الساعة البيولوجية
في الإنسان والكائنات الحية

Biological clock in human and living organisms

الطبعة الأولى 2023

حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة

© المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية - ACMLS

ردمك : ISBN: 978-9921-782- 35-6

www.acmls.org

ص. ب. 5225 الصفاة - رمز بريدي 13053 - دولة الكويت

تليفون : 965-25338610/1/2 + فاكس :965-25338618/9 +

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية ـ دولة الكويت

الساعة البيولوجية في الإنسان والكائنات الحية

تأليف

أ. د. شعبان صابر خلف الله

مراجعة وتحرير

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

2023م

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية ـ دولة الكويت

الساعة البيولوجية في الإنسان والكائنات الحية

تأليف

أ. د. شعبان صابر خلف الله

مراجعة وتحرير

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

سلسلة المناهج الطبية العربية

الطبعة العربية الأولى 2023 م

ردمك : 978-9921-782-41-7

حقوق النشر والتوزيع محفوظة

للمركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

(هذا الكتاب يعبر عن وجهة نظر المؤلف ولا يتحمل المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية أية مسؤولية أو تبعات عن مضمون الكتاب)

ص.ب 5225 الصفاة ـ رمز بريدي 13053 ـ دولة الكويت

هاتف : 25338610/1 (965)+ فاكس : 25338618 (965)+

البريد الإلكتروني: acmls@acmls.org

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

تـــصـــديـــر : ..... ج

المؤلـف فـي سطـور : ..... هـ

مـقـدمـة الكتـاب : ..... ز

الـفـصـــل الأول : المفاهيم الأساسية للساعة البيولوجية..... 1

الـفـصـــل الثانـي : الســاعــة البيـولوجيـة فـي القــرآن الكـريـم والسنة النبوية..... 19

الـفـصـــل الثالـث : مكان وجود الساعة البيولوجية في الجسم..... 25

الـفـصـــل الرابــع : الدورية الضوئية..... 31

الـفـصـــل الخامس : الساعة البيولوجية والشيخوخة..... 41

الـفـصـــل السادس : الساعة البيولوجية والتوازن الهرموني..... 59

الـفـصـــل الســابع : الإيقاعـات الحيـويـة وتأثيرهـا علـى تنظيـم أجهـزة الجسم وتنظيم النوم..... 63

الـفـصـــل الثـــامن : الساعة البيـولـوجيـة وتـأثيـرهـا علـى العـاملـين بنظـام النوبــات..... 109

الـفـصـــل التـاسع : الساعة البيولوجية في الحيوانات والنباتات..... 131

الـمـــراجـــــع : 155

تصدير

تنظم الساعة البيولوجية أو الساعة الحيوية داخل الكائنات الحية عديدًا من العمليات الحيوية والتي تشمل وقت النوم والاستيقاظ، ووقت الشعور بالجوع، والتغيرات التي تحدث في مستوى الهرمونات، ودرجة حرارة الجسم، ويُعرف هذا الإيقاع اليومي بالتغيرات الحيوية، والنفسية، والسلوكية التي تحدث يوميًا وعلى مدار 24 ساعة، وهي تحدث عند فواصل زمنية منتظمة، وتتفق غالبًا مع دورة الليل والنهار، أو مع تعاقب الفصول، أو مع دورة المد والجزر، أو مع التغيرات التي تحدث في العوامل البيئية، مثل: شدة الضوء، ودرجات الحرارة، وغيرها من المتغيرات البيئية، فأغلب الحيوانات تكون نشيطة في أثناء النهار، وتنام في الليل، وبعض الحيوانات الأخرى مثل: الخفافيش تنام في النهار، وتنشط لتصطاد في الليل، ويظهر ذلك أيضًا في النبات بشكل عام في عملية البناء الضوئي، كما نجد في الإنسان أن هناك عمليات فيزيولوجية مثل: التنفس، والنبض، والنشاط الإنزيمي، وحرارة الجسم، وإفراز الهرمونات، وغيرها من العمليات التي تختلف على مدار اليوم الواحد.

تبرز أهمية الساعة البيولوجية في حياتنا في أنها تنظم نوم الإنسان واستيقاظه، كما أن لها تأثيرًا في صحة الإنسان، ومزاجه، وأدائه في الحياة عمومًا، كما تبرز وظيفتها بشكل ملحوظ في أثناء السفر وما يُصاحبه من تغيّر مفاجئ في التوقيت والذي قد يُخِل بعملها مؤقتًا، حيث تتبع هذه الساعة تعاقب الليل والنهار، وتتحرك بحسب الجدول الزمني من خلال تغير مستوى الهرمونات الموجودة في الدم، ويتحكم مستوى الضوء المُتوجه نحو شبكية العين بكيفية تصرُّف الخلايا العصبية المتخصصة، ويدفعها غيابه إلى إطلاق إشاراتٍ تُحفّز الدماغ على إطلاق هرمون الميلاتونين؛ وعلى الرغم من أن ضوء النهار يؤدّي دورًا حيويًا في ضبط إيقاع الساعة البيولوجية، فإن نشاطها لا يخضع له، بل يستمر عملها في غيابه، لكن بصورة مضطربة.

تقع الساعة البيولوجية في جسم الإنسان في النواة فوق التصالبة بالدماغ، عند نقطة التقاء العصبين البصريين في قاع الجمجمة، والتي تمثل مركز التحكم في الإيقاع اليومي للشخص، وتقوم على تنظيم الجداول الزمنية والتنسيق مع بقية الخلايا للوصول إلى ما يجب أن تكون عليه أنشطته على مدار اليوم.

ونظرًا لأهمية هذا الموضوع فقد جاءت الحاجة لتأليف هذا الكتاب "الساعة البيولوجية في الإنسان والكائنات الحية"، وقد قُسّم الكتاب إلى تسعة فصول، بدأ الفصل الأول بالمفاهيم الأساسية للساعة البيولوجية، ثم تطرق الفصل الثاني لموضوع الساعة البيولوجية في القرآن والسنة، وتحدث الفصل الثالث عن مكان وجود الساعة البيولوجية في الجسم، وشرح الفصل الرابع الدورية الضوئية، وتحدث الفصل الخامس عن الساعة البيولوجية والشيخوخة، واستعرض الفصل السادس الساعة البيولوجية والتوازن الهرموني، وتناول الفصل السابع الإيقاعات الحيوية وتأثيرها على تنظيم أجهزة الجسم وتنظيم النوم، وتناول الفصل الثامن موضوع الساعة البيولوجية وتأثيرها على العاملين بنظام النوبات، واُختتم الكتاب بفصله التاسع بالحديث عن الساعة البيولوجية في الحيوانات والنباتات.

نأمل أن يستفيد المتخصصون وغير المتخصصين مما تضمنته فصول هذا الكتاب، وأن يكون إضافة جديدة تُضم إلى صرح التعليم الطبي في الوطن العربي.

والله ولي التوفيق،،،

الأستاذ الدكتور/ مرزوق يوسف الغنيم
الأمين العام
المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

المؤلف في سطور

- **أ. د. شعبان صابر خلف الله**

ـ مصري الجنسية ـ مواليد عام 1957م.

ـ حاصل على بكالوريوس العلوم الطبية البيطرية ـ جامعة القاهرة ـ جمهورية مصر العربية ـ عام 1983م.

ـ حاصل على درجة الماجستير في العلوم الطبية البيطرية ـ تخصّص الصحة العامة والوبائيات ـ جامعة الزقازيق ـ فرع بنها ـ جمهورية مصر العربية ـ عام 1988م.

ـ حاصل على درجة الدكتوراه في العلوم الطبية ـ تخصّص الصحة العامة والوبائيات من خلال برنامج إشراف مشترك بين جامعة الزقازيق وجامعة ولاية لويزيانا بالولايات المتحدة الأمريكية ـ قسم الوبائيات والصحة العامة ـ عام 1995م.

ـ يعمل حاليًا أستاذًا بقسم الصحة وسلوكيات ورعاية الحيوان ـ كلية الطب البيطري ـ جامعة بنها ـ جمهورية مصر العربية.

مقدمة الكتاب

تحتوي أجسامنا على ساعة داخلية تجعلنا نشعر بالنعاس في الليل، وبالنشاط واليقظة في النهار، وعلى الرغم من أن اليوم يحتوي على 24 ساعة، فإن دورة هذه الساعة البيولوجية في الحقيقة تكون أطول قليلًا، إذ تبلغ حوالي 24.1 ساعة، ومع تعرّض أجسامنا لضوء الشمس طوال النهار، فإن ذلك يساعد تلك الساعة لكي تبقى منضبطة ليلًا ونهارًا، ويتحكم جزء صغير من المخ يُسمى النواة العصبية فوق التصالبة في هذه الساعات ويجعلها تحت السيطرة الدائمة، وعندما تنبه هذه الساعة الجسم بأنه قد حان وقت الخلود إلى النوم، فإنه يقوم بإفراز نوع من الهرمونات يُطلق عليه هرمون الميلاتونين الذي يساعد العضلات، والأعضاء على الاسترخاء، ومن ثَمّ الاستغراق في النوم.

يحتوي المخ على الساعة البيولوجية المركزية، وهذا ما يجعل العمليات الحيوية تعمل بانتظام كل يوم من دون حدوث أي نوع من الاضطرابات، ومع ذلك هناك عديد من الساعات البيولوجية الفرعية الأخرى التي تعمل في داخل الخلايا المختلفة في الجسم على نحو واسع ومتغير الدورية تُسمى الساعات الجزيئية، وتقوم الساعة البيولوجية بتنظيم الإيقاعات الدورية بصورة مناسبة لعديد من العمليات الحيوية على مستوى الخلية ومستوى الكائن الحي نفسه، وتُعد دورة الخلية والإيقاع الحيوي اليومي من الأمثلة المميزة للساعة البيولوجية.

ونفضل نحن ـ بني البشر ـ النوم في الليل، والحركة والنشاط في النهار، ولا يرجع ذلك بسبب العادة أو بسبب وجود جداول للعمل، أو جداول أخرى للراحة، ولكن الساعة البيولوجية هي المسؤولة عن ذلك النظام الدوري في جسم الإنسان، وتقود الساعة البيولوجية المركزية في المخ والساعات البيولوجية الخلوية التي توجد في خلايا الجسم كل تلك العمليات الحيوية، وتقوم بأدائها في نظام دوري محكم يتم كل 24 ساعة، وينام الإنسان جزءًا من الوقت خلال اليوم، وترتفع درجة حرارة جسمه وتنخفض مع دورة إيقاعية ثابتة مدتها 24 ساعة، كما يحتوي جسمه على الهرمونات وأنظمة حيوية أخرى تعمل في أنظمة دورية يومية أيضًا، ويمكن أن نشاهد النمط نفسه تقريبًا في كل الكائنات الحية التي تعيش على كوكب الأرض.

تعتمد صحة الإنسان على عمل الساعات البيولوجية التي تعمل بانتظام ودقة تامة، والإيقاع عبارة عن حدوث تغيير يتكرر بنمط مماثل، والبشر مثلهم مثل كل الكائنات الحية الأخرى التي تسكن هذه الأرض يمتلكون أنواعًا متعددة من الإيقاعات التي تشمل كل أنشطة حياتهم، وتحتوي الكائنات الحية جميعًا على نوع من الساعات البيولوجية التي تتحكّم

وتسيطر على كل العمليات الحيوية الخاصة بتلك الكائنات الحية، وفي الحقيقة فإن التغيير وليس الثبات هو المعيار الحقيقي للحياة في كلٍّ من الإنسان والكائنات الحية الأخرى، على سبيل المثال: على مدار 24 ساعة تغير أوراق الأشجار من اتجاهها، وترتفع درجة حرارة جسم الإنسان وتنخفض على مدار اليوم، وتقوم الفطريات باختيار الوقت المناسب لعملية التجرثم، ويتقلب نشاط الكائنات الحية ما بين الزيادة، والنقصان، وتمثل هذه التغييرات الإيقاعية للحياة جزءًا صغيرًا فقط من شبكة هائلة من الإيقاعات الحيوية، وتنتقل من جيل لآخر في جميع الكائنات الحية.

تبين كل المتغيرات المعروفة للحياة مثل: تغير مستوى أيونات البوتاسيوم والصوديوم في الخلية، ومراحل النوم المختلفة، وتفتّح وإغلاق الزهور، حدوث تغيرات إيقاعية إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. علاوة على ذلك، يشهد تكيف الكائنات الحية للبقاء بالنسبة إلى الدورات الجيوفيزيائية، مثل: اليوم الشمسي، والفصول السنوية، وظواهر المد والجزر على تطور الجوانب والسمات الوراثية للإيقاعات الحيوية التي تنظمها وتسيطر عليها الساعة البيولوجية.

أ. د. شعبان صابر خلف الله

الفصل الأول

المفاهيم الأساسية للساعة البيولوجية

يُطلق مصطلح الساعة البيولوجية على النظام الزمني الغامض الذي يؤثر في الكائنات الحية، ويحفظ الوقت الدقيق للأيام، والأسابيع، والشهور، بل والسنين. وهو يحدّد كذلك مواعيد أنشطة الكائنات الحية، ليجعلها في تناسق مع التغيرات المنتظمة في بيئاتها؛ فتهاجر الطيور، والأسماك، وتتكاثر، وتنمو النباتات، وتتفتح الزهور بحسب جداول زمنية تحددها الساعات المبنية في داخلها، وتحدّد الساعة البيولوجية في البشر أوقات نومهم واستيقاظهم، وكثيرًا من أنشطة أجسامهم. ويُسمى العلم الذي يتعامل مع دراسة الساعة البيولوجية علـم البيولوجيا الزمنـي (Chronobiology). فمن قديم الزمن لاحظ الإنسان حركة الشمس، والقمر، وتعاقُب الفصول، وأيقن أنه لابد من قوانين تحكم هذه الحركة، وأن الكون منسق طبقًا لقوانين إلهية صارمة لا يتطرق إليها الخطأ، قال تعالى: ﴿لاَ الشَّمْسُ يَنبَغِي لَهَا أَن تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلاَ اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ﴾ "سورة يس"، الآية (40).

الساعة البيولوجية هي ساعة توجد في جميع الكائنات الحية وتعمل على مدار الساعة، وتحدّد بدقة عجيبة دورات حياة الكائنات الحية بدءًا من الكائنات البسيطة وانتهاء بالإنسان. والساعة البيولوجية هي عبارة عن منظّم جزيئي داخلي يقود الإيقاعات اليومية التي تؤثر في وظائف الأعضاء، والكيمياء الحيوية، والسلوك، وعديد من الوظائف الأخرى للكائنات الحية، حيث إن وجود هذا المنظّم الداخلي في الكائنات الحية البسيطة مثل: البكتيريا الخضراء المزرقة، يشهد على أن الساعة البيولوجية من المحتمل أن تكون قد ظهرت وتطورت في وقت مبكر من نشأة الحياة على ظهر الأرض، لكي تخدم وظائف تكيفية خاصة في الكائنات الحية.

تتكون حياتنا وما حولها في الكون من نظام بديع من الدورات والإيقاعات الطبيعية مثل: تعاقُب الليل والنهار، وتعاقُب الفصول الأربعة الشتاء، والربيع، والصيف والخريف، وكذلك إيقاع مراحل القمر والدورات المتعاقبة لنشاط أو فتور الإشعاعات

الشمسية، أو مرور المذنّبات المعروفة بشكل دوري قريبًا أو بعيدًا عن كوكب الأرض، وكذلك تعرّض القمر لظاهرة الخسوف، والشمس لظاهرة الكسوف الكلي، وما يحدث من جرّاء ذلك من تسرّب للإشعاعات المتعددة المرئية وغير المرئية مثل: الأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية، ثم تنعرج هذه الأشعة على حواف القمر وتنعكس على سطح الأرض في منطقة معينة، حيث تكون الطاقة في أعظم درجاتها. تحدث كل هذه الظواهر بشكل دوري فوق كوكب الأرض منذ آلاف بل وملايين السنين من دون أي تدخّل من الإنسان، ويؤدي ذلك إلى حدوث طفرات في الكائنات الحية، وتنشأ بذلك أنواع جديدة تملك مواصفات جديدة لم تكن موجودة لديها من قبل، فما تأثير هذه الدوريات الإيقاعية المتعددة على سلوكنا اليومي وانفعالاتنا ونشاطاتنا الجسدية، والعقلية، والعاطفية؟

وقد لُوحظ أن استجابة الكائنات الحية لبعض المواد الكيميائية، مثل: العقاقير الكيميائية، أو مبيدات الحشرات، أو مبيدات الأعشاب، أو غيرها من العناصر التي تضمها قائمة طويلة من المواد المختلفة ـ في أغلب الأحيان ـ تعتمد على عنصر الزمن أو الوقت، حيث تكون تأثيراتها أكثر وضوحًا في أوقات بعينها دون الأوقات الأخرى، وقد تكون تلك المواد مفيدة في بعض الحالات، بينما يمكن أن تكون غير فعّالة أو ذات أضرار بالغة في أحيان أخرى، وحتى مفهوم الألم نفسه، سواء أكان مرتبطًا بوجود مرض ما، مثل: التهاب المفاصل، أو الصداع، أو غيرها من الأمراض، أو مستحثًا بشكل تجريبي، مثل: المحفزات الحارة، أوالباردة، أو الكهربائية، فإنها توضّح في أغلب الأحيان وجود إيقاعات حيوية زمنية.

ولكل إنسان أو أي كائن حي أنماط معينة من الإيقاعات الحيوية، وكلٌّ منها يتميّز بفترة معينة، ويختلف طول الدورة الإيقاعية من ظاهرة لأخرى، وهي تعتمد على تحليل حلقات الوقت (Time-series analysis) من خلال جمع البيانات لفترة زمنية معينة لكل فرد، ومن خلال المتابعة المستمرة للأفراد يمكن تحديد طول الدورة الإيقاعية الحيوية للأفراد والتي تختلف من فرد لآخر، إذ إن لكل فرد إيقاعه الحيوي الخاص به.

وهناك عديد من الأحداث التي تمر بنا وتحدث من حولنا مثل: عمليات الولادة وحدوث الحالات المرضية، وحالات الوفيات تكون ذات طبيعة إيقاعية، وليس ذلك إلا بضعة أمثلة من أمثلة الإيقاعات اليومية، إضافة إلى ذلك، هناك اختلافات موسمية

أيضًا، تعرض إيقاعات سنوية في هذه الأحداث نفسها. حتى الأحداث الشائعة التي ندركها جيدًا، مثل: هجرة الطيور، أو عمليات استنبات البذور وزراعتها في التربة الزراعية في الأنواع المختلفة من النباتات تعرض هي الأخرى إيقاعًا سنويًا أيضًا. ويستمد الإنسان معظم معرفته عن عملية توريث الإيقاعات اليومية، إضافة إلى الإيقاعات الأخرى غير اليومية من نتائج التجارب والدراسات التي تُصمّم من العلماء بشكل محدّد للبحث في الجوانب الوراثية من تلك الإيقاعات الحيوية، وهناك عديد من الأدلة والبراهين التي تثبت توريث الإيقاعات الدورية اليومية، والإيقاعات فوق اليومية، أما بالنسبة لبعض الإيقاعات التي تحدث في الإنسان، مثل: دورة الحيض في النساء، فهي يمكن أن تبدأ أو تتوقف كوظيفة فيزيولوجية طبقًا للمراحل العمرية، أو عمليات النضج الجنسي في الإناث.

شكل يوضح إيقاع دورة عمل القلب، حيث تظهر ذبذبات رسم القلب في حالات الصحة والمرض.

الأصل اللغوي لمصطلح الإيقاعات اليومية

من أجل توحيد المصطلحات التي تُستعمل عند مناقشة الموضوعات المتعلقة بالإيقاعات الحيوية التي تستغرق فترات قريبة من 24 ساعة، قام العالم فرانز هالبيرج (Franz Halberg) بإدخال التعبير اليومي (Circadian) في عام 1959م، وتتم ترجمة مصطلح (Circadian rhythm) في القاموس على أنه نظام يوماوي أو يومي، وللدلالة على أصل هذا المصطلح فإن التعبير "Circadian" مشتقّ من لفظ "circa" بمعنى (about) "أي: حوالي، أما (dies) فبمعنى (day) أي: (يوم)، وهو قد يُستخدم للإشارة إلى بعض الفترات الفيزيولوجية التي تكون قريبة من 24 ساعة، وبهذا فإن مصطلح "Circadian" قد يُستخدم للدلالة على كل الإيقاعات التي تحدث خلال 24 ساعة، وقد تم اعتماد تعريف الساعة البيولوجية على أنها الساعة التي تتعلق بالتغيرات البيولوجية أو الإيقاعات الحيوية مع تكرار دورة واحدة كل 24 ± 4 ساعات تقريبًا، ويصف المصطلح الإيقاعات التي يبلغ طولها حوالي 24 ساعة، سواء أكانت متزامنة مع التردّد، أو غير متزامنة، أو تعمل بصورة حرة من مقياس الوقت البيئي المحلي، مع فترات مختلفة قليلًا عن 24 ساعة.

منشأ ومراحل تطوّر الساعة البيولوجية

يسمح الإيقاع اليومي للكائنات بالاستباق والاستعداد لإجراء تغييرات بيئية دقيقة ومنتظمة، ومن ثَمَّ فهي تمكّن الكائنات الحية من الحصول على أفضل استفادة من الموارد البيئية مثل: الضوء، والحرارة ولهذا فإن الإيقاع اليومي قد أتاح للكائنات الحية ميزة انتقائية من حيث التطور، ويتضح من ذلك أن أهمية الإيقاع اليومي في تنظيم وتنسيق عمليات التمثيل الغذائي الداخلية لا تقل عن دوره في التنسيق مع البيئة المحيطة، ويظهر ذلك في إيقاع الساعة البيولوجية في ذبابة الفاكهة في ظروف المختبر الثابتة، وكذلك في المخلوقات التي تعيش في ظلام دامس في البرية.

ويتبادر إلى الأذهان في هذا السياق سؤال محير، وهو ما الذي قاد إيقاعات الساعة البيولوجية إلى التطور؟. وقد أكدت الفرضيات السابقة أن البروتينات الحساسة للضوء وإيقاع الساعة البيولوجية ربما يكونان قد نشآ معًا في الخلايا الحية، وذلك بهدف حماية الحمض النووي المتكوّن من المستويات العالية من الأشعة فوق البنفسجية

المدمرة في أثناء النهار، ولهذا فقد تم اقتصار نسخ الحمض النووي على فترة الليل، وعلى الرغم من هذا، فإن هناك كثيرًا من الأدلة الناقصة لإثبات تلك الفرضية، فمنذ وجود أبسط الكائنات الحية مثل: البكتيريا الزرقاء (cyanobacterium) كان يحدث العكس دائمًا، حيث كان الحمض النووي الخاص بها ينقسم بشكل أكبر خلال فترة النهار، وهناك سيناريو يوضح أن التغيرات الإيقاعية في مستويات الأكسجين البيئية وإنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية في وجود ضوء النهار قد دفعت الحاجة إلى تطوير الإيقاع اليومي؛ وذلك لاستباق ومواجهة تفاعلات الأكسدة الضارة بالخلايا في الكائنات الحية، وتوجد في البكتيريا الزرقاء أحادية النواة أبسط أنواع الساعة الإيقاعية المعروفة، وقد اعتمدت التفسيرات السابقة للساعة البيولوجية في الكائنات وحيدة الخلية على نسخ وترجمة الحمض النووي.

وقد تم إثبات أنه عند وجود خلل في الجين المسؤول عن الفترة الزمنية، فإن ذلك يمكن أن يسبب حدوث متلازمة مرحلة النوم المتقدمة؛ مما يؤكد الطبيعة المحفوظة للساعة البيولوجية الجزيئية خلال مراحل تطوّرها، وقد قام العلماء بالتعرّف على عديد من المكونات الجينية للساعة البيولوجية، وتدور نتائج التفاعلات الخاصة بها في حلقة متشابكة من المنتجات الجينية؛ مما يؤدي إلى حدوث تقلبات دورية تقوم الخلايا بتفسيرها على أنها وقت معين من اليوم، ومن المعروف الآن أن الساعة اليومية الجزيئية يمكن أن تعمل بخلية واحدة، وقد وضح ذلك بواسطة إزالة الجين المسؤول عن الساعة البيولوجية في خلية معزولة من أحد الحيوانات الرخوية، وفي الوقت نفسه ربما تتواصل الخلايا مع بعضها؛ مما يؤدي إلى انطلاق حزمة متزامنة من الإشارات الكهربية التي تتواصل مع الغدد الصماء الخاصة بالمخ؛ مما يؤدي إلى إفراز الهرمونات بصفة دورية، وتوجد مستقبلات خاصة لهذه الهرمونات في الخلايا بجميع أنحاء الجسم تقوم بمزامنة الساعات البيولوجية الجزيئية الطرفية للأعضاء المختلفة، ومن ثَمَّ فإن المعلومات المتعلقة بالوقت التي تنقلها العين تنتقل إلى الساعة البيولوجية الرئيسية في المخ، ومن خلال ذلك يمكن المزامنة بين ساعات اليوم المختلفة. وهذه هي الطريقة التي يتم من خلالها التحكّم في التوقيت الزمني في الجسم، وتنظيم الأنشطة المختلفة مثل: النوم، والاستيقاظ، ودرجة الحرارة، والإحساس بالجوع، والعطش وغيرها من الأنشطة التي يتم تنسيقها بواسطة الساعة البيولوجية.

المفاهيم الأساسية للساعة البيولوجية

الإيقاع (Rhythm): يصادف عديد منا تعبير الإيقاع ضمن سياق سماع الموسيقى، والذي يعني في تلك الحالة: الإعادة، أو تكرار الجمل أو النوتة الموسيقية، أو الضربات أو الدقات (Beats) الموسيقية. بينما في سياق هذا الكتاب فإن لفظ الإيقاع يمكن تعريفه على أنه التغيير الذي يتكرر مع نمط وفترة زمنية مماثلة، وعندما يكون الإيقاع الذي يتغير متغيرًا حيويًا وذاتي النشوء أي: داخليًا، حيث إنه لا يكون رد فعل لمؤثر خارجي في البيئة، فإن ذلك التذبذب (Oscillation) الذي تتم ملاحظته يمكن أن يُطلق عليه اسم الإيقاع الحيوي.

الإيقاع الحيوي (Biological rhythm): هو تلك التغيرات الحيوية التي تحدث بانتظام على المدى الزمني القريب والبعيد والتي يزداد خلالها أو يقل النشاط البدني، والانفعالي، والعقلي عند الإنسان، حيث تخضع الوظائف الحيوية لجسم الإنسان بكل مستوياتها لنظام معين توقيتي ثابت يأخذ شكل تموجات تحدث في أجهزة الجسم المختلفة ما بين الارتفاع، والانخفاض، ويُعد هذا الإيقاع نتيجة للتغيرات التي تحدث داخل الجسم، والتي يُطلق عليها التغيرات الداخلية التي تتأثر بالمتغيرات الخارجية أو الإيقاعات الخارجية في الوسط الخارجي المحيط بالإنسان، وعندما تعرض المتغيرات الحيوية إيقاعًا ما، مثل: التغييرات في درجة الحرارة التي تحدث في جسم الإنسان، فإن هناك ثلاث سمات مميزة تُستعمل في أغلب الأحيان لوصف هذا الإيقاع، حيث تشمل هذه السمات المميزة ما يأتي:

الفترة أو المدة (The period): تمثل الفترة أو المدة الزمن المطلوب لإكمال دورة واحدة (cycle). وقد تتراوح الفترة من أجزاء من الألف من الثانية إلى أكثر من قَرْن.

المرحلة (The phase): المرحلة هي مكون آخر من مكونات الإيقاع الحيوي، ويمكن تعريف المرحلة بأنها أي حالة آنية متكررة من الدورة الإيقاعية، ومثال على ذلك: مراحل القمر المختلفة.

التردّد (Frequency): التردّد هو عدد الدورات في وحدة الزمن، على سبيل المثال: ورقة الشجرة التي تتحرك لأعلى وأسفل أربع مرات كل ساعة تعرض ترددًا قدره أربع دورات في الساعة والذي يساوي تمامًا فترة 15 دقيقة.

السعة (Amplitude): وهو مكون آخر من مكونات الإيقاع الحيوي، وهو عبارة عن المقدار المتغير من الخط الأساسي إلى القمة أو القاع في النموذج الرياضي ويُستخدم لوصف الإيقاع، ويجب معرفة قيمة السعة للدلالة على وجود الإيقاع، وقد تكون هناك صعوبة أحيانًا في تفسير قيمة السعة، إذ إنها تعتمد على قوة الإشارة الحيوية وحساسية نظام المراقبة، ويتم قياس السعة لمتغير حيوي بالوحدات القياسية، مثل: ملي متر زئبقي في حالة قياس الضغط الجوي.

مجال الإيقاع (Circadian domain): تُميَّز الإيقاعات الحيوية عادة أو تُصنف على أساس طول مدتها، وتُعد الحركات اليومية لأوراق الأشجار والتغيرات اليومية في درجة حرارة جسم الإنسان من الأمثلة التقليدية عن المتغيرات التي تعرض الإيقاعات التي تقترب من فترة 24 ساعة، وتُصنَّف على أنها من الإيقاعات الحيوية، وتكون الفترة الإيقاعية 24 ساعة في ظل التغيرات البيئية الطبيعية من الضوء، أو درجات الحرارة بين النهار والليل. فعلى سبيل المثال: يكون إيقاع درجة حرارة جسم الإنسان عند فترة أقرب من 25 ساعة، وذلك عندما يتم عزله عن دورة الـ 24 ساعة العادية من فترات الضوء، والظلام، والتغيرات البيئية الأخرى المعروفة، أو نماذج الوقت التي تُزامِن إيقاع 24 ساعة، وهناك أحيانًا تردد من بعض الباحثين في استعمال كلمة يومي في وصف أنماط الـ 24 ساعة تحت الأحوال المزامنة، على الرغم من أن السؤال الحقيقي يجب أن يتجه إلى كون سبب حدوث هذا الإيقاع اليومي داخليًا أي: ذاتي النشوء، أو خارجيًا أي: يرجع إلى عوامل البيئة الخارجية، وفي غياب التذبذبات الخارجية للضوء والظلام أو التغيرات في درجة الحرارة، فإن مدى الفترة اليومية (Circadian period) تعتمد على النوع، وتتراوح عادة بين (20-28) ساعة، وعلى أي حال، وحيث إن هناك استثناءات يتم ملاحظتها في هذا المجال، فإن هذا المدى ليس من الضروري أن يُنظر إليه دائمًا على أنه قاعدة صارمة، ويمكن أن يمتد ليتضمن فترات تمتد بين (14 و34) ساعة. على سبيل المثال: تتضمن إيقاعات دورة حياة ذبابة الفاكهة التي تبدأ من عملية تفقيس البيض والنشاط الحركي للذبابة، *فترات* زمنية تصل إلى 19 ساعة، كما أن نبات السرمق الأحمر (رجْل الإوزة) *(Chenopodium rubrum)* وهو من النباتات البرية العشبية المزهرة المعمّرة الذي يتميّز بيوم التزهير القصير، وتكون فترة الإيقاع لديه 30 ساعة في عملية التزهير عندما يتعرّض للضوء المستمر بعد فترة طويلة من الإظلام.

شكل يوضح نبات السرمق الأحمر أو نبات رجْل الإوزة.

المعايير التي يتصف بها الإيقاع الحيوي

لكي يتم إطلاق مصطلح الإيقاع الحيوي على عملية ما، يجب أن يتصف بالمعايير الثلاثة الآتية:

1. أن يكون الإيقاع الحيوي له فترة عمل حرة داخلية تستمر لمدة 24 ساعة تقريبًا، وأن يستمر الإيقاع في ظل الظروف الثابتة مثل: الظلام الدامس لمدة 24 ساعة، وتُسمى فترة الإيقاع في الظروف الثابتة بفترة العمل الحرة، والأساس المنطقي لهذا المعيار هو التمييز بين إيقاع الساعة البيولوجية والاستجابات الطبيعية للمؤثر الخارجي، ولا يمكن أن نطلق على الإيقاع أنه داخلي إلا إذا تم اختباره، واستمر في غياب أي مؤثر خارجي.
2. أن يكون الإيقاع الحيوي قابلًا للتغير، حيث إنه يمكن إعادة تعيين وضبط الإيقاع بواسطة المؤثرات الخارجية مثل: الضوء، وتغيير درجة الحرارة ... إلخ. ويوضح السفر عبر المناطق الجغرافية المختلفة ذات الفترات الزمنية المختلفة قدرة الساعة البيولوجية للإنسان على التكيّف مع التوقيت المحلي.
3. أن يكون الإيقاع الحيوي قادرًا على تعويض التغيير في درجات الحرارة، حيث تعيش عديد من الكائنات الحية في نطاق واسع من درجات الحرارة، ويظهر تأثير التغيرات في درجات الحرارة على الطاقة الحركية لجميع العمليات الجزيئية في خلايا تلك الكائنات الحية، ويُعرف باسم تعويض درجة الحرارة؛ لذلك فإن الساعة

البيولوجية في أجسام الكائنات الحية، تكمن أهميتها في الحفاظ على العمليات الحيوية على مدار 24 ساعة على الرغم من حدوث تغيّر في الطاقة الحركية.

