

الساعة البيولوجية

Body clock

يتعلق المثل «من سبق أكل النبق» بالعديد من الكائنات الحية. ليس لأنك إذا سبقت فستكون تلك أنجح إستراتيجية في الحياة، لكن لأن اتباع الوقت الصحيح يسمح للكائنات بأن تتوافق سلوكيًا وفسولوجيًا مع التغيرات المتوقعة في بيئتها.

لا يعتمد البقاء على التكيف مع التغيرات البيئية فقط، لكن أيضًا القدرة على توقع اليوم المقبل، فمثلًا تستعد زهور النباتات للتلقيح من خلال فتح البتلات في الوقت الصحيح المناسب، وتعد الثدييات الليلة كلاًها من خلال الاستيقاظ قبل غروب الشمس. ويعتبر العالم الجيوفيزيائي الفرنسي جان جاك دو أورتو دو ميراي Jean-Jacques d'Ortous de Mairan أول من درس هذه الظاهرة عام 1729. بعد ملاحظته أن نباتات ميموسا بوديكا أو المستحية Mimosa pudica تفتح أوراقها في النهار وتضمها في الليل، فقام بوضع النبات في دولا ب لا اختبار إذا كان يستجيب لأشعة الشمس أم لا. على الرغم من العتمة التي تعرض لها، استمرت الأوراق في التحرك بطريقة متواترة. اعتقد دو ميراي أن النباتات تتفاعل مع عوامل خارجية مثل الحرارة والمجال المغناطيسي بدلاً من الوقت الصحيح.

الخط الزمني

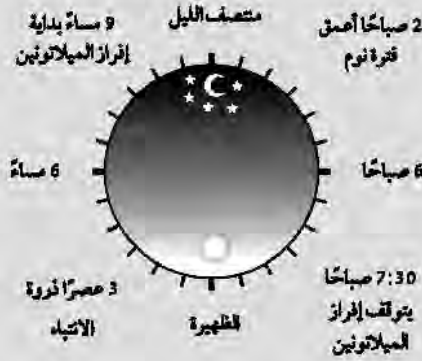
1729م	1935م	1952م
وجد دو ميراي أن الساعة البيولوجية تستمر دون إشارة من الضوء.	أثبت بويننج Bünning أن الفترات البيولوجية مورثة في النباتات والذباب.	أثبت بتندراي Pittendrigh أن الساعة البيولوجية تعوض درجات الحرارة.

الساعة البيولوجية

غالبًا ما يعكس سلوكنا اليومي العمليات الفسيولوجية التي تتبع الأنماط المتأرجحة

دورة الساعة البيولوجية البشرية

يحفظ الجسم الداخلي مسار الوقت من خلال عوامل خارجية مثل الضوء الذي يؤثر على العمليات الفسيولوجية التي تغير في نهاية المطاف سلوكنا ونشاطنا اليومي. حيث يرتفع مستوى هرمون الميلاتونين في الليل وينخفض أثناء النهار وهو المسؤول عن الشعور بالنعاس.



التي توافق تقريبًا دوران الأرض حول نفسها دورة كاملة كل 24 ساعة. في الليل يرتفع هرمون الميلاتونين مع مستويات النوم وينخفض أثناء النهار بينما تكون درجة حرارة الجسم على النقيض أي منخفضة في الليل ومرتفعة في النهار. في ثلاثينيات القرن الماضي اكتشف عالم النباتات الألماني إرفين بونينج Erwin Bünning أن تنوعات نبات الفول تأخذ فترات زمنية مختلفة لتدور من خلال حركات الورقة وعندما يتم التهجين من نوعين مختلفين، يكون للهجين

فترات طول متوسطة. ويفترض هذا وجود ضابط وقت داخلي، هو ساعة بيولوجية بإيقاع يومي منتظم.

2002م

فصل بيرسون Berson وهاتار Hattar الخلايا الحساسة للضوء التي تتزامن مع الساعة.

1972م

أثبت مور Moore وفوكير Zucker أن النواة فوق التصالبية Suprachiasmatic هي ساعة الجسم المركزية.

1971م

حدد كونوبلا Konopla وبينزر Benzer جين الساعة «المدد» في ذبابة الفاكهة.

