الآليات العصبية والبيولوجية والكيميائية للذاكرة

تُعدّ الذاكرة من أبرز الوظائف العقلية العليا التي تمكّن الإنسان من اكتساب الخبرة والمعرفة وتخزينها واسترجاعها عند الحاجة. وقد حظيت دراسة الذاكرة باهتمام بالغ في مجالات علم الأعصاب وعلم النفس المعرفي، حيث كشفت الأبحاث الحديثة أنّ عملية التذكّر ليست مجرد استرجاع سلبي للمعلومات، بل هي عملية ديناميكية معقّدة تتداخل فيها آليات عصبية، وبيولوجية، وكيميائية دقيقة.

العمليات الأساسية للذاكرة:

1–التشفير: عملية تحويل المعلومات التي نستقبلها إلى شيفرة عصبية يمكن للدماغ معالجتها.

2–التخزين: عملية الاحتفاظ بتلك المعلومات المشفرة مع مرور الوقت.

3–الاسترجاع: عملية إحياء (استرجاع) المعلومات المخزنة عند الحاجة إليها.

أنواع الذاكرة من منظور عصبي:

1–الذاكرة العاملة: مؤقتة تستخدم للمعالجة الفورية مثل تذكر رقم الهاتف قبل كتابته، ترتبط بشدة بقشرة الفص الجبهي.

2–الذاكرة طويلة المدى: أهمها الذاكرة الدلالية وهي خاصة بالمعارف العامة والحقائق وجزء كبير منها مرتبط بقشرة الفص الصدغي.

3–الذاكرة العرضية: لها علاقة بالأحداث الشخصية ومرتبطة بالحصين.

هناك من يضيف الذاكرة الصريحة وهي خاصة بالحقائق و الأحداث مثلا عندما يتذكر الفرد ماذا فعل بالأمس، و الذاكرة الضمنية وتشير إلى الذكريات اللاواعية مثل مهارات و عادات معينة

أولاً :الآليات العصبية للذاكرة:

تتمركز الآليات العصبية للذاكرة في مناطق محددة من الدماغ، أهمها الحُصين (Hippocampus) والقشرة المخية الجبهية (Prefrontal Cortex)، واللوزة الدماغية .(Amygdala) يُعدّ الحُصين البنية الأساسية المسؤولة عن تحويل الذاكرة قصيرة المدى إلى ذاكرة طويلة المدى كما تشارك القشرة الجبهية في تنظيم عمليات الاسترجاع والانتباه، بينما تلعب اللوزة الدماغية دورًا رئيسيًا في ترميز الذكريات الانفعالية.

ثانياً :الآليات البيولوجية للذاكرة:

تتضمن الآليات البيولوجية للذاكرة عمليات الليونة العصبية (Neuroplasticity) التي تُشير إلى قدرة الدماغ على تعديل بنيته ووظائفه استجابة للخبرة .من أبرز صور هذه اللدونة تقوية المشابك العصبية طويلة الأمد (Long-Term Potentiation, LTP) ، وهي زيادة في فعالية الاتصال بين العصبونات نتيجة التكرار .

وتُظهر الدراسات أنّ هذه العمليات تعتمد على تغيّرات جزيئية داخل الخلايا العصبية تشمل تنظيم التعبير الجيني وزيادة تكوين البروتينات الضرورية لتثبيت الذاكرة.

ثالثاً :الآليات الكيميائية للذاكرة:

تُعدّ الناقلات العصبية الركيزة الكيميائية الأساسية لنقل الإشارات بين الخلايا العصبية، وتلعب دورًا جوهريًا في تكوين الذاكرة .من بين أهم هذه النواقل:

الأستيل كولين :(Acetylcholine) أساسي في تكوين الذاكرة والانتباه .

الدوبامين(Dopamine) :يرتبط بالتحفيز والمكافأة وتثبيت الذكريات العاطفية.

السيروتونين :(Serotonin) يؤثر في المزاج والذاكرة طويلة المدى.

الغلوتامات :(Glutamate) ناقل استثاري رئيسي يفعّل مستقبلات NMDA المسؤولة عن تقوية المشابك العصبية

وتؤكد الأبحاث أن التوازن بين هذه المواد الكيميائية ضروري لحسن أداء الذاكرة، وأن أي اضطراب في مستوياتها قد يؤدي إلى ضعف أو تشوّه في تخزين المعلومات.

الحُصين (Hippocampus)

1. الموقع والبنية التشريحية: يقع الحُصين في الفص الصدغي الإنسي (Medial Temporal Lobe)، وهو جزء من الجهاز الحوفي المسؤول عن العاطفة والذاكرة. يتألف من عدة بنى فرعية رئيسية تشمل:

القرن الأموني (Cornu Ammonis - CA): ويتفرع إلى مناطق CA1 وCA2 وCA3، وهي مسؤولة عن معالجة وتشفير المعلومات.