نظريات الإيقاع الحيوي

هناك اتجاهات في تفسير نظريات الإيقاع الحيوي: الاتجاه الأول وهو النظرية السائدة (Popular Theory) التي ظهرت منذ القرن الثامن عشر، والاتجاه الثاني: هو النظرية العلمية (Scientific Theory) التي ظهرت في منتصف القرن التاسع عشر.

النظرية السائدة (Popular Theory) وقد أسس هذه النظرية العلمان فليز وسوبودا (Fliess & Swoboda) في عام 1906م، وتعتمد هذه النظرية على أن الإنسان يمر بثلاث دورات: بدنية، وانفعالية، وذهنية، وهذه الدورات تتكرر بشكل إيقاعي منتظم طوال حياة الفرد ابتداءً من يوم ميلاده.

النظرية العلمية (Scientific Theory) تتأسس هذه النظرية على أن هناك فروقًا فردية في زمن الدورات بين فرد وآخر، وقد أمكن تحديد ذلك من خلال بطاقات المتابعة للنشاط الحيوي، وتحليل التسلسل الزمني (Time – Series Analysis) من خلال جمع البيانات لفترة معينة لكل فرد لمعرفة فترات الإيقاعات وتحديدها، أي: لا يتم حساب الدورات من تاريخ الميلاد.

ويُعد المجال الرياضي من أهم المجالات التي طُبقت فيه نظريات الإيقاع الحيوي على نطاق واسع، حيث أصبح الآن على المدرّب قبل أن يعرف موعد إقامة البطولات أن يقوم بتنظيم الحياة اليومية للرياضي، بحيث يكون إيقاعه الحيوي في أعلى مستوى له في الوقت المحدد للمنافسة.

الإيقاعات الحيوية والفترات الزمنية

- **الإيقاع اليومي (Circadian rhythm):** وهو إيقاع اليوم الذي يشمل الليل والنهار، وتبلغ مدته 24 ساعة، ويتراوح بين (20-28 ساعة)، وعوامل المزامنة (Synchronization factors) التي تؤثر فيه هي: الضوء، ودرجة الحرارة، والنشاط الحركي.

أنماط الإيقاع اليومي

النمط الصباحي: يتميز أفراد هذا النمط بالاستيقاظ المبكر والنشاط المبكر، حيث نجد أن قمة الأداء البدني، والعقلي، والانفعالي لدى أفراد هذا النمط يكون في الفترة الصباحية، ثم يقل نشاطهم تدريجيًا مع حلول النصف الثاني من اليوم، ويتميّز أفراد هذا النمط أيضًا بسرعة التكيف مع الظروف الخارجية، واكتشاف الأفكار الجديدة، وهم أشخاص محبون للعمل وبذل الجهد، ولديهم سرعة استشفاء عالية، وسرعان ما ترتفع درجة حرارتهم ثم تنخفض بشكل سريع، كما أنهم يستجيبون بصورة سريعة لكل العوامل المحيطة، ويكون تحقيق أقصى إنتاجية لهم في فترة الصباح، كما أنهم أكثر حساسية تجاه التغيرات الجوية، ومن عاداتهم السلوكية النوم ليلًا والعمل نهارًا.

النمط المسائي: يتميّز أفراد هذا النمط بالنوم متأخرًا والاستيقاظ متأخرًا بصعوبة، ويزداد النشاط البدني والعقلي والانفعالي لديهم بالتدريج ويصل قمة الأداء في الفترة المسائية، أي: النصف الثاني من اليوم، وهم يفضلون العمل في الفترة المسائية.

النمط غير المنتظم أو المتباين: يتميّز أفراد هذا النمط بزيادة الموجات النشطة على مدار اليوم من دون التقيّد بالنمط الصباحي والمسائي، ويتميزون بالاستيقاظ مبكرًا نسبيًا قياسًا بأفراد النمط المسائي، وتكون قمة الأداء البدني والانفعالي والعقلي لديهم في الفترة النهارية خلال الصباح أو بداية فترة المساء.

- **الإيقاع فوق اليومي (Ultradian):** وهو إيقاع تكون مدته أكبر من اليوم، وتبلغ مدته 28 ساعة، وعوامل المزامنة التي تؤثر فيه هي نفسها التي تؤثر في فترة الإيقاع اليومي.
- **الإيقاع دون اليومي (Infradian):** وهو إيقاع تكون مدته أقل من اليوم، وتبلغ مدته 20 ساعة، وعوامل المزامنة التي تؤثر فيه هي نفسها التي تؤثر في فترة الإيقاع اليومي.

- **الإيقاع الأسبوعي (Circaseptan):** وهو إيقاع الأسبوع، وتبلغ مدته سبعة أيام، وهو يمثل ربع الشهر القمري، أو ربع دورة القمر حول الأرض، حيث توجد إيقاعات بيولوجية ذات تموّجات مختلفة تحددت في المدى من (3-4) أيام، ومن(5-7) أيام، ويظهر الإيقاع الحيوي الأسبوعي من خلال مؤشرات نشاط حياة الإنسان مثل: درجات الحرارة، ونشاطات النظم الفيزيولوجية المختلفة.
- **الإيقاع الشهري (Circatrigintan):** وهو إيقاع الشهر، وتبلغ مدته 30 يومًا، وعلى عكس الدورة الأسبوعية فإن الدورة الشهرية للإيقاعات الحيوية ترتبط بالإيقاعات الطبيعية للحياة، حيث يدور القمر حول الأرض دورة واحدة كل شهر، وتُعد الدورة الشهرية لدى الإناث البالغات من أكثر المظاهر البيولوجية ارتباطًا بالإيقاعات الشهرية الحيوية.
- **الإيقاع السنوي (Circannual):** وهو إيقاع السنة التي تشمل أربعة فصول مناخية، وتبلغ مدته 365 يومًا تقريبًا، وعوامل المزامنة التي تؤثر فيه كثيرة ومتعددة. وعندما تتكرر الإيقاعات الحيوية لدى الفرد بشكل منتظم خلال الفترات الزمنية اليومية والأسابيع والشهور، فإنها تنتج ما يُسمى بالإيقاع الحيوي السنوي، حيث يرتبط الإيقاع الحيوي السنوي بدوران الأرض دورة واحدة حول الشمس، حيث تختلف حالة الفرد خلال السنة الواحدة ما بين الارتفاع والانخفاض في شكل إيقاع حيوي ذي موجات كبيرة، فيظهر الإيقاع الحيوي السنوي عند تكرار الإيقاعات الحيوية بشكل منتظم خلال الأسابيع والشهور والفترات الموسمية، ويتأثر الإيقاع الحيوي في الإنسان بتغير فصول السنة، حيث ترتفع الاستثارة العضلية لدى البالغين والأطفال في الربيع وبداية الصيف، بينما تنخفض بشكل واضح في فصل الشتاء، ويتأثر التمثيل الغذائي أيضًا بتغيّر فصول السنة، حيث تزيد نسبة البروتين في الدم خلال فصل الشتاء، وتقل في فصل الصيف، كما يختلف معدّل امتصاص جسم الطفل للفسفور والكالسيوم لبناء العظام، حيث يحتفظ الجسم بهذه العناصر الغذائية ابتداء من شهر فبراير حتى شهر مايو، وفي شهر يونيو ويوليو يستمر امتصاص الجسم للكالسيوم والفسفور وينخفض ذلك باستمرار من بداية شهر أغسطس حتى شهر يناير.

هناك عديد من الظواهر البيولوجية في حياة الإنسان تظهر كل عدة سنوات، فعلى سبيل المثال: يزداد معدل النمو لدى الأطفال اعتبارًا من عمر عشر سنوات بشكل إيقاعي واضح كل ثلاث سنوات في الذكور، وكل سنتين في الإناث. وقد أوضح العلماء أن ظهور بعض الأمراض يأخذ شكلاً إيقاعيًا، حيث تظهر بعض الأوبئة كل عدة سنوات، فبعضها يعاود الظهور كل ثلاث سنوات، ومنها ما يعاود الظهور كل أربع أو خمس سنوات، كما أن منها ما يعاود الظهور كل عشر سنوات.

- **الإيقاع نصف السنوي (Circasemiannual):** وهو إيقاع نصف العام وتبلغ مدته ستة أشهر.
- **الإيقاع المدي (Tidal):** وهو إيقاع لظاهرة المد التي تحدث في البحار والمحيطات، وتبلغ مدتها 24.8 ساعة، وعوامل المزامنة التي تؤثر فيه هي الضغط الجوي، والمؤثرات الميكانيكية للمياه.
- **الإيقاع شبه المدي (Circa Semidurnal):** وهو إيقاع لظاهرة المد التي تحدث في البحار والمحيطات، وتكون مدتها أقل من مدة المد إذ تبلغ 12.4 ساعة، وعوامل المزامنة التي تؤثر فيه هي نفسها التي تؤثر في الإيقاع المدي.
- **الإيقاع القمري (Circa Lunar):** وهو إيقاع مراحل أو أطوار دورة القمر، وتبلغ مدتها 29.53 يومًا.

بينما تمثل الإيقاعات اليومية الدورة المهيمنة للإيقاعات الحيوية التي تمت دراستها بالنسبة لأنشطة البشر والكائنات الحية الأخرى، فإن دورات تلك الإيقاعات تحتوي على فترات زمنية تكون أقصر أو أطول من 24 ساعة، مثل: الدورة التي تحتوي على 90 دقيقة، أو الدورات الموسمية، وتكون ذات أهمية أيضًا.

دورات الإيقاع الحيوي

تعطي دراسة علم الإيقاع الحيوي تصورًا مهمًا عن العمليات الدورية الطبيعية التي تحدث على كوكب الأرض، حيث يرتبط ذلك بدوران الأرض حول محورها ودورانها حول الشمس، ودوران القمر حول الأرض؛ مما يؤدي إلى وجود الإيقاع الحيوي الذي يتحكّم في سلوك الفرد وأنشطته المختلفة، حيث يتعرّض الإنسان خلال حياته اليومية لثلاث دورات تؤثر فيه وهي: الدورة البدنية، والانفعالية، والذهنية (العقلية).

الدورة البدنية: تشمل الدورة البدنية الارتفاع أو الانخفاض في القوة العضلية وقوة التحمّل، والصحة العامة، في ظل حالة من الإيقاع البدني الإيجابي أو السلبي، وتكون مدتها 23 يومًا، وتكون مدة النصف الأول منها وهي المرحلة الإيجابية 11.5 يومًا، وتكون كل الأنظمة الحيوية للفرد في حالتها القصوى، ويكون الفرد خلال تلك الفترة على استعداد للعمل الشاق والأداء الأفضل، وتكون مدة النصف الثاني من الدورة البدنية وهي المرحلة السلبية 11.5 يومًا، حيث يكون الفرد في خلال تلك المرحلة منخفض الأداء.

الدورة النفسية أو الانفعالية: تشمل الدورة الانفعالية الارتفاع والانخفاض في الحالة المزاجية والإبداعية والمشاعر من تفاؤل وإحباط، في ظل حالة من الإيقاع العاطفي الإيجابي أو السلبي، وتكون مدتها 28 يومًا، وتكون مدة النصف الأول منها وهي المرحلة الإيجابية 14 يومًا، وتكون كل الأنظمة الحيوية للفرد في حالتها القصوى، ويكون الفرد فيها ميالًا إلى البهجة والتفاؤل والاتزان النفسي، وزيادة القدرة الإبداعية، وكل أمور التنسيق المتصلة مع الجهاز العصبي، وتكون مدة النصف الثاني من الدورة الانفعالية وهي المرحلة السلبية التي تستغرق 14 يومًا، وتتميز بالانخفاض في مستوى الجوانب العاطفية والانفعالية للفرد.

الدورة الذهنية أو العقلية: تشمل الدورة العقلية ارتفاع وانخفاض مستوى الذكاء، والذاكرة، واليقظة الذهنية، والقدرة على تلقي المعلومات، والتفاعل، والطموح في ظل حالة من الإيقاع العقلي الإيجابي أو السلبي، وتكون مدتها 33 يومًا، وتكون مدة النصف الأول منها وهي المرحلة الإيجابية 16.5 يومًا، وتكون كل الأنظمة الحيوية للفرد في حالتها القصوى، حيث يكون الفرد أكثر قدرة على تلقي المعلومات والاحتفاظ بها. وتكون مدة النصف الثاني من الدورة العقلية وهي المرحلة السلبية 16.5 يومًا، والتي تتميّز بانخفاض القدرات العقلية مثل: الإبداع، والابتكار، والطموح، والتفكير.

تبدأ كل دورة من تلك الدورات الثلاث عادة من الصفر، ثم تزداد تدريجيًا إلى أن تصل إلى قمتها التي تكون عند اليوم 14 للدورة الانفعالية و 16.5 للدورة العقلية، و11.5 للدورة البدنية، ثم بعد ذلك تبدأ المرحلة السلبية بالتناقص إلى أن تصل لنقطة الصفر، ثم تبدأ بعدها مرحلة أخرى إيجابية، وبذلك نجد الدورات تشبه الموجات حيث تتكون من نصفين، يمثل النصف الأول منها المستوى الإيجابي، بينما يمثل النصف الثاني المستوى السلبي.

شكل يوضح الدورات الثلاث للإيقاع الحيوي وعدد أيام كل دورة.

مراحل الإيقاع الحيوي

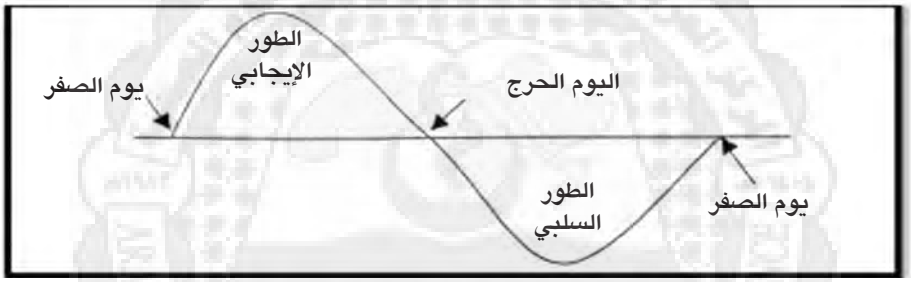
المرحلة الإيجابية: وهي المرحلة التي تتجه فيها أي دورة من الدورات الثلاث للإيقاع الحيوي إلى الارتفاع للوصول إلى القمة العليا، حيث تزداد القوة والقدرة على التحمّل ويرتفع مستوى الطاقة وتزداد الثقة بالنفس والنشاط الأكثر حيوية، والقدرة على تلقي المعلومات، والقدرة على اجتياز فترة التدريب البدني براحة نسبية .

المرحلة السلبية: وهي المرحلة التي تتجه فيها أي دورة من الدورات الثلاث للإيقاع الحيوي للانخفاض، حيث ينخفض مستوى القوة، والتحمّل، والطاقة، والتركيز والذاكرة والتفاؤل والطموح فهي فترة للاستشفاء، ولا يُفضّل ممارسة تمارين وتدريبات ذات أحمال عالية بالنسبة للرياضيين، وأخذ الحذر عندما يشعر اللاعب بالإرهاق؛ نظرًا لطبيعة الاستعداد السلوكي المضطرب في هذه المرحلة.

المرحلة الحرجة: وهي الفترة التي يتحوّل فيها المسار من أعلى قيم الاتجاه السلبي إلى بداية الاتجاه الإيجابي في مسار أي دورة من الدورات الثلاث للإيقاع الحيوي للفرد، وتمثل تلك المرحلة أخطر مراحل مسارات هذه المنحنيات وخصوصًا إذا اشترك في تلك الأيام مسار دورتين من هذه الدورات الثلاث، وتزداد المصاعب بتلاقي أو تقارب الدورات أسفل خط البدء، وتضعف خلالها عمليات النشاط العقلي والعاطفي، والقدرة على اتخاذ القرار، ويكثر حدوث الإصابات للرياضيين وخصوصًا في الأنشطة التي تتطلب توافقًا وتركيزًا.

اليوم الحرج (Critical day): وهي الفترة التي يتحوّل فيها المسار من المرحلة الإيجابية إلى المرحلة السلبية للدورة البدنية.

اليوم الصفري (Zero day): هو اليوم الذي تقطع فيه كل دورة الخط الأفقي (مستوى الصفر) من الطور الإيجابي إلى الطور السلبي، ويُسمى حالة الصفر أو يوم الصفر. ويُطلق على هذه الأيام (اليوم الحرج، أو اليوم الصفري) الأيام الانقلابية أو الانتقالية والتي تمثل 20% من حياة الإنسان، وتحدث في هذه الأيام تغيرات سلوكية مهمة للإنسان، وتؤدي إلى انخفاض في مستوى قدراته البدنية أو الذهنية أو المزاجية.



شكل يوضح اليوم الحرج واليوم الصفري.

العوامل التي تؤثر في الإيقاع الحيوي

لا يمكن أن يتحقق التفسير السليم للعمليات الفيزيولوجية المختلفة التي تحدث داخل الكائن الحي خلال عملية التكيف مع البيئة الخارجية من دون المعرفة الجيدة لطبيعة الإيقاعات الحيوية الداخلية للإنسان، وأن جميع العمليات الحيوية في الظروف العادية تحدث بصورة متناغمة مع احتياجات الجسم ومستوى نشاطه، ويقوم بتنظيم هذه العلميات في جسم الإنسان نظم عديدة مختلفة توجد إما في الخلايا نفسها أو في مسار الدم، وعليه فإن الإيقاع الحيوي يمثل ردود أفعال حيوية تنعكس على فاعلية الأداء للأجهزة الحيوية المختلفة للجسم.

ويشير الباحثون إلى أن الجزء الأمامي من الدماغ (الوطاء) (Hypothalamus) هو الذي يلعب دور منظّم الإيقاع للجسم، وذلك من خلال تحكمّه في كثير من وظائف

الجسم الحيوية مثل: اليقظة، والانتباه، والنوم، ودرجة حرارة الجسم، وتناول الطعام والشراب، وكذلك النشاط البدني التلقائي في الوقت نفسه، كما يتحكّم الوطاء في نشاط الغدد الصماء والذي بإمكانه من خلال الهرمونات الكثيرة والمتعددة تنشيط أو تثبيط مختلف الوظائف الفيزيولوجية في الجسم ، وذلك لأن الوطاء يعتمد على مؤشرات الضوء والظلام كأهم المؤشرات في تحديد درجة نشاط العمليات الفيزيولوجية وتوقيت بدء النشاط والراحة.

ويرى العلماء أن الوطاء يمكن أن يحدد مؤشرات دورة الضوء والظلام بدقة من خلال المستقبلات الحسية والكيميائية والحركية الموزعة داخل جسم الإنسان وعلى سطحه والتي تنقل المعلومات الخاصة من خلال تلك المستقبلات إلى الجهاز العصبي المركزي، وعندما يتلقى الوطاء تلك المعلومات، فإنه يقوم بالتوفيق بين الظروف المحيطة بالفرد، وحالة الجسم الداخلية، وبين نشاط أجهزة الجسم الحيوية، ومن أهم العوامل التي تؤثر في الإيقاع الحيوي للفرد وتتسبب في حدوث اختلال في نظامه اليومي: انتقال الإنسان من موطنه الأصلي إلى مكان آخر تختلف فيه فروق التوقيت، كما أن عملية التكيف على هذا التوقيت الجديد لا تحدث بصورة فورية، بل تحتاج إلى بعض الوقت، ولكي يحدث التكيف المطلوب يحتاج جسم الإنسان إلى يوم كامل لإعادة ضبط وظائفه الحيوية مرة أخرى.

علم بيولوجيا الزمن

إن دراسة الإيقاعات الحيوية المعروفة بعلم بيولوجيا الزمن (Chronobiology) هو فرع متكامل من العلوم الطبيعية، وساعد هذا العلم في التعرّف على المستويات الهيكلية للحياة ابتداء من الجزيئات البسيطة التي تتكون منها الحياة إلى الأنظمة البيئية الأكثر تعقيدًا، ويعطي هذا العلم نظرة موحّدة واسعة المدى والتي تمتد لتشمل كل الكائنات الحية من الكائنات وحيدة الخلية حتى الكائنات الأكثر تعقيدًا وتطورًا مثل: النباتات، والطيور، والحشرات، والحيوانات الأخرى، ومن الناحية التاريخية فإن علم بيولوجيا الزمن الذي يتميز بأنه من العلوم ذات الطبيعة متعددة الفروع والمجالات العلمية كان واضحًا، ومن الرواد الأوائل في هذا العلم الباحثة أنتونيا كلاينونشي (Anthonia Kleinhoonte) من هولندا والتي اهتمت بدراسة الإيقاعات الحيوية في

النبات، والباحث هانز كالموس (Hans Kalmus) من الإمبراطورية النمساوية والذي اهتم بدراسة الإيقاعات الحيوية في الحيوانات، والباحث الذي تخصّص في دراسة الإيقاعات الحيوية في الإنسان هو العالم آرثر جورز (Arthur Jores) من ألمانيا.

الزمن على كوكب الأرض

استنادًا إلى الحسابات التي تشير إلى تأثيرات القمر على دوران الأرض في الوقت الحاضر يتضح أن طول اليوم على الأرض كان ست ساعات فقط قبل 4.5 مليارات سنة، وبسبب تأثير جاذبية القمر، فإن طول اليوم كان يتباطأ إلى حوالي 10 ساعات بعد مائة مليون سنة، ومنذ ذلك الحين، فقد استمر دوران الأرض في التباطؤ بسبب السحب الجذبي للقمر، إلا أن هذه العملية بدأت أيضًا في التباطؤ نتيجة تباعد القمر شيئًا فشيئًا عن الأرض، وبدأت جاذبية القمر تكون أقل تأثيرًا، واستنادًا إلى الدراسات الجيولوجية التي قام بها العلماء، ومن خلال ملاحظات الحلقات المرجانية، فإن طول اليوم كان حوالي 22 ساعة قبل 400 مليون سنة، وفي أثناء عهد الديناصورات قبل 165 مليون سنة، كان طول اليوم يساوي 22 ساعة، و 45 دقيقة، ومع استمرار القمر في الانحسار بعيدًا عن الأرض بمعدَّل بوصتين (5 سنتيمترات) في السنة، فإنه تُضاف حوالي ثانية واحدة إلى طول اليوم كل 62 ألف سنة، وهذا يعني أنه بعد 225 مليون سنة أخرى سوف يصل طول اليوم على الأرض إلى حوالي 25 ساعة، وسوف يبلغ طول السنة أكثر من 350 يومًا في ذلك الوقت .

تعاصر الحياة على سطح كوكب الأرض في الوقت الحاضر يومًا شمسيًا يساوي 24 ساعة، وقد تطوّرت جينات الساعة البيولوجية تطورًا كبيرًا لمساعدة الكائنات الحية على التكيف وقياس التغيرات المنتظمة التي تحدث بين الضوء والظلام، وبين الدفء والبرودة وبينما قد مرت مدة طويلة منذ أن كانت الإيقاعات اليومية الحيوية قاصرة على الكائنات الأولية حقيقية النواة (Eukaryotes)، فإنه قد تم التعرّف على وجود الإيقاعات اليومية في ظاهرة تثبيت عنصر النيتروجين في كائنات أولية أخرى بدائية النواة (Prokaryotes) مثل: الطحالب الخضراء المزرقة (Cyanobacteria)، وهذا يوضح أن هذه الكائنات الحية ذات القدرة على البناء الضوئي (Photosynthesis)

كانت هي المصدر الأول لاكتشاف الساعة البيولوجية، وبذلك فإن جينات الساعة البيولوجية ربما تكون قد انتقلت من عضيات الكائنات الأولية بدائية النواة إلى الكائنات الأولية حقيقية النواة، وهكذا فإنه قد تم اكتشاف الساعة البيولوجية للكائنات الأخرى، علاوة على ذلك، فإن الساعات الإيقاعية الإضافية ربما تكون قد نشأت وتطورت بشكل مستقل عدة مرات في أثناء عملية تطور تلك الكائنات الحية الأولية، وقد ساعدت هذه المنظومة الأنواع المختلفة من الكائنات الحية بلا شك على أن تعيش وتحيا منتظرة حدوث التغييرات المتنوعة في البيئة على مدار الأيام والسنين.

ومن الناحية العملية، فإن روّاد الفضاء هم وساعاتهم الحيوية عندما يغادرون كوكب الأرض متجهين إلى القمر أو إلى أي كوكب آخر، فإنه يجب أن يضعوا في الاعتبار وهم يضعون جداولهم اليومية في رحلاتهم الفضائية اختلاف طول اليوم على الأرض عن أي كوكب آخر ليس فقط في أثناء الرحلة، ولكن أيضًا في أثناء فترة معيشتهم على تلك الكواكب، حيث إن طول النهار قد يكون أقصر أو أطول من 24 ساعة المعتادة على كوكب الأرض. فعلى سبيل المثال: يبلغ طول النهار على كوكب المريخ حوالي 24 ساعة و 40 دقيقة، ويبلغ طول السنة تقريبًا ضِعْف ما هي عليه في كوكب الأرض، حيث تبلغ 687 يومًا أرضيًا، وتساوي طول السنة على المريخ تقريبًا 1.88 مرة كطولها على الأرض، وبذلك يختلف طول الشهور على المريخ عن الأرض، ومن ثَمَّ يختلف عدد الفصول في كلا الكوكبين.

الفصل الثاني

الساعة البيولوجية في القرآن الكريم والسنة النبوية

يقول الله عز وجل: {لَقَدْ خَلَقْنَا الإِنسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ (4)} سورة التين، آية (4)، فوجود الساعة البيولوجية التي خلقها الله سبحانه وتعالى وأوجدها في جسم الإنسان تجعل الخلايا، والأنسجة، وأعضاء الجسم تشعر بوقت النهار، فتقوم بتنظيم العمليات الحيوية التي يقتضيها النهار، وتشعر كذلك بوقت الليل فتقوم بتنظيم العمليات الحيوية التي يقتضيها الليل، وتمتنع عن القيام بتنظيم العمليات الحيوية التي يقتضيها النهار وهكذا.

يزداد استهلاك جسم الإنسان للطاقة في وقت النهار، حيث ترتفع درجة حرارة الجسم بمقدار نصف درجة عن المعدّل الطبيعي، وتنخفض نصف درجة في الليل، وفي أثناء النهار تزداد نبضات القلب من عشرة إلى عشرين نبضة عما هي عليه في الليل، ويزداد إدرار البول بمقدار يتراوح من (2-4) أضعاف، كما يرتفع النشاط الكهربي للمخ، وتزداد لزوجة الدم، وكذلك تزداد عدد كريات الدم البيضاء، بينما في أثناء الليل يزداد إفراز هرمون النمو وهرمونات الإخصاب، ويقل استهلاك السكر بمعدل 30% عما هو عليه في النهار، كما يقل نشاط الجهاز التنفسي في الليل بمعدل يصل إلى 30% عما هو عليه في أثناء النهار، وتتأثر الساعة البيولوجية بضوء الشمس الذي يسقط شعاعه على قاع شبكية العين في أثناء النهار، لذلك فإن الإنسان إذا ما عاش في ظلام مستمر لفترة طويلة، فإن وظائفه الحيوية تختل اختلالاً شديداً، إذ يختل عمل الساعة البيولوجية؛ نظرًا لعدم وصول ضوء الشمس إلى قاع العين .

الساعة البيولوجية في القرآن الكريم

وقد تمت الإشارة إلى موضوع الساعة البيولوجية في عدة مواضع في القرآن الكريم، حيث قال الله تعالى: {هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ اللَّيْلَ لِتَسْكُنُوا فِيهِ وَالنَّهَارَ مُبْصِراً

إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَسْمَعُونَ} سورة يونس آية (67)، وقال تعالى: {أَلَمْ يَرَوْا أَنَّا جَعَلْنَا اللَّيْلَ لِيَسْكُنُوا فِيهِ وَالنَّهَارَ مُبْصِراً إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ} سورة النمل، آية (86)، وقال عز وجل: {فَالِقُ الإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَناً وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَاناً ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ} سورة الأنعام، آية (96). وقال تعالى: {اللَّهُ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ اللَّيْلَ لِتَسْكُنُوا فِيهِ وَالنَّهَارَ مُبْصِراً إِنَّ اللَّهَ لَذُو فَضْلٍ عَلَى النَّاسِ وَلَكِنَّ أَكْثَرَ النَّاسِ لا يَشْكُرُونَ} سورة غافر، آية (61)، وقال عز وجل: {وَمِنْ رَحْمَتِهِ جَعَلَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ لِتَسْكُنُوا فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ} سورة القصص، آية (73)، وقال تعالى : {قُلْ أَرَأَيْتُمْ إِنْ جَعَلَ اللَّهُ عَلَيْكُمُ النَّهَارَ سَرْمَدًا إِلَى يَوْمِ الْقِيَامَةِ مَنْ إِلَهٌ غَيْرُ اللَّهِ يَأْتِيكُمْ بِلَيْلٍ تَسْكُنُونَ فِيهِ أَفَلا تُبْصِرُونَ} سورة القصص، آية (72). وقال سبحانه وتعالى : {وَمِنْ آيَاتِهِ مَنَامُكُمْ بِاللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَابْتِغَاؤُكُمْ مِنْ فَضْلِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَسْمَعُونَ} سورة الروم، آية (23). وقال تعالى: {قُلْ أَرَأَيْتُمْ إِنْ جَعَلَ اللَّهُ عَلَيْكُمُ اللَّيْلَ سَرْمَداً إِلَى يَوْمِ الْقِيَامَةِ مَنْ إِلَهٌ غَيْرُ اللَّهِ يَأْتِيكُمْ بِضِيَاءٍ أَفَلا تَسْمَعُونَ} سورة القصص، آية (71). وقد خلق الله عز وجل الساعة البيولوجية بهدف تنظيم إيقاعات العمليات الحيوية في جسم الإنسان، ومن بينها معرفة مواقيت الصلاة، كما أن هناك علاقة وثيقة بين وظيفة الساعة البيولوجية والصلاة في الإسلام، وتبين الآيات السابقة الحكمة التي جعل الله سبحانه وتعالى فيها الليل والنهار، وقسمه بهذه الطريقة الفريدة، كما ذكر الله عز وجل في الآيات السابقة كلمة السكن في قوله: "لتسكنوا فيه"، و "ليسكنوا فيه"، "وتسكنون فيه"، و"سكناً"، وذلك في الليل الذي جعله للسكن من عناء وتعب النهار، حيث تحتاج الأبدان للراحة والهدوء . كما ذكر الله عز وجل في الآيات السابقة "والنهار مبصرًا"، و"لتبتغوا من فضله" وخص بها النهار وحده؛ لأن الإنسان يكون في هذا الوقت في قمة النشاط؛ وبذلك يكون النهار للعمل، والمعاش، والسعي إلى الرزق.

وعند النظر في تلك الآيات الكريمة فإننا نجد أن الله سبحانه وتعالى جعل للإنسان دورة يومية منتظمة مع تعاقب الليل والنهار، فخص النهار بالسعي والعمل، وخص الليل بالراحة والسكون، وجعله مظلمًا باردًا، وجعل برده سببًا لضعف القوى المحركة، وظلمته سببًا لهدوء الحواس الظاهرة، إضافة إلى أنه سبحانه وتعالى جعل لكل فترة من فترات الليل والنهار خاصية منفردة، فذكّرنا سبحانه بأهمية الاستيقاظ باكرًا، وخاصة في الثلث الأخير من الليل لصلاة قيام الليل، والتهجد، ثم صلاة

الفجر، وجعل فترة القيلولة في الظهيرة ومنتصف النهار للراحة من عناء العمل بالنهار، وبالنسبة لليل فإنه سبحانه وتعالى قد حث الإنسان على الاستيقاظ في الثلث الأخير من الليل فقط لصلاة قيام الليل، وهي نافلة مَنْ قام بها فسوف يُثاب عليها، ومَنْ لم يفعلها فلا إثم عليه.