تُبنى هذه الإيقاعات وفقاً للدورة الطبيعية التي تسمى فترة التشغيل الحر التي لا تكون 24 ساعة بالضبط (ومن ثمّ فمصطلح يومي circadian مشتق من الاسم اللاتيني circa diem

ضوء الليل

يعتبر النوم أكثر حالة مهمة تنظمها ساعات الجسم. ففي الإنسان، قد تزامن بشدة على مدار ألقىة الظلام - الضوء والنوم - اليقظة، لكن التكنولوجيا غيرت هذا الأمر فمثلاً، يسبب السفر الجوي تعب السفر بسبب ارتطام ضوء الشمس بالساعة بمثابة القول «هذا وقت النوم» بينما يسمح الضوء الاصطناعي للإنسان بإعادة تشغيل ساعته بانتظام، كما يحدث أثناء تناوب العمل. وتتحدد دورات الظلام - الضوء والنوم - اليقظة عن طريق الساعة الأساسية واستتباب النوم وكلاهما يقعان في منطقة الوطاء أو تحت المهاد hypothalamus. إن العلاقة بين التعب والجوع ليست مفاجئة نظراً لتحكم الوطاء في كلا السلوكين وتفسير لماذا نتوق إلى تناول الوجبات الخفيفة عند منتصف الليل في الوقت الذي لا بد أن ننام فيه. إلى جانب ساعة المنح الأساسية، توجد «ساعات تابعة» تنتشر حول الجسم الذي لا يتزامن بالضوء لكن عن طريق عوامل خارجية أخرى. على سبيل المثال، كلما تناولت الطعام يعدل الكبد الوقت الداخلي الخاص بك. حيث يؤدي التزامن غير المناسب في الليل إلى إضعاف الجودة وتجزئة أنماط النوم والتسبب في مشاكل صحية مثل الاكتئاب والسمنة.

بمعنى على مدار اليوم). لقد أثبت الطبيب والباحث في موضوع النوم تشارلز سزيسلر Charles Czeisler أن متوسط فترة التشغيل الحر في الإنسان 24 ساعة و 11 دقيقة، ويمكن قياس هذه الفترة عبر العلامات الفسيولوجية مثل الهرمونات أو من خلال إيقاعات سلوكية مثل النشاط اليومي للقوارض على عجلة الجري أو وقت الذروة عندما تتحول ذبابة الفاكهة البالغة من طور العذراء.

صون الوقت

بدأ علم البيولوجيا الزمني الحديث في مرحاض لجال روكي. في عام 1952 قضى الباحث

البريطاني كولين بتندراي Colin Pittendrigh في جامعة برنستون الصيف في حقل محطة كولورادو وقرر تكرار واحدة من تجارب بونينج Bünning. كان قد أثبت العالم الألماني بونينج بعد وضع الذباب في ظلام دامس أن درجة حرارة أجسامه انخفضت من 26 إلى 16 درجة مئوية وإن فترة التشغيل الحر

تقوم على خروج البالغين الذي كان مؤجلاً حوالي 12 ساعة. ولما كان الأيض يتكون من تفاعلات كيميائية تتأثر بالحرارة، فسوف يحفز الدفء المحيط الساعة البيولوجية ويسرعها، وسوف تتسبب البرودة في جعل الساعة البيولوجية دون فائدة في صون الوقت.

على النقيض مع بونينج، أنشأ بتندراي غرفة مظلمة بالقرب من طنجرة الضغط، وغرفة أخرى داخل مرحاض بالقرب من حفار تعدين مهجور، حيث اكتشف أن الذروة في الذباب تنبعث ساعة واحدة فقط في المرحاض البارد. وعندما أجرى هذه التجربة مرة أخرى في جامعة برنستون حصل على نفس النتيجة. وفي أواخر خمسينيات القرن الماضي، أثبت بتندراي وآخرون أن هذا النوع من تعويض الحرارة يحدث في كائنات متعددة من بينها الطلائعيات وحيدة الخلية والعفن، مفترضاً أن الساعة البيولوجية موجودة في كل مكان في الحياة.

ثبات التزامن

على الرغم من أن الساعة الجيدة غير حساسة بالنسبة للتغيرات مثل الحرارة التي لا بد أن تكون ممكنة أيضاً لضبط الوقت. حيث يتم ذلك باستخدام عوامل خارجية وهي ما سماه العالم الألماني يورجين أسكوف Jürgen Aschoff «zeitgeber» لفظة ألمانية بمعنى «جهاز ضبط الوقت»، الذي يجعل الساعة الداخلية متزامنة مع العالم الخارجي في عملية تعرف باسم «ضبط الإيقاع الداخلي entrainment». حيث يمنع جهاز ضبط الوقت فترة التشغيل الحر من الانخفاض المتزامن مع دورة ساعات الأرض الأربع والعشرين.

