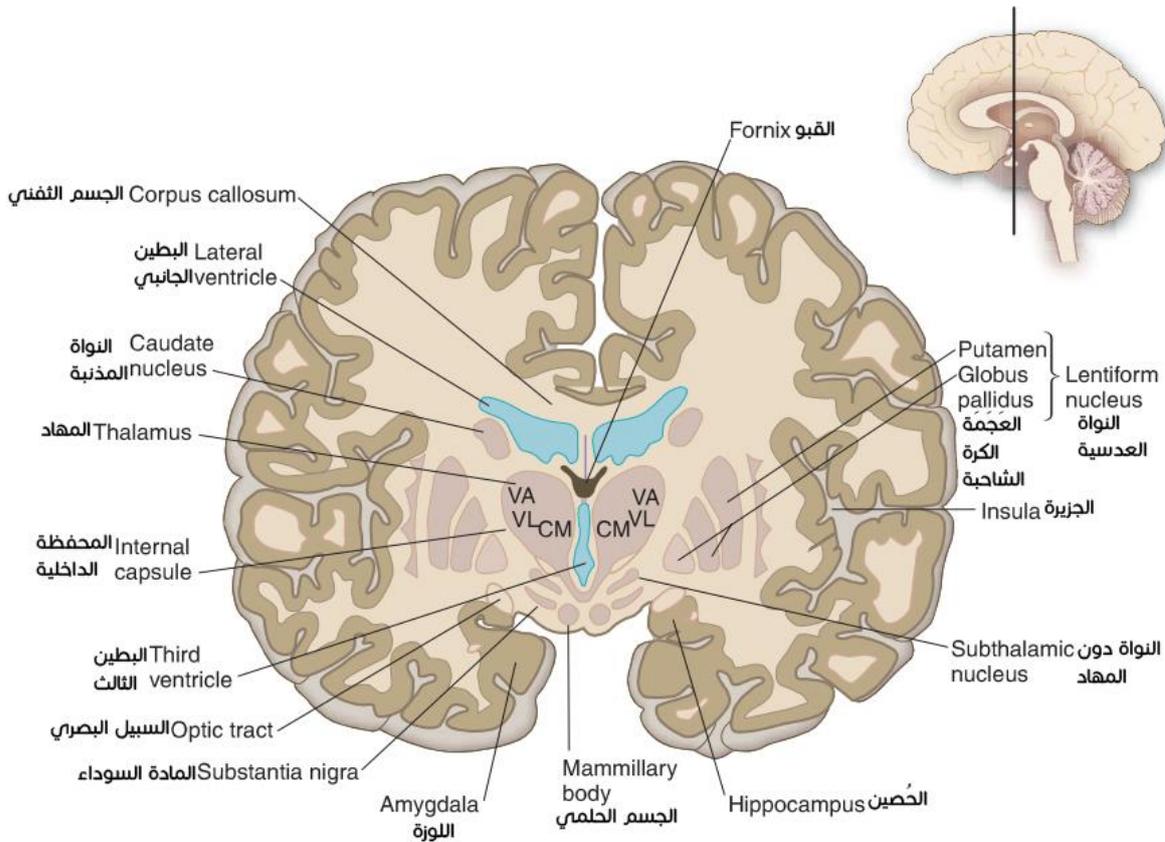
Extrapyramidal motor system⁵ (الشكل 7.4)

- يُدعى أيضاً **بالجهاز الحركي المخطط** striatal motor system.
- يلعب دوراً في **بدء** initiation و**تنفيذ** execution النشاط الحركي الجسدي، وخاصة الحركة الإرادية willed movement.
- معني بالنشاط الحركي التَمطي التلقائي automatic stereotyped motor activity ذي الطبيعة الوضعية والانعكاسية.

⁵ سُقِيَ بهذا لأنه يقع خارج القشرة المحركة الهرمية، الباحثات 4، 6، 8، لبرودمان وتعتبر الباحثة الرابعة هي الوحيدة الهرمية بسبب احتوائها على الخلايا الهرمية العملاقة (خلايا بيتز)، والباقي خارج هرمي.

لا تؤثر النوى القاعدية في إنجاز حركة معينة (ولتكن في حركة الأطراف) فحسب، بل تُساعد في التحضير للحركة، يمكن أن يتم ذلك بضبط حركات الجسم المحورية والحزامية (الزئارية) وضبط وضعية الأقسام القريبة من الأطراف، إنَّ هذا العمل التحضيري الهام يمكن الجسم والجذع والأطراف من اتخاذ وضعيات ملائمة قبل أن يفعل القسم الحركي الأولي من القشرة المخية الحركات الدقيقة لليدين والقدمين.

يُمارس تأثيراته على الأنشطة الحركية عبر المهاد، والقشرة الحركية، والسبل القشرية البصلية والقشرية الشوكية.



الشكل (7.4): مقطع إكليلي عبر منتصف المهاد في مستوى الأجسام الحلمية Mammillary bodies.

النوى القاعدية بارزة في هذا المستوى وتتضمن المخطط striatum والنواة العدسية lentiform nucleus.

النواة دون المهاد subthalamic nucleus والمادة السوداء substantia nigra هي مكونات مهمة للجهاز الحركي المخطط striatal motor system.

المركزية الناصفة CM = centromedian ؛ البطنية الأمامية VA = ventral anterior

البطنية الوحشية VL = ventral lateral

6 سنل تشريح الجملة العصبية السريري p:314.

مكوّنات الجهاز الحركي خارج الهرمي

Components of the extrapyramidal motor system (الشكل 7.4)

✓ يتألف من النُّوى التالية:

1. المخطط Striatum (caudatoputamen أو المخطط الحديث neostriatum):



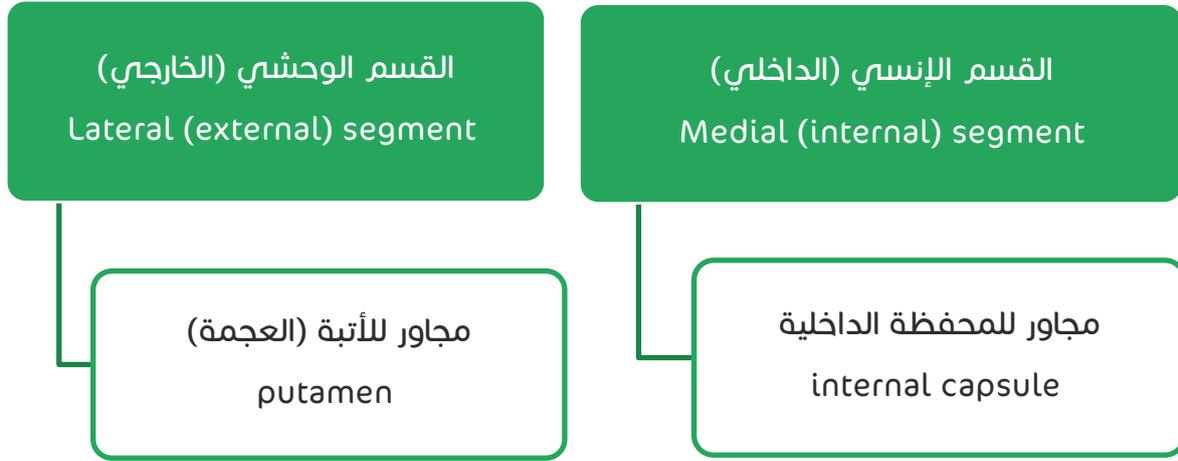
▪ يتألف من:

Caudate nucleus نواة مذنبية

Putamen (عجمة) أتبة

2. الكرة الشاحبة Globus pallidus (الشاحب pallidum أو المخطط القديم paleostriatum):

▪ نوى المخرجات الرئيسية للنُّوى القاعدية.



يفصل بين القسمين السابقين الصفيحة النخاعية الإنسية Medial medullary lamina، يقع القسم الداخلي في جوار المحفظة الداخلية، والقسم الخارجي يقع في جوار العجمة، ويفصله عنها الصفيحة النخاعية الوحشية.

3. النواة دون المهاد Subthalamic nucleus: (الشكل 7.5)

▪ تقع بين المحفظة الداخلية والمهاد وبين المحفظة الداخلية والحزمة العنسية lenticular fasciculus.

EXT

إثراء: (الشكل 7.4)

← ما دون المهاد بنيةٌ وحشيةٌ تماماً على جانبي المهاد من الأسفل. يتوضع أعلى السويقة المخية فهو الفاصل بين المهاد والسويقة المخية. ويقع بين المهاد والوطاء في موقع خلفي وإنسي بالنسبة للوطاء، وهو المركز الحركي للدماغ البيني، ويتشكل من ثلاث نوى:

← **المنطقة الارتكازية Zona incerta:** هي محطة للألياف الصادرة عن الكرة الشاحبة.

← **النواة دون المهادية (الجسم أسفل المهاد) Subthalamic nucleus:** لها ارتباط مع الكرة الشاحبة والغطاء (النواة الحمراء والمادة السوداء) ومع الجانب المقابل.

← **الكرة الشاحبة Globus pallidus:** تُصنّف معها وظيفياً.

← لا تُصنّف بعض المراجع الكرة الشاحبة مع ما دون (أسفل) المهاد بل تُصنّف النهاية العلوية للنواة الحمراء والمادة السوداء مع نوى ما دون المهاد.

ملاحظة الدكتور:

ترتبط النواة دون المهاد وظيفياً بالنوى القاعدية و بالتالي تلحق بها.