الساعة البيولوجية في الأحاديث النبوية

إضافة إلى ذكر القرآن الكريم للآيات والسور التي تدل على اختصاص الليل بالسكن والنهار بالسعي والنشاط، فإن الأحاديث النبوية الشريفة قد تضمنت المعاني نفسها، بحيث تتوافق أنشطة الجسم وراحته في الليل والنهار مع الساعة البيولوجية. فعن أبي الزبير عن جابر أن رسول الله ﷺ قال: "أَغْلِقُوا الأَبْوَابَ باللَّيْلِ وَأَطْفِئُوا السُّرُجَ وَأَوْكُوا الأَسْقِيَةَ وَخَمِّرُوا الطَّعَامَ وَالشَّرَابَ وَلَوْ أَنْ تَعْرُضُوا عَلَيْهِ بِعُودٍ" (مسند الإمام أحمد)، ويذكر الحديث الشريف عبارة "أطفئوا السرج" أي: أطفئوا المصابيح وهذا ما ينصح به المختصون الآن عند دخول وقت النوم، إذ إن الضوء يؤثر في دورة الساعة البيولوجية. وعن عائشةَ رضي الله عنها أن النبي ﷺ قال: "إِذَا نَعَسَ أَحَدُكُمْ فِي الصَّلاةِ فَلْيَرْقُدْ حَتَّى يَذْهَبَ عَنْهُ النَّوْمُ فَإِنَّ أَحَدَكُمْ إِذَا صَلَّى وَهُوَ نَاعِسٌ لَعَلَّهُ يَذْهَبُ يَسْتَغْفِرُ فَيَسُبُّ نَفْسَهُ" (رواه الإمام مسلم). فالحديث الشريف يحض على الرقاد عند الشعور بالتعب والنعاس في الصلاة لكي يعلم المرء ما يقول، وعن عبد الله بن عمرو رضي الله عنهما قال: دخل علّي النبي ﷺ فقال "أَلَمْ أُخْبَرْ أَنَّكَ تَقُومُ اللَّيْلَ وَتَصُومُ النَّهَارَ ؟ قُلْتُ بلى. قال: فلا تفْعَل، قُمْ وَنَمْ، وصم وأفطر، فإن لجسدك عليك حقًا، وإن لعينك عليك حقًا، وإن لزوجك عليك حقًا. (رواه البخاري). وعن أنس بن مالك رضي الله عنه قال: جاء ثلاثة رهط إلى بيوت أزواج النبي ﷺ يسألون عن عبادة النبي فلمّا أُخبروا كأنهم تقالوها، فقالوا: (وأين نحن من النبي فقد غُفر له ما تقدم من ذنبه وما تأخر؟ قال أحدهم: أما أنا فإني أُصلي الليل أبدًا، وقال آخر: أنا أصوم الدهر ولا أُفطر، وقال آخر: أنا أعتزل النساء فلا أتزوج أبدًا، فجاء رسول الله صلى الله عليه وسلم إليهم، فقال: أنتم الذين قلتم كذا وكذا، أما والله إني لأخشاكم لله وأتقاكم له، لكني أصوم وأُفطر، وأصلي وأرقد، وأتزوج النساء، فمَنْ رغب عن سنتي فليس مني) متفق عليه. وتحض تلك الأحاديث الشريفة أيضًا على الراحة، وعدم الإفراط في إجهاد الجسم.

وهناك عديد من الدروس المستفادة من أحاديث الرسول صلى الله عليه وسلم منها: تخصيص الليل للسكون والراحة، والنهار للسعي والعمل، والنوم المبكر بعد صلاة العشاء إلا لحاجة، والحض على تهيئة الجو المناسب للراحة والسكينة بالليل، وذلك بالأمر بإطفاء المصابيح عند النوم، والنهي عن الطَّرْق المفاجئ بالليل، وهي من المؤثرات الخارجية التي تؤثر في الساعة البيولوجية، إضافة إلى النهي عن مواصلة الصلاة في الليل ويقصد بها صلاة النافلة عند الشعور بالإرهاق والنوم، وفي هذا استجابة لمتطلبات الجسم الطبيعية. والنهي عن مواصلة العمل حتى في العبادات من دون إعطاء الجسم حقه، وتلبية احتياجاته الفطرية، والغريزية.

وقد اختص الله عز وجل النهار بالعمل والسعي لكسب الرزق، كما اختص الليل للسكون والراحة من بعد مشقة النهار، وجعل لكل فترة من فترات اليوم خاصية مميزة لها، فحث على التبكير لصلاة قيام الليل، تعقبها فترة راحة للنوم، ثم فترة تتم فيها صلاة الصبح، ثم وقت الظهيرة وهي فترة للراحة بعد عناء السعي والنشاط، وقد أمر الله سبحانه وتعالى بالمحافظة على الصلاة الوسطى وهي صلاة العصر، وبهذه الطريقة يكون معظم أوقات الليل للنوم والراحة إلا فترة محدودة للصلاة، ويكون معظم أوقات النهار للعمل والسعي للرزق إلا فترة بسيطة هي فترة الظهيرة، ويتوافق هذا النظام البديع في تنظيم أوقات السعي والنشاط وأوقات النوم والراحة مع الساعة البيولوجية التي تنظم العمليات الفيزيولوجية الحيوية في جسم الإنسان.

الساعة البيولوجية ومواقيت الصلاة

هناك ارتباط عجيب بين مواعيد الصلاة ومواقيت الساعة البيولوجية التي تنظم الوظائف الحيوية في الجسم، وذلك على الوجه الآتي:

صلاة الفجر: فحينما يستيقظ المسلم ليصلي صلاة الفجر يجد نفسه على موعد مع تحوّلات بيولوجية مهمة وهي: الاستعداد لاستقبال الضوء في الصباح، حيث يعمل ذلك على تخفيض نشاط الغدة الصنوبرية، ومن ثَمَّ يقل مستوى هرمون الميلاتونين وينشط العمليات الفيزيولوجية الأخرى المرتبطة بالضوء، وفي هذا الوقت تنتهي سيطرة الجهاز العصبي اللاإرادي ذي الوظائف المهدئة في فترة الليل، وينطلق

عمل الجهاز الإرادي الذي يعمل على زيادة نشاط الجسم في فترة النهار، وكذلك يرتفع هرمون الكورتيزول في تلك الفترة، وهو الهرمون الذي يعمل على توفير مزيد من الطاقة اللازمة للنشاط في فترة النهار، كما ترتفع مستويات هرمونات السيروتونين والأندروفين في الدم.

صلاة الظهر: يصلي المسلم صلاة الظهر وهو على موعد مع تحوّلات بيولوجية مهمة أخرى، حيث يهدئ نفسه بالصلاة بعد الارتفاع الأول لهرمون الأدرينالين الذي يحدث في آخر الصباح، كما يحتاج الجسم لمزيد من الإمدادات من الطاقة عن طريق تناول وجبة الغداء.

صلاة العصر: عندما يصلي المسلم صلاة العصر تبدأ القمة الثانية لزيادة هرمون الأدرينالين، وهي قمة يصحبها نشاط ملموس في عدة وظائف، خاصة نشاط القلب. وقد وجد الباحثون أن أكثر المضاعفات عند مرضى القلب تحدث بعد هذه الفترة مباشرة، ويحدث في تلك الفترة ارتفاع في مستوى نوع خاص من الببتيدات الذي يؤدي إلى حالة من قلة التركيز والميل إلى النعاس؛ مما يؤدي إلى وقوع الحوادث، وتأتي صلاة العصر في تلك الفترة لتعمل على توقف الإنسان عن النشاط، وتمنعه من الانشغال بأي أعمال أخرى؛ مما يجنبه حدوث تلك المضاعفات.

صلاة المغرب: يأتي موعد صلاة المغرب مع البدء في التحوّل من الضوء إلى الظلام، وتحدث تفاعلات حيوية في جسم الإنسان، حيث يزداد إفراز هرمون الميلاتونين بسبب حلول الظلام، فيشعر المرء بالنعاس والكسل، وفي المقابل تنخفض مستويات هرمونات السيروتونين، والكورتيزول، والأندروفين.

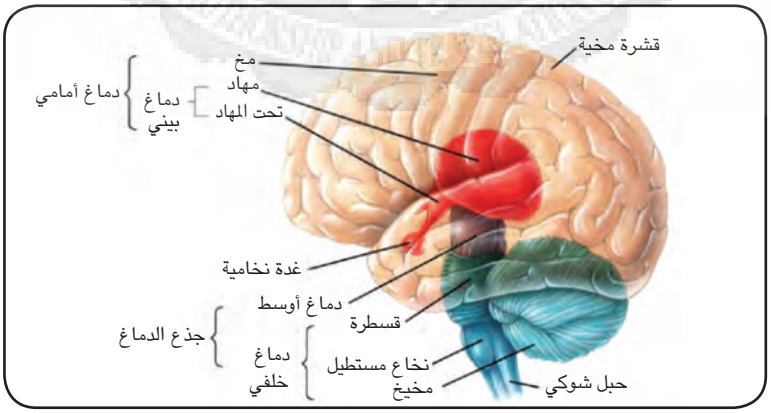
صلاة العشاء: يتزامن موعد صلاة العشاء مع موعد الانتقال من مرحلة النشاط إلى الراحة عكس صلاة الصبح، وينتقل الجسم من سيطرة الجهاز العصبي الإرادي إلى سيطرة الجهاز اللاإرادي، لذلك فقد يكون هذا هو السر في سُنّة تأخير هذه الصلاة إلى قبيل النوم، وذلك للانتهاء من كل الأعمال المطلوبة، ثم النوم مباشرة بعدها، وفي هذا الوقت تنخفض حرارة الجسم، ويقل معدَّل دقات القلب، وترتفع مستويات الهرمونات في الدم، والجدير بالذكر أن توافق هذه المواعيد الخمسة مع التحوّلات البيولوجية المهمة في الجسم، يجعل من الصلوات الخمس منعكسات شرطية مؤثرة مع مرور الزمن، فيمكن أن نتوقع أن كل صلاة تصبح في حد ذاتها إشارة

لانطلاق عمليات معينة، حيث يحدث الثبات على نظام يومي في محطات ثابتة في الحياة، كما يحدث في الصلاة مع مصاحبة مؤثر صوتي وهو الأذان؛ مما يجعل الجسم يسير في نسق مترابط مع البيئة الخارجية، ويتم نتيجة لذلك انسجام تام بين المواقيت البيولوجية داخل الجسم، والمواعيد الخارجية للمؤثرات البيئية، كدورة الضوء، ودورة الظلام، وميعاد أداء الصلوات الخمس في مواقيتها.

الفصل الثالث

مكان وجود الساعة البيولوجية في الجسم

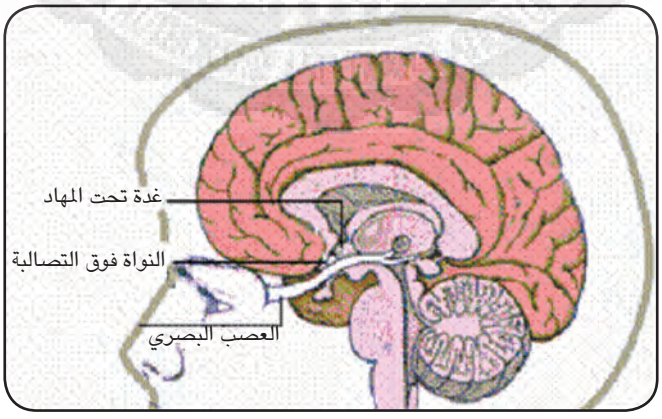
في معرض البحث عن الساعة البيولوجية المركزية في الثدييات قد قام العالم كيرت بول ريختر بإجراء دراسات شاملة عن الساعة البيولوجية في كلية جونز هوبكنز الطبية، وهو يُعد أحد الرّواد الأوائل في علم الإيقاعات الحيوية، وقد أوضحت نتائج الدراسات التي تم إجراؤها باستعمال جرذان التجارب أن جزءًا من المخ يُطلق عليه تحت المهاد (Hypothalamus) هو الموضع الرئيسي الذي يتحكّم في الإيقاعات الحيوية بالجسم، وقد تمت دراسة التأثيرات المتوقعة نتيجة تدمير أو استئصال أجزاء من المخ والغدد الصماء من خلال استعمال الأجهزة التي تقوم بعمل الرسومات البيانية لتسجيل أنشطة الركض والراحة في الجرذان العمياء، حيث إن الاستئصال الجراحي لبعض أجزاء مختلفة من المخ، إضافة إلى إزالة الغدد المختلفة، مثل: الغدة الصنوبرية، أو الغدة الكظرية، لم يكن له تأثير على فترة إيقاع الأنشطة التي تُجرى بصورة حرة، وعلى أي حال، وبعد متابعة سلسلة من الأضرار التي تم إحداثها على منطقة تحت المهاد في المخ، فإن ذلك أدى إلى فقد الإيقاعات الحيوية لأنشطة الجسم المختلفة، إضافة إلى اختلال القدرة على تناول الطعام، والشراب.



صورة توضح التركيب التشريحي للدماغ.

النواة فوق التصالبة (Suprachiasmatic nucleus)

هي منطقة صغيرة من الدماغ تحت المهاد، تقع مباشرة فوق التصالبة البصرية، وهي المسؤولة عن التحكم في النَّظْم اليوماوي (Circadian rhythm)، كما تنظم عديدًا من وظائف الجسد في دورة مدتها 24 ساعة، وذلك من خلال 20 ألف عصبون تقريبًا، وتتصل هذه النواة بالغدة الصنوبرية (Pineal gland) بواسطة ألياف عصبية تقوم بنقل الموجات (الإشارات) الضوئية التي تسقط على شبكية العين، كما أن هذه النواة تتكون من جزأين رئيسيين أحدهما يوجد في النصف الأيمن من المخ، والثاني يوجد في النصف الأيسر منه، حيث تقوم بتنظيم الجداول الزمنية والتنسيق مع بقية خلايا وأنسجة الجسم للوصول إلى ما يجب أن تكون عليه أنشطة الجسم على مدار اليوم، إن الساعة البيولوجية هي آلية شديدة الحساسية قادرة على استشعار التغيرات التي تحدث في البيئة المحيطة بالإنسان، وتسير على إيقاع على مدار 24 ساعة، وتقوم بتنظيم وظائف الجسم المختلفة مثل: عمليات التمثيل الغذائي وانقسام الخلايا، والسلوك، إضافة إلى دورة النوم والاستيقاظ، وقد تبين أن هذه الآلية تشمل عوامل مورثة معقدة، إلا أنها ككل ينظمها حمض نووي وحيد، ويخضع هذا الحمض النووي لتحوّر معين يتسبب في سلسة تفاعلات متتالية لها علاقة بتنظيم وظائف الجسم، وفي حالة إذا ما حدثت عرقلة في عملية التحور، فسوف تتوقف سلسلة التفاعلات هذه؛ مما يؤثر في انتظام عمل وظائف عديدة في الجسم.



شكل يوضح موضع النواة فوق التصالبة في الدماغ.

تعتمد آلية عمل هذه الساعة على تبادل أشعة الضوء والظلام، حيث تقوم الألياف العصبية التي توجد في شبكية العين بامتصاص أشعة الضوء، وتقوم بنقلها للنواة فوق التصالبة التي تحولها بدورها إلى الغده الصنوبرية، ومن هناك يتم إفراز هرمون الميلاتونين الذي يصل إلى أعلى مستوياته في آخر الليل وهو وقت النوم، ويقل إفرازه في أول النهار وهو وقت الاستيقاظ والنشاط، ويقوم هرمون الميلاتونين بتنظيم عمل الغدة النخامية التي تتحكّم في جميع نشاطات الجسم تقريبًا، وعلى هذا الأساس يعتاد جسم الإنسان على الاستيقاظ في وقت معين، وعلى النوم والراحة في وقت آخر، وعند حدوث أي خلل وظيفي في هذه العملية، فإن ذلك قد يؤدي إلى حدوث اضطرابات في دورتي النوم واليقظة، ويكون الأطفال حديثو الولادة غير مبرمجين على هذا النظام بعد، إلا أنه عادة ما يبدؤون بذلك بعد الأسبوع السادس من العمر، ويحدث اضطراب في عملية النوم واليقظة كذلك في الأشخاص كبار السن، حيث يُعتقد أنهم مع التقدم في العمر قد يصابون بتغيرات في شبكية العين، وحدوث بعض التغيرات في نشاط الغدة الصنوبرية؛ مما يؤثر في حالتهم الصحية، وقد يؤدي حدوث الإصابات في منطقة النواة فوق التصالبة نتيجة الحوادث أو إصابات الرأس إلى حدوث خلل دائم في الإيقاع الدوري لجسم الإنسان، وبينما يُعد الضوء الإشارة البيئية الزمنية الأساسية لإعادة ضبط الأنوية فوق التصالبة، فإنه من المهم التأكيد على أن بعض المسارات الترابطية المختلفة بدأت تظهر وأثبتت قدرتها على تعديل الساعات الإيقاعية الطرفية في الكبد، والأمعاء، وغيرها من الأعضاء الأخرى على نحو مستقل عن الأنوية فوق التصالبة، ويؤدي نقص التزامن الداخلي بين أجهزة الأعضاء المختلفة في الجسم إلى ظهور عديد من أعراض اضطراب الرحلات الجوية الطويلة، حيث تتلقى الساعات الإيقاعية الطرفية إشاراتٍ زمنية متعارضة من الأنوية فوق التصالبة، والتي تكون هي ذاتها قد دخلت طور التعديل، حيث يسبب نشاط النوم غير المنتظم، والتعرّض غير الطبيعي للضوء، وتناول الطعام إلى ضياع الاتساق الطبيعي للعمليات الفيزيولوجية الداخلية، وعمليات التمثيل الغذائي؛ مما قد يُؤثّر في الصحة.

أكد الباحثون أن النواة فوق التصالبة هي الساعة الرئيسية التي تنظم وتتحكم في الإيقاعات الحيوية للجسم من خلال ملاحظة ما ينتج عن تلف (خلل) في هذه النواة، حيث يؤدي ذلك إلى حدوث فقد للإيقاعات الحيوية للنشاط الحركي. وقد حدث دعم آخر لهذا التصور من خلال التجارب .

الساعات الحيوية الخلوية أو الطرفية

لا تقتصر الساعات الجزيئية وآلياتها الإيقاعية على خلايا الأنوية فوق التصالبة فقط، فمن الواضح أن معظم خلايا الجسم قادرة على تكوين نظام يومي إيقاعي بعيدًا عن الأنوية فوق التصالبة المركزية، وقد غير هذا المفهوم النظرة إلى نظام الإيقاع اليومي للثدييات، حيث تغير ذلك الافتراض القديم القائم على فكرة أن الأنوية فوق التصالبة تفرض إيقاعاتها الممتدة لمدة 24 ساعة على باقي أعضاء الجسم، ويتلقى نظام الإيقاع اليومي بدوره عديدًا من المردودات من مجموعة متنوعة من الأجهزة العضوية بالجسم؛ لتكون النتيجة في نهاية الأمر نظامًا معقّدًا من التفاعلات المتبادلة التي تسهم جميعها في تنسيق الإيقاع اليومي للفرد، إلا أن الأنوية فوق التصالبة تتميز بقدرتها على التنسيق بين الساعات الإيقاعية للأنسجة الأخرى، وأنها الجزء الوحيد من المخ القادر على استعادة الإيقاعية عند زراعتها داخل مُضِيف قد تلفت لديه النواة فوق التصالبة.

العوامل المؤثرة في فترة الإيقاعات الحيوية

يُعد الثبات والحدوث الحر من أكثر الخصائص المميزة لفترة الإيقاعات الحيوية الثبات والاستقرار، وتُعد خاصية من الخصائص المهمة جدًا التي تتميز بها فترة الإيقاع الحيوي، وتُظهِر الكائنات الحية في محيطها الطبيعي من اليوم الشمسي عمومًا في فترة الـ 24 ساعة إيقاعات الأيض، والنمو، والسلوكيات المختلفة، وعلى أي حال، فإنه عندما يتم عزل الكائنات الحية عن العوامل الخارجية، فإن فترة الإيقاع الحيوي سوف تختلف بعض الشيء، وتصبح حوالي 24 ساعة تقريبًا، أما تحت الأحوال الثابتة التي تشمل الإضاءة، أو الظلام، ودرجة الحرارة الثابتة للبيئة الخارجية، فإن فترة الإيقاع الحيوي ستصبح عادة بين (20-28) ساعة.

وعلى الرغم من أن فترة الإيقاعات الحيوية يمكن أن تُوصف بأنها فترة ثابتة نسبيًا، فإنه يمكن أن تتغير بعض الشيء بواسطة بعض العوامل المختلفة مثل: شدة الضوء، ونوعية أو فترة الإضاءة، أو درجة الحرارة، أو بعض المواد الكيميائية، وفي الجزء الأكبر تكون هذه التأثيرات صغيرة، إلا أنها تكون مفيدة في تطوير نماذج وصياغة فرضيات وتصميم تجارب لفهم النواحي الفيزيولوجية للإيقاعات الحيوية بشكل أفضل، ومن أهم خصائص فترة الإيقاعات الحيوية الآتي:

1. **نوعية الضوء:** قد تكون فترة الإيقاع الحيوي مختلفة اعتمادًا على الحالة سواء في الضوء المستمر أو الظلام المستمر، وقد تكون فترة الإيقاع أطول أو أقصر في ظل الإضاءة المستمرة أكثر مما هي عليه في ظل الظلام المستمر، ويمكن الكشف عن الإيقاعية فقط في ظل استمرار أحدهما وليس كليهما، ويمكن أن تؤثر أطوال الموجات الضوئية المعينة على فترة الإيقاع أيضًا في بعض المتغيرات، على الرغم من أن التأثير قد يختلف بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية. فعلى سبيل المثال: في ظل الضوء الأحمر المستمر الذي يتراوح طوله الموجي بين (610-690) نانومتر، تكون فترة إيقاع حركة ورقة نبات الفاصوليا أطول، بينما تكون فترة إيقاع حركة ورقة نبات السجادة *(Coleus blumei)* أقصر منها في الظلام المستمر، وفي بعض الحيوانات الليلية (ليلي النشاط) مثل: الفأر المنزلي، والحيوانات النهارية (نهاري النشاط) مثل: طير الزرزور المشهور، تكون هناك علاقة خطية بين فترة الإيقاع الحيوي وشدة الإضاءة، وبشكل أكثر تحديدًا فإن زيادة شدة الضوء في أثناء الإضاءة المستمرة تؤدي في أغلب الأحيان إلى حدوث قصر في فترة الإيقاع في الحيوانات النهارية، وتطول الفترة في الحيوانات الليلية، وتُعرف هذه الظاهرة أحيانًا بأنها إحدى قواعد العالم أشوف (Aschoff 's Rules)، وتنطبق هذه القاعدة على عديد من أنواع الحيوانات، وقام العالم أشوف في عام 1960 م بإجراء بعض التجارب التي توضح تلك الظاهرة، ولاحظ أنه تحت الأحوال الثابتة من الإضاءة تقصر مرحلة النشاط في الكائنات الحية الليلية، وتطول في الكائنات الحية النهارية.

2. **درجة الحرارة:** تتميز فترة الإيقاع الحيوي بأن لها خاصية فريدة من حيث إنها مستقلة نسبيًا عن درجة الحرارة، وبمعنى آخر فإن تأثير درجة الحرارة على فترة الإيقاعات الحيوية تكون طفيفة جدًا، ومن منظور الكيمياء الحيوية، فإن هذا التأثير يُعد من الأمور غير العادية، إذ إن نسبة كبيرة من العمليات الأيضية تزيد بزيادة درجة الحرارة، وبسبب الطاقة الحركية الكبيرة، فإنه تحدث مضاعفة على الأقل في نسبة التفاعلات الكيميائية في أغلب الأحيان لكل ارتفاع عشر درجات سيليزية في درجة الحرارة.

3. **المركبات الكيميائية:** أوضحت تأثيرات بعض المواد الكيميائية حدوث تعديل طفيف في فترة الإيقاعات الحيوية، ومن الأمثلة الكيميائية التي تؤدي إلى زيادة فترة الإيقاعات الحرة في كلٍّ من النباتات والحيوانات أيونات الليثيوم، والماء الثقيل ويسمى أيضًا أكسيد الديوتريوم (D_2O)، والكحول الإثيلي، حيث تؤدي أيونات الليثيوم إلى زيادة بعض فترات الإيقاعات دون اليومية في النباتات مثل: نباتات الفاصوليا، وقد أوضحت عدة دراسات تم إجراؤها على القوارض أن معالجة تلك الحيوانات بمركبات البنزوديازيينات (Benzodiazepines) وهي صنف من العقاقير يمكن أن تغير من الإيقاعات اليومية، وقد تمت دراسة التأثيرات المغيرة لمرحلة الإيقاع اليومي لعقار الهالكيون (Halcion) على نطاق واسع في جرذ الهامستر الذهبي، وفي أغلب هذه الدراسات تم استعمال توقيت النشاط الحركي كمقياس للإيقاعات اليومية، إضافة إلى استخدام الهرمونات أيضًا عن طريق الحقن، وقد أدى الحقن بعقار تريازولام (Triazolam) إلى تغيير ملحوظ في توقيت النشاط الحركي، ويعتمد هذا التأثير على الجرعة وتوقيت أخذها.

الفصل الرابع

الدورية الضوئية

يُقصد بالدورية الضوئية (Photoperiodism) النباتية: تحديد ردود فعل النبات الحيوية المرتبطة بالإزهار، والنمو، إثر تعرضها لفترات منظمة من الإنارة، والظلام.

من الأمور الشائعة أن نرى بعض الظواهر العجيبة من التحوّلات الحيوية التي ترتبط بفصول السنة، ونشاهد كثيرًا من مظاهر التنوّع الحيوي، بينما يتغير عدد ساعات ضوء النهار تبعًا لتغير فصول السنة، فإن عديدًا من الأمور تتغير تبعًا لذلك، حيث يبدأ السُّبات الشتوي ثم ينتهي، وتغادر بعض الأنواع من الكائنات الحية مواطنها، في حين أن أنواعًا أخرى من الكائنات الحية تصل إلى تلك المناطق، وتتفتح الزهور وتورق الأشجار، وتظهر أنواع من الفاكهة بينما تختفي أنواع أخرى، كل شيء تقريبًا يكون في حالة من التغيير الدائم بصورة ثابتة، بتسلسل الأحداث نفسها، كما يعود كل شيء إلى حاله في السنة التالية وهكذا، وفي الوقت الحاضر، حيث التوجّه نحو زيادة الإعمار واستخدام الطاقة الكهربائية، ووسائل المواصلات، والنقل السريع، لا يلاحظ معظمنا أو يشاهد كثيرًا من مظاهر التنوّع الحيوي الذي يحدث بصورة موسمية في الطبيعة، حيث إن الزهور والفواكه والخضراوات الجديدة التي يرتبط ظهورها بفصل معين من السنة يمكن أن نجدها الآن في الأسواق على مدار العام، ويُستورد بعضها من بعض المناطق، حيث تكون الفصول مختلفة، بينما يتم إنتاج الأنواع الأخرى محليًا من خلال المعالجة التقنية لدورة الضوء والظلام في البيئة من خلال استعمال منشآت أو هياكل خاصة، مثل: استخدام البيوت الزجاجية الزراعية.

الاختلافات الموسمية وضوء النهار وفصول السنة

على الرغم من أننا لا نحتاج أن نعتمد بشكل خاص على فصول السنة في بيئتنا للحصول على المنتجات الزراعية الخاصة بكل فصل من فصول السنة في الوقت

الحاضر على الأقل، فإن معظمنا يدرك الاختلافات الموسمية في عدد ساعات ضوء النهار أو الظلام، خصوصًا الاختلاف بين الصيف، والشتاء، وكلما زاد بُعد الموقع عن خط الاستواء كان مدى التغير بين الليل والنهار أكبر، ويصل إلى فترة ساعة من ضوء النهار في فصل الصيف (شمس منتصف الليل)، وإلى فترة ساعة من الظلام في منتصف الشتاء فوق الدائرة القطبية الشمالية. وتدخل ضمن تلك الساعة الفترات ذات الضوء الأقل وضوحًا الذي يحدث قبل وبعد وجود الشمس في الأفق (أي: في فترات الفجر، والغسق)، وهكذا فإن عدة ساعات من الضوء الخافت في المنطقة القطبية ما زالت توجد في منتصف اليوم في فصل الشتاء. وتكون التغييرات في أطوال النهار والليل دقيقة ومتوقعة على خلاف التغيرات البيئية مثل: درجة الحرارة، أو سقوط الأمطار والتي يمكن أن تنحرف أحيانًا عن المعيار القياسي لأي وقت من أوقات السنة، وتتكيف النباتات والحيوانات المحلية تبعًا لفصول بيئاتها الطبيعية، وذلك استجابة للتغيرات في أطوال ضوء النهار والليل وما يتبعها من التغيرات المناخية.

تعريف عملية الدورية الضوئية

في سياق الإيقاعات الحيوية، فإنه يمكن تعريف الدورية الضوئية الحياتية (photoperiodism) على أنها رد فعل الكائن الحي إلى التوقيت الزمني والفترة التي يوجد فيها كلٌّ من ضوء النهار وظلام الليل، وتركز استجابة الكائنات الحية ورد فعلها في أغلب الأحيان على عملية التكاثر والبقاء، مثل: إنتاج الزهور في النبات، وهجرة الطيور، أو أي من تلك المتغيرات الفيزيولوجية المعروفة، وتعتمد قدرة الكائن الحي على التكيف والبقاء من خلال توقّع ما سوف يأتي من فصول السنة، سواء كان فصلًا مناسبًا أو فصلًا غير مناسب، وتعتمد كذلك على كون الكائن الحي قادرًا على الإحساس بالنموذج البيئي المناسب أو لا، ولهذا الغرض، فإن التغيرات الموسمية المتكررة في أطوال ضوء النهار والظلام تكون دقيقة بدرجة كبيرة، على سبيل المثال: قد يتطلب تطور الغدد الجنسية في أنواع معينة من الطيور في فصل الربيع فترة استضاءة تبلغ ساعة أو أكثر وليس أقل من ذلك، وبغض النظر عن نوع رد الفعل ودرجة الاستجابة للمؤثرات الضوئية، فإن التوقيت يكون سمة حاسمة لعملية الدورية الضوئية، وخاصة إذا كان أي من الضوء أو الظلام يسبق أو يلي الآخر، وتتكون كل

دورة يومية مقدارها ساعة من فترة استضاءة واحدة تليها فترة ظلام واحدة، ويتغير كلٌّ منهما في المدة على مدار السنة. فعندما تطول إحداهما في المدة فإن الأخرى تقصر وتقل في المدة.

تسمح التغيرات في طيف الضوء أي: الضوء الأحمر مقابل الضوء شديد الاحمرار في أثناء هذه الانتقالات الضوئية من مدى إلى آخر أي: من ضوء النهار إلى غسق وظلام الليل، أو من ظلام إلى ضوء للكائنات الحية بالتمييز بين أطوال النهار والليل، وذلك نتيجة لوجود المستقبلات الضوئية في تلك الكائنات الحية (Photoreceptors)، ومثال على ذلك: الصبغات المعروفة بالصبغات النباتية (Phytochromes). على أي حال فإنه يمكن التعامل في المختبر مع أعداد وفترات كل مدى ضوئي، وذلك عن طريق استعمال معالجات ضوئية مختلفة، مثل: اعتراض فترة إظلام بفترات قصيرة من الضوء، أو اعتراض فترة إضاءة بفترات من الإظلام، ويمكن توضيح الدور المهم للتوقيت في عملية الدورية الضوئية.

أنواع الاستجابات لفترة الإضاءة (التصنيف من حيث الفترة الضوئية)

يُطلق على تصنيف احتياجات الكائنات الحية من الفترات الضوئية للحث على الاستجابة الضوئية اسم أنواع الاستجابة، وهناك صنفان معروفان من النباتات يُطلق على الصنف الأول: النباتات ذات فترة الإضاءة القصيرة، والصنف الثاني يُطلق عليه اسم النباتات ذات فترة الإضاءة الطويلة، ومن النباتات المثيرة للاهتمام بوجه خاص في الاستجابة للضوء والظلام سلالة من نبات التبغ تسمى ماموث ميريلاند *(Maryland mammoth)*، وقد لُوحظ أن هذه النباتات تميل إلى أن تظل في الطور الخضري عندما تنمو في الحقول في أثناء موسم الصيف، ولكنها تزهر عندما يتم تربيتها في الصوب الزجاجية في أثناء موسم الشتاء، على أي حال تبقى تلك النباتات في الطور الخضري في أثناء موسم الشتاء، إذا ما تمت إطالة فترة الإضاءة باستخدام المصابيح الكهربائية. واستنادًا إلى متطلبات تلك النباتات من الضوء للحث على الإزهار، فإن نبات التبغ يُعد من النباتات ذات فترة الإضاءة القصيرة. كما تُعد بعض

النباتات مثل: نبات الفجل *(Raphanus sativus)* الذي يحتاج إلى فترة إضاءة أطول للإزهار من النباتات ذات فترة الإضاءة الطويلة، وقد أدرك العالم الألماني جورج كليبس (Georg Albrecht klebs) أهمية طول فترة الإضاءة في الحث على الإزهار في أثناء أبحاثه على أنواع معينة من النباتات.

شبكية العين ودورات الضوء والظلام

تُعد دورات الضوء والظلام من أكثر العوامل البيئية أهمية لمزامنة الساعة الداخلية للجسم، كما أن للضوء قدرة على تعديل توقيت الساعة الداخلية، حيث تم التأكيد على ذلك من خلال القيام ببعض التجارب عندما تم تعريض الكائنات الحية لفترات من الضوء في أوقات مختلفة من فترة الإيقاع اليومي، وقد أدى التعرّض للضوء في الليل إلى حدوث تغيّرات كبيرة في الإيقاعات اليومية، وأدى التعرّض للضوء في آخر الليل إلى التبكير في تلك الإيقاعات وتقديمها.