يعتبر الضوء لأغلب الكائنات هو جهاز ضبط الوقت الأساسي، كما تعتبر «الساعة الأساسية» أو «الناظمة» في الثدييات النواة فوق التصالبية (SCN) وهي عنقود من العصبونات (الخلايا العصبية) في منطقة الوطاء أو تحت المهاد hypothalamus الموجودة أعلى الهوة المركزية في المخ. في عام 1972، اكتشف عالما الأعصاب الأمريكيان روبرت مور Robert Moore وإيرفينج

زوكر Irving Zucker - كل على حدة - أن تلف النواة فوق التصالبية في الفئران يسبب فقدان الساعة البيولوجية. واكتشف مور مستويات هرمون الكورتيزون الكظري غير الطبيعية والاستجابة الفسيولوجية للإجهاد، حيث رأى زوكر تغيرات في الشرب وفي السلوكيات الحركية مع الحيوانات النشطة في الأوقات غير الطبيعية.

ويعاد تشغيل الساعة الأساسية أثناء فترة حرجة في الفجر أو الغسق. وفي الثدييات، تحدد العين الضوء باستخدام نوع وحيد من الخلايا يُستخدم في الرؤية الطبيعية. وفي عام 2002، فصل كل من ديفيد بيرسون David Berson وسامر هاتار Samer Hattar تلك الخلايا المعروفة باسم «خلايا شبكية العين العقدية الداخلية الحساسة للضوء من 2٪ من الطبقة الموجودة أعلى قضبان ومخاريط الشبكية وترتبط مباشرة بالساعة الأساسية.

«تعكس الساعة البيولوجية برنامجًا مكثفًا من النشاط البيولوجي الذي يلبي ويستغل الفرص ويواجه التحديات التي تقدمها الطبيعة الدورية للبيئة».

كولين بتندراي Colin Pittendrigh

جينات الساعة

في إحدى التجارب، ربي بونينج 30 جيلًا من ذبابة الفاكهة في ضوء ثابت على مدار سنة وذلك من أجل تدمير الساعة البيولوجية. ولكن عندما وضع الذباب في ظلام دامس، تحول الإيقاع. وهذا يثبت أن الكائنات لا تتبع الوقت باستخدام شيء من الذاكرة، إذن فالساعة تُورث جينيًا.

تتكون تروس ساعة الجسم وأجزاؤها الحركية من البروتينات التي تأرجحت مستوياتها على مدار اليوم. حيث تشفر تلك البروتينات عن طريق «جينات الساعة». وفي عام 1971، حدد عالم الوراثة الأمريكيان رونالد كونوبكا Ronald Konopka وسيمور بينزر Seymour Benzer ثلاثة أشكال طافرة من ذباب الفاكهة بأنماط حركية وانبثاق غير طبيعي، فمثلًا الذباب ذو الساعة البيولوجية أطول من الذباب ذي فترة التشغيل الحر، ذلك الذباب تكون مدته أقصر

وليس له إيقاع. ويتم تعيين الطفرات خلف سلوك الذباب إلى نفس الموقع في الـ DNA ومن ثمّ يسمى ذلك الجين في الوقت الحالي «المدة».

تختلف مكونات ساعة الجسم بين الأنواع، بينما تكون الآلية الأساسية واحدة. كما يتأرجح نشاط جينات الساعة، حيث يرتفع وينخفض مستوى تشفير البروتينات التي تؤثر على ارتباط البروتين بالـ DNA وتشغل وتوقف الجين المتعلق بوظائف الأعضاء التي تؤثر في النهاية على السلوك. فعلى سبيل المثال يتحدد جين الساعة (tok1) في النبات عند الاستيقاظ في الصباح، وتنقبض المسام في الأوراق منعاً لفقد المياه في المساء. كما تتفاعل أيضاً مكونات الساعة وتنظم بعضها في حلقة ارتجاع.

الفكرة الرئيسة

يتزامن النشاط البيولوجي على مدار 24 ساعة