4. المهاد Thalamus:

النواة البطنية الوحشية
Ventral lateral nucleus

النواة المركزية الناصفة
Centromedian nucleus

النواة البطنية الأمامية
Ventral anterior nucleus

ملاحظة الدكتور:

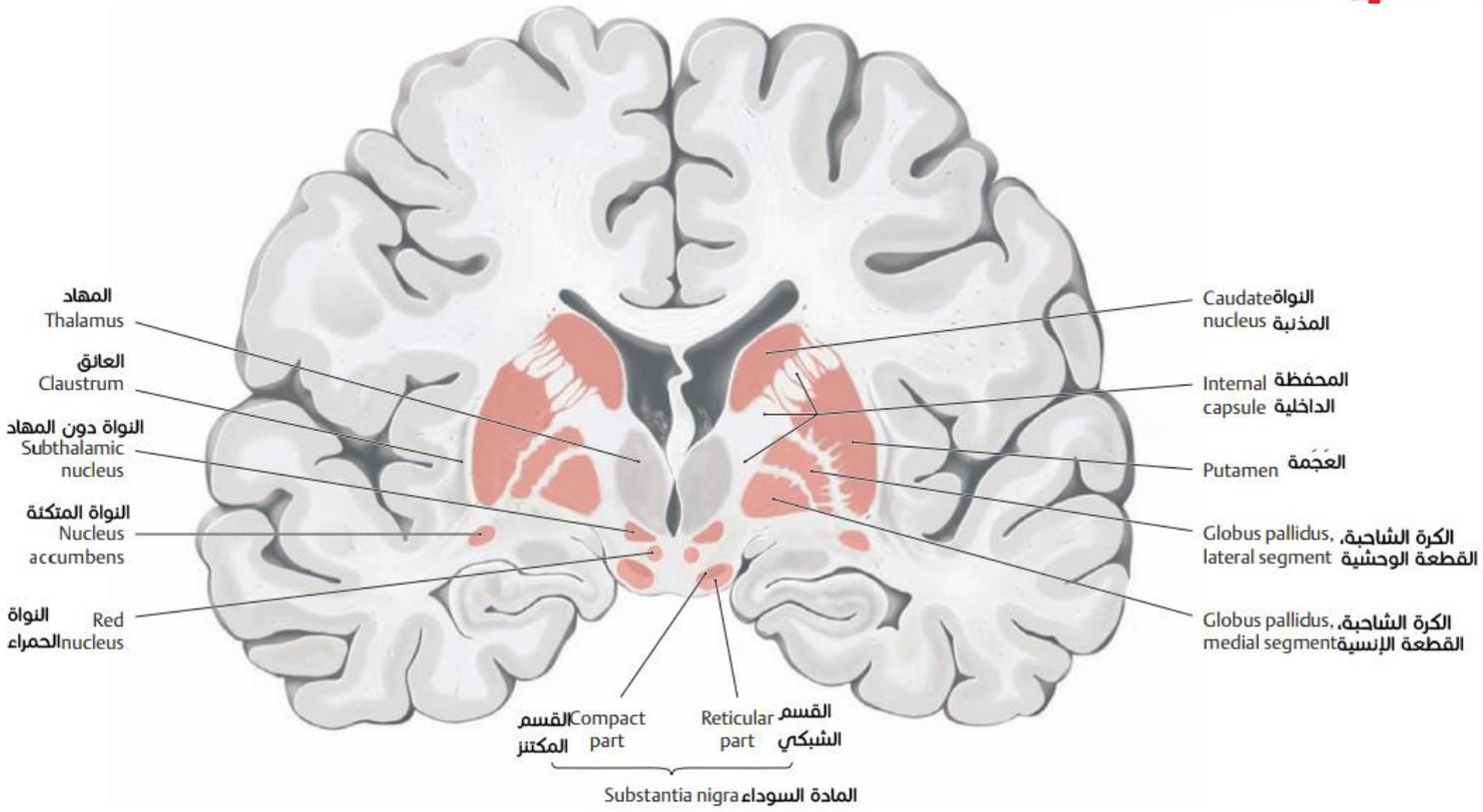
هناك ارتباط بين النوى القاعدية والمهاد من أجل التلقيح الحسي للحركة ولكن المهاد ليس جزء من النوى القاعدية.

إثراء:

يوجد بين المهاد والنواة المذنبة الثلم المهادي المخططي، الذي يمر فيه الوريد المهادي المخططي والحزمة الانتهازية (السطر الانتهاضي).



Many of life's failures are people who did not realize how close they were to success when they gave up." – Thomas A. Edison



الشكل (7.5): مقطع إكليلي للمخ يظهر النوى القاعدية، لاحظ موضع النواة المتكئة، والنواة دون المهادية، المادة السوداء بقسميها، الشرائط الإرادية الواصلة بين النواة المذنبة والعَجْمَة، الصفيحة النخاعية الإنسية الفاصلة بين قسمي الجسم الشاحب، والصفيحة النخاعية الوحشية الفاصلة بين العَجْمَة والجسم الشاحب.

5. المادة السوداء Substantia nigra: (الشكل 7.5)



الجزء الشبكي

Pars reticularis

- يحتوي على عصبونات محررة للغاما أمينو بيوتريك أسيد gamma-aminobutyric acid (GABA)-ergic neurons.
- يعمل كنواة إخراجية أخرى للنوى القاعدية.

الجزء المكتنز (المدمج)

Pars compacta

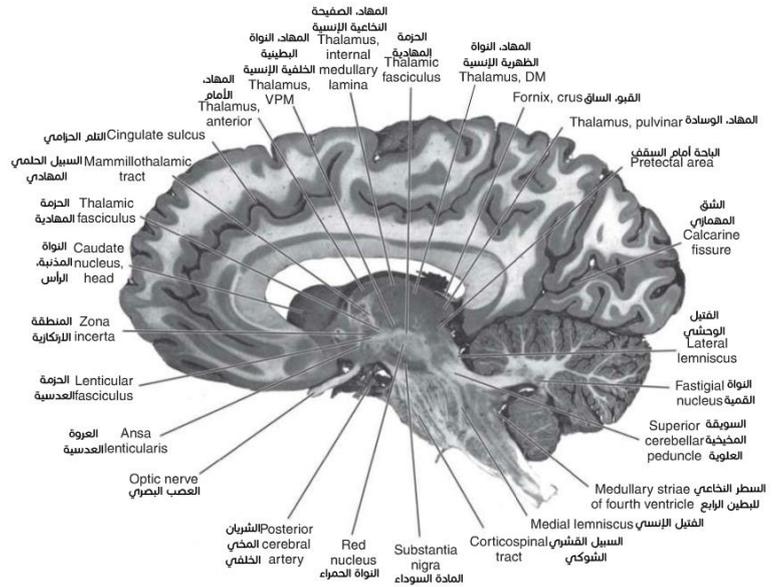
- يحتوي على عصبونات دوبامينرجية dopaminergic neurons، والتي تحتوي على الميلانين الصباغي melanin pigment.

ملاحظة الدكتور:

إن المهاد لا يعد جزءاً من النوى القاعدية أما المادة السوداء بأجزائها تعد من أجزاء النوى القاعدية.

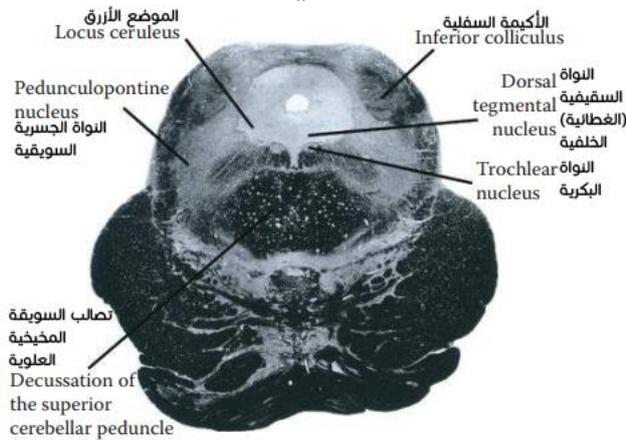


الشكل (7.6): مقطع مجاور للسهمي خلال النواة المذنبة caudate nucleus والمادة السوداء substantia nigra. VPM = البطينية الخلفية الإنسية = ventral posteromedial



6. النواة السويقية الجسرية Pedunculopontine nucleus: (الشكل 7.7)

تقع في السقيفة (الغطاء) الوحشية lateral tegmentum للدماغ المتوسط الذيلي.

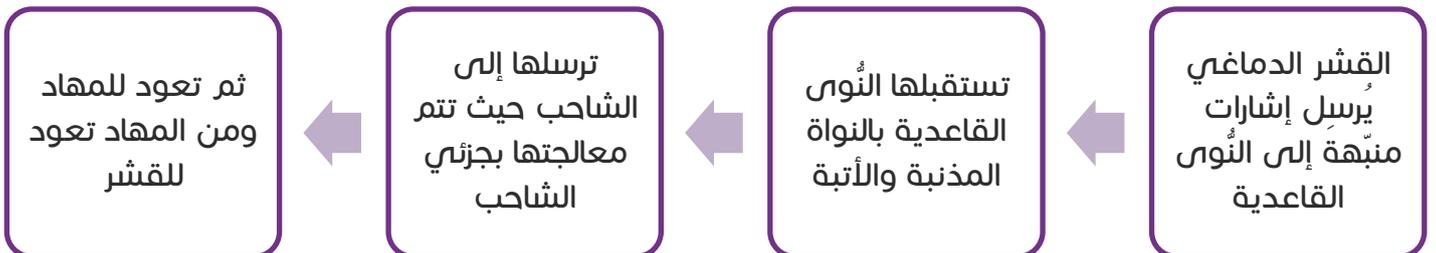


الشكل (7.7): مقطع في الجسر، النواة السويقية الجسرية إلى الخلف والوحشي من السويقة المخيخية العلوية.

الاتصالات الرئيسية للجهاز خارج الهرمي

Major connections of the extrapyramidal system (الأشكال 7.6 و 7.7)

◆ القاعدة الأساسية: *



ترسل جميع أقسام القشرة المخية محاور إلى النواة المذنبة والعجمة، يرسم كل قسم من القشرة المخية على قسم معين منهما. ترد جميع الإسقاطات من قشرة الجانب الموافق، إنَّ القسم الأكبر من الواردات يأتي من القشرة الحسية الحركية. وتشكل الكرة الشاحبة الموقع الأساسي الذي تنطلق منه صادرات النوى القاعدية. لا تتلقى هذه المواقع معلومات واردة من النخاع الشوكي بشكل مباشر، ولا ترسل إليه معلومات صادرة منها بشكل مباشر.

1. المخطط Striatum:

يتلقى أكبر مدخلاته من **القشرة الحديثة neocortex** من جميع المناطق القشرية الحديثة تقريباً.



إن الهدف من ذلك الارتباط بالقشر المخي هو **تنعيم الحركة**.