اللُّفافة المسنّنة (Dentate Gyrus): تُعدّ مدخل الحُصين الرئيسي، وتشارك في تكوين الذاكرة المكانية.

السبتوم والحاجز الشفاف (Septum & Subiculum): يعملان كجسور اتصال بين الحُصين وبقية مناطق الدماغ.

يتكوّن الحُصين من طبقات من الخلايا الهرمية (Pyramidal Cells) والخلايا الحُبيبية (Granule Cells)، التي تُشكل شبكات عصبية معقدة تُعالج المعلومات الواردة من القشرة الدماغية.

2. الوظائف العصبية للحُصين:

تكوين الذاكرة العرضية (Episodic Memory): أي تخزين الأحداث التي مرّ بها الفرد في الزمان والمكان. **توحيد الذاكرة (Memory Consolidation):** حيث تُنقل المعلومات من الذاكرة قصيرة الأمد إلى طويلة الأمد عبر نشاط متكرر بين الحُصين والقشرة الدماغية .

الملاحة المكانية (Spatial Navigation): إذ يحتوي الحُصين على "خلايا المكان" (Place Cells) التي تُكوّن خريطة ذهنية للمكان.

3. النواقل العصبية المرتبطة بالحُصين:

الغلوتامات (Glutamate): هو الناقل الرئيسي المثير في الحُصين، ويمارس دوره عبر مستقبلات NMDA وAMPA، ما يسهّل عملية التقوية طويلة الأمد (LTP)، وهي الأساس الخلوي للتعلّم والذاكرة.

الـــ GABA (حمض غاما أمينوبوتيريك): ناقل مثبّط يُوازن نشاط الخلايا الهرمية ويمنع فرط الاستثارة العصبية. **الأستيل كولين (Acetylcholine):** يُفرز من النواة القاعدية (Basal Nucleus of Meynert) ويُسهِم في الانتباه والتشفير الفعّال للمعلومات.

الدوبامين (Dopamine): يُعدّ من أهم النواقل التي تعدّل فعالية الحُصين في حالات المكافأة والتعلّم المرتبط بالحافز

4. الهرمونات المؤثرة في الحُصين:

الكورتيزول (Cortisol): هرمون الإجهاد الذي تفرزه الغدة الكظرية. تؤدي المستويات المعتدلة منه إلى دعم الذاكرة، لكن المستويات المرتفعة المزمنة تسبّب تلفًا في خلايا الحُصين وتضعف الذاكرة.

الإستروجين (Estrogen): يعزّز اللدونة العصبية ويزيد من تكوين المشابك العصبية في الحُصين، وهو ما يفسر الفروق الإدراكية في بعض المراحل الهرمونية لدى الإناث .

الأوكسيتوسين (Oxytocin): يعزّز الترابط الاجتماعي والذاكرة العاطفية من خلال تفاعله مع اللوزة والحُصين.

5. التغيرات المرضية في الحُصين:

يُعتبر الحُصين من أكثر المناطق حساسية في الدماغ. ففي مرض الزهايمر، يتعرض لتلف مبكر يؤدي إلى فقدان الذاكرة قصيرة المدى. كما أن اضطرابات القلق والاكتئاب ترتبط بانخفاض حجم الحُصين نتيجة فرط الكورتيزول واضطراب الناقلات العصبية.

الآلية:

إطلاق الغلوتومات من العصبون قبل مشبكي ، هذا الأخير ينشط مستقبلات مثل (NMDA) و (AMPA) في العصبون البعد مشبكي ، وهذا يؤدي إلى سلسلة إشارات داخل الخلية تزيد من عدد المستقبلات (AMPA) على السطح، مما يجعل الخلية أكثر استجابة للغلوتومات في المستقبل، وتشمل هذه العملية جزيئات مثل الكالسيوم (Ca2+) و الإنزيمات مثل(CMKII/PKC)

وتعتبر (LTD) (الضعف المشبكي طويل الأمد) وهي عملية معاكسة لـــ (LTP) حيث تضعف الاتصالات غير المستخدمة والغير مهمة ، وهذا يساعد في تنظيف الذاكرة و تصفيتها وجعلها أكثر كفاءة.

فمع حدوث (LTP) المتكرر ، يمكن أن تتغير البنية الفيزيائية للمشبك ، مثل تكوين شوكات مشبكية جديدة أو توسيع الشوكات الموجودة ، مما يخلق اتصالا أقوى و أكثر ديمومة . معناه: عندما يكون العصبون "أ" يشارك باستمرار في إثارة العصبون "ب" يحدث تغير أو نمو أو تغير أيضي في واحد أو كلا الخليتين ، مما يؤدي إلى زيادة كفاءة العصبون "أ" في إثارة العصبون "ب". وهذا يعزز الذاكرة ويحسن كفاءتها.