ولم يُعرف تأثير الضوء على مزامنة الإيقاعات الحيوية في الإنسان إلا في السنوات العشر الماضية فقط، وتعمل دورة الضوء والظلام اليومية كمزامن رئيسي للإيقاعات الحيوية، ويعني ذلك أن الكائنات الحية يجب أن يكون لديها مستقبلات خاصة للضوء. تقع مناطق مستقبلات الضوء التي تستقبل إشارات الضوء بالعيون في الثدييات؛ لذلك فإن استئصال العيون من الفئران أو جرذان الهامستر يلغي الاستجابة للضوء بشكل كلي؛ مما يشير إلى أن هناك شيئًا ما في العين يكون ضروريًا لاستقبال الضوء والإحساس به، وبعبارة أخرى فإن نظام استقبال الضوء في شبكية العين لتزامن الإيقاعات الحيوية يجب أن يتضمن شيئًا ما أكثر من وجود المستقبلات العصبية (العيدان والمخاريط)، والصبغات البصرية التي تعتمد في تركيبها الأساسي على مركب الأوبسين (Opsine)، أو الرودوبسين، أو الأرجوان البصري (Rhodopsin)، وهذا المركب هو الذي تم تحديده وتمييزه أوليًا في التراكيب الحساسة للضوء في جلد الضفادع، والذي يُطلق عليه اسم الميلانوبسين، وهو عبارة عن بروتين يشبه الأوبسين، وقد اُكتشف أيضًا في النواة فوق التصالبة، ويقترح العلماء أن يكون ضمن الآلية التي تقوم بالتحكّم في الإيقاعات الحيوية للكائنات الحية، ويُعد استقبال الضوء الذي يحدث

من خلال وسائط الميلانوبسين عاملًا رئيسيًا في عملية تزامن الإيقاعات الحيوية، إضافة إلى عدد من الأنظمة الأخرى، وتُعد خاصية الحساسية للضوء أحد المميزات المهمة في تنظيم الإيقاعات الحيوية للثدييات، حيث تكون ظاهرة وواضحة أيضًا في خلايا العقد العصبية الحساسة للضوء، وعندما يُستأصل الجين المسؤول عن تخليق الميلانوبسين فإنه يتم فقد خاصية الحساسية للضوء، ولا تستجيب الفئران العمياء التي تفتقر إلى وجود الميلانوبسين إضافة إلى افتقارها لوجود المستقبلات العصبية البصرية المسؤولة عن آليات الرؤية لدورات الإضاءة والظلام، وتوضح هذه النتائج أن النظامين، أي: الميلانوبسين والمستقبلات العصبية البصرية يعملان معًا على استقبال الضوء والرؤية، وعلى الرغم من وجود صبغات أخرى تكون مسؤولة عن استقبال الضوء في الثدييات والتي تشمل صبغات الكريبتوكروم، فإن صبغة الميلانوبسين تظل هي الصبغة الأساسية التي تؤثر في ساعة الإيقاعات الحيوية نفسها في النواة فوق التصالبة.

السبيل الشبكي تحت المهادي (Retinohypothalamic Tract)

منذ عدة عقود مضت ونحن نعرف أن الأشعة الضوئية تنتقل من العين إلى منطقة تحت المهاد عن طريق ما يُسمى بالسبيل الشبكي تحت المهادي (وصولًا إلى منطقة ما تحت المهاد وهو مسار عصبي يمتد من شبكية العين)، حيث تنتهي نهاياتها العصبية في النواة فوق التصالبة، ويتم استلام المعلومات الضوئية في الكائن الحي التي تستقبلها المستقبلات العصبية البصرية (العيدان والمخاريط) في شبكية العين والميلانوبسين بواسطة النواة فوق التصالبة العلوية، وتتحول إلى إشارات عصبية وهرمونية تؤثر في الإيقاعات الحيوية المختلفة في الكائن الحي.

الضوء وعلاقته بالإيقاع اليومي

يلعب الضوء دورًا مهمًا في تنظيم عمليات النوم والاستيقاظ، فهو يؤثر بشكل مباشر في كلٍّ من توقيت الإيقاع اليومي من جهة، والنعاس والأداء من جهة أخرى، إضافة إلى تأثير الضوء على عدد من العمليات الفيزيولوجية في جسم الإنسان، مثل:

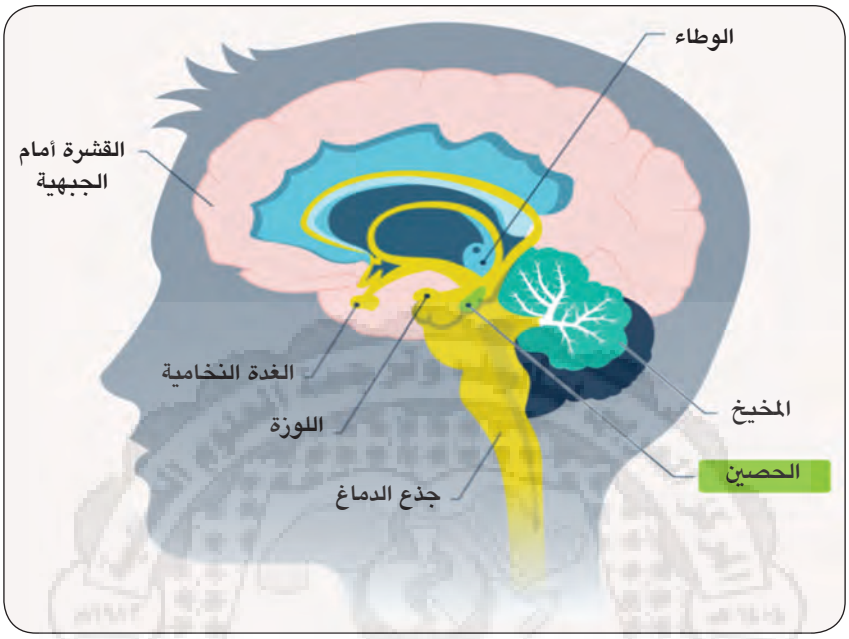
تعديل نظام الإيقاع اليومي، وزيادة معدَّل ضربات القلب، ودرجة حرارة الجسم ليلًا، والتأثير على إفراز بعض الهرمونات وغيرها من الوظائف الحيوية بالجسم، وتولِّد الساعة البيولوجية في المخ إيقاعًا يوميًا يقارب أربعًا وعشرين ساعة، ومن أجل ضمان ضبط توقيت الإيقاع اليومي مع إيقاع البيئة الخارجية للإنسان، فإنه يجب إعادة ضبط هذه الساعة الداخلية كل يوم من خلال إشارات الوقت البيئية، وفي ظل الظروف الطبيعية يعمل التعرّض للنمط اليومي لدورة الضوء والظلام على مدار أربع وعشرين ساعة على مزامنة (الربط بين) الإيقاع البيولوجي، والإيقاع البيئي، وتمثل دورة الضوء والظلام اليومية أهم إشارات الوقت البيئية، وتقوم العين في الحيوانات الثديية بالتقاط هذه المعلومات الضوئية، وفي حالة فقدان البصر تتلاشى القدرة على الارتباط بالضوء تمامًا.

تتلقى الساعة البيولوجية في الأنوية فوق التصالبة في المخ إسقاطًا مباشرًا من العين عبر السبيل الشبكي تحت المهادي (وصولًا إلى منطقة ما تحت المهاد وهو مسار عصبي يمتد من شبكية العين)، ومن ثَمَّ يمثل الضوء الذي يتم التقاطه عبر الشبكية العامل الأساسي الذي يزامن بين توقيت النوم وإيقاعات الساعات البيولوجية الأخرى الموجودة في مختلف خلايا الجسم، ويرتبط عمل الإيقاع الفيزيولوجي والسلوكي المتعدد بالوقت؛ مما يسمح بأداء المهام الوظيفية للجسم على الوجه الأمثل، كما يتسبب عدم وصول معلومات الضوء والظلام، التي يعانيها معظم المصابين بالعمى التام، إلى رجوع نظام الإيقاع اليومي في دورته الطبيعية المخالفة لدورة الأربع والعشرين ساعة، وتصبح غير متزامنة مع الإيقاع اليومي الذي تكون مدته 24 ساعة، ونتيجة لذلك فإن الأشخاص فاقدي البصر، يعانون اضطراب النوم والاستيقاظ غير المتزامن مع ساعات اليوم، حيث تصبح دورة النوم والاستيقاظ والانتباه وأنماط الأداء والإيقاعات الأخرى لديهم غير متزامنة مع إيقاع الساعات الأربع والعشرين لليوم في الحياة الاجتماعية التي يحاولون التعايش معها.

يحدث اختلال الساعة البيولوجية أيضًا لدى الأشخاص المبصرين الذين لا يتعرضون لدورة الضوء والظلام المعتادة على مدار 24 ساعة، مثلما يحدث لدى عمال الورديات الليلية، أو عقب السفر بين مناطق زمنية مختلفة من حيث الضوء والظلام؛

مما يسبب عواقب صحية واضطرابات في النوم، أو ما يُطلق عليها ظاهرة اضطراب الرحلات الجوية الطويلة (Jet Lag)؛ لذلك يلزم التعرّض لدورة الضوء والظلام الثابتة على نحو يومي للمحافظة على الارتباط الطبيعي بين الإيقاع اليومي وتوقيت النوم، وللضوء أيضًا تأثير مباشر على عملية اليقظة، حيث يؤدي التعرّض للضوء إلى تعزيز اليقظة والأداء إلى حد كبير خلال النهار والليل، كما يؤثر في عمق النوم ليلًا بعد ذلك. وقد أظهر تصوير المخ بعد التعرّض للضوء زيادة النشاط في عديد من مناطق المخ المرتبطة باليقظة والإدراك والذاكرة، وهي مناطق المهاد، والحصين (يستقر الحصين على الجزء الداخلي من الفص الصدغي ويُعتبر جزءًا من النظام الحوفي Limbic) (System وهو مجموعة من الهياكل التي تقع على جانبي المهاد والتي تقع تحت المخ مباشرة)، وجذع المخ، وكذلك المنطقة المرتبطة بالحالة المزاجية وهي اللوزة (جزء من الدماغ يقع بجانب الحصين)، ومن ثَّم يمكن أن يؤدي التعرّض للضوء في التوقيت غير المناسب إلى اختلال توقيت النوم والساعة البيولوجية، بل وقد يتسبب ذلك أيضًا في تقليل اليقظة، والأداء، والحالة المزاجية.

لقد تطور فهمنا للكيفية التي ينظم بها الضوء كلًا من عملية النوم والإيقاع اليومي تطورًا كبيرًا على مدى السنوات القليلة الماضية مع اكتشاف نظام جديد تمامًا لاستقبال الضوء في عيون الثدييات، بما فيها البشر، وتقع مستقبلات الضوء التي تم اكتشافها حديثًا في الخلايا العقدية التي تشكل إسقاطاتها العصب البصري، وتوفّر الخلايا العقدية للشبكية اتصالًا وظيفيًا بين العين والمخ، إلا أن نسبة قليلة من الخلايا العقدية المتخصصة يكون لديها حساسية مباشرة للضوء، وتسقط صورها على أجزاء من المخ يكون لها علاقة بالتحكّم في الإيقاع الحيوي اليومي، وعملية النوم، بما في ذلك الأنوية فوق التصالبة، وتحتوي هذه الخلايا الشبكية العقدية الحساسة للضوء على صبغة حساسة للضوء تُسمى ميلانوبسين، وينبغي عدم الخلط بين صبغة الميلانوبسين وهرمون الميلاتونين الذي تفرزه الغدة الصنوبرية، أو صبغة الميلانين في جلد الإنسان، فهي مختلفة تمامًا.



شكل يوضح موقع الحصين واللوزة.

فترة النهار الحرجة

لا يعتمد التمييز بين النباتات ذات فترة النهار القصيرة وذات فترة النهار الطويلة على الطول المطلق لفترة الإضاءة، ولكنه يعتمد على قيمة معينة تُسمى فترة النهار الحرجة (Critical daylength)، حيث تُقسَّم النباتات من ناحية الفترة الضوئية إلى:

- نباتات النهار الطويل: وهي النباتات التي لا تزهر إلا بعد تعرّضها لفترة إضاءة تزيد عن حد معين، أو فترة إظلام تقل عن حد معين مثل: السبانخ، والفجل.
- نباتات النهار القصير : وهي النباتات التي لا تزهر إلا بعد تعرّضها لفترة إضاءة تقل عن حد معين أو فترة ظلام تزيد عن حد معين مثل : الفول الرومي (Broad bean)، والبطاطا.
- نباتات محايدة النهار: تزهر نباتات تلك المجموعة تحت أي ظروف من الإضاءة والإظلام مثل: البندورة، والباذنجان إلا أن بعض النباتات المحايدة مثل: الباميا تُزهِر بشكل سريع عند تعرّضها لفترة إضاءة قصيرة.

ويُفسر تأثير الضوء على إزهار النباتات بأنه عند توفر ظروف الإضاءة المناسبة يتكوّن في النبات هرمون التزهير (Florigen) وهو المسؤول عن تحوّل النبات من مرحلة النمو الخضري إلى الإزهار.

لا يقتصر النشاط الذي يُصنَّف ضمن الأنواع الثلاثة الرئيسية على الاستجابة لفترة الإضاءة، فالمتطلبات أو الاحتياجات يمكن أن تتعدل أو تتغير طبقًا لأحوال أو عوامل أخرى غير فترة الإضاءة، مثل: عمر الكائن الحي، أو حدوث تغيُّر في درجة الحرارة في البيئة المحيطة .... إلخ. وأحيانًا قد تُعجِّل فترة الإضاءة من عملية الاستجابة.

شكل يوضح أنواع النباتات حسب الدورية الضوئية.

تأثير خطوط العرض على الدورية الضوئية

في أغلب الأحيان، يصعب إدراك دور الدورية الضوئية في حياة الأنواع أو السلالات المختلفة من الكائنات الحية إلا بالانتقال إلى خط عرض مختلف، ومن الناحية التاريخية، فقد لُوحظت هذه الاختلافات عند قيام مجموعات من البشر بالتحرّك والانتقال شمالًا، أو جنوبًا، مع جلب النباتات والحيوانات المحلية معهم؛ مما أثر في دورات التكاثر في كلٍّ من النباتات والحيوانات، حيث تحدث دورات التكاثر إما

بصورة مبكرة، أو متأخرة عن المعدل الطبيعي، وعلى هذا فإن عددًا من برامج تربية الحيوانات وزراعة النباتات تركز على إنتاج واختيار الكائنات الحية التي تتناسب مع خطوط العرض المختلفة، وفي حالة نبات فول الصويا مثلًا، يتم زراعته وحصاده حاليًا في المنطقة التي تمتد من المناطق الاستوائية لوسط وجنوب أمريكا إلى المناطق الإسكندنافية؛ لذلك فإنه يتم اختيار سلالات معينة من النباتات لكي تناسب خطوط العرض في مناطق معينة، ويمكن أن تتأثر المراحل المختلفة للنمو والتطور في النباتات والحيوانات بالدورية الضوئية، إضافة إلى عدد الدورات الحثية الضرورية لاستدعاء رد الفعل والاستجابة الضوئية، وفي حالة الحث الزهري (حث النبات على الإزهار)، فإن هناك أمثلة عديدة من النباتات النهارية القصيرة والنباتات النهارية الطويلة التي تحتاج فقط إلى دورة حثية واحدة، على الرغم من أن هناك عديدًا من النباتات التي تحتاج إلى عدة دورات حثية.

الدورية الضوئية وتأثيراتها على الإنسان

كان الإنسان الموضوع الأهم في عديد من التجارب التي ركزت على الإيقاعات الحيوية، إلا أن استخدام النماذج الإنسانية في الأبحاث العلمية على الدورية الضوئية، وخصوصًا في الأبحاث ذات الطبيعة التجريبية لا يكون شائعًا، مقارنة مع تلك التي يتم تجريبها على الكائنات الحية الأخرى مثل: النباتات، والحشرات، والطيور، وبعض الثدييات، على أي حال فإن عددًا محدودًا من الدراسات التي تبحث عن وجود ارتباطات إحصائية مهمة بين المتغيرات المختلفة في البشر والتي تتضمن موضوع الدورية الضوئية كأحد العوامل التي تؤثر في حياة الإنسان قد تم إجراؤها مؤخرًا بواسطة بعض الباحثين.

الفصل الخامس

الساعة البيولوجية والشيخوخة

يجاهد معظم الناس لتأخير مظاهر حدوث الشيخوخة، حيث ندرك أننا جميعًا سوف نمر بتلك المرحلة الصعبة من العمر، ومفارقة الحياة الدنيا، ومعرفتنا المتزايدة عن تأثير الشيخوخة على وظائف الأعضاء، ووظيفة المخ تعطينا فرصًا جديدة من أجل إيجاد حلول تقلل من آثار الشيخوخة، ومن التأثيرات المهمة لعامل العمر على وظائف الأعضاء التنظيم اليومي للوظائف المختلفة للجسم، وعمليًا فإن كل الكائنات الحية على كوكب الأرض تمتلك ساعة حيوية تتحكّم وتسيطر على الجدول اليومي لكل العمليات الفيزيولوجية للجسم، ففي الثدييات تقع الساعة البيولوجية المركزية التي تتحكّم في الإيقاعات اليومية في النواة فوق التصالبة العلوية من المهاد الأمامي للمخ، وتولّد النواة فوق التصالبة العلوية (Suprachiasmatic nucleus) إيقاعات يومية في صورة نشاط كهربي، ويقع هذا النشاط تحت سيطرة عمل مذبذبات جزيئية وخلوية (ساعات بيولوجية)، وحتى في البشر الأصحاء فإن الشيخوخة تُضعِف من الإشارات الكهربية لهذه الساعة الداخلية؛ مما يؤدي إلى حدوث بعض من أعراض الشيخوخة، مثل: تغير توقيت النوم، وقلة مراحله أو انخفاض الإيقاعات اليومية لدرجة حرارة الجسم، وانخفاض في إيقاعات إفراز الهرمونات.

وهنا يتبادر إلى أذهاننا تساؤل مهم وهو: هل الإيقاعات الحيوية اليومية تتغير ويتم تعديلها عند التقدم في العمر والمرور بمرحلة الشيخوخة؟ يمكن القول في هذا السياق: إن عديدًا من الوظائف الفيزيولوجية والسلوكية التي تعرض نموذجيًا الإيقاعات الحيوية يحدث لها تغيير وتعديل مع التقدم في العمر لدى البشر، وعلى سبيل المثال: هناك تغييرات واضحة في عادات النوم، مثل: النوم والاستيقاظ في وقت مبكر، وزيادة فترة القيلولة في منتصف النهار، وفي أثناء النوم فإن هناك زيادة في عدد ومدة فترات اليقظة، كما أن الإيقاعات الحيوية الأخرى مثل: درجة حرارة الجسم، والنشاط ، وإفراز الهرمونات ومنها: إفراز هرمون الكورتيزول تتغير معدلاتها وتنخفض أيضًا مع التقدم في العمر، بينما يمكن أن تؤثر العوامل الأخرى مثل: تغيير

العادات الاجتماعية والأحداث المرضية والتداوي بالأدوية في الوظائف التي تعرض الإيقاعات اليومية مثل: عمليات النوم والنشاط واليقظة، وإفراز الهرمونات، وقد أثبتت الأبحاث العلمية أن الشيخوخة يمكن أن تؤثر في نظام الإيقاعات اليومية نفسها، حيث لاحظ الباحثون حدوث تغيرات في الدورات الحيوية المختلفة مع التقدم في العمر عند القيام ببعض التجارب الحيوانية، وتوضح الأبحاث التي تم إجراؤها على الإيقاعات المختلفة في البشر أن مدة الدورة اليومية تقصر مع التقدم في العمر، وينخفض معدّل الإيقاعات اليومية، علاوة على ذلك فإن التناسق في الإيقاعات اليومية المختلفة، مثل: درجة حرارة الجسم، ومستوى إفراز الهرمونات، ودورة النوم واليقظة تنخفض بصورة واضحة مع التقدم في العمر.

يرجع السبب في حدوث مثل تلك التغييرات في الإيقاعات الحيوية مع التقدم في العمر إلى حدوث نقص في عدد الخلايا العصبية في النواة فوق التصالبة وتدعم هذه الفكرة عديدًا من الدراسات والأبحاث العلمية في هذا المجال، وعند قيام الباحثين بتدمير بعض الخلايا العصبية للأنوية فوق التصالبة في الحيوانات صغيرة السن، فإن معدلات الإيقاعات الحيوية قد اضمحلت بصورة واضحة على النسق نفسه الذي يحدث مع التقدم في العمر، حيث يرتبط النقص في أعداد أو وظائف الخلايا العصبية للنواة فوق التصالبة بحدوث عملية الشيخوخة، وقد تؤثر التغيرات الحيوية الأخرى المرتبطة بالتقدم في العمر في الإيقاعات الحيوية، فقد تحدث عرقلة في عملية المزامنة للإيقاعات الحيوية مثل: الضوء، فعلى سبيل المثال: حدوث بعض المشكلات في العين والناتجة عن التقدم في العمر قد يؤدي إلى عرقلة إرسال معلومات الضوء إلى النواة فوق التصالبة، وبذلك يحدث خلل في عمليات الإيقاعات الحيوية. وكذلك تعديل وضبط مواعيد نوبات العمل ومواعيد رحلات الطيران تكون أكثر صعوبة بين الأشخاص كبار السن، إضافة إلى ذلك فإن هذه الفئة قد تعاني متلازمة مرحلة النوم المبكر، (هي نوع من اضطرابات النوم التي يحدث فيها النوم في وقت مبكر عن الوقت العادي، وتكون شائعة بين المسنين)، أو مشكلات في النوم، ومن ثَمَّ صعوبة الاستيقاظ في وقت مبكر، مما ينتج عنه ضَعْف في الأداء وقلة اليقظة في أثناء النهار، ومن ثَمّ الإرهاق، والتعب، أو خلل في المزامنة بين الإيقاعات الحيوية اليومية، وهكذا، فإن التغيرات في الإيقاعات الحيوية مع التقدم في العمر قد تسبب أنواعًا متعددة من التأثيرات الضارة،

التي تتراوح بين الشكاوى البسيطة إلى الاضطرابات التي تؤثر في جودة الحياة، وقد يتطور الأمر إلى مشكلات صحية حادة.

وقد تم مؤخرًا دراسة العلاقة بين الساعة البيولوجية وشيخوخة المخ مع التركيز على الأمراض العصبية التنكسية، وتظهر العلامات الأكثر وضوحًا من شيخوخة الساعة البيولوجية في صورة اضطرابات بالسلوك مع انخفاض في معدّل وكمية النشاط الحركي.

كلما تقدّم الإنسان في العمر تغير التوقيت اليومي للعمليات الفيزيولوجية في الجسم، فعلى سبيل المثال: يحدث نقص يومي في درجة حرارة الجسم، وبداية الخلود إلى النوم بمقدار ساعتين تقريبًا، وقد قام العلماء بوصف هذا التغير في العمليات الفيزيولوجية المرتبطة بالتقدم في العمر أيضًا في عدد من النماذج الحيوانية مثل: القردة، والقوارض، وقد تم إثبات تلك الزيادة التدريجية في التبكير الزمني مع التقدم في العمر في دراسة وبائية في البشر للمرحلة العمرية بين (30 - 80) عامًا، مما يدل على حدوث التبكير في مرحلة الإيقاعات اليومية لدى الأشخاص المسنين، حيث تم مؤخرًا إثبات وجود ارتباط بين التبكير الزمني ومرحلة الإيقاعات اليومية مع تقدّم الإنسان في العمر، كما يبدو أن تأثير العمر على طول الفترة الداخلية للساعة البيولوجية اليومية يعتمد على الأنواع والخلفية الوراثية، فعلى سبيل المثال: تقصر الفترة اليومية للنشاط الحركي في القردة والقوارض وجرذان الهامستر المسنة، بينما تطول تلك الفترة مع التقدم في العمر في فصيلة الفئران، ونظرًا للدور المركزي الذي تلعبه الأنوية فوق التصالبة في السلوك والجوانب الفيزيولوجية للكائن الحي، فإنه يمكن توقع ما قد يحدث من خلل في نظام الإيقاعات اليومية مع التقدم في العمر، وبالنظر إلى بعض التجارب فقد وُجد أن زرع النسيج الجنيني للأنوية فوق التصالبة في الحيوانات المسنة، قد أعاد بصورة جزئية وظيفة الإيقاعات الحيوية اليومية في الجرذان وحيوانات الهامستر.

يُعد الانخفاض في معدّل الإيقاعات اليومية في كلٍّ من الجوانب الفيزيولوجية والسلوكية للكائن الحي إحدى الخصائص المهمة للساعة البيولوجية التي يجب التركيز عليها لدى المسنين، وقد بينت تسجيلات للإيقاعات اليومية أن النشاط الكهربي للأنوية فوق العلوية في الفئران المسنة قد انخفض بنسبة كبيرة، ومن الواضح أن

التفسير الموضوعي للانخفاض في معدل الإيقاعات الحيوية يرجع إلى خسارة عديد من الخلايا للأنوية فوق التصالبة نتيجة للتنكسات (الأضرار التي لحقت بها) العصبية المتعلقة بالشيخوخة والتقدم في العمر. وتؤدي الشيخوخة إلى حدوث نقص في الخلايا العصبية التي تحفز إفراز مركب (هرمون) الببتيد المعوي الفعّال في الأوعية (Vasoactive intestinal peptide)، ومركب الأرجينين فازوبريسين (Arginine vasopressin)؛ بسبب التغيرات التي تحدث في الإشارات الكهربية الخاصة بالموصلات العصبية؛ نتيجة التقدم في العمر، وعند القيام ببعض التجارب على الفئران الصغيرة، فقد لُوحظ زيادة معدّل النشاط الكهربي لخلايا الأنوية فوق التصالبة بشكل اعتيادي في فترة منتصف النهار.

نظريات حدوث الشيخوخة

تحاول النظريات العلمية للشيخوخة الإجابة عن سؤالين مهمين: السؤال الأول هو كيف يشيخ الإنسان؟ والسؤال الثاني هو ما الآليات الحيوية الخاصة التي تسبب حدوث الشيخوخة؟. تُعد الشيخوخة من الموضوعات بالغة الصعوبة من ناحية خضوعها للبحث التجريبي لسببين أساسيين: السبب الأول هو أن الشيخوخة موضوع متشابك ومتشعب للغاية، ويؤثر في عديد من الأنسجة والأنظمة الحيوية المختلفة في الجسم، والسبب الثاني هو أن الشيخوخة عملية طويلة المدى، وتحتاج إلى فترة زمنية طويلة للملاحظة.

إن الفهم الصحيح والمعرفة المتكاملة لمفهوم الشيخوخة يُعتبر أمرًا مهمًا لفهم ومعالجة الأمراض المختلفة المتعلقة بالشيخوخة التي تؤدي إلى وفاة أعداد كبيرة من البشر، وهذا لايستثني صغار السن فالمرض يمكن أن يصيب أي عمر، ومن الواضح أن خصائص فترة الحياة والشيخوخة هي سمات خاصة جدًا للأفرد في النوع الواحد من الكائنات الحية، وتتفاوت كثيرًا حتى في الأنواع المماثلة وراثيًا، وتتفاوت فترات حياة الثدييات على مدى يتراوح من 1-200 عام بين الحوت مقوس الرأس الذي يصل عمره إلى أكثر من 200 عام، والفأر قصير العمر الذي يصل عمره إلى أقل من عام؛ لذلك فإن بعض السمات في تركيب وتصميم كل نوع من الكائنات الحية هي التي تحدد فترة حياة كل نوع من تلك الكائنات الحية بالنظر إلى نظرية

التطور التي توضح أن الأنواع المختلفة من الكائنات الحية تتميز بتراكيب هيكلية وتصاميم جسدية مختلفة، كما أن تلك النظرية حاسمة في المحاولات التي يقوم بها العلماء من أجل توضيح وتفسير أسباب حدوث الشيخوخة في الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وبسبب الصعوبات التجريبية فقد نشأت نظريات تحاول تفسير كيفية حدوث الشيخوخة، إضافة إلى عديد من المقترحات التجريبية التي تحاول تفسير ذلك، حيث يرى بعض الباحثين أن فترة حياة الكائنات الحية البسيطة يتم تنظيمها من خلال الإحساس بالمؤثرات الخارجية، ففي الثدييات مثلًا يتم تنظيم العمليات الحيوية الداخلية الرئيسية في أغلب الأحيان من خلال الإحساس بالعوامل الخارجية، ومن أمثلة ذلك تزامن الإيقاعات الحيوية، والدورات التناسلية السنوية، والعمليات الحيوية للجسم مع دوران كوكب الأرض.

نظرية التدهور (Deteriorative Processes)

يعتقد عديد من الناس أن الشيخوخة ببساطة هي نتيجة التدهور الناتج عن عمليات التآكل والتلف والأكسدة والشوارد الجزيئية الأخرى التي تحدث في الأنسجة والخلايا، أو نتيجة للعمليات الطبيعية الأخرى التي يستحيل تجنّبها والتي تسبب التدهور التدريجي في الوظائف الفيزيولوجية والبنائية للجسم، كما تقترح النظريات أن الشيخوخة تحدث نتيجة مزيج من التغيرات العشوائية التي تؤثر سلبيًا في الأنظمة الحيوية للكائن الحي، وقد يكون سبب حدوث الشيخوخة أيضًا نتيجة تراكم النواتج السامة للعمليات الأيضية، أو نتيجة للأضرار الشديدة التي تسببها الإشعاعات النووية، أو أيًا من العمليات التدهورية التدريجية الأخرى، ويمكن أن تحدث الشيخوخة نتيجة التقييدات الأساسية (Fundamental limitations) مثل: قوانين الفيزياء والكيمياء التي لا يمكن أن يقاومها أو يتغلب عليها الكائن الحي، وتحظى هذه الفكرة ببعض القبول والرضا من العلماء، إضافة إلى ذلك فإن مفهوم الشيخوخة التي ترجع أسباب حدوثها إلى التقييدات الأساسية يتلاءم مع المعتقدات والمفاهيم الدينية من معظم البشر، فالناس يؤمنون بنظريات التآكل والتدهور للكائنات الحية، وغير الحية، ويميلون إلى الاعتقاد بأن عملية الشيخوخة وعدم التعمير أمر حتمي.

على أي حال، فإن كثيرًا من الاختصاصيين في علم البيولوجي والشيخوخة يؤمنون بنظريات التآكل والتدهور، وإذا ما كانت الشيخوخة نتيجة التقييدات الأساسية التي من المفترض أن تؤثر في كل الكائنات الحية، فلماذا تتفاوت فترات حياة الكائنات الحية المتماثلة بصورة كبيرة ؟ لذلك يجب الوضع في الاعتبار حقيقة أن الكائنات الحية تمتلك كثيرًا من آليات إصلاح التلف والأضرار التي تحدث في الأنسجة الحية.

النظريات الحديثة للشيخوخة

تندرج النظريات التطورية الحديثة للشيخوخة تحت صنفين رئيسيين هما:

1. نظريات الشيخوخة الحديثة غير المبرمجة: تؤكد تلك النظرية أن الإنسان يشيخ؛ لأن جسمه لا يحتوي على وسائل دفاعية قوية ضد العمليات التدهورية الطبيعية التي تحدث للخلايا والأنسجة مثل: البلي، والتلف الميكانيكي، وعمليات الأكسدة والأنواع الأخرى من الأضرار العضوية، وله متطلبات وحاجات تطورية لكي يعيش ويتكاثر ويعيد إنتاج نوعه مرة أخرى حتى لا يؤول جنسه إلى الفناء؛ لذلك فقد ظهرت الحاجة لوجود قدرات وإمكانيات مطلوبة للمحافظة على النوع وإصلاح الأعضاء والأنسجة التالفة؛ لكي يستطيع البقاء والحياة لمدة معينة.
2. نظريات الشيخوخة الحديثة المبرمجة: تؤكد تلك النظرية أن الإنسان يشيخ؛ لأنه يمتلك الآليات أو البرامج التي تساعد على الانتحار الحيوي للخلايا والتي تحدد فترة الحياة التي يمكن أن يعيشها الكائن الحي حسب نوعه، وتفسر كلتا النظريتين أسباب وجود الاختلافات الكبيرة في فترة الحياة بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية. وكان يُعتقد لعدة عقود أن نظريات الشيخوخة المبرمجة مستحيلة نظريًا؛ بسبب وجود آليات عملية التطور، ثم تلا ذلك استحداث نظريات الشيخوخة غير المبرمجة، وتُبنى نظريات الشيخوخة المبرمجة الحديثة على نظريات الشيخوخة غير المبرمجة القديمة، وتمثل امتدادًا منطقيًا لها، ولأن تلك النظريات لها تنبؤات مختلفة بخصوص طبيعة الشيخوخة والأمراض المتعلقة بالعمر، فإن هذا التطور يمكن أن يكون له تأثير كبير على صحة الإنسان؛ مما يؤدي إلى تحسّن قدرة الإنسان على معالجة ومنع حدوث الأمراض التي قد ترتبط بالعمر والشيخوخة مثل: أمراض السرطان، وأمراض القلب، وغيرها من الأمراض.