يتلقى مدخلات من **المهاد** (النواة المركزية الناصفة centromedian nucleus) ومن **المادة السوداء substantia nigra**.



و الهدف من الارتباط بالمهاد هو التقييم الراجع الحسي للحركة.

يُرسل ألياف إلى نواتين رئيسيتين: **الكرة الشاحبة والمادة السوداء** (الجزء الشبكي).

2. الكرة الشاحبة Globus pallidus: (الشكل 7.3)

تتلقى مدخلات من النواتين الرئيسيتين: **المخطط والنواة دون المهاد**.

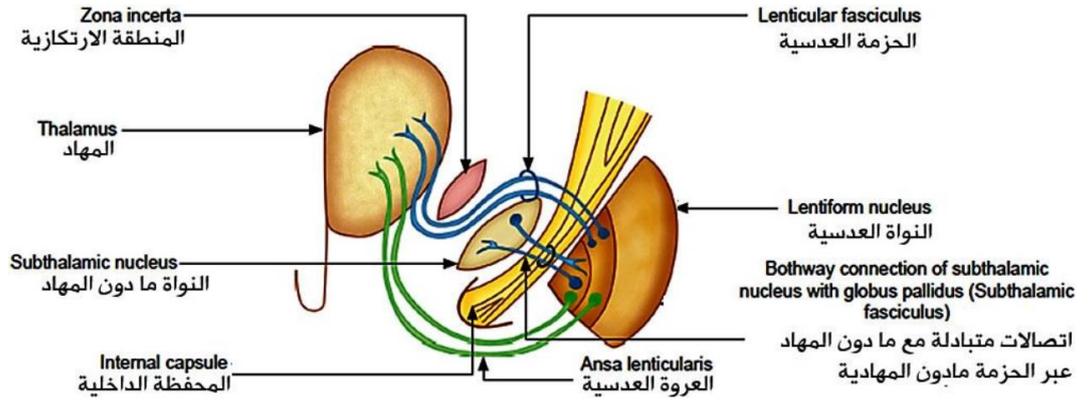
تُرسل ألياف إلى ثلاث نوى رئيسية:



1. تقسم الألياف الصادرة من الكرة الشاحبة إلى مجموعات: **العروة العدسية Ansa lenticularis**: التي تذهب إلى النوى المهادية.
2. **الحزمة العدسية Fasciculus lenticularis**: التي تذهب إلى ما دون المهاد Subthalamus.
3. **الألياف الشاحبية الغطائية Pallidotegmental fibers**: تنتهي في القسم السفلي من غطاء الدماغ المتوسط.
4. **الألياف الشاحبية دون المهادية Pallidosubthalamic fibers**: تذهب إلى النوى دون المهادية Subthalamic.

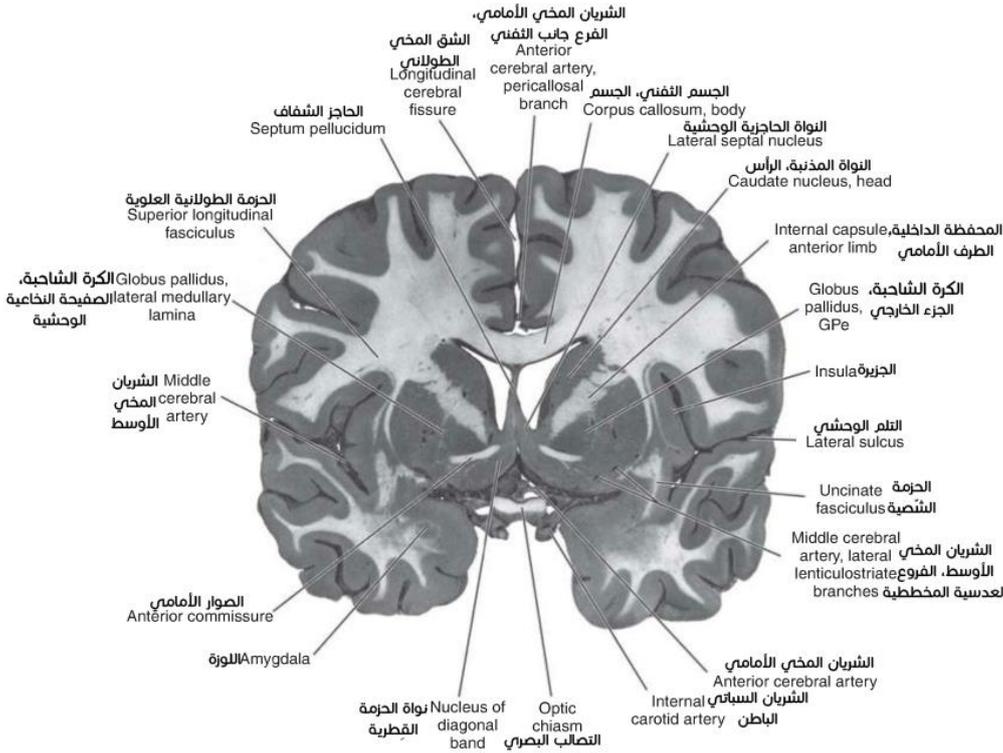
⁷ سنل تشريح الجملة العصبية السريري p:314.

الشكل (7.8)
اتصالات الكرة
الشاحبة والجسم
أسفل المهاد.



الشكل (7.9): مقطع
إكليلي خلال النواة
العدسية lenticiform
nucleus واللوزة
amygdala.

تتألف النواة العدسية من
الأتية (العجمة) putamen
والكرة الشاحبة globus
pallidus.
تظهر النواة اللوزية
amygdaloid nucleus
كدائرة أسفل المعقف
(المحجن) uncus.



3. النواة دون المهاد Subthalamic nucleus:

تتلقى مدخلات من الكرة الشاحبة ومن القشرة المحركة motor cortex.
ترسل ألياف إلى الكرة الشاحبة.

4. المهاد Thalamus:

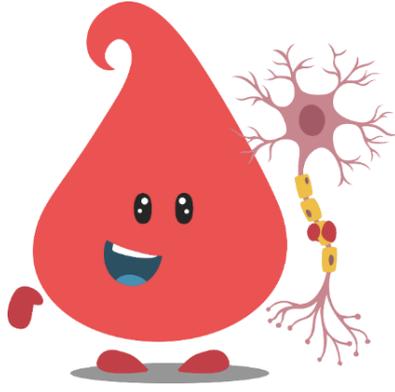
مدخلات إلى المهاد:

الكرة الشاحبة:

ترسل ألياف إلى النوى البطنية الأمامية، والبطنية الوحشية، والمركزية الناصفة.

المادة السوداء:

ترسل ألياف من الجزء الشبكي إلى النوى البطنية الأمامية، والبطنية الوحشية، والظهرية الناصفة
mediodorsal للمهاد.



▪ إسقاطات من المهاد:

➤ **القشرة المحركة Motor cortex (الباحة 4):**

من النُّوى البطنية الوحشية والمركزية الناصفة.

➤ **القشرة أمام الحركية Premotor cortex (الباحة 6):**

من النُّوى البطنية الأمامية والبطنية الوحشية.

➤ **القشرة الحركية الإضافية Supplementary motor cortex (الباحة 6):**

من النُّوى البطنية الوحشية والبطنية الأمامية.

➤ **المخطط Striatum:**

من النواة المركزية الناصفة.

5. المادة السوداء Substantia nigra:

تتلقى مُدخلات من **المخطط**.

ترسل ألياف إلى **المخطط والمهاد** (النُّوى البطنية الأمامية، والبطنية الوحشية، والظهرية الإنسية).

6. النواة السويقية الجسرية Pedunculo pontine nucleus:

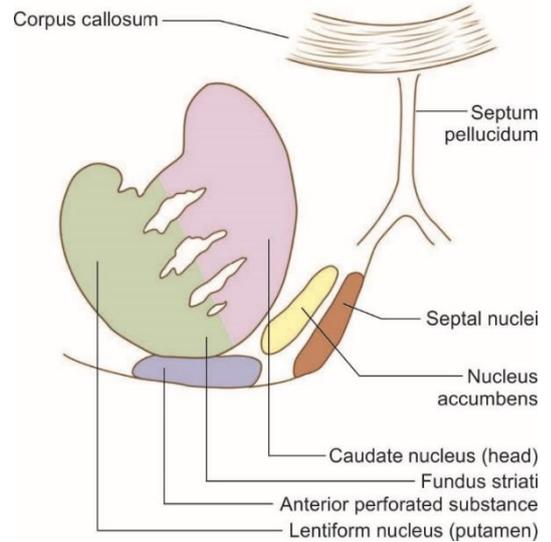
تتلقى مُدخلات محررة للغابا GABA—ergic input من **الكرة الشاحبة**.

ترسل ألياف غلوتامينرجية glutaminergic fibers إلى **الكرة الشاحبة والمادة السوداء**.

النواة السويقية الجسرية	المادة السوداء	المهاد	النواة دون المهاد	الكرة الشاحبة	المخطط	
الكرة الشاحبة	المخطط	الكرة الشاحبة المادة السوداء	الكرة الشاحبة القشرة المحركة	المخطط والنواة دون المهاد	القشرة الحديثة المهاد المادة السوداء	يتلقى من
الكرة الشاحبة والمادة السوداء	المخطط والمهاد	الباحة (4) الباحة (6)	الكرة الشاحبة	النواة دون المهاد والنواة السويقية الجسرية	الكرة الشاحبة المادة السوداء (الجزء الشبكي)	يرسل إلى

شرح الصورة

نلاحظ وجود النواة العدسية (الأتبة) والنواة المذنبة وقد رسمتا متصلتين وهذا الاتصال يدعى بالقمع المخطط (وهذا الأمر هو ما مكنا من معرفة أن النواة المذنبة والنواة العدسية (الأتبة) هم بنية لها نفس الوظيفة لذلك على التشريح الوصفي فقط أما المخطط فقد سمي بناء على الوظيفة).
في الأسفل يوجد بنيتين هما: الحدة الشمية وبجانها النواة المتكئة (كلاهما يشكلان الخطط البطنية).



ملاحظة كلام الدكتور:

النوى القاعدية دارة مغلقة في الأعلى متصلة مع الدارات الحركية النازلة و لا تعطي أي أوامر حركية مباشرة للنخاع الشوكي (لا يوجد سبيل نوى قاعدية-شوكي) وهي تهدف إلى تنظيم الحركة.

النواقل العصبية الرئيسية للجهاز خارج الهرمي

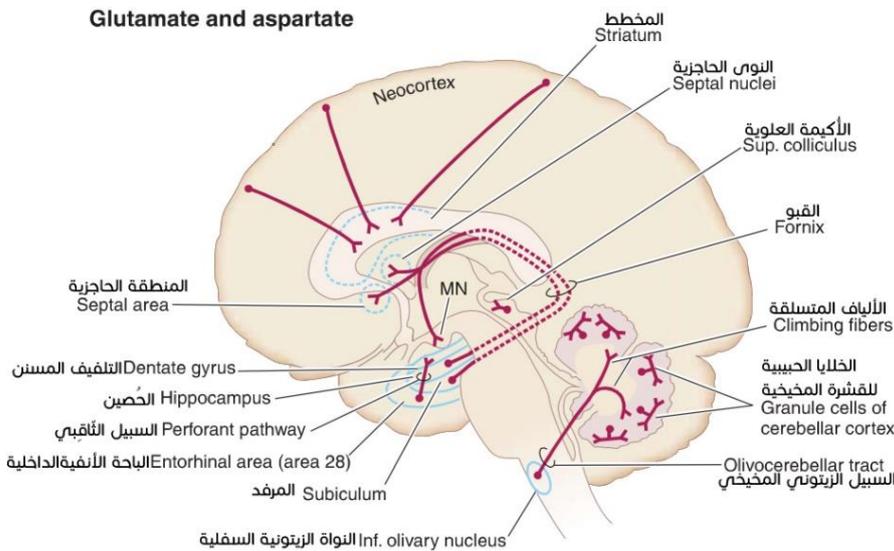
Major neurotransmitters of the extrapyramidal system (الأشكال 7.9 و 7.16)

1. العصبونات المحتوية على الغلوتامات Glutamate-containing neurons: (الشكل 7.11)

ترسل ألياف من القشرة المخية إلى المخطط.

ترسل ألياف من النواة دون المهاد إلى الكرة الشاحبة.

تثير العصبونات المحررة لغابا المخططة striatal GABA-ergic neurons والعصبونات الكولينرجية cholinergic neurons.



الشكل (7.11): تصدر العصبونات القشرية

المفرزة للغلوتامات أليافاً إلى المخطط. تصدر العصبونات المفرزة للغلوتامات في الحصين والمرفد أليافاً عبر القبو إلى المنطقة الحاجزية والوطاء.

تعتبر العصبونات الحبيبية في المخيخ مفرزة للغلوتامات.

تصدر عصبونات النواة الزيتونية السفلية أليافاً مفرزة للأسبرينات إلى المخيخ.

MN = النواة الحلمية.

ملاحظة:

تستخدم العصبونات الموجودة في المهاد والتي تصدر أليافاً للقشر المخي، الغلوتامات كناقل عصبي أيضاً.

2. العصبونات المحتوية على غابا GABA-containing neurons: (الشكل 7.12)

العصبونات المسيطرة predominant neurons في المخطط.

توجد في المخطط، والكرة الشاحبة، والمادة السوداء (الجزء الشبكي).

تُعطي **الألياف المحررة للغابا GABA-ergic projections** التالية: **الألياف المخططة الشاحبية**

striatopallidal، **والمخططة السودائية striatonigral**، **والشاحبية المهادية pallidothalamic**،

والسودائية المهادية nigrothalamic.

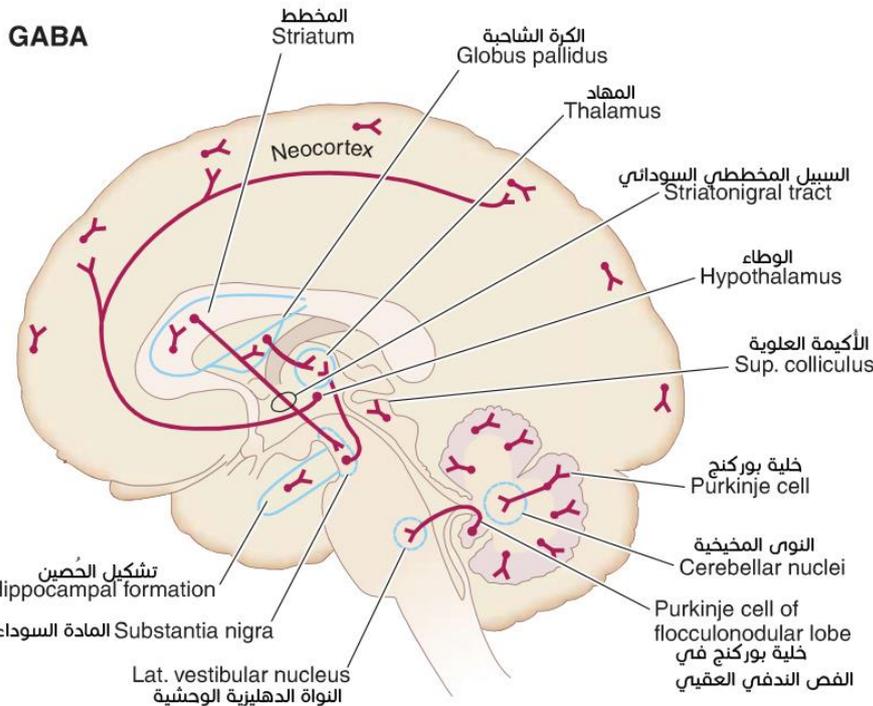
تتنكس في **داء هنتنغتون Huntington disease**.

ملاحظة:

الألياف المحررة لـ GABA تنتهي في المهاد:

الألياف المخططة الشاحبية ثم الألياف الشاحبية المهادية.

الألياف المخططة السودائية ثم الألياف السودائية المهادية.



الشكل (7.12): توزع العصبونات الحاوية على GABA وصارات هذه العصبونات، وهي العصبونات المثبّطة الأساسية في CNS، تتواجد في: القشرة الحديثة، القشرة العريقة، القشرة المخيخية (خلايا بوركنج)، العصبونات المطلقة لـ GABA في المخطط وتصدر إلى الجسم الشاحب والمادة السوداء، العصبونات المطلقة لـ GABA في الجسم الشاحب والتي تصدر أليافاً إلى المهاد والنواة دون المهاد.



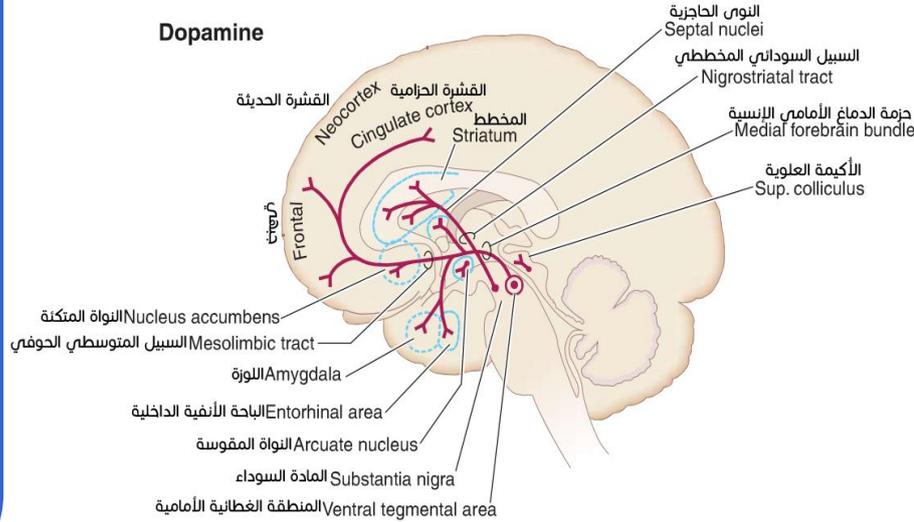
3. العصبونات المحتوية على الدوبامين Dopamine-containing neurons: (الشكل 7.13)

توجد في الجزء المُكْتَنَز (المُدْمَج) للمادة السوداء.

تُعْطِي الألياف السوداء المخططة الدوبامينرجية dopaminergic nigrostriatal projection.

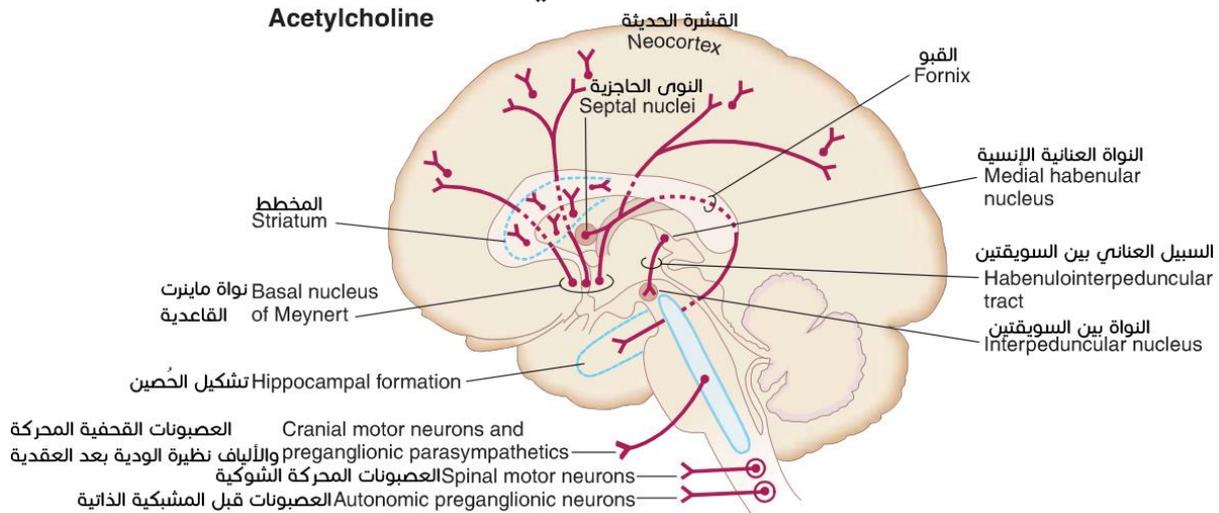
تتَنَكَّس في **داء باركنسون** Parkinson disease.