آليات حدوث الشيخوخة

هناك عدة مفاهيم بخصوص العمليات التي ترتبط بالشيخوخة في البشر والكائنات الحية الأخرى، وهناك اتفاق واسع نسبيًا بين العلماء على أن العمليات الحيوية التي تُلحِق الأضرار بالخلايا والأنسجة الحية تتدخل وتشترك في حدوث عملية الشيخوخة، وتوضح هذه المفاهيم أن هناك آليات مختلفة تسبب حدوث الشيخوخة، حيث تستند كلها إلى حدوث تدهور للعمليات الحيوية للخلايا والأنسجة.

آلية الترميم والإصلاح (Maintenance and Repair)

مع حدوث العمليات التدهورية (البلي)، فإن الجسم يقوم بمعالجتها وإصلاحها من خلال آليات الترميم (الصيانة) والإصلاح والتي يتفاوت تأثيرها بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية، ويبطئ وجود هذه الآليات في مقابل العمليات التدهورية من تراكم هذه التأثيرات التدهورية، حيث تتفاوت فعالية آليات الإصلاح بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية؛ وذلك لأن القوة التطورية تتفاوت أيضًا، وتحتاج الكائنات الحية لكي تعيش أعمارًا طويلة إلى أن تتطور وتحافظ على آليات الترميم بصورة أكثر فعالية، ويتم تحديد مدة الحياة مبدئيًا بالتقييدات من خلال التباين والاختلاف في الكفاءة التي تواجه بها الأنواع المختلفة من الكائنات الحية تلك العمليات التدهورية.

ويلائم هذا المفهوم عملية التدرّج في حدوث الشيخوخة واختلاف فترات الحياة في الأنواع المتعددة من الثدييات، إضافة إلى معرفتنا بوجود آليات الترميم المختلفة، حيث ينمو الشعر وتلتئم الجروح وتشفى، وتُستبدل الخلايا الميتة والتالفة بأخرى جديدة، ويقوم الجهاز المناعي بالتغلب على العدوى الميكروبية والقضاء عليها، إضافة إلى ما تم ذكره، فإنه يمكن رفع كفاءة وفعالية آليات الترميم، مثل: زيادة إنتاج مضادات الأكسدة الطبيعية، أو الإنزيمات التي تساعد في عمليات الإصلاح، وطبقًا لهذا المفهوم، فإن كل واحدة من آليات الترميم الكثيرة يمكن أن تؤثر بشكل خاص ومستقل في تقديم الدعم المطلوب. فعلى سبيل المثال: إذا كان مرض السرطان يمثل مشكلة في الأعمار الصغيرة لنوع معين من الحيوانات الثديية، فإن هذا النوع من الحيوانات يمكن أن يُخرِج آليات خاصة ضد الإصابة بهذا المرض بصورة فضلى، وهكذا، ويمكن أن تكون بعض آليات التدهور العامة مثل: عمليات الأكسدة شائعة في عديد من مظاهر الشيخوخة، ويمكن أن تؤثر عديد من العقاقير المعالجة للشيخوخة

فيها، وقد تساعد في معالجة عديد من الأعراض المعروفة للشيخوخة، وقد تشترك آليات التدهور الأخرى التي قد ترتبط وتصاحب حدوث أمراض معينة مع الآليات الأخرى بنسبة قليلة، أو قد لا تشترك معها على الإطلاق، ويعتمد إيجاد الأدوية العلاجية التي يمكن أن تؤخر أو تعوق ظهور الشيخوخة عمومًا على نوع الآليات التي تسبب تلك الشيخوخة، ومع ذلك توضح نظريات الشيخوخة غير المبرمجة أن جهود البحث العلمي يجب أن تكون موجهة أولًا إلى أنواع معينة من الأمراض.

الشيخوخة المبرمجة (Programmed aging)

حيثما توجد العمليات التدهورية، توجد أيضًا آليات الترميم التي تواجه وتعادل تلك العمليات، ولكن أنشطة الترميم يتم تنظيمها تباعًا من برامج جينية حيوية محددة ومتخصصة لكل نوع من أنواع الكائنات الحية؛ مما يؤدي إلى إعطاء كل نوع فترة الحياة الخاصة به، وتشمل هذه البرامج أنواعًا من الساعات البيولوجية الخلوية أو العمليات الحيوية التي تحدد وتقرر متى يقوم الكائن الحي بالإبطاء من وظائف وعمليات الترميم، ويمكن أن تكون تلك البرامج أو الساعات البيولوجية مشتركة وشائعة في آليات الترميم المتعددة، وتحتاج الكائنات الحية لأن تكون فترات حياتها محددة وبالنظر إلى الملاحظات المتعلقة بفترة الحياة في الأنواع المتعددة من الكائنات الحية، فإن هذا المفهوم يلائم اكتشافات الجينات التي تسبب حدوث الشيخوخة في الأنواع المختلفة من الكائنات الحية، كما يلائم هذا المفهوم أيضًا المشاهدات التي تمت ملاحظتها على عدة أنواع من الكائنات الحية مثل: أسماك السلمون التي تموت فجأة أو تشيخ بسرعة كبيرة في وقت معين من حياتها، مما يفترض أن هناك برنامجًا خاصًا يدعو إلى ذلك السلوك، ويحدث ذلك نتيجة التراكم التدريجي للأضرار التي تصيب الخلايا ولا يتم إصلاحها والتي من المفترض أن تحدث بسرعة؛ مما يرجح أن آلية الإصلاح يمكن أن تكون قد واجهت صعوبات في تعديل تلك الأضرار المتراكمة، وعلاوة على ذلك فإن هذا المفهوم يلائم الملاحظات التي تم رصدها بالنسبة للأمراض الوراثية في الإنسان والتي تتسبب في تعجيل كثير من أعراض متلازمة ويرنر (Werner syndrome) (هي اضطراب وراثي نادر بسبب طفرات في الجينات المسؤولة عن حماية وترميم الحمض النووي)، وأعراض الشيخوخة، إذ إن هذه الحالات يمكن أن تؤثر في البرنامج الذي يتحكّم في وظائف الترميم المتعددة للخلايا والأنسجة الحية، إضافة إلى كل ما سبق ذكره، فإنه يمكن البحث عن العناصر التي تؤثر في

آليات الساعة البيولوجية أو الإشارات والعوامل الكيميائية والعصبية المرتبطة بها، ويُقصد بالعوامل الكيميائية في هذا السياق الهرمونات التي تُفرز في أغلب الأحيان لتنسيق العمليات الحيوية في الكائن الحي، أو حتى بين الكائنات الحية، والتي يُطلق عليها في تلك الحالة مصطلح الفيرمونات (Pheromones)، وهناك بعض العوامل التي تؤخر أو تعوق حدوث الشيخوخة بصورة عامة، أو بمعنى آخر تم إيجاد بعض الأدوية والعقاقير المضادة للشيخوخة، كما توضح نظريات الشيخوخة المبرمجة أن الجهود البحثية الكبيرة يجب أن تُوجّه نحو تحديد الطبيعة الدقيقة للآلية العامة لعملية الشيخوخة، وإيجاد العقاقير القادرة على إعاقة عملية حدوثها.

الشيخوخة المبرمجة المنظمة (Regulated programmed aging)

يتم معادلة حدوث العمليات التدهورية من خلال آليات الترميم والإصلاح، إلا أن أنشطة الترميم يتم تنظيمها من برنامج جيني حيوي محدد خاص لكل نوع من الكائنات الحية والذي يمكن بدوره أن يُضبط ويُعدل من خلال الإحساس بالعوامل الخارجية التي تعمل على ضبط وتعديل فترة الحياة المثلى للكائن الحي، ويتلاءم هذا المفهوم مع ما تمت ملاحظته من فترات الحياة الواضحة التي تعيشها الكائنات الحية المختلفة، كما أنها تتلاءم أيضًا مع الملاحظات التي توضح أن فترات الحياة تتأثر بالعوامل الخارجية التي من المتوقع أن تزيد من حدوث العمليات التدهورية، ويتم ضبط الساعات الحيوية وتعديلها عمومًا من خلال الإحساس بالعوامل الخارجية، فعلى سبيل المثال: تتزامن فصول التزاوج والإيقاعات الحيوية اليومية مع دوران الأرض حول محورها وحول الشمس، لاحظ أن الكائن الحي يمكن أن يضبط ويعدل فترة حياته لكي تتلاءم مع التغيرات في عمر النضج الجنسي الخاص به، حيث يكون لذلك فوائد تطورية طبقًا لكل النظريات التطورية المعروفة للشيخوخة، وتتحكّم في النضج الجنسي والسمات الأخرى من عملية التكاثر في الثدييات آلية تنظيمية معقدة تتضمن الإحساس بالعوامل البيئية الخارجية، والساعات البيولوجية، والإشارات العصبية والكيميائية، وقد رافقت كل هذه المفاهيم عن آليات حدوث الشيخوخة الأسباب التطورية الجوهرية التي تحاول تفسير لماذا نشأت مثل هذه الآلية الخاصة ؟ ولماذا تم حفظها داخل تراكيب الكائنات الحية ؟

تتضمن الأسباب التطورية مفاهيم الحياة التطورية التي تحاول توضيح لماذا تختار عملية التطور آليات الترميم الأكثر أو الأقل فعّالية أو حتى آليات منتقاة تحد أو تنظم فترة حياة الكائن الحي ؟، ونظرًا لأن كل مفاهيم آليات الشيخوخة تتضمن حدوث عمليات تدهورية، فإن البحث إلى التدخل المباشر مع تلك العمليات من خلال نظرية البلي أو التدهور يُعد أقل المفاهيم إثارة للجدل، على أي حال، فإن إهمال المفاهيم الأخرى على الرغم من تواؤمها مع الأدلة التجريبية، من المحتمل أن يؤدي إلى إضاعة الفرص الرئيسية للتدخل الناجح في عمليات الشيخوخة، ومعالجة الأمراض والحالات المرضية المرتبطة بتقدم العمر.

هناك عديد من الناس لديهم صعوبة تصورية مع مفهوم الشيخوخة المبرمجة، فكيف يكون لكائن حي خصائص لا تُعد ولا تُحصى تمكّنه من العيش لفترة طويلة والتكاثر أكثر، بينما هناك خصائص أخرى تنشأ تستطيع أن تحد من فترة الحياة أو من عملية التناسل؟ إن السر هنا يمكن ملاحظته بسهولة في الطبيعة، إذ إن الكائن الحي يمكن أن يأخذ احتياجات ومتطلبات مختلفة ومتعارضة في الأعمار المختلفة، على سبيل المثال: تعيش حشرة السيكادا حوالي 17 عامًا في الأرض كحيوان حفّار في باطن الأرض، ثم يتحوّل إلى حيوان طائر لبضعة أيام، ويتكاثر خلالها ثم يموت بعد ذلك.

صورة توضح حشرة السيكادا.

جينات الشيخوخة

قام عديد من الباحثين باكتشاف أنواع من الجينات تحد وتقصّر من فترة الحياة في الكائنات الحية المختلفة عند قيام الباحثين بإزالة تلك الجينات من خلال عمليات الهندسة الوراثية، ويذكر أنصار نظرية الشيخوخة المبرمجة أن جينات الشيخوخة هي أجزاء من الآليات التي تحد عن قصد من فترة حياة الكائن الحي، ويصر أنصار نظريات الشيخوخة غير المبرمجة على أن هذه الجينات يجب أن يكون لها بعض الوظائف المفيدة التي تعوض طبيعتها الضارة بشكل أو بآخر، ولم يثبت العلماء وجود مثل هذه الوظائف المفيدة لتلك الجينات حتى الآن على الأقل، وتُعد الباحثة سينثيا كينيون (Cynthia Kenyon) من أوائل الرّواد الذين يعملون في هذا المجال، حيث أعلنت عن وجود جينات الشيخوخة، وهي عبارة عن هرمونات داخلية يفرزها الجسم، وقد تمكّن العالم فالتر لونجو (Valter Longo) أيضًا من اكتشاف أدلة تجريبية على نظرية الشيخوخة المبرمجة، وتُعتبر متلازمة الشيخوخة المبكرة هاتشينسون- جيلفورد (Hutchinson-Guilford progeria) ومتلازمة ويرنر (Werner syndrome) من الأمراض الوراثية النادرة التي تعجل من ظهور أعراض الشيخوخة بشكل ملحوظ، ويلائم هذا المفهوم نظريات الشيخوخة المبرمجة بشكل أفضل من نظريات الشيخوخة غير المبرمجة التي تعتمد على مفهوم آليات الترميم والإصلاح المتعدّدة.

كما ذكرنا في السابق، فإن نظريات الشيخوخة المبرمجة توضح أن الإشارات العصبية والكيميائية تشترك في الآليات الخاصة بعملية الشيخوخة، حيث تصل إشارات معينة إلى الأنسجة المختلفة، فتظهر أعراض الشيخوخة، وقد تكون هذه الإشارات إما ممهّدة لحدوث الشيخوخة، أو مضادة لها، أو كلا الأمرين، ويعني ذلك أن الإشارات المضادة للشيخوخة تثبط وتمنع حدوث الشيخوخة في الخلايا التي تستقبل تلك الإشارات، بينما الإشارات المحفزة للشيخوخة في الخلايا التي تستقبل تلك الإشارات تقوم بإظهار أعراض الشيخوخة.

الوراثة والشيخوخة

تقوم كل الكائنات الحية بنسخ المعلومات الوراثية المتعلقة بتراكيب الجسم والوظائف الحيوية للأبناء والأحفاد عن طريق آليات الوراثة من خلال عملية التناسل

والإنجاب، وتُعد هذه الآليات من الأمور المشاركة بعملية التطور؛ لأن التغيرات الطفرية تنتشر وتنتقل عن طريق الوراثة، وهناك تعقيدات هائلة في آليات الوراثة، ومعظمها له تأثير مقبول في عملية التطور، ويمكن لبعض الاكتشافات الحديثة في علم الوراثة أن تغير من طريقة تفكيرنا بخصوص الوراثة الحيوية بشكل جذري.

الشيخوخة البسيطة أو الضئيلة (Negligible Senescence)

تُعد الكائنات الحية التي لا تعرض العمليات التدهورية للخلايا والأنسجة مع التقدم في العمر من الكائنات ذات الأهمية الخاصة بنظريات وأبحاث الشيخوخة، إذ إنها تعطي أدلة للتمييز والتفرقة بين النظريات المختلفة لعملية الشيخوخة، ويشير مفهوم الشيخوخة (Senescence) إلى التدهور التدريجي الذي يحدث مع التقدم في العمر، وهو من الأمور الواضحة بصورة نموذجية في الحيوانات المحمية (الحيوانات الموجودة في حدائق الحيوانات)، وبشكل أكثر تحديدًا، فإن هذا المفهوم يشير إلى التدهور الداخلي في مؤشرات البقاء للكائن الحي مثل: القوة، والحركة، وحدة الإحساس، والزيادات في معدلات حدوث الأمراض المرتبطة بالعمر، وزيادة معدّل الوفيات، والنقص في القدرة التناسلية.

هناك أنوع قليلة جدًا من الكائنات الحية التي تظهر لديها أعراض الشيخوخة البسيطة، ويعتبر العلماء أن الكائن الحي الذي تظهر لديه أعراض الشيخوخة البسيطة، هو الكائن الذي لم يحدث له أي انخفاض في خصائص البقاء مثل: القوة، أو القدرة على الحركة مع التقدم في العمر، إضافة إلى أنه لا يعرض أي انخفاض في القدرة التناسلية مع التقدم في العمر.

وسوف نقوم بعرض بعض الأمثلة عن مفهوم الشيخوخة البسيطة مثل: سلحفاة الدابرا العملاقة (Aldabra giant tortoise) التي يمكن أن تعيش لمدة تزيد عن 200 عام، وهناك سمك الروغي الصخري *(Rougheye rockfish)* الذي يمكن أن يعيش لمدة 205 أعوام، ويُعتبر جرذ الخلد العاري (Naked mole - rat) من القوارض التي تتمتع بطول العمر، حيث إنه يعيش في المتوسط حوالي 30 عامًا مقابل (1-3) أعوام بالنسبة لبقية القوارض التي لها الحجم نفسه، وتُعد شجرة ميثوسيلا

(Methuselah Tree) من أقدم الأشجار المعروفة على وجه الأرض، وهي نوع من أشجار الصنوبر التي توجد في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية، ويبلغ عمرها حوالي 4844 عامًا.

وتموت الكائنات الحية التي لا تشيخ أو التي تشيخ ببطء شديد نتيجة عدة أسباب خارجية مثل: هجوم الحيوانات المفترسة، أو نتيجة الحوادث، أو بسبب نقص الغذاء، وحدوث المجاعة أو التعرّض للظروف البيئية السيئة، أو التعرّض للأمراض المعدية، وفي بعض الحالات يتطلب قياس عمر الكائن الحي من خلال قياس علامات العمر التي توجد على العظام الداخلية للحيوانات، مع ملاحظة أن النقطة الرئيسية مع الكائنات التي تتميز بالشيخوخة البسيطة أو الضئيلة تتركز في ندرة حدوث التدهور التدريجي للخلايا والأنسجة في تلك الكائنات الحية، وتندرج الأنواع الأخرى من الكائنات الحية التي تعيش لمدة 20 عامًا من دون حدوث تدهور قابل للقياس والتي تموت بعد ذلك فجأة من بعض العمليات الداخلية ضمن الكائنات الحية التي تشيخ بصعوبة. وعلى الرغم من أن هناك اختلافات بينية في العمليات الأيضية بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية والتي يمكن أن تكون اختلافات في معدل العمر الذي يمكن أن يعيشه الكائن الحي في سيناريو من التدهور التدريجي، فإن هذه الاختلافات غير كافية لتوضيح وتفسير الاختلافات الهائلة في فترات الحياة في الكائنات الحية، خصوصًا بين الأنواع المتماثلة في العمليات الأيضية، وتفترض نظريات الشيخوخة غير المبرمجة أن الأنواع من الكائنات الحية التي تتميز بالشيخوخة الضئيلة يكون لديها بعض الأسباب المجهولة التي تجعلها تحتاج إلى مدة طويلة من فترة الحياة، وعلى الرغم من أن أنواعًا أخرى مماثلة لا يكون لديها مثل تلك الأسباب، لذلك فهي تقوم بتطوير آليات ترميم وإصلاح فعّالة للغاية، وتوضح نظريات الشيخوخة المبرمجة أن الأنواع التي تتميز بالشيخوخة الضئيلة لديها طفرات وعطل في وظيفية الانتحار الخلوي، لذا فإنه يحدث فقد في قدرتها على الشيخوخة، ويكون لديها انخفاض محتمل في إنتاج الأجيال التالية من سلالتها، وتزداد لديها احتمالات حدوث الانقراض والفناء؛ بسبب فقد الفوائد التطورية طويلة المدى لعملية الشيخوخة، وهذه الفكرة تتلاءم وتتناسب مع الندرة النسبية لأنواع الكائنات الحية التي تتميز بالشيخوخة الضئيلة بين الأعداد الأكبر من الأنواع ذات النوع الطبيعي من الشيخوخة والهرم.

الانتحار البيولوجي (Biological suicide) والإنجاب الأحادي (Semelparity)

تنجب عديد من أنواع الحيوانات مرة واحدة فقط ثم تموت فجأة بعد الإنجاب، مثل: أسماك السلمون الوردي (Pink salmon)، حيث تموت فجأة بعد الإنجاب عند عمر سنتين من خلال عملية الشيخوخة المتسارعة، وتعيش بعض الأنواع من أسماك السلمون لفترة تناسل واحدة أو فترتين، ثم تموت فجأة بعد فترة التفريخ الثاني، أو الثالث على الأكثر، مع استبعاد أن تكون عملية الإنجاب وما يصاحبها من متاعب وإجهاد من أسباب حدوث الموت، وتُعد ذكور الفئران الجرابية من الثدييات أحادية التكاثر، وتموت عقب فترة قصيرة من التزاوج، ويمكن تفسير هذا السلوك بأنه سلوك انتحاري يسمح للكائن الحي بأن يكون منتجًا بشكل أكثر فاعلية، لذا فإنه يكون ذا منفعة فردية مقبولة بالقياس بفترة الحياة المحدودة، ويؤكد العلماء أنصار نظرية الشيخوخة المبرمجة أن فترة الحياة المحدودة يكون لها فائدة ومنفعة تطورية.

صورة توضح الفئران الجرابية.

للأخطبوط سلوك أحادي الإنجاب مثير على وجه خاص، حيث إن أنثى الأخطبوط بعد التزاوج تقوم بتحصين الصغار ورعايتها، وبعد ذلك تموت جوعًا، حيث تمتنع عن أكل أي طعام بهدف حراسة البيض، وعدم التحرّك من جواره طوال تلك المدة، ويؤكد هذا السلوك أن الأخطبوط يتميز بوجود آلية انتحار معقدة تتضمن الارتباط مع الجهاز العصبي؛ مما يدل على وجود إشارات عصبية خاصة، ووظائف إحساس مشتركة في تحديد الموعد الذي يقوم فيه بتنفيذ الانتحار جوعًا.

صورة توضح أنثى الأخطبوط.

موت الخلايا المبرمج (Apoptosis)

من الشائع في الكائنات الحية أن تقوم بتدمير وقتل الخلايا الخاصة بها عن قصد عن طريق آلية معقّدة، فعلى سبيل المثال: يفقد الضفدع ذيله من خلال آلية موت الخلايا المبرمج، حيث يعتبر بعض العلماء أن موت الكائن الحي المبرمج (Phenoptosis) يمكن أن يكون امتدادًا منطقيًا لنظرية الشيخوخة المبرمجة.

الأبحاث والأدوية المضادة للشيخوخة

يقوم حاليًا المعهد القومي للصحة الأمريكي والمعهد الوطني لأبحاث الشيخوخة بإعداد برنامج لإجراء دراسة متعددة للبحث عن عقاقير يمكن من خلالها تأخير الشيخوخة ومنع حدوث الأمراض والاختلالات الوظيفية على حيوانات التجارب وخاصة الفئران، وتتضمن هذه العلاجات العقاقير الصيدلانية، وأنواعًا من الأغذية والمكملات الغذائية، ومستخلصات نباتية، وأنواعًا من الهرمونات والأحماض الأمينية، وعناصر آخرى، وعلى الرغم من أن تلك المؤسسات البحثية قد تجنبت استعمال تعبير الشيخوخة بعناية، فإنه من الواضح أنها تدعم البروتوكولات والعناصر المضادة للشيخوخة، ويشير هذا إلى قبول فكرة أن الشيخوخة بحد ذاتها حالة قابلة للتعامل معها وعلاجها، وأن الأعراض الرئيسية للشيخوخة لها أسباب عامة قابلة للعلاج كما هو مذكور في نظريات الشيخوخة المبرمجة.

تأسست شركة كاليكو (Calico) وهي شركة أمريكية عام 2013م بدعم من جوجل؛ بهدف مكافحة الشيخوخة والأمراض المرتبطة بها، حيث اهتمت هذه الشركة بتطوير الأبحاث الخاصة بالأدوية المضادة للشيخوخة، ويُعد هذا التعاون مهمًا للغاية وخصوصًا بالنسبة لأنصار نظرية الشيخوخة المبرمجة، وذلك لأن شركة كاليكو مهتمة بشكل واضح بالبحث عن الطرق أو البروتوكولات التي تعمل على تأخير عملية الشيخوخة، أو بمعنى آخر الطب المضاد للشيخوخة، وتقترح النظريات السابقة عن الشيخوخة غير المبرمجة التي ما زالت مقنعة أكثر لبعض الناس أن تطوير واكتشاف العقاقير التي يمكن أن تؤخر عملية حدوث الشيخوخة عمومًا من الأمور المستحيلة أو غير محتملة الحدوث على الأقل، ومن المحتمل أن تتم الاستعانة بطرق البحث الوراثية المبتكرة ومجموعة من البيانات من المؤسسات البحثية الأخرى الرائدة في هذا المجال، ويُعد ذلك دعمًا للأكاديمية الأمريكية لطب الشيخوخة التي تكرس جهودها نحو التعرّف على تقنيات لاكتشاف العقاقير التي تمنع وتعالج الأمراض المرتبطة بالتقدم في العمر، ويدير العالم فلاديمير سكولاشيف (Vladimir Skulachev) منظمة تُسمّى منظمة الجنس البشري الحر، وهي منظمة تقوم بإجراء أبحاث على آليات الشيخوخة المبرمجة، وتتضمن المشاريع الحديثة لتلك المنظمة مشروعًا يهدف إلى اكتشاف

استعمال مشتقات كاتيونية موجهة لعضيات الميتوكوندريا في الخلايا المختلفة، باعتبارها مواد مانعة للأكسدة، حيث تعمل بشكل محدد على إخماد الأكسجين النشط الذي يُنتج بواسطة عضيات الميتوكوندريا في الخلايا المختلفة، وهي عملية تعمل على إعاقة برنامج حدوث الشيخوخة في الجسم، ومن ثَمَّ يمكن أن تزودنا بعناصر خاصة لمعالجة الأمراض المختلفة المتعلقة بالتقدم في العمر.

الفصل السادس

الساعة البيولوجية والتوازن الهرموني

تعرض عديد من الهرمونات إيقاعات يومية، منها: هرمون الميلاتونين، والكورتيزول، والهرمونات الستيرويدية المنشطة للغدد التناسلية، والبرولاكتين، وهرمون الغدة الدرقية، وهرمون النمو، وكذلك الهرمونات الحساسة للمغذيات، وهي هرمونات الأنسولين، واللبتين (leptin)، والجريلين (Ghrelin)، والأديبونيكتين (السيتركين الدهني) (Adiponectin)، حيث يتم تنظيم إطلاقها بشكل يومي من خلال المحفزات البيئية، مثل: وقت التغذية، ودورات الضوء والظلام.

هرمون الميلاتونين

تتفاعل النواة فوق التصالبة مع الغدة الصنوبرية مباشرة من خلال الخلايا العصبية الودية (sympathetic neurons) للعقدة العصبية العنقية العليا، وفي المقابل يحدد النشاط الإيقاعي للنواة فوق التصالبة توقيت إطلاق هرمون الميلاتونين الذي يرتبط مباشرة بطول اليوم، ويبلغ إنتاج الميلاتونين في الحيوانات الليلية والنهارية ذروته في منتصف الليل، ويلعب الميلاتونين عديدًا من الأدوار الرئيسية، ويمكن اعتباره المرسال المركزي الذي ينقل المعلومات عن دورات الضوء والظلام، ويُعد الميلاتونين. في الثدييات ضروريًا أيضًا في تنظيم السلوك التناسلي، والنوم، كما يعمل الميلاتونين كمنظم تغذية راجعة على النواة فوق التصالبة. ويتحكّم هرمون الميلاتونين في إفراز عديد من الهرمونات مثل: هرمون إفراز الغدد التناسلية والهرمون الملوتن، والهرمون المنبه للجريب، ومن ثَمَّ سيؤثر ذلك في الوظائف الفيزيولوجية، وبعد اكتشاف الميلاتونين تم اقتراح عديد من الفرضيات حول الدور الفعلي للميلاتونين في تنظيم الوظائف البيولوجية، ولقد ثبت أنه يؤثر في عديد من الوظائف الفيزيولوجية للجسم، مثل: تنظيم ضغط الدم، وتنظيم عمل الجهاز المناعي. إضافة إلى دوره المعروف في تنظيم الساعة البيولوجية اليومية، وللميلاتونين أيضًا تأثير إيجابي على اضطرابات المزاج،

وفيزيولوجيا القلب، والأوعية الدموية، والجهاز الهضمي، والعظام، وقد يتم استعمال الميلاتونين أيضًا بوصفه مركبًا مضادًا للأورام السرطانية، ومن الضروري إجراء مزيد من التجارب السريرية للتأكد من دوره المستقبلي المحتمل في علاج الأورام.

هرمون الفازوبريسين (Vassopressin)

يتم إنتاج هرمون الفازوبريسين في النواة الوطائية المجاورة للبطين الدماغي (paraventricular nucleus)، والنواة فوق البصرية (Supreoptic nucleus) في منطقة ما تحت المهاد، ويتم نقله إلى الغدة النخامية الخلفية، حيث يتم إطلاقه في الدورة الدموية.

يقوم الفازوبريسين بتنظيم محتوى الجسم من المياه، ويتم إفرازه عندما يكون الجسم مصابًا بالجفاف؛ مما يجعل الكلى تقوم بإعادة امتصاص الماء والمحافظة عليه، ومن ثَمَّ زيادة تركيز البول والحد من نقصان حجم البول، وعند إفرازه بتركيزات عالية فإنه يرفع ضغط الدم عن طريق تحفيز تضيّق الأوعية بشكل معتدل.

مركب أسيتيل كولين (Acetylcholine)

يعتقد العلماء أن الناقل العصبي أسيتيل كولين هو أحد الناقلات العصبية التي يتم مشاركتها في الإيقاع اليومي للجسم، ويزداد مستواه خلال مرحلة النشاط، ويسبب مركب أسيتيل كولين في الثدييات نشاطًا يوميًا ملحوظًا، ويتم إطلاقه في أثناء اليقظة والنشاط الحركي، في حين ينخفض مستواه في أثناء النوم، كما ترتبط أنماط النشاط السلوكي والإيقاعات اليومية والانتقال العصبي للأسيتيل كولين مع بعضها بشكل وثيق، وقد أظهرت عديد من الأبحاث بالفعل دور الإشارات العصبية للأسيتيل كولين في تنظيم الإيقاعات اليومية عبر مستقبلات أستيل كولين النيكوتينية (Nicotinic receptors)، والمسكرينية (Muscarinic receptors) على التوالي.

الكورتيزول (Cortisol) والقشرانيات السكرية (Glucocorticoids)

يُعد هرمون الكورتيزول من الهرمونات المهمة للساعة البيولوجية، ويزيد إنتاج الكورتيزول في البشر عادة في أثناء الليل، وتصل ذروة إفرازه في الصباح حوالي

(7-8) صباحًا، وبهذه الطريقة فإنه يقوم بتنظيم التوزان الإفرازي لهرمونات الغدد الصماء بالنسبة للإجهاد المرتبط بعملية الاستيقاظ من النوم، وقد أظهر عدم التزامن في النوم وإرهاق السفر الناشئ عن الرحلات الجوية الطويلة زيادة في مستويات الكورتيزول في البشر، كما ترتبط زيادة الكورتيزول بعديد من الأمراض مثل: أمراض القلب والأوعية الدموية، واضطرابات النوم، والمزاج، والأورام السرطانية، ويمكن للقشرانيات السكرية (Glucocorticoid) والكورتيزول تعديل التعبير عن الجينات التي يتم التحكم فيها على مدار الساعة في الكبد، والكلى، والأنسجة الدهنية، علاوة على ذلك فقد أوضح العلماء في التجارب المتعلقة باضطراب الرحلات الجوية الطويلة في نموذج الفئران التجريبية أنه قد تم تحديد الكورتيزونات كعوامل منظمة رئيسية لإعادة التزامن للساعة البيولوجية، ومن المثير للاهتمام أن العلماء قد ذكروا مؤخرًا أن جينات الساعة البيولوجية قد أظهرت إيقاعاتها اليومية المعتادة بعد استئصال الغدة الكظرية واضطراب إيقاع التغذية، والصيام عن الطعام في فئران التجارب، حتى إذا تم الحفاظ على المدخلات العصبية الكبدية، وتؤكد هذه النتائج أهمية دورات التغذية والصيام وهرمونات الغدة الكظرية من أجل التزامن السليم للساعة الجزيئية في الكبد مع النواة فوق التصالبة.

تقوم النواة فوق التصالبة أيضًا بتنسيق عملية إفراز الهرمونات من قشرة الغدة الكظرية بشكل دوري، كما يظهر الهرمون الموجّه لقشرة الغدة الكظرية الذي يحفز إفراز هرمون الكورتيكوستيرويد من قشرة الغدة الكظرية نمطًا مشابهًا لإفراز الخلايا الموجّهة للقشرة في الغدة النخامية، ويتم تثبيط هذه العملية من خلال الضوء، حيث تعتمد بشكل مباشر على النواة فوق التصالبة من خلال اتصالاتها بالنواة الوطائية المجاورة البطينية.

هرمون الأنسولين وهرمون الجريلين (Insulin & Ghrelin)

يمثل هرمونا الأنسولين والجريلين عاملين رئيسيين في تنظيم التمثيل الغذائي، وقد تم التعرّف على عديد من العوامل اليومية لتنظيم إفراز ونشاط تلك الهرمونات. يبلغ إفراز الأنسولين ذروته في حوالي الساعة الخامسة بعد الظهر في البشر، ومن

ثَمَّ يساعد على تعزيز تخزين العناصر الغذائية في أثناء مرحلة النشاط، وتتحكّم الساعة الحيوية في إفراز الأنسولين بشكل محكم، ويؤدي نقص أنواع خاصة من البروتينات إلى حدوث نقص في إفراز الأنسولين، ويستطيع الأنسولين والجلوكوز أيضًا التحكم في الساعة البيولوجية، ففي نموذج خلايا الكبد للفئران أعاد الأنسولين مزامنة الساعة البيولوجية الجزيئية للكبد. علاوة على ذلك ينظم الجلوكوز التعبير عن بروتينات خاصة في خلايا الأورومات الليفية المزروعة في الفئران والتي تُعد من الجينات المهمة للحفاظ على الإيقاعات اليومية في الخلايا، وتقوم خلايا المعدة بإفراز هرمون الجريلين قبل تناول الطعام بشكل مستقل عن تأثير الضوء، وفقًا لساعتها البيولوجية الخاصة بها، وتُعد عملية تحفيز الشهية العمل الرئيسي لهرمون الجريلين، وقد تبين أنه في عمال المناوبات تتعطل دورة هرمون الجريلين الطبيعية لديهم، وربما يفسر ذلك الإفراط الملحوظ في تناول الطعام.