الشكل (7.13): توزع العصبونات الحاوية على الدوبامين وصارات هذه العصبونات. يوجد سبيلان أساسيان للدوبامين ينشآن من الدماغ المتوسط: السبيل السوداء المخططة والسبيل الدماغية المتوسطية الحوفي الذي ينشأ من المنطقة الغطاءية البطنية. في مرض باركنسون يحدث فقد في العصبونات الدوبامينية في المادة السوداء والمنطقة الغطاءية البطنية.



4. العصبونات المحتوية على الأسيتيل كولين Neurons containing acetylcholine (ACh): (الشكل 7.14)

عصبونات **دارات موضعية** local circuit neurons توجد في المخطط.



الشكل (7.14): تصدر نواة ماينرت القاعدية أليافاً إلى كل القشرة، تتدرك هذه النواة في مرض ألزهايمر. تتدرك عصبونات الدارات الموضعية المخططة المفزعة للأسيتيل كولين في مرض هنتنغتون.

إثراء:

إن تأثيرات الدوبامين والأسيتيل كولين تختلف بحسب المستقبل كما باقي النواقل العصبية، حيث يُنبّه الدوبامين المستقبلات D1 ويثبّط المستقبلات D2، أما الأسيتيل كولين بعكسه.

5. العصبونات المحتوية على ببتيدات عصبية Neuropeptide-containing neurons:

(الشكل 7.15)

تتضمن:

الكوليستيسستوكينين
cholecystokinin

سوماتوستاتين¹⁸
somatostatin

الموترّ العصبي
neurotensin

الببتيد العصبي Y
neuropeptide Y

دينورفين
dynorphin

إنكيفالين
enkephalin

المادة P
substance P

توجد أيضاً في النوى القاعدية.

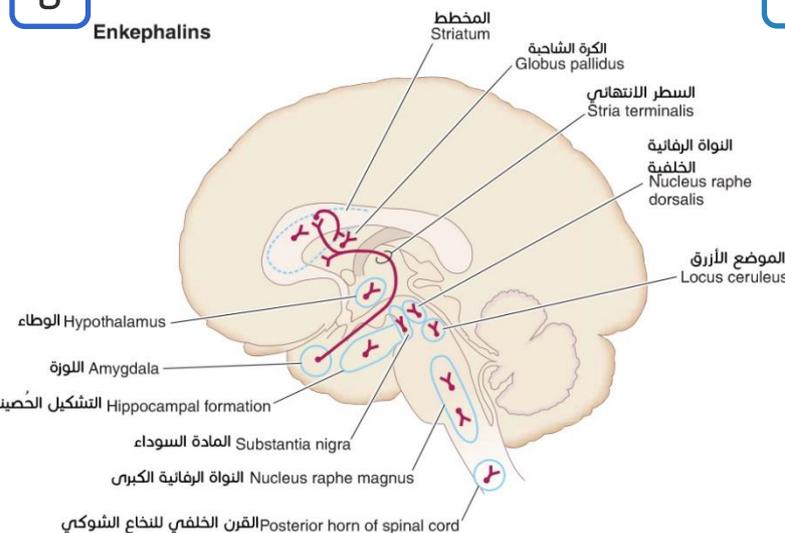
تتواجد مع النواقل العصبية الرئيسية (مثل: GABA و/أو إنكيفالين و/أو GABA و/أو المادة P substance P).

ربط مع الفيزيولوجيا

- الإنكيفالين والدينورفين كلاهما من مسكنات الألم، إلا أنّ فعالية الدينورفين أقوى بـ 200 مرة من الإنكيفالين.
- أحد أنواع النواقل العصبية هو الأندروفين، يلعب دوراً مهماً في الشعور بالبهجة وله تأثيرات مشابهة للأفيونات من ناحية تخفيف الألم، وأشهر أنواع الأندروفينات هو بيتا-أندروفين.

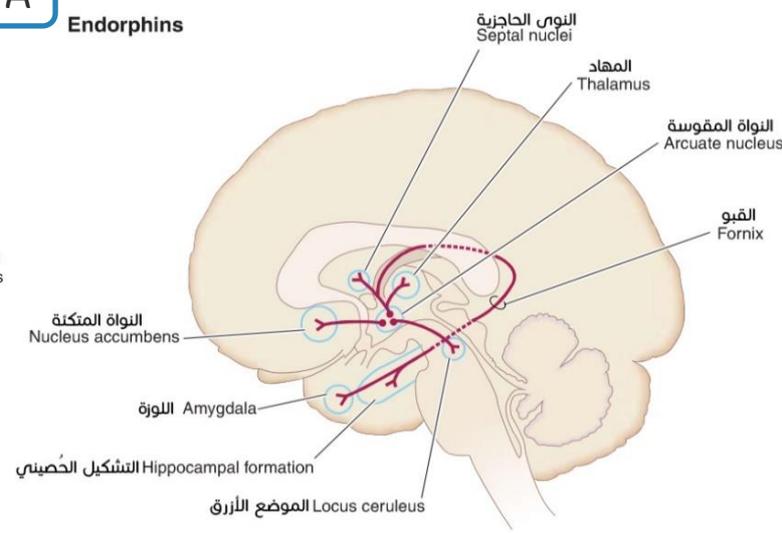
B

Enkephalins



A

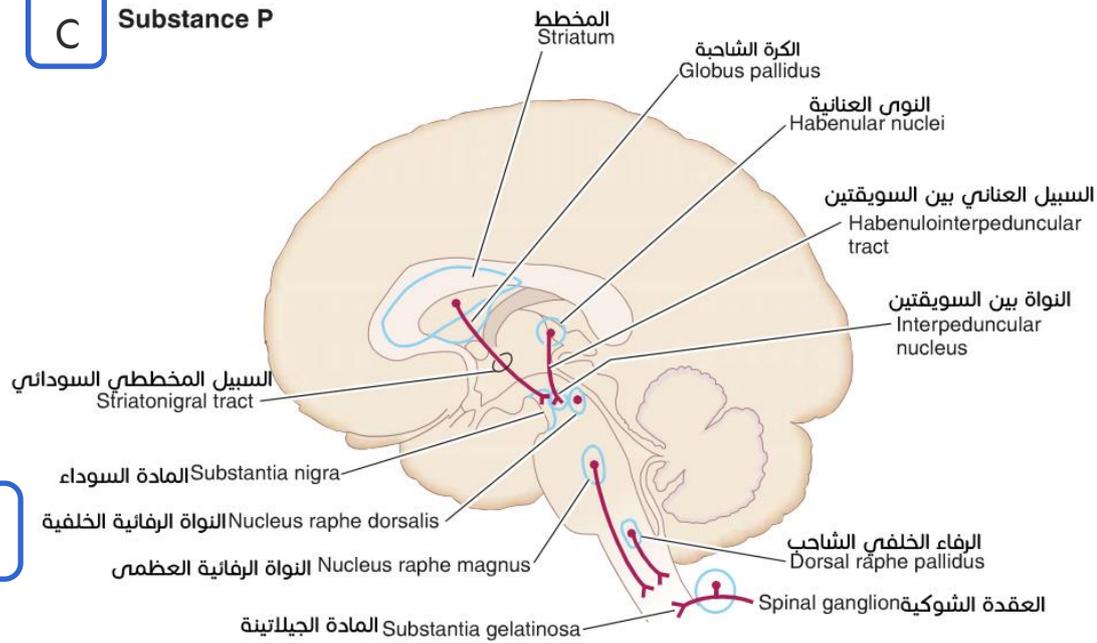
Endorphins



⁸ الهرمون المثبط لهرمون النمو.



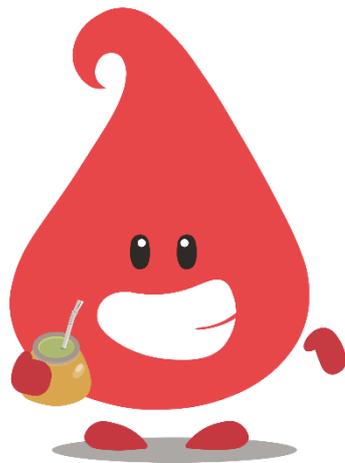
C Substance P



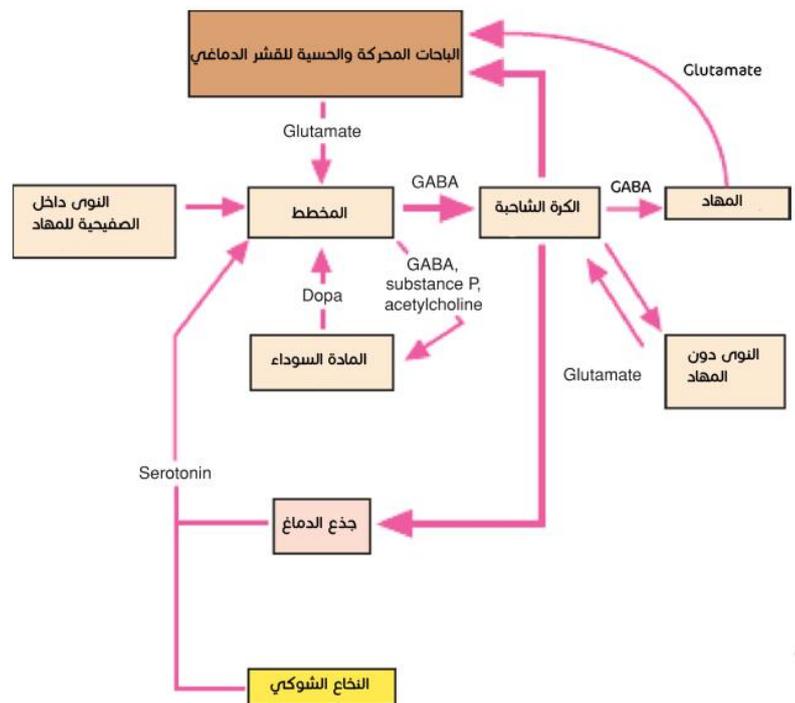
فيديو عن الناقل العصبي

الشكل (7.15):

A. العصبونات المفرزة للأندروفين تكاد تتواجد حصراً في الوطاء (النواة المقوسة).
 B. العصبونات المفرزة للإنكيفالين تتواجد بشكل أساسي في دارات موضعية في الجهاز الحوفي والمخطط. تلعب العصبونات المفرزة للإنكيفالين الموجودة في جذع الدماغ والنخاع الشوكي دوراً في آليات كبح الألم.
 C. المادة P هي ناقل عصبي للعصبونات المستقبلية لحس الألم في العقد الشوكية، تصدر العصبونات المفرزة للمادة P في المخطط أليفاً إلى المادة السوداء عبر السبيل المخططي السوداني.



الشكل (7.16):
 طرق النوى القاعدية مع
 ناقلها العصبي



المعقد المخططى الشَّاحِب البطني واتّصالاته Ventral striatopallidal complex and its connections

- يلعب دوراً في بدء الحركات استجابةً للنشاط التحفيزي والعاطفي (مثال: الوظائف الحوفية).

1. المخطط البطني *Ventral striatum*:

- يتألف من **النواة المتكئة nucleus accumbens والحديبة الشَّمِيّة olfactory tubercle**.
- يتلقّى مُدخّلات من **القشر الشَّمِيّ، وأمام الجِهِيّ، والحصينيّ**.
- يُرسل ألياف إلى **الشَّاحِب البطنيّ**.

الحديبة الشمية هي تبارز يمتد في الناحية الذيلية من المثلث الشمي وبالقرب من المادة المثقبة الأمامية يفصلها عن النواة العدسية عدة بنى مثل المادة السوداء والعروة العدسية.

2. الشَّاحِب البطني *Ventral pallidum*:

- يتألف من المادة اللامُسمّاة¹⁰ substantia innominata.
- يتلقّى مُدخّلات من **المخطط البطنيّ**.
- يُرسل ألياف إلى **النواة الظهريّة الإنسيّة للمهاد**.

تذكّر:

- ◀ المادة المثقبة الأمامية تقع **أمام** السبيل البصري و**خلف** المثلث الشمي.
- ◀ المادة المثقبة الخلفية تقع في **الحفرة بين السويقتين المخيتين**.

يتألف المخطط البطني من النواة المتكئة، قسم كبير من المادة المثقبة الأمامية (النواة اللامسمامة)، الحديبة الشمية، النوى الحاجزية، الحزمة القطرية لبروكا والتي تندمج مع النواة المتكئة. وهو مسؤول عن الضحك والسعادة والإدمان والمكافأة وتأثيرات الأدوية الوهمية. يقع الجسم الشَّاحِب البطني إلى الخلف والأسفل من المخطط البطني وينفصل عنه بالصوار الأمامي، كما يقع إلى الأعلى والوحشي من نواة ماينرت¹¹ وبالجهة الذيلية بالنسبة للمادة المثقبة الأمامية. يصدر المخطط البطني أليافاً إلى الجسم الشَّاحِب البطني تستخدم المادة P والإنكيفالين كناقلين عصبيين.

⁹ سنل تشريح الجملة العصبية السريري p:314.

¹⁰ نفسها المادة المثقبة الأمامية.

وظائف النوى القاعدية *

وظيفة استعرافية

وظيفة مرتبطة
بالجهاز الحوفي

وظيفة حركية

IMP

الوظيفة الحركية (الشكل 7.16)

الأوامر الحركية الصادرة من القشر الدماغي يتم تعديلها عبر **جهازين:**

النوى القاعدية.

المخيخ.

حيث تقوم النوى القاعدية بتحديد بدء الحركة واتجاه الحركة واسم الحركة والتعبير العاطفي عن الحركة، ثم ينتقل

التنبيه من **النوى القاعدية** إلى **المهاد** ومنه يعود إلى **القشر المخي**.

المهاد دائماً تحت تأثير مُثبِّط من النوى القاعدية، فالتنبيهات الصادرة من المهاد إلى القشر تكون **قليلة**.

لبدء حركة معينة يجب إتمام الدارة السابقة وإلا لا تحدث حركة، وبذلك نلاحظ وجود **طريقتين:**

1. (الطريق الأول) يثبط حدوث (الحركة):

القشر الدماغي إشاراته منبهة دائماً (عملية توليد الإشارة فيه قوية جداً)، يرسل تنبيهات إلى المخطط، هذه التنبيهات تحفز عصبونات مُثبِّطة (تذكر القاعدة + ضرب - -)، ثم تخرج التنبيهات المُثبِّطة إلى المهاد فيتم تثبيط المهاد، ثم يعود المهاد ليرسل تأثيرات مثبِّطة للقشر المخي.

2. (الطريق الثاني):

إذا أردنا للمهاد أن ينبه الدارة تسلك التنبيهات الطريق الثاني، وفيه تأتي تنبيهات من النواة أسفل المهاد ومن المادة السوداء، وتقوم بوصلة (تحويلة) حتى تعود التنبيهات من المهاد إلى القشر الدماغي وتكون مفعلة. إن هذه إما أن تثبط أو تفعل القشر الدماغي، لكن هذه ليس بالمعنى المطلق، لأنها تُفعل في ظروف وتثبط في ظروف أخرى.

EXT

RBO Enriching

إثراء آريسييزي:

✓ إن تفصيل ما يحدث في الجهاز خارج الهرمي بالنسبة للوظيفة الحركية هو وجود طريقتين للتنبيهات.

✎ **الطريق المباشر:** يعزز بدء الحركة، وهو يبدأ في القشر المخي وينتهي فيه بعد المرور على المخطط والشاحب والمهاد، وهذا الطريق يعتمد مستقبلات من نوع D1، محطات هذا الطريق:



ترسل القشرة أمام الحركية معلومات إلى المخطط عبر الألياف القشرية المخططة المفرزة للـ Glutamate فتنبه المخطط إلى أن الجسم يريد بدء حركة ما.

يرسل المخطط أليافاً مخططةً شاحبيةً وهي أليافٌ مثبِّطةٌ (من نوع غابا GABA) إلى القسم الداخلي (الإنسي) للكرة الشاحبة فيثبِّط نشاط هذا القسم.

يرسل المهاد أليافاً إلى القشرة المخية الحركية (ناقلها الغلوتامات Glutamate وهذه الألياف منبِّة للقشرة).

يقوم القسم الداخلي بتثبيط المهاد بألياف العروة العدسية (الشاحبية المهادية) التي تحرر الغابا GABA، وبما أن المخطط تثبِّط هذا القسم سيتفعل المهاد.

طريق غير مباشر: هذا الطريق مثبِّط لنشاط القشرة ويكبح الحركات غير المرغوبة وتشارك في محطاته النواة دون المهادية إضافةً إلى محطات الطريق المباشر، هذا الطريق يعتمد على مستقبلات من نوع D2، وهذه المحطات:

ترسل القشرة أمام الحركية إلى المخطط عبر الألياف القشرية المخططة المفرزة للـ Glutamate فينبه المخطط إلى أن الجسم يريد بدء حركة ما، لكن هذه الحركة غير مرغوبة.

يرسل المخطط أليافاً مثبِّطةً (من نوع غابا GABA) إلى القسم الخارجي (الوحشي) للكرة الشاحبة فيثبِّط نشاط هذا القسم.

يقوم القسم الخارجي بتثبيط نشاط النواة أسفل المهاد بألياف الحزمة العدسية (الشاحبية دون المهادية) التي تحرر الـ GABA.

تقوم النواة أسفل المهاد بتنشيط القسم الداخلي للكرة الشاحبة بألياف تحرر الغلوتامات Glutamate.

يقوم القسم الداخلي بتثبيط المهاد بأليافه الشاحبية المهادية (من نوع غابا GABA) وحين يثبِّط المهاد فإن تأثيره المنبه للقشرة يزول وبالتالي تثبِّط الحركة.

الوظيفة الاستعرافية

- ✚ تتعلق بالحركات المتعلّمة **التلقائية**.
- ✚ أي عند تعلّم حركة جديدة تمر هذه الحركة من **القشر الدماغي** إلى **النوى القاعدية**.
- ✚ فيتم تقوية المشابك والمسالك المسؤولة عنها.
- ✚ وبتكرار الحركة تزداد التقوية (التكرار يعلم الشطار)، وعندما يتم حفظ الحركة وتعلّمها جيداً فالقشر الدماغي لم يعد له داعي ليتدخل بالموضوع.
- ✚ يتدخل القشر الدماغي عندما يتشتت انتباه الشخص ويفعل خطأ معين.
- ✓ **مثال:** الطفل عندما يُخلق لا يستطيع المشي ونقوم بتعليمه المشي، وعندما يتعلم المشي يصبح الأمر تلقائياً لديه، أي أن **النوى القاعدية** أصبحت المسؤولة عن الحركة.
- ✓ **مثال آخر:** حركة اليدين أثناء المشي (الإنسان له إيقاع محدد فإذا طُلب منه الركض أو المشي دون تحريك يديه سوف يقع لأن هذه الحركة التلقائية عند المشي بتحريك القدمين واليدين تقوم بها **النوى القاعدية** للحفاظ على التوازن، فهي تغيّر مركز الثقل للجسم بين حركة قدم وأخرى عن طريق حركة اليدين، لذلك الشخص المرابط اليدين إذا ركض سيقع لأنه لا يستطيع أن يوازن نفسه.

الوظيفة المرتبطة بالجهاز الحوفي

- ✚ الدارة المرتبطة بالجهاز الحوفي هي الدارة التي تعطينا **التعابير الحركية** **بوجهنا للعواطف** و**تعبير الألم**.
- ✚ **فالنوى القاعدية** مسؤولة عن الملامح الحركية المرتبطة بالسلوك العاطفي.
- ✓ **مثال:** التكشيرة التي تظهر على وجوهنا عند الشعور بالألم، **النوى القاعدية** هي التي تحدثها.