هرمون الليبتين (Leptin) وهرمون الأديبونيكتين: (Adiponectin)

يتم إفراز هرمون أديبونيكتين (Adiponectin) أو ما يُسمى بهرمون أديبوكين (Adipokine) بواسطة الأنسجة الدهنية، وقد لُوحظت ذروة إفرازه في البشر بين الساعة الثانية عشرة والساعة الثانية بعد الظهر، ويُعرف هرمون الأديبونيكتين بأنه مركب مضاد للالتهابات، ومحفز لإفراز الأنسولين، ويرتبط مستواه في الدم عكسيًا مع السمنة، وتؤدي زيادته إلى خفض الوزن، وقد ظهر من الدراسات البحثية وجود ارتباط عكسي بين كمية الدهون ومستويات الأديبونيكتين عند وضع فئران التجارب تحت نظام غذائي عالي الدهون، وفي نماذج فئران التجارب التي تعاني متلازمة التمثيل الغذائي مع نقص هرمون الأديبونيكتين في الدم أظهرت الحيوانات نشاطًا حركيًا منخفضًا، ولكن تزايد النشاط خلال مرحلة الإضاءة في أثناء النهار، وقد أدت استعادة التعبير الجيني للأديبونيكتين في الكبد إلى استعادة نمط النشاط الحركي الصحيح، ويتم إفراز هرمون الليبتين (Leptin) من الأنسجة الدهنية بعد زيادة مستوى الجلوكوز الكبدي، حيث يعمل على تنظيم مستوى مراكز الشهية في منطقة ما تحت المهاد، وينقل إشارات الشبع، ويمنع الإفراط في تناول الطعام، وتبلغ مستويات الليبتين في البشر ذروتها في أثناء الليل، ويخفض النظام الغذائي عالي الدهون في البشر مستويات الليبتين في الدم، ومن ثَمَّ تزيد كمية الدهون.

الفصل السابع

الإيقاعات الحيوية وتأثيرها على تنظيم أجهزة الجسم وتنظيم النوم

تشهد المجتمعات عمومًا ارتفاعًا كبيرًا في الاضطرابات الأيضية، ولا يقتصر هذا الارتفاع على الأشخاص البالغين، كما يتضح من زيادة الوزن لدى الأطفال والشباب، ويُعد استهلاك الأغذية عالية الطاقة (غير الصحية) التي يرغب الجميع في تناولها من الأسباب الشائعة لحدوث ذلك، حيث أدى هذا الأمر إلى حدوث الاضطرابات الأيضية، وتسهم الوراثة أيضًا في حدوث تغييرات في وظائف التمثيل الغذائي.

الإيقاعات الحيوية وعمليات التمثيل الغذائي والتوازن الأيضي

يمكن أن يؤدي كلٌّ من الاضطراب اليومي الذي تسببه البيئة، إضافة إلى الشذوذات الجينية في الساعة البيولوجية إلى حدوث اضطرابات التمثيل الغذائي في الثدييات، ويبدو أن أسباب تأثير الاضطراب اليومي على التوازن الأيضي في الكائنات الحية أمر معقد جدًا، ويحدث توازن الطاقة عندما يكون تناول الغذاء مساويًا لاستهلاك الطاقة، وتشمل المصادر الرئيسية للوقود الأيضي: الجلوكوز، والأحماض الدهنية، وأجسام الكيتون، وإذا لم يتم استهلاك الوقود الأيضي، فإنه يتم تحويله إلى مخازن التمثيل الغذائي بما في ذلك جليكوجين الكبد، وبروتينات العضلات، والدهون الثلاثية الموجودة في الأنسجة الدهنية، ويتأثر استهلاك الطاقة بمعدل التمثيل الغذائي الأساسي (وهي الطاقة المطلوبة للحفاظ على وظائف الجهاز العصبي، والأعضاء الحيوية لكي تعمل بشكل صحيح)، ومهما كان وزن الفرد، فإن الجسم يتمتع بقدرة رائعة في الحفاظ على توازن الطاقة.

للوراثة دور في عملية التمثيل الغذائي؛ مما يؤثر في قدرة الجسم في الحفاظ على توازن الطاقة، فقد كشفت عديد من الأبحاث أن الإشارات البيئية بما في ذلك تلك

التي تؤثر في إيقاعات الساعة البيولوجية تلعب أيضًا أدوارًا أساسية في استتباب (توازن) التمثيل الغذائي، ومع دخول العالم عصر التكنولوجيا الحديثة، حيث الإضاءة الخارجية طوال 24 ساعة أصبح التحوّل للعمل الليلي وأعمال النوبات الدورية شائعًا بشكل متزايد، ولا تغير مثل هذه التغيرات التي تتجاوز يوم العمل التقليدي، الجوانب الزمنية للعمل، والأنشطة الاجتماعية فحسب، بل تغير أيضًا الإيقاعات الفيزيولوجية في الجسم، وهناك دلائل كثيرة على أن اضطرابات إيقاع الساعة البيولوجية تساعد في حدوث الاضطرابات الأيضية في الأبحاث التي تتمحور حول النوبات الليلية وعمال المناوبات الدورية، فعلى سبيل المثال: لُوحظ وجود ارتباط بين الاضطراب اليومي وأمراض القلب والأوعية الدموية وزيادة الوزن وارتفاع مستويات السكر والدهون في الدم لدى الأشخاص الذين يمارسون الأعمال الليلية، وتدعم الدراسات التجريبية على القوارض أيضًا هذا الارتباط، حيث إنه ببساطة يغير دورة الضوء والظلام المعتادة، إلى دورة يحل فيها الضوء الخافت محل فترة الظلام المعتادة؛ مما يسبب تغيرات في التمثيل الغذائي تتم ملاحظتها على المستوى الفيزيولوجي في الجسم.

يجب أن تتزامن الإيقاعات اليومية في تناول الغذاء مع التقلبات الداخلية في التعبير الجيني للساعة البيولوجية؛ لتحقيق التوازن الأيضي على المستوى الخلوي، ويتم استخدام المكونات الغذائية لبناء وتكوين جزيئات كبيرة الحجم مثل: البروتينات، والأحماض النووية، ومكونات الأغشية الخلوية، والسكريات العديدة على مستوى الخلية، وبما أن تناول الغذاء من الأنشطة اليومية، فإنه يقود التقلبات في معدّل هذه الأنشطة في الأنسجة المختلفة. علاوة على ذلك، فإن نسخ الجين المسؤول عن الإيقاع اليومي في نسيج معين يكون خاصًا بهذا النسيج وحده، وبذلك تلبي الأنسجة المختلفة متطلباتها الأيضية باستخدام جزيئات تنظيمية تختلف عن الأنسجة الأخرى. فعلى سبيل المثال: تعتمد عديد من الهرمونات التي تتحكّم في تناول الغذاء بما في ذلك الأنسولين، والجلوكاجون، والكورتيكوستيرويد، واللبتين، والجريلين على وقت تناوله، ويتم إفرازها إلى حد كبير بطريقة خاصة في الأنسجة المختلفة، كما يؤكد النمط المتناقض لتعبير المستقبلات النووية عبر الأنسجة المختلفة أيضًا على الطبيعة الخاصة بالأنسجة للتعبير الجيني الأيضي.

استتباب الأنظمة والإيقاعات الحيوية للعمليات المتضمنة في توازن الطاقة

يُعد التنظيم اليومي لتناول الغذاء من الأمور الثابتة في مختلف أنواع الثدييات، حيث تميل الثدييات إلى استهلاك معظم الطعام والماء خلال فترة الاستيقاظ، ويحدث هذا خلال النهار في الثدييات النهارية، وخلال الليل للحيوانات الليلية، ويتزامن مع نشاط البحث عن الطعام، وتتحكم في عملية التغذية عوامل متوازنة في الثدييات، وتتضمن عوامل خلطية (Humoral factors) تعمل على الخلايا العصبية لمنطقة تحت المهاد التي تتحكم في النهاية في الرغبة بالتغذية، ويتم تحقيق ذلك عن طريق هرمونات الغدد الصماء بما في ذلك هرمونات اللبتين والجريلين، وغيرها من الهرمونات التي تعمل على الخلايا العصبية داخل نواة المهاد المقوسة (Hypothalamic arcuate nucleus). تستشعر الخلايا العصبية في النواة المجاورة البطينية الإشارات البيولوجية التي تتحكّم في تناول الطعام الناتجة عن هذه الهرمونات، وقد حددت عديد من التجارب دور النواة فوق التصالبة في الإيقا ع اليومي في تناول الطعام والشراب، حيث إن استئصال تلك النواة يؤدي إلى خلل في الإيقا ع؛ مما يؤثر في تناول كلٍّ من الطعام والشراب، ويتم التحكم في التغذية بشكل مباشر أو غير مباشر إلى حدٍّ ما من خلال العمليات اليومية، والعمليات المتوازنة، و نستخلص من ذلك أن التغذية التي تتبع نمطًا نموذجيًا من تناول الطعام خلال النهار للكائنات النهارية أو تناول الطعام ليلًا للكائنات الليلية أمر مهم لتوازن العمليات الأيضية في الجسم.

تُعد متلازمة الأكل الليلي واضطراب الأكل المرتبط بالنوم (Sleep-related eating disorder) من الاضطرابات المرتبطة بالأكل التي تشمل استهلاك الطعام الواعي أو اللاواعي في الليل، وعادة ما ترتبط هذه الأعراض بفقدان الشهية الصباحي، وفرط الأكل المسائي، وبالسمنة وسوء التوازن اليومي في تناول الطعام وكذلك اليقظة الدائمة في أثناء الليل التي غالبًا ما تشتمل على تناول الطعام. قد يستيقظ الأفراد المصابون بمتلازمة الأكل الليلي مرة إلى أربع مرات في الليل، ويظهر على مرضى متلازمة الأكل الليلي إيقا ع الميلاتونين المتأخر، وتقدم لإيقاعات هرمون الجريلين التي يتم إطلاقها في الغالب عن طريق الجهاز الهضمي، كما يتم تقليل سعة إيقاعات الجريلين لدى الأفراد المصابين بمتلازمة الأكل الليلي.

التغذية والعمليات الأيضية اليومية

في حين يعتقد كثير من الناس أن الإيقاعات اليومية في الأصل تقتصر على المخ، إلا أنه قد لُوحظ حدوث الإيقاعات اليومية في جميع أنحاء أنسجة الجسم، وفي الواقع تُظهِر معظم الأنسجة التي تمت دراستها حتى الآن إيقاعات قوية في التعبير الجيني، ومع ذلك هناك عدد قليل من العوامل المعروفة التي يمكن أن تقتصر على الساعة البيولوجية في الجسم الحي، وتشمل تلك العوامل التي تم تحديدها الضوء، والطعام، حيث إن الضوء الخافت في أثناء الليل يمكن أن يؤدي إلى تقديم أو تأخير الساعة اليومية في النواة فوق التصالبة، كما يمكن للطعام أن يعمل كعامل محفّز قوي للإيقاعات اليومية في الأنسجة الطرفية؛ مما يؤكد العلاقة المهمة بين العمليات اليومية والأيضية، ولا يتأثر الإيقاع اليومي للنواة فوق التصالبة الذي يستجيب بقوة للضوء بالتغيرات في أنماط التغذية إلى حد كبير، في حين يبدو أن التذبذبات داخل بعض الأنسجة الطرفية مثل: الكبد تعتمد على الاتصال مع الإيقاع الدماغي، ولكن بشكل أساسي على دورة التغذية، وبالنسبة للكائنات النهارية مثل: البشر يتم تناول الطعام في أثناء النهار، بينما الكائنات الليلية يتم تناول الطعام في الغالب في الليل عندما يكون الحيوان مستيقظًا ونشطًا، وترتبط التغذية والإيقاعات اليومية في التعبير الجيني ارتباطًا وثيقًا لدرجة أنه عندما يقتصر الطعام على وقت محدّد من اليوم، يتم تغيير التعبير عن عدد كبير من الجينات الكبدية مع إيقاع جديد يتبع دورة التغذية، وفي إحدى الدراسات التي توضح خاصية المؤقت الزمني للطعام في فئران التجارب، ظهر تغيير في نشاط إنزيمات الكبد في مرحلة إيقاع الساعة البيولوجية، وفي الأجسام التي تفتقر إلى الإيقاع اليومي العادي يمكن استعادة غالبية إيقاعات التعبير الجيني الكبدي من خلال الالتزام بجدول تغذية مقيد مؤقتًا.

يؤدي تقييد التغذية لبضع ساعات خلال فترة الراحة الطبيعية للحيوان إلى نشاط غذائي استباقي، حيث تنحرف أنماط الحركة عن الدورات اليومية البيولوجية. ويُعد هذا النشاط الاستباقي المعزز خلال فترة الراحة بمثابة مقدمة لحدوث عملية التغذية؛ مما يدل على توقّع الحيوان لتناول الطعام، ويبدو أن هرمون الجريلين يتحكم بإحساس الجوع والرغبة في تناول الطعام في أثناء تقييد التغذية. وتساعد الجزيئات الأخرى في مراكز الشبع في هذه العملية أيضًا، فعلى سبيل المثال: يتم التعبير عن مستقبلات الميلانوكورتين (Melanocortin) بشكل كبير في مناطق الاستجابة للغذاء

في منطقة ما تحت المهاد، حيث تستجيب لهرمونات فقدان الشهية، وذلك لتقليل تناول الطعام وزيادة فقد الطاقة. حيث إن التغذية حدث يومي، فإنها تعمل أيضًا كآلية إدخال على مدار الساعة، خاصة للأنسجة الطرفية، حيث إن الأنسجة الطرفية تتواصل مع الدماغ مرة أخرى عن طريق هرمونات الجريلين، واللبتين، والأنسولين، وغيرها، ويسهم الإيقاع اليومي للتغذية في تشابك الساعة البيولوجية والتمثيل الغذائي الذي يبدو حاسمًا في عملية التوازن الأيضي في الجسم.

الإيقاع اليومي لاستهلاك الطاقة

تشمل عملية استهلاك الطاقة الحفاظ على معدَّل الأيض الأساسي، والحفاظ على معدل الأيض في أثناء الراحة وأداء التمارين البدنية، والحفاظ على درجة حرارة الجسم الأساسية، ويستخدم الجسم البشري غالبية الطاقة لعدة أغراض في عمليات التمثيل الغذائي، وهذا يؤثر بشكل مباشر في درجة حرارة الجسم، وتتأرجح درجة حرارة الجسم الأساسية في البشر بطريقة يومية مع ارتفاع يحدث في وقت مبكر من المساء، وانخفاض بسيط يحدث خلال ساعات الصباح الباكر، ومع أنه عند عزل بعض الأشخاص تحت ظل ظروف تغيب فيها بعض محفزات الإيقاع الحيوي مثل: غياب الضوء. فإن أجسامهم ما تزال تُظهِر تذبذبات في درجة حرارة الجسم الأساسية، ودورات النوم واليقظة، ومن المثير للاهتمام أن التغييرات في التنظيم الحراري مرتبطة أيضًا بدورة النوم واليقظة، ويتم استهلاك جزء من الطاقة في شكل تمارين بدنية، وهذا النوع من استهلاك الطاقة متغير بدرجة كبيرة بين الناس، وتتبع بعض مقاييس الأداء في البشر، بما في ذلك قوة العضلات، ومرونة المفصل نمط الإيقاع اليومي لدرجة حرارة الجسم الأساسية.

إيقاع الساعة البيولوجية في الأنسجة الطرفية الأيضية

الساعة البيولوجية وتأثيرها على عمليات الأيض

نظرًا للأهمية النسبية في استتباب الجلوكوز والدهون، فإن مشاركتها في الساعة البيولوجية لها دور أساسي في فيزيولوجيا التمثيل الغذائي، في الواقع، كانت الكبد هدفًا رئيسيًا في دراسة الإيقاع اليومي؛ لأنها تُظهِر تذبذبات قوية في جينات الإخراج اليومي، وكذلك في الجينات الخاصة بالجهاز الكبدي، ومن المثير للاهتمام،

حتى تحت تأثير وظيفية الساعة المركزية ، فإن الغالبية العظمى من الجينات الكبدية تكون إيقاعية في الاستجابة لتناول الطعام، وعلى الرغم من تأثير تناول الطعام على الساعة البيولوجية في الكبد، فإن بروتينات الساعة البيولوجية الأساسية ما تزال تلعب دورًا بارزًا في الحفاظ على إيقاع الساعة الكبدية، وتؤثر الطفرات التي تحدث للساعة البيولوجية بشدة في نظام الإيقاع اليومي للكبد.

تعرض معظم الأنسجة إيقاعات الساعة البيولوجية، إضافة إلى الساعة الكبدية، وتُظهِر الأنسجة الأيضية الأخرى تذبذبات قوية في التعبير الجيني، وتُعد الأنسجة الدهنية من بين هذه الأنسجة، وترتبط الأنسجة الدهنية بشكل خاص بتوازن التمثيل الغذائي، إذ إن هرمونات اللبتين والأديبونكتين، وهما هرمونان رئيسيان في التحكم في عملية التمثيل الغذائي، وحدوث أمراض القلب، والأوعية الدموية، يتم إطلاقهما من الخلايا الدهنية بطريقة يومية، ويتم إطلاق هرموني الأديبوكين والأديبونيكتين أيضًا من الخلايا الدهنية، وتنخفض مستوياتهما في الدم خلال ساعات الليل، ويُعرف الأديبونيكتين أيضًا بخصائصه المضادة للالتهابات، ويرتبط ارتباطًا وثيقًا بعملية التمثيل الغذائي ووزن الجسم لدى البشر. فعلى سبيل المثال: لُوحظ انخفاض في الأديبونيكتين لدى الأفراد الذين يعانون اضطرابات مرتبطة بمقاومة الأنسولين بما في ذلك السمنة، ومرض السكري من النوع الثاني.

ويتم إفراز هرمون اللبتين بواسطة الخلايا الدهنية، ويتم تنظيمه أيضًا على أساس إيقاعات يومية، كما يساهم في تنظيم وزن الجسم، حيث يؤدي نقص مستوى اللبتين إلى فرط الشراهة للطعام، وزيادة في مستوى سكر الدم، والسمنة الشديدة، وتتأرجح مستويات اللبتين بالبلازما في البشر، وتصل إلى الحد الأقصى الذي يحدث في وقت متأخر من الليل وساعات الصباح الباكر (معكوس إلى الأديبونيكتين).

الساعة البيولوجية وتأثيرها على البنكرياس وعملية الأيض

يحتوي البنكرياس على ساعة بيولوجية مستقلة لها أهميتها في إنتاج الأنسولين والحفاظ على جلوكوز الدم، ويؤدي الخلل في وظيفة الساعة البيولوجية أو الجين المعبر عنها على وجه التحديد في خلايا جزر البنكرياس إلى تقليل تحمّل الجلوكوز، وضَعْف إفراز الأنسولين والتغيرات في كلٍّ من حجم وانتشار تلك الخلايا.

مشاركة الساعة البيولوجية في عملية التمثيل الغذائي داخل الأنسجة الأيضية

تمت دراسة الساعة البيولوجية في عدد من سلالات الفئران المعدلة وراثيًا، وذلك لفهم أفضل لكيفية مشاركة بروتينات الساعة البيولوجية في عملية التمثيل الغذائي في الأنسجة الأيضية.

يُعد إيقاع الساعة البيولوجية في الجهاز العصبي المركزي من الإيقاعات المرنة للغاية، وهذا يشير إلى اعتماد الكائنات الحية على نظام يمكن أن يتزامن مع البيئة، على الرغم من حدوث اضطراب في الإيقاع اليومي في الفئران المعدّلة وراثيًا، فإنها تقوم بعمل بعض عمليات الحذف في الجينات الأخرى، أو الإفراط في التعبير عنها، أو بعمل طفرات في بعض جينات الساعة الأخرى، وتكمن في تلك التغيرات الداخلية قدرات حفظ الوقت في الساعة البيولوجية.

الإيقاع اليومي في إنزيمات التمثيل الغذائي

يعتمد الإيقاع اليومي ضمن مسارات التمثيل الغذائي على تذبذبات الإنزيمات أو نشاطها المطلوب لمسار استقلابي معين، أو تقلبات في إنتاج المستقلب الأيضي وتركيزه، أو في كليهما، ومن المحتمل أن تعمل كلٌّ من التذبذبات في التعبير الجيني إضافة إلى إنتاج المستقلب أو دورانه بالجسم معًا للحفاظ على الإيقاع داخل مسار التمثيل الغذائي، ويمكن ملاحظة مثال على هذا السيناريو في حالة الإجهاد التأكسدي المسبب للشيخوخة والآليات التي يتكيف بها الجسم مع زيادة مستوياته، وتزعم نظرية الإجهاد التأكسدي للشيخوخة أن زيادة الضرر الناجم عن عمليات الأكسدة داخل الجزيئات المهمة بيولوجيًا خلال حياة الكائن الحي يؤدي إلى الشيخوخة، ومن المثير للاهتمام أن عديدًا من الإنزيمات المضادة للأكسدة تتأرجح بطريقة يومية لتلبي متطلبات التمثيل الغذائي لأنسجة معينة، على سبيل المثال: يكون التمثيل الغذائي التأكسدي خلال مرحلة الظلام في أعلى مستوياته في دماغ القوارض. ويتوافق هذا مع زيادة مستويات الإنزيمات المؤكسدة للدهون مثل: إنزيمات بيروكسيدات الدهون (الكاتالاز (Catalase)، وبيروكسيداز الجلوتاثيون (Glutathione peroxidase). تتزامن أعلى

مستويات تلك الإنزيمات مع القمم الليلية في أكسدة الدهون، وهو تنسيق ربما يعمل على حماية الخلايا من الضرر التأكسدي الواسع بمرور الوقت، وفي هذه الحالة تتذبذب الإنزيمات المضادة للأكسدة (الكاتالاز، وبيروكسيداز الجلوتاثيون) بطريقة إيقاعية يومية، وتشمل الإنزيمات الأخرى التي يتأرجح نشاطها أو تعبيرها بطريقة تتماشى مع وظائف الأعضاء اليومية: إنزيمات استقلاب الكوليستيرول، وإنزيمات تنظيم الأحماض الأمينية، واستقلاب الجلوكوز، واستقلاب الأدوية والسموم، وحمض الستريك.

الإيقاع اليومي في إنتاج واستخدام المستقلبات

في حين أن بعض المستقلبات (ناتجة أو محصلة عملية التمثيل الغذائي) (Metabolites) تتأرجح في الجسم الحي وحتى في الأبحاث المختبرية، فقد بدأت الدراسات في التركيز على مزيد من التذبذبات داخل المستقلبات الغذائية، ويُعد هذا النهج مهمًا؛ لأنه إذا كان التمثيل الغذائي للطعام يمكن أن يشتمل على ساعات بيولوجية طرفية، فمن المحتمل أن عديدًا من المستقلبات التي تحدث نتيجة أو في أثناء التحضير لهضم الطعام تعمل كمحفزات للإيقاعات الحيوية في حد ذاتها، وتوضح الأبحاث التي تتناول دور الساعة البيولوجية في التحكّم بمستويات التمثيل الغذائي أن معظم التمثيل الغذائي للكبد يخضع لسيطرة الإيقاعات اليومية، على سبيل المثال: تتأرجح عديد من المستقلبات بطريقة يومية، ويبدو أن تذبذب بعض المستقلبات يعتمد إلى حد كبير على تعبير الساعة البيولوجية، ويقوم العلماء الآن بإنشاء خرائط للمستقلبات اليومية المتحكم فيها والتي تتضمن بيانات من مصادر متعددة مثل: تلك التي تحتوي على بيانات حول التذبذب الجيني اليومي للإنزيمات المنتجة للمستقلب، أو تلك المحلّلة له، ومع تزايد استخدام المستقلبات على نطاق واسع، فسيكون إنشاء قاعدة بيانات المستقلب مفيدًا فيما يتعلق بكيفية تفاعل المستقلبات بشكل متبادل مع المكونات الجزيئية للساعة اليومية، ويبدو أن المستقلبات التي تمثل عديدًا من المسارات الأيضية تكون تحت سيطرة الإيقاعات اليومية، حيث تميل مستقلبات الأحماض الأمينية إلى الذروة ليلًا في القوارض الليلية، وتبلغ الكربوهيدرات والدهون ذروتها خلال فترة الراحة.

الخلل في عمل الساعة البيولوجية وتأثيره على التمثيل الغذائي

ترتبط عمليات التمثيل الغذائي مع الإيقاعات اليومية ارتباطًا وثيقًا في جسم الإنسان، وتشير التجارب التي تركز على الآثار المترتبة على عمل المناوبات إلى أن عمال المناوبات تزيد لديهم معدلات السمنة، وأنهم يكتسبون وزنًا أكبر من العمال المنخرطين في يوم عمل تقليدي، كما كان لدى عمال المناوبة ارتفاع في مؤشر وزن الجسم مقارنة بالعاملين في المناوبات العادية، وذلك نتيجة خلل الساعة البيولوجية وما يتبعها من تأثيرات وعوامل أخرى منها: طبيعة العمل، وكذلك عادات تناول الطعام.

وتشير المعلومات التي تم جمعها من العاملين بالمناوبات المشاركين في المسوحات الصحية إلى أن السمنة كانت أكثر انتشارًا في العاملين بالمناوبات من جميع الأعمار. وقد كان لدى الرجال في بعض الفئات العمرية ميل إلى السمنة، علاوة على ذلك، لُوحظ انخفاض معدل البروتينات الدهنية عالية الكثافة بشكل عام في عمال المناوبات صغيري السن، وبعد التعديل حسب العمر، والعوامل الاجتماعية، والاقتصادية؛ كان المستوى العالي من الدهون الثلاثية المتداولة عامل خطر لدى كلا الجنسين، وتُظهِر هذه الدراسات بوضوح وجود علاقة بين عمل النوبات الليلية، واضطراب التمثيل الغذائي.

يحدث استهلاك للطعام بشكل عام خلال ساعات الاستيقاظ ليلًا لدى العاملين في النوبات الليلية؛ مما يؤدي غالبًا إلى تناول وجبة إضافية خلال اليوم، ويتطلب هذا ضرورة وجود ساعات خلوية لتكييف وتغيير مرحلة الإيقاعات الخلطية، كما يجب أن يتكيف المخ أيضًا مع جدول النوم الجديد خلال النهار، ويعاني عديد من عمال المناوبات الإرهاق، وأعراض اضطرابات الأمعاء، إضافة إلى أمراض أخرى متعلقة بالمناوبات اليومية؛ مما يعني أن عدم التزامن قد يستمر لفترة طويلة جدًا.

ولفهم الآليات الكامنة وراء التزامن الداخلي بشكل أفضل تم تصميم عدة تجارب على القوارض لتقليد عمل النوبات الليلية البشرية، ومن المثير للاهتمام أنه قد تم فقد الإيقاع اليومي للجلوكوز في الدم تمامًا في القوارض التي كانت تعمل خلال المرحلة التي من المفترض أن تنام فيها، وزادت مستويات الدهون لديها عن تلك الموجودة في الحيوانات الطبيعية، وكانت مستويات هرمون الكورتيزول ثابتة، وبعد عدة أسابيع

من العمل في مرحلة النوم اكتسبت الفئران التي خضعت لتجربة النشاط في أثناء مرحلة النوم وزنًا أكبر من نظيراتها التي كان نشاطها خلال مرحلة الاستيقاظ؛ مما دعم الدراسات البشرية التي تُظهِر نمطًا مشابهًا بالنسبة للدهون، وزيادة الوزن لدى عمال المناوبات.

الإيقاعات الحيوية وتأثيرها على الجهاز الهضمي

تؤثر الإيقاعات اليومية والنوم في الوظائف الحيوية لكل أعضاء الجسم تقريبًا، ومنها القناة الهضمية، إضافة إلى أن هذه المؤثرات تجعل المخ مسيطرًا على الجهاز العصبي المستقل (Autonomic nervous system) وعلى الغدد الصماء التي تفرز عديدًا من الهرمونات على مدار دورة الـ24 ساعة، وتتضمن العلاقة الدينامية ثنائية الاتجاه بين المخ والقناة الهضمية حلقات ارتجاعية بمسارات الإيقاعات اليومية والمسارات المنظمة لعمليات النوم، وعلى الرغم من أن النوم يسبب عدة تغييرات في الجهاز الهضمي، فإن القناة المعوية تعرض إيقاعاتها اليومية وإيقاعاتها دون اليومية الخاصة بها، وتعمل الإيقاعات اليومية على تهيئة الجسم للأحداث المتوقعة، مثل: التغذية، والأنشطة المختلفة، وتعمل النواة فوق التصالبة كساعة رئيسية، وتكون مسؤولة عن تنسيق ومزامنة الإيقاعات اليومية في أنحاء الجسم كافة، كما تستخدم النواة فوق التصالبة مثلها مثل عديد من الأعضاء الأخرى نظام ارتجاع متعدد من النسخ الوراثي، ونظام بروتين نووي وخلوي يتأرجح على مدار 24 ساعة تقريبًا.

الإيقاعات الحيوية وعملية التغذية

يعمل الغذاء على تحفيز منظمات لإيقاعات خاصة، وتلعب هذه المنظمات الإيقاعية دورًا في توقع تناول الغذاء وتحسّن سلوكيات تناوله، وتتحكم عديد من الهرمونات بشكل يومي في عملية التغذية وتناول الطعام، والتي تتضمن هرمونات الجريلين، واللبتين، والأنسولين، والجلوكاجون، وتوجد هذه المنظمات المتعلقة بالغذاء في أماكن موضعية في الجسم، إلا أن القسم المهم منها يوجد في المعدة، ويتكون الجزء الرئيسي من هذه الساعة البيولوجية من خلايا الغدة الحمضية التي تفرز هرمون الجريلين بشكل إيقاعي، والجريلين هو نوع من الهرمونات التي تتكون من عديد من الأحماض

الأمينية لتحفيز الجوع، ويتم إنتاجه بشكل رئيسي من خلايا خاصة توجد في بطانة قاع المعدة، ويُعرف أيضًا باسم هرمون منظّم الشهية، وتزداد مستويات هرمون الجريلين قبل وجبات الطعام، وتقل بعدها. فهو يُعد النظير من هرمون اللبتين الذي تنتجه الأنسجة الدهنية والذي يدفع إلى الإحساس بالشبع عندما يكون موجودًا بمستويات عالية، وفي بعض حالات علاج البدانة (السمنة) يتم تقليل عمليات إفراز هرمون الجريلين لدى المرضى؛ مما يتسبب في الإحساس بالشبع حيث إن الجريلين هرمون (هرمون الجوع) سريع المفعول، ويعمل كإشارة محفزة للشهية، وهو يعاكس عمل هرمون اللبتين (هرمون الشبع).

يرتبط إيقاع التغذية أساسًا بتوفّر الغذاء، ويبدو أن لهرمون الجريلين تأثيرًا على النواة فوق التصالبة؛ مما يشير إلى وجود تفاعل بين منظمات الغذاء والإيقاع اليومي لعملية التغذية، وتؤثر هرمونات الجريلين واللبتين أيضًا بصورة مباشرة على الوطاء (تحت المهاد) (Hypothalamus)، ويمكن التعرّف بسهولة على حدوث أي اضطراب أو خلل في الإيقاعات الحيوية من خلال حدوث تغيّر في مرحلة الإيقاع أو من خلال فقد الإيقاع نفسه، وعند حدوث اضطراب في الساعة البيولوجية التي تنظم عملية التغذية وتناول الطعام، فإن ذلك يؤدي إلى ظهور متلازمتين مرضيتين هما: متلازمة تناول الطعام الليلي، أو التغذية الليلية، ومتلازمة تغيير نوبات العمل، وفي متلازمة التغذية الليلية يوضح العلماء أن هناك تأخرًا في حدوث إيقاع التغذية؛ مما يؤدي إلى تأخر فترة التغذية الرئيسية في اليوم الطبيعي، ويعاني عديد من المرضى أيضًا تأخرًا في نومهم، وقد لا يشعرون بالجوع حتى وقت متأخر من المساء، ويعانون فقد الشهية في الصباح، ويرتبط حدوث اضطراب في منظمات التغذية أيضًا بحدوث السمنة، وحدوث الاضطرابات الأيضية في تغيير نوبات العمل؛ مما قد تكون له تأثيرات لاحقة على عادات التغذية؛ مما ينتج عنه ارتفاع في حدوث معدلات السمنة المفرطة، وحدوث اضطراب في العمليات الأيضية التي يمكن ملاحظتها لدى عمال المناوبات الذين يتبادلون العمل ليلًا ونهارًا، وقد يكون لهذه النتيجة تأثيرات على نوبات العمل، إضافة إلى حدوث اضطرابات النوم، وزيادة الوزن، والاضطرابات الأيضية، ويؤثر الحرمان من النوم في حد ذاته في كمية السعرات الحرارية، واستخدام الجلوكوز، ومقاومة الجسم لهرمون اللبتين.