ملاحظات: *

- إن القشر الدماغي عندما يُعطي أمراً بالحركة فإنّ هذه الحركة تتسم بالخشونة وعدم الانسيابية، وعندما تمر على النوى القاعدية تكتسب المرونة والانسيابية.
- سيرد معنا أثناء مسيرتنا في الطب ما يُسمّى بالأعراض خارج الهرمية حيث يتشنج جسم المريض كاملاً وتتشنج عيناه للأعلى.
- تؤدي بعض الأدوية لتأثيرات جانبية خارج هرمية مثل: إبرة ميتودوغلامايد للأطفال، والباسيران وهو الأشيع.



لماذا يجب ترك الطفل يتعلم كل شيء ممكن؟ *

يعتقد أن الإنسان لديه معلومات مخزونة في القشر المخي عن **كل شيء**، وقد نُقلت هذه المعلومات وورثت لنا من أب البشر آدم عليه السلام، الذي علّمه الله جميع الأسماء، ويستدل على هذا المعتقد بالآية 31 من سورة البقرة.

إذاً الإنسان، بحسب الاعتقاد السابق، لديه كامل المعلومات عن كل شيء، إلا أنها، إن صح التعبير، مطمورة في مشابك **مُثَبِّطة في القشر المخي** ولا ندركها، والطريقة الوحيدة المتاحة لنا لإدراكها هي **عبر التعلم** متأملين تنبيه هذه المشابك. إن هذا التشبيط يختلف بشدته بين الأفراد، بحيث يختلف الجهد المطلوب بذله لتنبيه المشبك.

والآن نعود للطفل الصغير، إن تعليم الطفل لمختلف العلوم سيثير المشابك أو بعض المشابك المطمورة، حيث أن توجيه التعليم لمجال محدد **سينبه المشابك الخازنة للمعلومات المتعلقة بهذا المجال** فقط، فنكون بذلك ضيعنا المشابك الأخرى.

الارتباطات السريرية Clinical correlations

داء باركنسون Parkinson disease:

- ❖ معدل الحدوث: 0.1% إلى 0.2% من الأشخاص فوق سن الأربعين.
- ❖ حالة مرتبطة **بتنكس degeneration وزوال صبغ depigmentation** العصبونات في المادة السوداء.
- ❖ ينتج عنه **نفاذ الدوبامين depletion of dopamine** في النواة المذنبة والأتية (العجمة).
- ❖ يشمل **المظاهر السريرية**:

بطء الحركة
bradykinesia

رُعَاش الراحة resting tremor (رُعَاش درجة الأقراص pill-rolling tremor)

ضعف الحركة hypokinesia (صعوبة في بدء وتنفيذ الحركات الإرادية)

صَمَل rigidity (العجلة المُسنَّنة cog-wheel وصَمَل أنابيب الرصاص lead-pipe rigidity)

❖ تشمل **المظاهر الاحركية**:

اضطرابات الجهاز العصبي الذاتي autonomic nervous system

اضطرابات المزاج/الشخصية mood/personality disorders

خلل وظيفي معرفي cognitive dysfunction

اضطرابات النوم disturbances sleep



- Mnemonic: (الشكل 7.17)
- العلامات السريرية لداء باركنسون تجمع بكلمة TRAPS، حيث:
- T: Tremor at rest.
- R: Rigidity.
- A: Akinesia (or Bradykinesia).
- P: Postural instability عدم استقرار الوضعة.
- S: Shuffling gait اضطراب المشية (المشي على قاعدة ضيقة).

الشكل (7.17):
الأعراض المُشاهدة عند
مريض داء باركنسون



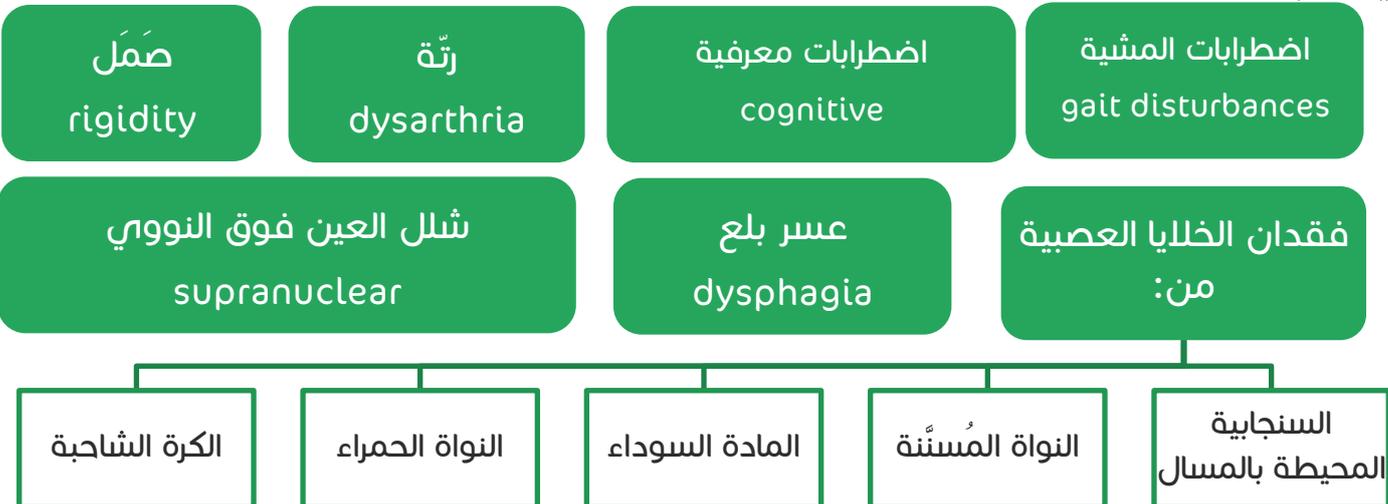
صَمَل العجلة المُسنَّنة

صَمَل أنابيب الرصاص

المشيّة في داء باركنسون

الشلل فوق النواة المترقّي Progressive supranuclear palsy:

- ❖ متوسط العمر لظهور المرض 65 سنة.
- ❖ مرتبط مع داء باركنسون Parkinson disease. شلل فوق النواة المترقّي وداء باركنسون معاً يُدعى بمتلازمة باركنسون الزائدة Parkinson-plus syndrome.
- ❖ يتصف بـ:



❖ مع تقدّم المرض تتأدّى بقية الأعصاب القحفية **الحركية**، مما يؤدي إلى الصورة السريرية للشلل البصلي الكاذب ¹²pseudobulbar palsy.

❖ ينتج عنه **تشابكات ليفية عصبية** neurofibrillary tangles في العصبونات الباقية.

داء هنتنغتون (الرّقص) (Huntington disease (chorea):

❖ **مرض حركي وراثي صبغي جسدي سائد** inherited autosomal dominant movement disorder مرتبط بتنكس شديد **للعصبونات الكولينرجية والمحرّرة لغابا** cholinergic and GABA—ergic neurons التي تقع في النواة المذنبة والأتبة (العجمة).

❖ مُقترن عادةً **بضمور تلفيفي gyral atrophy** في الفصوص الجبهية والصدغية.

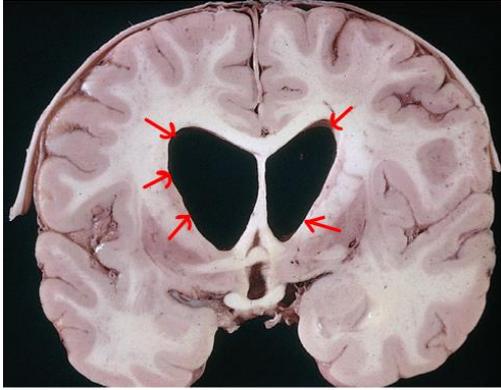
❖ يُمكن أن يُعزى إلى خلل جيني واحد في **الصبغي 4**.

❖ يتميز ببدء ضعيف وبطء في حركات العين الرمشية saccadic eye movements؛ فالمرضى لا يستطيعون القيام برمش إرادي بدون تحريك الرأس.

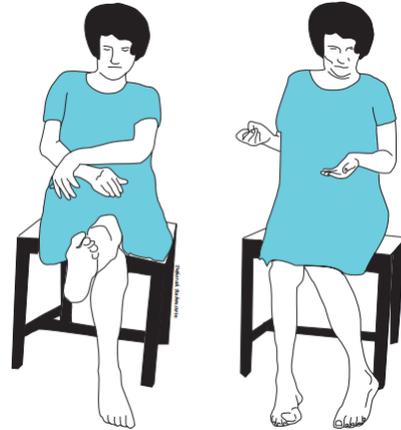
❖ ينتج عنه مظاهر سريرية **للحركات الرقصية choreiform movements** (الشكل 7.18) **والخرف المترقي progressive dementia**.

❖ يؤدي إلى **استسقاء الرأس hydrocephalus** بسبب الفراغ الناتج عن فقدان عصبونات تقع في رأس النواة المذنبة، وبدرجة أقل في الأتبة (العجمة) (الشكل 7.19).

❖ يتوفر التشخيص قبل الولادة وبعدها باستخدام تقنيات الحمض النووي.



الشكل (7.19): الفراغ الناتج عن فقدان العصبونات في النواة المذنبة



الشكل (7.18): الرقص في داء هنتنغتون

¹² أشهر الأعراض هي عسر بلع ورتة (عسر تلفظ)، ويحدث بسبب إصابة فوق نوية للسبل القشرية البولية.

اختلالات رَقْصية أخرى :Other choreiform dyskinesias

رَقْص سيدنهام (رقص القديس فيتوس) Sydenham chorea (St. Vitus dance): (الشكل 7.20)



الشكل (7.20): فيديو وصورة يوضحان رقص سيدنهام

❖ الرَقْص الأكثر شيوعاً.

❖ يحدث بشكل رئيسي عند الفتيات كنتيجة للحمى الرثوية (الروماتيزمية) rheumatic fever.



رَقْص حملي Chorea gravidarum:

❖ يحدث عادةً خلال الثلث الثاني من الحمل.

❖ في كثير من الحالات، يمكن الحصول على تاريخ مرضي لرَقْص سيدنهام.

الزفن والزفن الشقي Ballism and hemiballism



فيديو يوضح الزفن الشقي

❖ اضطرابات حركية خارج هرمية غالباً ما تنتج عن آفة وعائية vascular lesion (احتشاء infract) للنواة دون (أسفل) المهاد.