الإيقاعات الحيوية وعملية الهضم

تبدأ عملية الهضم في الفم بعملية المضغ وإفراز اللعاب وابتلاع الطعام، وهذه العمليات الهضمية الأولية ترتبط بحالة اليقظة، وعلى الرغم من أن عملية المضغ تنخفض بشكل واضح في أثناء النوم، فإن إنتاج اللعاب ينخفض بشكل ملحوظ، وينخفض معدّل الباهاء اللعابي (درجة الأس الهيدروجيني) (pH) أيضًا في أثناء الليل، وخلال مرحلة النوم، وعلى الرغم من انخفاض معدّل البلع في أثناء النوم، فإن المسالك الهوائية تتم حمايتها بواسطة العضلة الحلقية البلعومية التي تمنع حدوث الاختناق نتيجة الارتشاف (ارتشاف الطعام وشفطه) (Aspiration)، وتُعد هذه العضلة فريدة في تلك العملية على خلاف معظم العضلات الهيكلية في أثناء مرحلة النوم العميق أو نوم الريم (REM sleep)، حيث تحافظ على هذا الإيقاع في مراحل النوم كافة، وتبدأ البلعات في بدء حدوث حركة التمعج المريئية (Peristalsis) التي تتناقص بشكل تدريجي مع التقدم في النوم العميق، ونوم حركة العين السريعة (REM sleep)، وتنخفض حركة التمعج المريئية الثانوية غير المرتبطة بالبلع أيضًا في النوم العميق، إلا أنها تزداد في النوم العميق المرتبط بالجهاز العصبي المركزي المستقل، أو تلك المرتبطة بحدوث نقص في بعض العمليات التثبيطية، وقد لاحظ الباحثون حدوث انخفاض في التقلصات المريئية في أثناء الليل، وبالرغم من أنهم اقترحوا وجود مكون إيقاعي يومي، فإن ذلك الارتباط يحتاج إلى مزيد من الدراسات الأخرى لتقرير إذا ما كان الارتباط يتعلق بالنوم، أو بالإيقاع اليومي، وتتناقص إيقاعات الصمام العاصر المريئي الأسفل أيضًا في أثناء النوم، إلا أنه يبقى أعلى من الضغط الداخلي المعدي، وقد لاحظ بعض الباحثين وجود انخفاض في ضغط الصمام العاصر المريئي الأسفل مع زيادات مفاجئة في الضغط الداخلي المعدي المريئي في أثناء النوم؛ مما يؤدى إلى حدوث الجزر المعدي لذا يصبح المريء في أثناء النوم أكثر عُرضةً للحامض المعدي من خلال انخفاض معدل بلعات الطعام، ونقص كمية اللعاب، وقلة التمعج المريئي؛ مما يؤدي إلى زيادة مدة تلامس الحمض مع غشاء المعدة.

تأثير الإيقاعات الحيوية على المعدة

تُعد المعدة أحد أجزاء الجهاز الهضمي المسؤولة عن استلام الطعام من المريء، وتخزينه، وتكسيره، وهضمه، وتُعد عصارة المعدة هي الجزء المسؤول عن هضم الطعام، حيث تفرزها بطانة المعدة، وتحتوي تلك العصارة على الماء، والأملاح إضافة إلى مواد

أخرى مثل: حمض الهيدروكلوريك الذي يساعد في السيطرة على دخول الميكروبات إلى القناة الهضمية، ويساعد كذلك على هضم بعض أنواع من البروتينات؛ لتسهيل عملية الهضم، وتؤثر الإيقاعات اليومية في إفراز الحمض والنشاط الحركي المعدي، ويتغير الإفراز الحمضي تغيرًا كبيرًا بين الليل، والنهار، ويصل إلى الذروة في الفترة بين الساعة 10 مساء والساعة الثانية صباحًا؛ مما يدل على تأثير الإيقاع اليومي على تلك العملية، ولا يمكن ملاحظة قمة إفراز الحمض في المرضى الذين مروا بجراحة استئصال المعدة؛ مما يبين التأثير العصبي اللاإرادي (Parasympathetic effect). على الرغم من أن بعض الباحثين قد وجدوا أن نوم الريم يرتبط بمنع الإفراز الحمضي من المعدة، فإن بعض الباحثين قد ذكروا أنه عند مقارنة مستوى الباهاء المعدي (Gastric pH) بحالة اليقظة كانت مستويات الباهاء المعدي أعلى في حالة النوم العميق، وكانت مرتفعة بدرجة كبيرة في حالة نوم حركة العين السريعة، وعلى الرغم من التقييدات التقنية في هذه الدراسات. فإن العلماء عمومًا يتفقون على أن الجهاز العصبي المركزي يؤثر في الإفراز الحمضي من خلال الإيقاع اليومي، ومن خلال آليات النوم أيضًا، وغالبًا ما يكون المرضى الذين يعانون قرحة الإثنا عشر قد فقدوا هذه الإيقاعات من الإفراز الحامضي.

قرحة المعدة والإثنا عشري

تُعد الزيادة المفرطة في إفراز حمض الهيدروكلوريك خلال النهار والليل أحد أسباب تطوّر قرحة الإثنا عشري، ويُفترض أن يكون هذا الخلل في إيقاع الإفراز الحمضي جزءًا من أسباب تكوين القرحة، ويرتبط هذا الإفراط في إفراز الحمض بحدوث العدوى المزمنة ببكتيريا الملوية البوابية *(Helicobacter pylori)* التي تصيب المعدة، وتسبب هذه البكتيريا انخفاضًا في مستويات هرمون سوماتوستاتين (Somatostatin) الذي يؤدي بدوره إلى حدوث زيادة في كتلة الخلايا الجدارية، وإفراط في إفراز الحمض من دون انتظام نمط الإيقاع اليومي، وبالنسبة لهؤلاء المرضى فإن فقد اختلاف الإيقاع اليومي في الإفراز الحمضي لا يسمح مطلقًا بحدوث تحسن كامل في الغشاء المخاطي المبطن للإثنا عشري، وتكون معالجة هذا النوع من القرحة أكثر نجاحًا إذا ما تم استعمال المضادات الحيوية؛ لتدمير البكتيريا المسببة للمرض مع استعمال مثبط مضخة البروتون؛ لتقليل الإفراز الحمضي وإتاحة مزيد من الوقت

لإعادة بناء البطانة المعدية المتقرحة، وبما أن الإيقاع اليومي ينظم إفراز الحمض المعدي. فإن الإيقاعات اليومية تقوم أيضًا بتنظيم الإفراز الإيقاعي لبروتين التريفويل (Trefoil protein)، ويساعد هذا البروتين على حماية الغشاء المخاطي المبطن للمعدة من الضرر، وينخفض إفراز بروتين التريفويل أيضًا بسبب قلة النوم؛ مما يشير إلى وجود ارتباط بكلٍّ من الإيقاعات اليومية، والعمليات المتعلقة بالنوم.

يعمل هرمون الميلاتونين على تحسين تجدّد الطبقة الطلائية المبطنة لجدار المعدة مع تأثير الإيقاع الحيوي، إضافة إلى تجدد خلايا القناة الهضمية أيضًا، ويتم إفراز هذا الهرمون استجابة للظلام، وينطلق الهرمون من بعض خلايا الغدد المفرزة التي توجد في المعدة والغشاء المخاطي المبطن للإثنا عشري، ويساعد في المحافظة على تزامن الساعة البيولوجية، كما يثبط الميلاتونين من إفراز الحمض المعدي، ويزيد من الإمداد الدموي للمعدة، ويحسِّن من تجدد البطانة المعدية، وفي الأشخاص الذين يقل لديهم إفراز هرمون الميلاتونين تأخذ قرحة المعدة لديهم وقتًا أطول لكي تلتئم وتشفى، لذلك فإن العلاج بعقار الميلاتونين يحسِّن من سرعة عملية التئام بطانة المعدة المتقرحة، وقد يُعزى ذلك التحسِّن إلى خواص الميلاتونين الذي يعمل كمانع للتأكسد، ويؤثر كذلك إيجابيًا في نمو وتجدد الغشاء المبطن للمعدة وفي حجم الخملات، وزيادة سمك بطانة المعدة. إضافة إلى تأثيره في عملية الانقسام الميتوزي للخلايا، ويتم تنظيم تدفق الغذاء بآليات مختلفة، إلا أن محتويات المعدة يجب أن تصب في الإثنا عشري لكي تكتمل عملية هضم الطعام، ويتحكم في الحركة الوظيفية للمعدة صمام منظم يوجد في القوس العلوي للمعدة، وتحدث الدورة الحركية المعدية من (2-4) مرات/ دقيقة، مما يؤدي إلى تحرّك بلعات الغذاء نحو الإثنا عشري، وعلى الرغم من أن هذا النشاط الحركي يُعتقد أنه مستقل عن نشاط الجهاز العصبي المركزي، فإن التسجيل الكهربائي لحركة المعدة يبين أن سعة الدورة الحركية للمعدة تنخفض في أثناء فترة النوم العميق، وتعود إلى طبيعتها مرة أخرى في أثناء مرحلة نوم الريم، وقد يكون بعض هذا النشاط ذا طبيعة إيقاعية.

مرض الارتجاع المعدي المريئي

يتأثر مرض الارتجاع المعدي المريئي (Gastroesophageal reflux disease) بكلٍّ من الإيقاعات اليومية، وعوامل النوم التي تجعل الارتجاع الليلي واضحًا ومميزًا

عن الارتجاع النهاري، ويؤثر الإيقاع اليومي وحالة النوم في الجزر المريئي أوليًا من خلال تقليل المقاوَمة ضد العمليات الارتجاعية، وتكون فترات العمليات الارتجاعية التي تحدث في أثناء النوم أكثر طولًا بسبب الإفراغ المريئي المنخفض من الطعام، ويُعزى السبب في حدوث هذا الإفراغ المنخفض للطعام والإمكانية المتزايدة لتلف وتضرر الغشاء المخاطي المبطن للمريء إلى انخفاض معدّل إنتاج اللعاب، ونقص معدّل البلع، وانخفاض قوة العضلة المريئية العاصرة، إضافة إلى العوامل المعتمدة على الإيقاعات اليومية التي تتضمن زيادة إنتاج الحمض المعوي، وتأخر الإفراغ المعوي، ويرتبط حدوث فقد الآليات الوقائية في المريء والتعرض الحمضي بصورة كبيرة وحالات الارتجاع المريئي بحدوث التهاب المريء، وحدوث تلف في الغشاء المخاطي المبطن له، وبشكل مثير للانتباه، فإن اضطرابات النوم يمكن أن تؤدي أيضًا إلى حدوث الارتجاع معدي مريئي أكثر، حيث تمت ملاحظته عند تسجيل درجة الباهاء في الليلة التالية.

تأثير الإيقاعات الحيوية على الأمعاء الدقيقة

تُعد الأمعاء الدقيقة مسؤولة أساسًا عن امتصاص المواد الغذائية ودفع المخلفات، وعلى الرغم من أن عملية امتصاص الغذاء لم تتم دراستها بشكل كبير في أثناء النوم، فإن بعض الباحثين لم يلاحظوا وجود أي تغير في عملية الامتصاص المعوي للغذاء في أثناء النوم، وقد لاحظ عدد من الباحثين حدوث نقص في سرعة الحركة المعوية التي قد تزداد جزئيًا عقب تناول وجبة الطعام في وقت متأخر من المساء. كما أن تعاطي الكحوليات في وقت مبكر من المساء قد يزيد من شدة تقلصات الأمعاء في أثناء النوم. وقد وجد الباحثون أيضًا أن الإفرازات المعدية التي تفرز بدافع وجود الغذاء وإفراز عصارات البنكرياس لم تتأثر بالنوم على الرغم من انخفاض معدّل الحركة المعوية، وبالنظر إلى الوظائف الإفرازية الأخرى فقد لاحظ الباحثون حدوث زيادة في إفراز إنزيم الأميلاز (Amylase)، مع عدم وجود تغيير في إنزيم البروتياز (Protease) الذي يهضم المواد البروتينية في أثناء النوم، وتوضح هذه الدراسات أن التأثيرات المرتبطة بالنوم على الحركة المعوية يمكن أن تُعدّل بواسطة التأثيرات الإفرازية غير الهضمية والتأثيرات العصبية الأخرى، وتوضح الأبحاث أن ذروة امتصاص الهيستيدين (من الأحماض الأمينية المهمة التي تعمل على تكوين خلايا الدم) والجلوكوز في الجرذان تحدث في أثناء فترات نشاط، وعلى الرغم من أن هذا قد يتعلق أصلًا بمستوى النشاط، فإن الأبحاث اللاحقة تبين أن مستويات الأيونات في

الأمعاء، والجلوكوز، والببتيدات توضح وجود إيقاعات يومية لتلك المركبات، وعلى أي حال فإن المواد الغذائية المهضومة التي تم عزلها مع المعي الصائم من الجرذان في الأوقات المختلفة من الدورة اليومية توضح استمرار تذبذب مستوى المركبات الناقلة للجلوكوز، والصوديوم، وبالطريقة نفسها، فإن امتصاص المواد الدهنية أيضًا يُظهِر وجود بعض من الإيقاعات اليومية وتكمن الأهمية الرئيسية لهذه النواقل بأنها تسمح بامتصاص المواد الغذائية بشكل مثالي.

مرض التهاب الأمعاء

مرض التهاب الأمعاء (Inflammatory bowel disease) هو عبارة عن التهاب مـزمن يحـدث في الأمعاء الدقيقة، أو الأمعاء الغليظة، ويُطلق عليه مرض كرون (Crohn's disease)، أو التهاب القولون التقرحي، ويتأثر مرض كرون بالنوم والإيقاعات اليومية من خلال مسارات مناعية معقدة، حيث يلعب كلٌّ من النوم والإيقاعات اليومية دورًا في تنظيم الوظائف المناعية. ويقع نظام المناعة الخاص بالجهاز الهضمي تحت تأثير الوسائط المناعية مثل: عامل نخر الأورام (TNFα)، ومنظمات الإيقاعات الحيوية التي تعمل على تثبيط الجينات التي تتحكم في الساعة البيولوجية، إضافة إلى ذلك فإن جينات الساعة البيولوجية يمكن أن تؤثر في نفاذية الخلايا الطلائية المعوية، وتُعد نفاذية الأمعاء آلية مهمة لبدء سلسلة العمليات الالتهابية التي تحدث في المرضى الذين يعانون مرض التهاب الأمعاء، وقد أوضحت التجارب التي تم إجراؤها على النماذج الحيوانية أن التغيرات التي تحدث في دورة اليقظة والنوم تعمل على هجرة الخلايا المناعية (خلايا الدم البيضاء، والخلايا الوحيدة (Monocytes)، والخلايا القاتلة الطبيعية) وتحفز الجسم على إطلاق الوسائط المناعية (السيتوكينات) (Cytokines) التي تتسبب في حدوث الالتهابات مثل: الإنترلوكين 1- والإنترلوكين 6- وعامل نخر الأورام في الأنسجة، وتؤثر اضطرابات النوم بطريقة مباشرة في حدوث العمليات الالتهابية في القولون، وقد أوضحت التجارب البحثية أن الحرمان الحاد والمزمن من النوم يزيد من حدوث التهابات القولون في فئران التجارب، وبالطريقة نفسها فإن الوسائط الالتهابية مثل: عامل نخر الأورام تعمل على تثبيط الجينات التي تتحكم في عمل الساعة البيولوجية.

وقد يؤثر هرمون الميلاتونين أيضًا في تطور مرض التهاب الأمعاء، أو السيطرة عليه، ويمكن أن يحدث هذا من خلال عدة آليات مثل: تزامن الإيقاعات اليومية للأمعاء أو من خلال التعديل المباشر للنفاذية المعوية، أو من خلال تأثيرات موانع الأكسدة، أو تغيير مسار الدم أو تحسُّن وإصلاح البطانة المعوية، أو تحسُّن وظائف المنظمات المناعية، ويمكن لهرمون الميلاتونين من خلال عمله كمنظم مهم للإيقاعات اليومية من أن يبطئ من حركة الأمعاء أيضًا، ويبطئ كذلك من انقباض الخلايا العضلية الملساء التي يسببها هرمون السيروتونين (Serotonin)، وفي إحدى التجارب التي تم إجراوها على الفئران التي تم إصابتها بالتهاب القولون اصطناعيًا، فقد وجد الباحثون أن لهرمون الميلاتونين قدرة على منع الإصابة بالتهاب القولون في تلك النماذج الحيوانية.

وفي دراسات أخرى تم إجراؤها على فئران التجارب، فإن هرمون الميلاتونين كان قادرًا على عكس كلٍّ من الزيادة في النفاذية المعوية، وتدفق السموم التي تفرزها الجراثيم، وعامل نخر الأورام التي تؤدي إلى حدوث تقرّح في البطانة المعوية. وحتى الآن فإنه لم يتم إجراء سوى عدد قليل فقط من الدراسات على الإنسان، حيث أوضحت تلك الدراسات أن لهرمون الميلاتونين تأثيرات مفيدة في المرضى الذين يعانون مرض التهاب الأمعاء، إلا أن الآلية التي يُحدِث بها هذا الهرمون تلك التأثيرات المفيدة في عمل الأمعاء مازالت غير واضحة.

الإيقاعات الحيوية وتأثيرها على الجهاز الدوري

تدل قياسات ضغط الدم على حدوث اختلافات يومية، حيث تبلغ الذروة في منتصف النهار، وينخفض في الليل، وينتج اختلاف ضغط الدم نهارًا عن النشاط الدوري الطبيعي للجسم ومنها: نوبات النوم واليقظة، وعلى الرغم من أن العوامل الداخلية تتأثر بالنشاط الطبيعي للجسم، فإنها تسهم في الاختلاف النهاري لضغط الدم عن طريق اختلاف الإيقاعات الحيوية في الجهاز العصبي المستقل، واختلاف إيقاعات الأوعية الدموية الشريانية.

وقد تمت ملاحظة العلاقة بين هذا الاختلاف اليومي والتعرّض للمرض في كلٍّ من الأشخاص ذوي ضغط الدم الطبيعي، وذوي ضغط الدم المرتفع، وقد لاحظ الباحثون زيادة في معدل حدوث السكتة القلبية في مرضى ارتفا ع ضغط الدم الذين

يحدث لديهم انخفاض في متوسط ضغط الدم الانقباضي والانبساطي اليومي في الليل، ويصاحب هؤلاء المرضى ارتفاع في ضغط الدم الثانوي، مع خلل في وظائف الجهاز البطاني للأوعية الدموية، إضافة إلى ارتفاع معدل حدوث الأمراض القلبية الوعائية، والمضاعفات الخطيرة مثل: فشل القلب، واحتشاء القلب، والسكتة القلبية، وتضخم البطين الأيسر، وتدهور وظائف الكلى الذي يمكن أن يؤدي في النهاية إلى حدوث الفشل الكلوي، ويرتفع لدى هؤلاء الأشخاص معدل حدوث الأمراض القلبية الوعائية ثلاثة أضعاف عن الأشخاص الطبيعيين الذين لا يعانون ارتفاع ضغط الدم، وقد بينت الدراسة كذلك أن المجموعة التي تعاني ارتفاع ضغط الدم بمعدل عالٍ كان لديها مخاطر عالية لحدوث السكتة القلبية القاتلة وغير القاتلة عند مقارنتها بالمجموعات الثلاث الأخرى، وقد كشفت دراسة تم إجراؤها على 1,542 شخصًا في اليابان عن وجود علاقة بيانية خطية بين الهبوط الليلي في ضغط الدم وحدوث الوفاة نتيجة الإصابة بمضاعفات الأمراض القلبية الوعائية، وقد بينت الدراسة أنه يصاحب كل 5% من الأشخاص المصابين بانخفاض متوسط ضغط الدم الانقباضي والانبساطي الليلي زيادة بنسبة 20% في مخاطر الوفاة نتيجة للإصابة بالمضاعفات القلبية الوعائية، وتتمثل الأسباب التي تفسر العلاقة بين ارتفاع ضغط الدم الليلي وبين حدوث مضاعفات خطيرة في اضطراب الأعصاب المستقلة الليلي وانقطاع التنفس في أثناء النوم، وتصاحب الارتفاع الحاد في ضغط الدم في الصباح زيادة عدد الخلايا الالتهابية، إضافة إلى زيادة في معدَّل حدوث السكتة القلبية، وفي دراسة قام بإجرائها مجموعة من الباحثين على عدة آلاف من الأشخاص، حيث استمرت في تلك الدراسة عملية متابعة الحالات المرضية لفترة طويلة استنتج منها الباحثون أن الأشخاص الذين يعانون ارتفاع ضغط الدم الصباحي الانقباضي يرتبطون بمعدل وفيات متزايد لكل الأسباب المؤدية للوفاة، إضافة إلى المضاعفات القلبية الوعائية التي تتسبب في حدوث الوفاة، وعلى أي حال فإنه يمكن تعريف الارتفاع الصباحي في ضغط الدم على أنه الفرق بين أقل ضغط دم في الليل أو ضغط دم قبل اليقظة وبين ضغط الدم في الصباح، ومن غير المفاجئ أن نجد الانخفاض الليلي والارتفاع الصباحي في ضغط الدم قد يكونان مرتبطين بشكل وثيق، وقد أوضح العلماء ارتفاع ضغط الدم في الصباح تصاحبه مخاطر متزايدة للأمراض القلبية الوعائية.

اضطراب نظم القلب

توضح المقاييس التي تدل على حدوث اضطراب نظم القلب (Arrhythmia) في مخطط كهربية القلب وجود اختلافات في الإيقاعات اليومية في الأشخاص الأصحاء، ويُظهِر كلٌّ من اضطراب النظم التسارعي الأذيني والبطيني للقلب إيقاعات حيوية، حيث تكون الذروة في أوائل ساعات الصباح، ويكون الرجفان الأذيني (Atrial fibrillation) هو الاستثناء الوحيد من تلك الاضطرابات، حيث يميل إلى الحدوث في الليل، مع وجود ذروة ثانية بعد تناول وجبة الغداء.

موت القلب المفاجئ

تنتج معظم حالات الوفيات القلبية المفاجئة (Sudden cardiac death) من مرض الشريان التاجي، وخاصة الاضطراب البطيني القاتل الذي يحدث بسبب اعتلال عضلة القلب الإفقاري الدموي المزمن (Chronic ischemic cardiomyopathy)، وتتم الاستعانة بالأجهزة المانعة للرجفان القلبي التي تتم زرعها في المرضى لتسجيل الاضطراب البطيني لمدة طويلة، ومساعدة الأطباء على فهم كثير عن الإيقاعات اليومية للاضطرابات القلبية وحالات الوفيات القلبية المفاجئة، وقد أكد عدد من الباحثين أن الذروة في الوفيات القلبية المفاجئة تحدث في وقت الصباح الباكر، والذروة الثانوية تحدث في فترة بعد العصر، وتحدث الزيادة الصباحية في الوفيات القلبية المفاجئة أيضًا سواء مع وجود مرض الإفقار الدموي القلبي أو من دونه؛ مما يدل على وجود آليات أخرى بخلاف مرض الإفقار الدموي، مثل: وجود عوامل إيقاعية داخلية أخرى مثل: النواتج الأيضية الضارة، وسهولة تأثر العضلة القلبية.

ومن المثير للاهتمام أن المرضى الذين يعانون انقطاع النفس في أثناء النوم، يزداد لديهم معدل حدوث الوفيات القلبية المفاجئة في الفترة بين منتصف الليل والساعة السادسة صباحًا، وترتبط حالة انقطاع النفس في أثناء النوم بزيادة ضغط الدم الليلي، واضطراب الجهاز العصبي المستقل، وملاحظة تجمّع الصفيحات الدموية، وتساعد كل تلك العوامل على زيادة مخاطر حدوث الأمراض القلبية، إضافة إلى أن نقص كمية الأكسجين يمكن أن تؤدي بصورة مباشرة إلى حدوث الإفقار

الدموي القلبي واضطراب نظم القلب، ويمكن أن يؤدي الإمداد بالأكسجين إلى تحسُّن الاستقرار الكهربائي لعضلة القلب، كما ظهر في نتائج الدراسات التجريبية على النماذج الحيوانية.

السكتة القلبية والجلطة القلبية والجلطات الرئوية

من المعروف لفترة طويلة أن الاحتشاء القلبي، واضطراب نظم القلب، والموت القلبي المفاجئ هي أحداث صحية لها معدلات حدوث تبلغ الذروة في أوقات الصباح المبكر مع ذروة ثانوية تحدث بعد الظهر، وقد أوضحت عديد من الدراسات البحثية أن أكثر الأوقات تكرارًا لبداية حدوث السكتات القلبية تكون بين الساعة 8 صباحًا والساعة 11 صباحًا، وتقترح هذه الملاحظة وجود آلية شائعة تتضمن إيقاعًا يوميًا منتظمًا من الديناميكية الدموية (ضغط الدم، والإيقاع الوعائي الدموي، ووظائف الجهاز العصبي المستقل (Autonomic function)، ومانعات النزف (تجمّع الصفائح الدموية)، والعوامل المساعدة على التخثر مقابل العوامل المانعة للتخثر، وعلى الرغم من أنها تحدث عن طريق آلية مختلفة، فإن الأحداث النزفية المخية تتبع النمط نفسه أيضًا، طبقًا لعديد من الدراسات التي أجراها الباحثون، وتُعد زيادة الإيقاع العصبي السيمبثاوي وارتفاع ضغط الدم الشرياني في الصباح هما القوى الدافعة لحدوث ذلك.

الإيقاعات الحيوية وتأثيرها على الخصوبة

يتم تنظيم حياة عديد من أنواع الكائنات الحية، بما في ذلك البشر، من خلال الإيقاعات الحيوية وفي الواقع تتبع الخصوبة والتكاثر في الحيوانات إيقاعات يومية وموسمية محددة تهدف إلى ضمان حدوث فرص التزاوج وولادة النسل خلال المواسم الأكثر ملاءمة من حيث المناخ، وتوفر الغذاء، لضمان أفضل بقاء للنسل، ويتم تنظيم هذه العملية بدقة من خلال تفاعل دقيق ومعقد بين الإدراك، ووضع المنبهات البيئية، وتنشيط الوظائف الداخلية وفقًا لنمط إيقاعي خاص، وقد أصبح كل هذا ممكنًا من خلال التزامن الدقيق الذي تفرضه الساعة البيولوجية الداخلية، وهي جهاز تنظيم الإيقاعات اليومية والموسمية.

تأثير الضوء على إفراز الهرمونات وعملية الإخصاب

عادة ما تبدأ زيادة الهرمون الملوتن (Lutenizing hormone) التي تستمر لمدة يوم أو يومين بين منتصف الليل والساعة الثامنة صباحًا في النساء (تبعًا للدورة الحيضية)، وقد وجد العلماء أن بداية ارتفاع الهرمون الملوتن حدث لدى أغلب الحالات خلال ساعات الليل بين الساعة 12 صباحًا والثامنة صباحًا.

ومن المثير للاهتمام أن التعرض للضوء المرئي عبر العين يؤثر في الأحداث التناسلية لدى البشر، ومن ثَمَّ فإن التعرّض للضوء في الوقت المناسب قد يدعم التكاثر، وذلك من خلال انتقال الضوء من الشبكية إلى النواة فوق التصالبة، ومناطق رئيسية أخرى في الدماغ، وقد لاحظ العلماء أن العقم يكون أكثر شيوعًا عند النساء الكفيفات، وتفيد النتائج البحثية أن الدورة الشهرية قد تم تقصيرها في عدد من المرضيات اللاتي يعانين اكتئاب الشتاء بعد التعرّض اليومي للضوء لمدة أسبوع واحد بين اليومين الأول والثاني عشر من الدورة الشهرية، ويعمل التعرّض لأشعة الشمس لمدة (2-3) أيام قبل حدوث التبويض على تقصير الدورة الشهرية، علاوة على ذلك، فإنه قد تم تعزيز التبويض، وزيادة حجم خلايا الجريب، وزيادة مستويات البرولاكتين، والهرمون الملوتن، والهرمون المنبه للجريب (Follicular stimulating hormone; FSH) بين النساء ذوات الدورة الشهرية الطويلة من خلال التعرّض اليومي للضوء الساطع لمدة أسبوع واحد بين اليومين (7-14) من الدورة الشهرية، ويبدو أن تأثير الضوء على إفراز الهرمون المنبه للجريب يكون مباشرًا ومحفزًا للمبيض بشكل معتدل، ويبدو أن الساعات البيولوجية لدى البشر مشابهة لتلك التي توجد في سائر الأنواع من الكائنات الحية في استجابتها للتعرّض للضوء، ويعمل محفز الضوء المرئي عند سقوطه على العين في المرحلة الحرجة من الإيقاع اليومي على إعادة ضبط الساعة البيولوجية في الإنسان، وتتم مزامنة المرحلة الزمنية للخلايا العصبية للساعة البيولوجية في النواة فوق التصالبة التي تتولى وظائفها جينات الساعة البيولوجية ومنتجاتها البروتينة؛ لإنتاج إشارات زمنية منسقة للإيقاعات اليومية.

وتشمل الآليات الأخرى التي من المحتمل أن تشارك في توليد ونقل إشارات التوقيت لعملية التبويض الإشارات البيئية للظلام والضوء على التوالي التي يتم نقلها من الشبكية إلى النواة فوق التصالبة، ثم تنتقل بعد ذلك إلى الغدة الصنوبرية؛ مما يؤدي

إلى إفراز هرمون الميلاتونين أو تثبيطه، وتكون فترة الاستضاءة لها تأثيرات واضحة على الغدد الصماء لدى البشر، وتشارك إلى حد ما في تنظيم دورات التكاثر أيضًا.

أنماط الولادة في البشر

أوضحت نتائج إحدى الدراسات الشاملة ذات الطبيعة العالمية أنماط الولادة الطبيعية في البشر، حيث تضمنت بيانات متعددة عن حدوث الإخصاب في الإنسان، وتأثير العوامل البيئية المختلفة على معدلات الإخصاب مثل: عدد ساعات الإضاءة، ودرجات الحرارة والرطوبة النسبية في عدد من المناطق الجغرافية المختلفة، وتتزامن ذروة الإخصاب في الإنسان مع فترة الاعتدال الربيعي في المناطق التي يتغير فيها طول النهار بصورة أكثر وضوحًا .

العلاقة بين تعدد الأشكال الجينية والخصوبة

تقدم دراسة جينية تم إجراؤها في فنلندا دعمًا لدور تعدّد الأشكال الجينية في خصوبة الإنسان، وتم تحليل المتغيرات الجينية في الجينات التي تؤثر في الساعة البيولوجية فيما يتعلق بخصائص الصحة الإنجابية مثل: انتظام الدورة الشهرية وعدد حالات الحمل، والإجهاض، والعقم. وأشار الباحثون إلى وجود صلة بين أحد الأنماط الجينية وحدوث عدد كبير من حالات الحمل، والإجهاض.

الإيقاعات الحيوية وتنظيم عملية النوم

يُعد تنظيم النوم من العمليات المهمة وذلك للتحكّم في انتقال الإنسان بين حالتي اليقظة والنوم، فالنوم هو حالة من اللاوعي تتميّز بعدم الحركة، وانخفاض الاستجابة للمؤثرات البيئية الخارجية.