❖ يتميز بحركات اندفاعية (زفنية) عنيفة violent flinging (ballistic) movements بأحد الطرفين أو كليهما؛ تظهر الأعراض على الجانب المقابل.

❖ يُمكن أن يُعالج بأدوية حاصرات الدوبامين dopamine-blocking drugs أو عوامل محاكية للغايا GABA—mimetic agents.

❖ يُمكن أن يُعالج جراحياً عن طريق بضع المهاد البطني الوحشي ventrolateral thalamotomy.

التنكس الكبدي العدسي (داء ويلسون) Hepatolenticular degeneration (Wilson disease)

❖ اضطراب صبغي جسدي متنحي autosomal recessive disorder بسبب خلل في استقلاب النحاس (السيرولوبلازمين ceruloplasmin).

هو الإشارة العصبية الأكثر شيوعاً.

❖ موضعه الجيني على الصبغي 13.

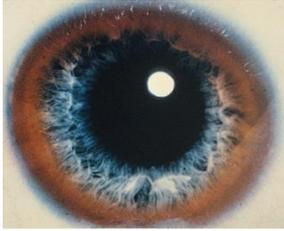
❖ ينتج عنه مظاهر سريرية:

الصَّمَل rigidity

الرُّعَاش tremor

حركات رَقْصية الشكل أو كنعية choreiform or athetotic movements

❖ له أعراض نفسية تتضمن:

عته
dementiaاضطرابات الشخصية
personality disordersالذهان
psychosis❖ ينتج عنه حلقة كايزر-فلايشر القرنية corneal Kayser—Fleischer ring (الشكل 7.21)، والتي هي صفة مميزة للمرض pathognomonic.❖ يتميز بأفات في الكبد (تشمُّع cirrhosis) وفي النُّوى العدسية (نخر necrosis وتكهف cavitation في الأتبة).❖ يتم تشخيصه بانخفاض السيرولوبلازمين¹³ في المصل low serum ceruloplasmin، وإطراح بولي مرتفع للنحاس elevated urinary excretion of copper، وزيادة تركيز النحاس في خزعة الكبد increased copper concentration in liver biopsy.❖ يُعالج بعامل رابط للنحاس دي بنسيلامين D-penicillamine و بيريدوكسين pyridoxine لفقر الدم.

الشكل (7.21): حلقة كايزر-فلايشر
تعكس ترسب النحاس في القرنية

مقتطف من الحلقة 6 الموسم 1 من مسلسل
House M.D مريضة لديها داء ويلسون

عسر الحركة المتأخر Tardive dyskinesia:

❖ متلازمة حركات رقصية متكررة syndrome of repetitive choreic movements تؤثر على الوجه، الأطراف، والحذع.❖ تنتج عن المعالجة بالأدوية المضادة للذهان antipsychotic drugs مثل:ميتوكلوبراميد
metoclopramideبيوتيروفينون
butyrophenonesفينوثيازين
phenothiazines❖ غالبًا ما يكون قابلاً للعكس often reversible من خلال التلاعب الدوائي المناسب proper pharmacologic manipulations.

فيديو يعرض عدد من المرضى الذين
يعانون من عسر الحركة المتأخر

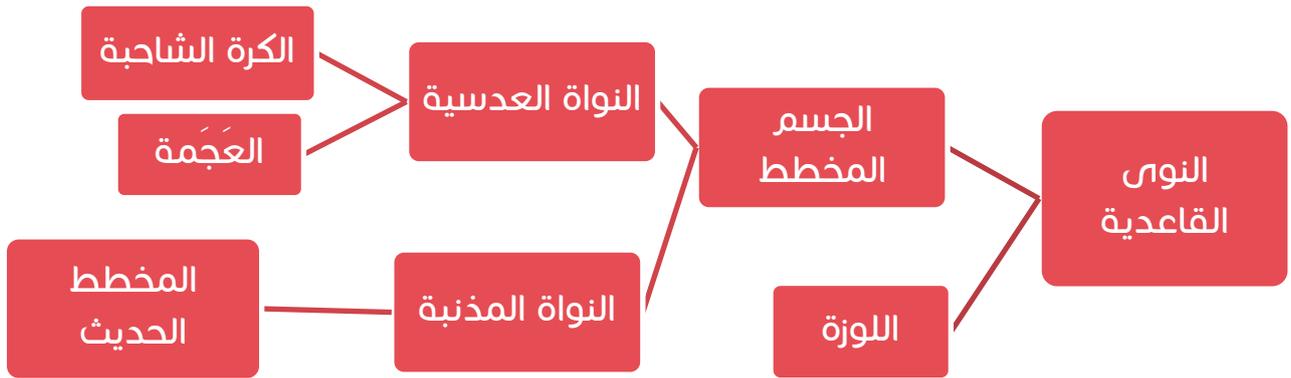
¹³ هو بروتين يُصنع في الكبد ينقل النحاس من الكبد إلى أجزاء الجسم، كما يشارك في استقلاب الحديد لامتلاكه فعالية الأوكسيداز.

OVERVIEW

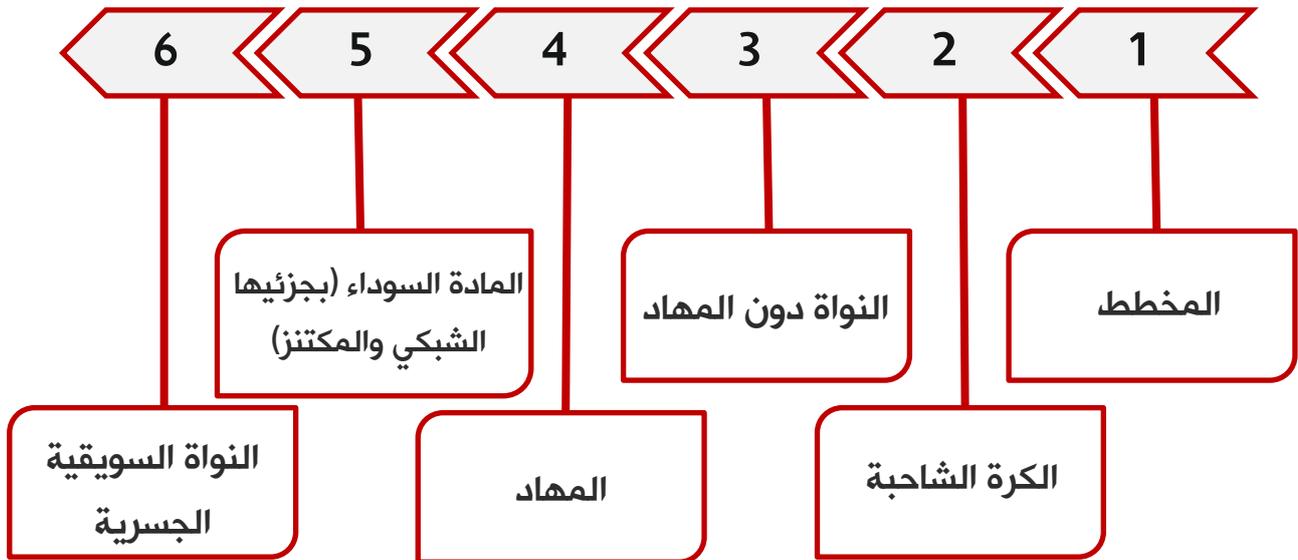
- ✓ النوى القاعدية هي نوى تحت قشرية (مادة رمادية) ضمن نصفي الكرة المخية.
- ✓ ولها أربع مكونات:



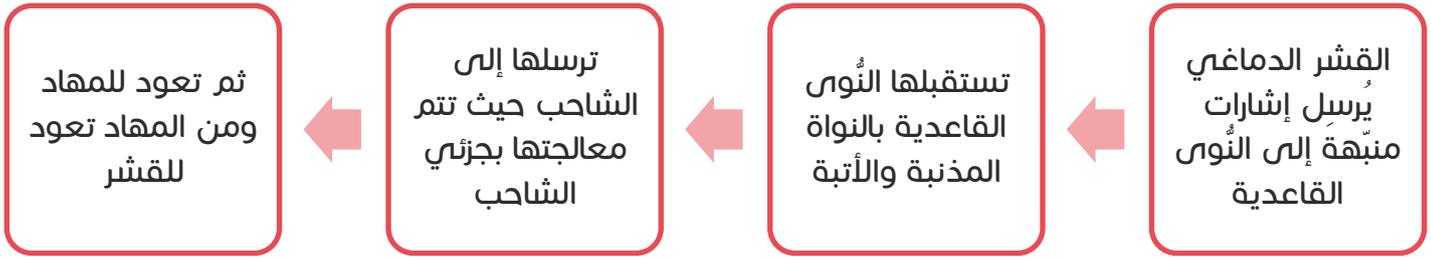
- ✓ المخطط (المخطط الحديث) Striatum (neostriatum) يتألف من النواة المذنبية caudate nucleus والأتية (العجمة) putamen.
- ✓ النواة العدسية Lentiform nucleus تتألف من الأتية (العجمة) putamen والكرة الشاحبة globus pallidus.
- ✓ الجسم المخطط Corpus striatum يتألف من النواة العدسية lentiform nucleus والنواة المذنبية caudate nucleus.



- ✓ يتألف الجهاز الحركي خارج الهرمي من:



✓ القاعدة الأساسية للاتصالات الخارج هرمية تكون كالتالي:



النواة السويقية الجسرية	المادة السوداء	المهاد	النواة دون المهاد	الكرة الشاحبة	المخطط	
الكرة الشاحبة	المخطط	الكرة الشاحبة المادة السوداء	الكرة الشاحبة القشرة المحركة	المخطط والنواة دون المهاد	القشرة الحديثة المهاد المادة السوداء	يتلقى من
الكرة الشاحبة والمادة السوداء	المخطط والمهاد	الباحة (4) الباحة (6)	الكرة الشاحبة	النواة دون المهاد والنواة السويقية الجسرية	الكرة الشاحبة المادة السوداء (الجزء الشبكي)	يرسل إلى

✓ النواقل العصبية الرئيسية للجهاز خارج الهرمي تتضمن:



✓ وظائف النوى القاعدية :

وظيفة استعرافية

وظيفة مرتبطة بالجهاز الحوفي

وظيفة حركية