أنواع ومراحل النوم

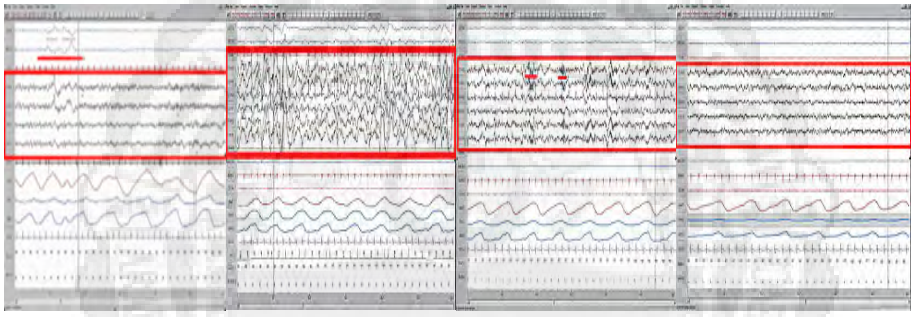
يوجد نوعان رئيسيان من النوم هما: نوم حركة العين السريعة (REM)، ونوم حركة العين غير السريعة (NREM)، وينشط الدماغ في أثناء نوم حركة العين السريعة، بينما يمر الدماغ بفترات من النشاط العصبي المتزامن في أثناء نوم حركة

العين غير السريعة، ويبدأ الفرد بنوم حركة العين غير السريعة، ثم ينتقل إلى نوم حركة العين السريعة، وهو الوقت الذي تحدث فيه الأحلام، وهناك دورة مستمرة في أثناء النوم، حيث ينتقل الفرد بين المرحلتين حتى يستيقظ، ويمر المخ في أثناء النوم بأربع مراحل من النوم، وتُعرف المراحل من الأولى إلى الثالثة بنوم حركة العين غير السريعة، والتي تُعرف أيضًا باسم النوم الهادئ، والمرحلة الرابعة هي ما يُعرف بنوم حركة العين السريعة، وتُعرف أيضًا بالنوم النشط، ولكلٍّ من تلك المراحل وظيفة ودور فريد في الحفاظ على الأداء الفكري العام للعقل، وترتبط بعض المراحل أيضًا بحدوث عمليات البناء، والإصلاحات الجسدية للأنسجة والخلايا التالفة؛ مما يحافظ على صحة الفرد ويجعله نشطًا وجاهزًا للأيام التالية، وتتكرر دورة النوم بأكملها عدة مرات في الليلة مع زيادة مدة وعمق النوم في كل مرحلة متتالية من مرحلة حركة العين السريعة، وسوف نتناول هنا أساسيات دورة النوم، وما يحدث في كل مرحلة من مراحله، وما الذي يمكن أن يؤثر في قدرة الفرد على الحركة خلال هذه المراحل.

يتم استخدام مخطط كهربية الدماغ الذي يقوم بتسجيل نشاط المخ؛ لمعرفة كيف ينخرط المخ في الأنشطة العقلية المختلفة عندما ينام الإنسان، وخلال المراحل الأولى من النوم فإن الشخص يكون متيقظًا بدرجة نسبية، وفي هذا الوقت يصدر المخ ما يُعرف باسم موجات بيتا، وهي موجات دماغية صغيرة وسريعة؛ مما يعني أن المخ ما يزال نشطًا، وعندما يبدأ المخ في الاسترخاء والإبطاء يقوم بإصدار موجات ألفا. قد يواجه الفرد خلال هذا الانتقال إلى النوم العميق أحاسيس حيوية غريبة تُعرف باسم هلوسة النوم، وتشمل الأمثلة الشائعة لهذه الظاهرة: الإحساس بالسقوط، أو سماع صوت شخص ما ينادي.

المرحلة الأولى من نوم حركة العين غير السريعة: المرحلة الأولى من دورة النوم هي فترة انتقالية بين اليقظة والنوم، وإذا تم إيقاظ شخص ما خلال هذه المرحلة، فقد يذكر أنه لم يكن نائمًا حقًا، وتحدث خلال تلك المرحلة أن يتباطأ نشاط الدماغ وتتناقص دقات القلب، وحركات العينين، ويتباطأ معها معدّل التنفس، كما يحدث ارتخاء عام في الجسم، وقد يحدث ارتعاش للعضلات، وتدوم هذه الفترة القصيرة من النوم حوالي من (5-10) دقائق، وتبدأ مباشرة بعد النوم، يكون المخ ما يزال نشطًا إلى حدٍّ ما في هذا الوقت، ويقوم بإصدار موجات ثيتا عالية السعة، وهي موجات دماغية بطيئة.

المرحلة الثانية من نوم حركة العين غير السريعة: خلال هذه المرحلة من النوم يصبح الشخص النائم أقل وعيًا بمحيطه، وتنخفض درجة حرارة الجسم، وتتوقف حركات العينين، ويصبح التنفس ومعدل ضربات القلب أكثر انتظامًا، ويبدأ المخ أيضًا في إصدار دفعات من نشاط موجات المخ الإيقاعي السريع، ويُعتقد أنها سمة من سمات تقوية الذاكرة، حيث يقوم العقل بتجميع ومعالجة الذكريات الجديدة التي اكتسبها الشخص النائم في اليوم السابق، وفي أثناء حدوث ذلك يتباطأ نشاط الجسم استعدادًا للدخول في المرحلة الثالثة من نوم حركة العين غير السريعة، وتُعد المرحلة الثالثة من نوم حركة العين غير السريعة ونوم حركة العين السريعة هي مرحلة النوم العميق.



شكل يوضح موجات النوم غير السريعة في الإطار الأحمر (المرحلة الأولى، والثانية، والثالثة من اليمين لليسار).

موجات النوم السريعة

المرحلة الثالثة من نوم حركة العين غير السريعة: تبدأ موجات المخ العميقة والبطيئة المعروفة باسم موجات دلتا في الظهور في أثناء نوم تلك المرحلة، وهي مرحلة يُشار إليها أيضًا باسم نوم دلتا، وتدوم هذه المرحلة ما بين (20-40) دقيقة، وهي فترة نوم عميق، حيث قد تفشل أي ضوضاء أو نشاط في البيئة المحيطة في إيقاظ الشخص النائم، ويتيح ذلك الحصول على قسط كافٍ من النوم، والشعور بالانتعاش في اليوم التالي، وخلال المرحلة الثالثة من نوم حركة العين غير السريعة يحدث استرخاء تام للعضلات، وينخفض ضغط الدم، ويتباطأ معدّل التنفس، ويدخل الإنسان في نوم أكثر عمقًا، وخلال مرحلة النوم العميق هذه يبدأ الجسم في إجراء الإصلاحات الجسدية واستبدال وتعويض الخلايا والأنسجة التالفة، وفي غضون ذلك يقوم المخ باستعادة الذكريات، والحقائق، والتجارب الشخصية، والأشياء الأخرى التي تعلمها الشخص.

المرحلة الرابعة من النوم أو نوم حركة العين السريعة: في هذه المرحلة يكون نشاط المخ أقرب ما يكون إلى نشاطه في أثناء ساعات الاستيقاظ، ومع ذلك فإن الجسم يكون مشلولًا مؤقتًا، حيث تكون العضلات الإرادية مشلولة تقريبًا، ويبدأ نوم حركة العين السريعة بعد 90 دقيقة تقريبًا من النوم، وتبلغ مدته حوالي 10 دقائق في الفترة الأولى في أثناء النوم، ثم تزيد بعد ذلك، وفي هذا الوقت يزداد نشاط العقل ويحدث استرخاء للجسد، ويكون التنفس سريعًا وغير منتظم، وتتحرك العينان بسرعة، ويبدأ حدوث الأحلام، ومثل المرحلة الثالثة تحدث تقوية للذاكرة أيضًا في أثناء نوم حركة العين السريعة، ومع ذلك فإن نوم حركة العين السريعة تحدث فيها معالجة للعواطف، والذكريات العاطفية، وتخزينها، ويستخدم العقل أيضًا هذا الوقت لترسيخ المعلومات في الذاكرة؛ مما يجعلها مرحلة مهمة للإدراك، ويتم خلال تلك المرحلة أيضًا استكمال عمليات الإصلاح الجسدية، وتعويض الأنسجة والخلايا التالفة، وإعادة بنائها، في أثناء مرحلة النوم العميق يتم إفراز الهرمونات لتعزيز نمو العظام والعضلات، كما يستخدم الجسم أيضًا مرحلة النوم العميق في تقوية الجهاز المناعي حتى نتمكن من محاربة العدوى والأمراض، وتستغرق دورة النوم الكاملة بشكل عام حوالي (90-110) دقائق. وبعد اكتمال دورة نوم واحدة تبدأ العملية مرة أخرى من البداية، وتتكرر حتى وقت الاستيقاظ، ولا توجد توصية محددة بشأن مقدار نوم حركة العين السريعة المطلوب، ويرجع ذلك إلى حدوث حركة العين السريعة في فترات متعددة، ولأوقات زمنية متفاوتة، ومع ذلك يجب أن يحاول معظم البالغين الحصول على ما لا يقل عن (7-9) ساعات من النوم كل ليلة.

ومن المهم أن ندرك أن النوم لا يتقدم خلال المراحل الأربع بتسلسل مثالي، وفي الحالات التي يتمتع فيها الإنسان بليلة كاملة من النوم المتواصل ، فإن المراحل تحدث على النحو الآتي، يبدأ النوم بالمرحلة الأولى من نوم حركة العين غير السريعة، وتتقدم المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية متبوعةً بالمرحلة الثالثة، ثم تتكرر المرحلة الثانية من حركة العين غير السريعة، وأخيرًا، تبدأ مرحلة نوم حركة العين السريعة، وبمجرد انتهاء نوم حركة العين السريعة، يعود الجسم عادةً إلى المرحلة الثانية من حركة العين غير السريعة قبل بدء الدورة من جديد، ويتغير الزمن الذي يقضيه النائم في كل مرحلة طوال الليل مع تكرار الدورة من (4-5) مرات، ليس فقط الحصول على سبع إلى تسع ساعات من النوم كل ليلة كافيًا، ولكن يجب أيضًا ضمان عدم انقطا ع النوم الجيد الذي

يسمح للجسم بالاستفادة في كل مرحلة من هذه المراحل الأربع، ويُستخدم مصطلح النوم المتقطع لوصف النوم غير المستمر طوال الليل، وعندما يحدث ذلك يمكن أن تتعطل دورة النوم، وهناك عدد من المشكلات التي يمكن أن تقطع دورات النوم، اعتمادًا على الشخص نفسه، وقد يحدث هذا من حين لآخر أو على أساس مزمن، ويوجد عديد من العوامل المرتبطة بالنوم المتقطع والتي قد تؤثر في مراحل النوم مثل: التقدم في السن، حيث يصبح النوم أخف بشكل طبيعي، ويسهل إيقاظ الشخص النائم، وتحدث زيادة في معدل التبول الليلي؛ مما يؤدي إلى كثرة الاستيقاظ، واضطرابات النوم، بما في ذلك انقطاع التنفس الانسدادي في أثناء النوم، واضطرابات المزاج مثل: الاكتئاب، واتخاذ عادات سيئة كنمط حياة مثل: عدم ممارسة الرياضة، والتدخين، والإفراط في تناول الكافيين، والمشروبات الكحولية، إضافة إلى وجود مشكلات صحية أخرى مثل: مرض ألزهايمر، ومرض باركنسون، والسمنة، وأمراض القلب.

تنظيم عملية النوم

إن فهم المبادئ الأساسية لتنظيم عملية النوم يكون مفيدًا في تحديد إستراتيجيات التكيف مع العمل بنظام الورديات وساعات العمل الطويلة، ويُعد الإنسان من الكائنات الحية التي تعوّدت بشكل عام على النوم ليلًا والنشاط نهارًا. يوضح الباحثون أن تنظيم عملية النوم له مكونان رئيسيان هما: استتباب محرك النوم والإيقاعات الحيوية اليومية، ويتفاعل هذان المكونان لتحديد الوقت الذي نذهب فيه للنوم والوقت الذي نستيقظ فيه، إضافة إلى استقرار وظائف الإدراك العصبي، وقد قام العالم ألكسندر بوربلي (Alexander Borbely) عام 1982م باستحداث نموذج لتنظيم النوم ثنائي العملية، ويقدم هذا النموذج أسلوبًا مفيدًا حول توقيت النوم، والاستيقاظ، ويشير إلى أن هناك منظمين يساعدان على النوم، والاستيقاظ الأول: عبارة عن ساعة تشبه الساعة الرملية، والثاني: عبارة عن منظم داخلي يعمل على مدار الساعة لكلٍّ من النوم واليقظة، وتتفاعل هاتان العمليتان لتحديد توقيت النوم، ومدته، وشكله، ويصف المنظم شبيه الساعة الرملية النمط الخاص بالنوم، حيث تعتمد احتمالية خلود الشخص إلى النوم على الفترة الزمنية التي قضاها مستيقظًا، وترتفع احتمالات الاستيقاظ كلما طالت فترة النوم التي يستغرقها الشخص.

ضغط النوم (استتباب محرك النوم)

يتراكم ضغط النوم (استتباب محرك النوم) في أجسامنا مع زيادة وقت الاستيقاظ، ويزداد ضغط النوم كلما طالت مدة بقائنا مستيقظين، وينخفض إلى أدنى مستوى بعد قضاء ليلة كاملة من النوم الجيد، وتبدأ عملية الاستتباب في البناء مرة أخرى بعد الاستيقاظ، وتستمر الزيادات في ضغط النوم إذا لم يحدث النوم، ويكون لدى الجسم دافع عالٍ لحدوث النوم، وفي بعض الظروف الخاصة، على سبيل المثال: عندما يقوم الجهاز المناعي بمحاربة العدوى، أو مقاومة الأمراض، فإنه ينتج مزيدًا من الوسائط المناعية؛ مما يسبب مزيدًا من النعاس. ويمكن أن تؤدي الأنشطة والتجارب التي تتطلب جهدًا بدنيًا إلى زيادة ضغط النوم بشكل أكبر، ويجب منح الجسم وقتًا إضافيًا للنوم إذا لم نتمكن من الحصول على قسط كافٍ من النوم في الليلة السابقة، فإن ذلك يعكس التعب المستمر والنعاس والآثار السلبية الأخرى في أثناء وقت الاستيقاظ.

الإيقاعات الحيوية وتنظيم النوم واليقظة

تشير الدراسات التاريخية إلى أن الإنسان كان ينام في العصور الماضية فترات أطول من العصر الحالي، وكان يحصل الإنسان في عصور ما قبل الثورة الصناعية على قسط كافٍ من النوم يصل إلى 10 ساعات يوميًا حسب فصول العام، ويبدو أننا اليوم نحصل على قسط من النوم أقل مما كنا نحصل عليه في الأزمنة الماضية، وذلك نظرًا إلى ثقافة ساعات العمل الطويلة، وازدياد ساعات نوبات العمل، وللإيقاعات اليومية أغراض مهمة، فهي تهيئ الجسم للتغييرات المتوقعة في البيئة التي يعيش فيها الإنسان، على سبيل المثال: وقت النشاط، ووقت النوم، وأوقات تناول الطعام... إلخ. وتؤثر الإشارات الخارجية في دورة النوم واليقظة بدرجة كبيرة، وتُعد دورة ضوء الشمس والظلام هي الأقوى من بين كل الإشارات البيئية الخارجية، ويؤثر الضوء الاصطناعي أيضًا في جهاز تنظيم الإيقاعات الحيوية اليومية.

تحتاج الإيقاعات اليومية إلى وقت للتكيف مع أوقات النوم الجديدة، لذلك قد يكون تغيير أوقات العمل أمرًا صعبًا، وبشكل عام فإنه إذا ما اُضطر الأشخاص إلى تغيير أوقات نومهم (على سبيل المثال: للعمل، أو السفر)، فإنهم يواجهون مزيدًا

من الصعوبات في الاستيقاظ مبكرًا، ويكون من السهل عليهم الاستيقاظ في أوقات لاحقة، ويُعزى ذلك إلى أن جهاز تنظيم الإيقاعات الحيوية يميل إلى العمل لفترة أطول من 24 ساعة؛ مما يجعل من السهل النوم في وقت لاحق في الصباح، والذهاب إلى الفراش في وقت لاحق، وتتعارض جداول النوم والعمل لعمال الورديات بشكل متكرر مع دورة الضوء والظلام؛ مما يدفع الجهاز الذي ينظم الإيقاعات اليومية إلى تعزيز النوم في الليل، والاستيقاظ خلال ساعات النهار، وهناك إستراتيجيات تساعد في تعزيز تعديل إيقاعات الساعة البيولوجية حتى يتمكن العامل من التكيف بشكل أفضل مع العمل ليلًا، وتتزامن الساعة البيولوجية الرئيسية التي توجد في منطقة ما تحت المهاد وتتحكم في توقيت المنظمات اليومية الطرفية الأخرى التي توجد في الخلايا، بحيث تعمل معًا في تناسق ونظام بديع، وتعمل الإيقاعات اليومية على تعزيز النعاس قبل وقت النوم المعتاد، وتساعد على بدء النوم، والبدء في تعزيز الاستيقاظ قبل وقت الاستيقاظ المعتاد في الصباح، ويميل جهاز تنظيم الإيقاعات الحيوية الذي لديه إيقاع مدفوع داخليًا على مدار 24 ساعة إلى العمل لفترة أطول من 24 ساعة، ولكن تتم إعادة ضبطه كل يوم من خلال إشارات التوقيت الخارجية للحفاظ على الدورة الإيقاعية في مدة 24 ساعة، وتُعد دورة الضوء والظلام أقوى تلك الإشارات الخارجية، كما تؤثر التمارين البدنية وهرمون الميلاتونين أيضًا في توقيت جهاز تنظيم الإيقاعات الحيوية، ولكن ليس بقدر تأثير الضوء، وعادة يدخل الضوء إلى العين (حتى من خلال الجفون المغلقة في أثناء النوم)، ويؤثر في جهاز تنظيم الإيقاعات الحيوية، ويشير إلى وقت الاستيقاظ، والنشاط، ووقت النوم.

إضافة إلى النوم واليقظة يحدد منظم الإيقاعات الحيوية التوقيت لعديد من الإيقاعات اليومية التي تنظم العمليات الفيزيولوجية والسلوكية، ويدخل الضوء إلى العينين، ويحفز الجزء الخلفي من الشبكية، ويقوم الجهاز العصبي بإرسال إشارات خاصة إلى جهاز تنظيم الإيقاعات اليومية في الدماغ، وتحدث ذروة اليقظة في المساء قبل ساعات قليلة من موعد النوم المعتاد للشخص الذي يمارس نشاطًا عاديًا خلال النهار، ويمكن ملاحظة ذلك على أنه نوع من اليقظة المعززة في وقت مبكر من المساء، حتى بعد الاستيقاظ لفترات طويلة.

تأثير لون الضوء على إيقاعات الساعة البيولوجية والنوم

يتميز الضوء الأزرق بأن له تأثيرًا أقوى على إيقاعات الساعة البيولوجية، ويتكون الضوء الأبيض من موجات لون الضوء المرئي من البنفسجي إلى الأزرق، والأخضر، والأصفر، والبرتقالي، والأحمر، ويؤدي تعريض العينين للضوء الأزرق (أو الضوء الأبيض الذي يتضمن الضوء الأزرق) خلال الفترات الحساسة إلى تحفيز مستقبلات الضوء في شبكية العين لإرسال إشارة لتثبيط هرمون الميلاتونين، وتعديل إيقاعات الساعة البيولوجية، ولا تستجيب هذه المستقبلات الضوئية للضوء الأحمر، وتستجيب بشكل ضئيل للضوء الأصفر والبرتقالي، يمكن أن يكون للتعرّض للضوء الأبيض في أثناء النهار آثار إيجابية، بما في ذلك تعزيز اليقظة، وتعديل المزاج، وتأتي موجات الضوء الأزرق من مصابيح الفلورسنت، ومصابيح الليد (LED)، والشاشات الإلكترونية، وأجهزة التليفزيون وأجهزة الكمبيوتر، والأجهزة اللوحية، والهواتف المحمولة، ويُذكر أن التعرّض لهذه الشاشات المضيئة خلال الفترة الحساسة للنوم قد يجعل من الصعب على الشخص النوم في الليل.

تزامن العمليات الاستتبابية والساعة البيولوجية

بالنسبة للأشخاص النهاريين الذين ينشطون في أثناء النهار وينامون ليلًا، فسيتم مزامنة محرّك ضغط النوم وإيقاع اليقظة اليومية لديهم، حيث يرتفع ضغط اليقظة والنوم في أثناء النهار مع تجاوز الاستيقاظ ضغط النوم، وتحدث بداية النوم عندما يكون محرّك ضغط النوم مرتفعًا، وتنخفض حالة اليقظة، ويبدأ إيقاع اليقظة في الارتفاع في الصباح بعد فترة من بدء الاستيقاظ، وتجاوز ضغط النوم.

عدم تزامن العمليات الاستتبابية للنوم واليقظة والساعة البيولوجية

إذا لم يتم ضبط نظام الساعة البيولوجية للعاملين في النوبات الليلية والنوم في أثناء النهار فلن تتم مزامنة محرّك ضغط النوم وإيقاعات اليقظة، ونتيجة لذلك

فإنها لن تعمل معًا، وسوف تستمر الإيقاعات اليومية التي تقود اليقظة في الارتفاع خلال النهار؛ مما يدفع الشخص إلى الاستيقاظ، وسوف يزداد محرّك ضغط النوم عندما يكون العامل مستيقظًا؛ نتيجة لذلك يميل العاملون في المناوبات الليلية إلى النوم بسرعة في الصباح بعد نوبة عملهم؛ لأنهم يعانون ضغطًا مرتفعًا للنوم؛ بسبب الاستيقاظ لوقت طويل، ولكن يمكن أن يكون نومهم مضطربًا، ويمكن أن يواجهوا صعوبة في أن يظلوا نائمين لفترة كافية؛ لأن إيقاعات الساعة البيولوجية التي تدفعهم إلى اليقظة تتزايد، وتدفعهم إلى الاستيقاظ، ويمكن للضوضاء أو الإزعاج الطفيف أن يوقظ هؤلاء الأشخاص بسهولة بسبب الدافع المتزايد لليقظة، وبسبب عدم كفاية النوم، فإن محرّك ضغط النوم لن ينخفض بشكل كامل.

تراجع اليقظة بعد الظهيرة: هناك أسباب كامنة وراء شعور البشر بالنعاس وأخذ قيلولة في منتصف فترة ما بعد الظهر، وفي هذا الوقت تتراكم الإيقاعات اليومية التي تعزز اليقظة، ومحرك النوم بشكل كافٍ، بحيث يهيمن ضغط النوم، ومن الملاحظ أيضًا أنه في المساء تهيمن الإيقاعات اليومية لليقظة على تراكم دافع النوم الذي حدث خلال فترة الاستيقاظ الطويلة، وهذه الزيادة في اليقظة يمكن أن تجعل من الصعب النوم مبكرًا.

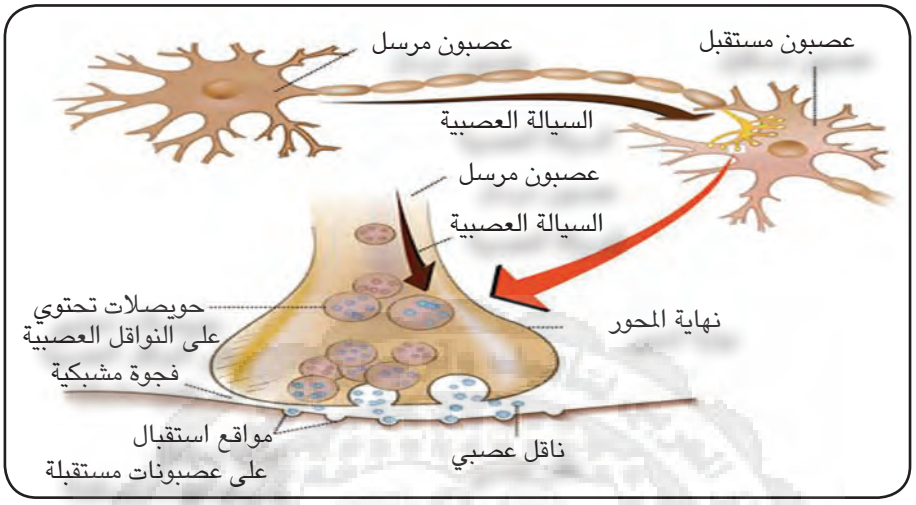
الحرمان من النوم: قام العلماء بإجراء عديد من الدراسات والأبحاث للتعرّف على الدور الذي يلعبه النوم على الوظائف الفيزيولوجية لأجهزة وأعضاء الجسم، وقد أثبتت الدراسات المتعلقة بالحرمان من النوم تأثير كثير من الهرمونات والمركبات الأخرى على نظام الساعة البيولوجية، ويحدث الحرمان من النوم عندما لا يتمكن الشخص من الحصول على قسط كافٍ من النوم، ويعتمد مقدار النوم اللازم للشعور بالانتعاش والعمل بشكل جيد على الفرد، ويختلف حسب الأعمار، ويعتقد العلماء أيضًا أن النوم يمنح الجسم فرصة للإصلاح وتعويض بناء الأنسجة والخلايا التالفة؛ لذا فإن قلة النوم يمكن أن يكون لها آثار صحية ضارة، وتشمل العلامات والأعراض الشائعة للحرمان من النوم الشعور بالنعاس في أثناء النهار، خاصة خلال أداء الأنشطة الهادئة، مثل: مشاهدة التليفزيون أو القراءة، وتغيرات في المزاج، والنسيان،

وصعوبة تعلم مفاهيم جديدة، وعدم القدرة على التركيز، إضافة إلى زيادة الوزن، ويتمثل العلاج الأساسي للحرمان من النوم في زيادة إجمالي وقت النوم والعمل على تعديل جدول الحياة اليومي للسماح بمزيد من النوم.

الناقلات العصبية والنوم

هناك عديد من الناقلات العصبية التي يُعتقد أنها تشارك في تنظيم النوم واليقظة في الدماغ، وتشمل حمض جاما-أمينوبيوتيريك الذي ينطلق من النواة أمام التصالبة البصرية والذي يعزز عملية النوم، ويعزز النور إبنينفرين الموجود في الجسم، من عملية اليقظة، ويعوق النوم، ويعزز السيروتونين الذي يفرزه الجسم وكذلك الأوركسين الذي يتم إنتاجه في منطقة الوطاء عملية اليقظة، ومن ثَمّ عدم النوم، ويتطلب التحكم في النوم واليقظة في الدماغ التنسيق بين عديد من الخلايا العصبية المترابطة، ووفقًا لنموذج النوم التقليدي تتنافس الخلايا العصبية المعززة للاستيقاظ والخلايا العصبية المعززة للنوم على الهيمنة على الشبكة العصبية في المخ؛ مما يخلق تبديلا" منهجيًا ينتج عنه حالة النوم أو اليقظة، وتنتشر الخلايا العصبية المعززة للاستيقاظ والخلايا العصبية المعززة للنوم في كل مكان في جذع المخ، والدماغ البيني، وهي مناطق تحتوي معًا على حوالي 1% من الخلايا العصبية في مخ الإنسان، ومن المثير للاهتمام أن عديدًا من هذه الخلايا العصبية التي تعزز الاستيقاظ والخلايا العصبية المعززة للنوم تشارك في التعبير عن أنواع مختلفة من الناقلات العصبية التي غالبًا ما تكون لها تأثيرات تعديلية متعارضة على الشبكة العصبية.

يؤدي حمض جاما-أمينوبيوتيريك الناقل إلى إجراء اتصالات مثبطة للنواة المعززة للاستيقاظ؛ مما يؤدي إلى تعليق أنظمة الاستيقاظ وتعزيز نوم حركة العين غير السريعة، وتكون أنوية تعزيز النوم والاستيقاظ في منافسة مباشرة؛ مما يؤدي إلى انتقالات سريعة وكاملة بين حالتي النوم واليقظة. وغالبًا ما يكون الانتقال العصبي المشترك مفيدًا للتراكيب العصبية التي تحتوي على عدد محدود من الخلايا العصبية؛ لأنه يوفر قدرة ومرونة متزايدة، علاوة على ذلك يسمح الانتقال العصبي المشترك خلال التراكيب العصبية تحت القشرية بالتحكم ثنائي الاتجاه في الخلايا العصبية؛ مما يساعد على تنظيم عديد من الوظائف الفيزيولوجية المعقدة، ومنها عملية النوم.



شكل يوضح آلية عمل التشابكات العصبية ونقل الإشارات العصبية من خلال النواقل العصبية.

هرمون الميلاتونين والنوم

الميلاتونين هو هرمون يتم تصنيعه وإفرازه من خلال الغدة الصنوبرية، ويتم إنتاج هرمون الميلاتونين في البشر ومعظم الثدييات النهارية، ويُفرز ليلًا بإيقاع يومي قوي ومستويات قصوى في الدم تحدث في حوالي الساعة (3-4) صباحًا، ويرتبط الارتفاع اليومي في إفراز الميلاتونين بزيادة لاحقة في الميل للنوم قبل ساعتين من موعد نوم الشخص المعتاد، ويكون الوقت الذي يسبق إفراز هرمون الميلاتونين أقل احتمالية لحدوث النوم، وعندما يبدأ، يزداد الميل للنوم بشكل كبير، حيث يتم تنظيم الإطلاق المنتظم للميلاتونين من خلال مولّد الإيقاع اليومي المركزي، وهو النواة فوق التصالبة، ويتم التوسط في معظم تأثيرات الميلاتونين ومحرك النوم من خلال مستقبلين رئيسيين هما: الميلاتونين 1، والميلاتونين 2، ويزداد تركيز كلا النوعين في النواة فوق التصالبة، لكنهما ينتشران أيضًا في مواقع أخرى في المخ، مما يشير إلى أن الميلاتونين من المحتمل أن يؤثر في الأنظمة البيولوجية الأخرى للجسم، وبالنظر إلى هذا التوزيع، فليس من المستغرب أن يكون للميلاتونين عدد من التأثيرات على البيولوجيا البشرية، بما في ذلك تنظيم دورة النوم والاستيقاظ والعمل، ويبدو أن وظيفة الميلاتونين هي

التوسّط في إشارات الظلام وتوفير المعلومات الليلية، كما أن الميلاتونين هو "مزامن داخلي" يعمل على استقرار وتعزيز إيقاعات الساعة البيولوجية المختلفة في الجسم، وعلى الرغم من ظهور تأثيرات منومة مباشرة، فإن تأثير الميلاتونين على النوم أكثر ارتباطًا بإيقاع الساعة البيولوجية لتنظيم النوم والاستيقاظ، ويمكن لعديد من العوامل الخارجية والداخلية أن تغير من إيقاع الساعة البيولوجية، حيث تصبح دورة النوم والاستيقاظ مقيدة فقط باليوم الشمسي لمدة 24 ساعة من خلال تلك العوامل، ويُعد تعرّض العين للضوء هو الأكثر قوة من بين تلك العوامل الخارجية والداخلية، ويُعد استخدام الميلاتونين أحد العوامل الرئيسية التي يمكن أن تؤثر في إيقاع الساعة البيولوجية، ولكن النتائج في الحالات السريرية تكون مختلطة. وهذا ليس مفاجئًا؛ لأنه يمكن أن يكون هناك تباين فردي كبير في إنتاج الميلاتونين الداخلي، ويمكن للضوء والأدوية والسلوك الفردي أن تغير مستويات الميلاتونين أيضًا، وقد تؤدي الحرائك الدوائية والديناميكا الدوائية للميلاتونين الخارجي (التمثيل الغذائي العالي، وفترة نصف العمر القصير، والارتباط مع مستقبلات الميلاتونين 1، والميلاتونين 2) إلى تأثيرات غير متسقة في عديد من الحالات السريرية أيضًا، ويبدو أن للميلاتونين تأثيرين متفاعلين محتملين على دورة النوم والاستيقاظ أولاً: يدخل الميلاتونين ويغير من إيقاع الساعة البيولوجية في وظيفة الزمن الحيوي. ثانيًا: يعزز بداية النوم واستمراريته في وظيفة التنويم عن طريق زيادة الدافع الاستتبابي للنوم، ويبدو أن هذه التأثيرات متساوية.

اضطرابات النوم

يعاني عدد كبير من البشر اضطرابات النوم، من دون أسباب واضحة، وقد تكون تلك الاضطرابات مؤقتة، ربما نتيجة لتجربة مؤلمة مثل: فقدان شخص عزيز، أو يمكن أن تتحول إلى مشكلة مزمنة، وقد تحدث بعض تلك الاضطرابات نتيجة لسلوكيات الأشخاص الخاصة، مثل: العمل في المناوبات الليلية أو الزيادة المفرطة في الوزن، أو يمكن أن ترتبط أيضًا بعوامل أخرى مثل التعرّض للأمراض، أو تناول العقاقير الدوائية، وبصرف النظر عن السبب فإن اضطرابات النوم تؤثر بشكل كبير في نوعية حياة الفرد، وتؤثر أيضًا في الصحة العامة على المدى الطويل توجد عدة أنواع من اضطرابات النوم سوف نوجزها فيما يأتي:

الأرق (Insomnia): يمكن تعريف الأرق بأنه صعوبات في بدء النوم، أو الحفاظ عليه، أو الاستيقاظ في الصباح الباكر، والذي يرتبط بضَعْف الأداء اليومي للفرد، على سبيل المثال: انخفاض الأداء المعرفي، والتعب، أو اضطرابات المزاج. ويوجد ثلاثة أنواع مميزة من الأرق هي: الأرق قصير المدى، والأرق المزمن، والأرق الآخر وهو النوع الثالث من الأرق، حيث يعاني المريض أعراض الأرق، ولكنه لا يفي بمعايير النوعين الآخرين من الأرق، وتنتشر حالة الأرق على نطاق واسع، حيث يمكن أن تصيب أي شخص، بما في ذلك الأطفال، والبالغون، وكبار السن، ويعاني ما يقرب من ثلث الأشخاص البالغين من حين لآخر مشكلات في النوم، ويكون الأرق أكثر انتشارًا بين النساء والأشخاص البالغين في منتصف العمر، وكبار السن، والأفراد الذين يعانون الضعف الجسدي، أو اضطراب الصحة النفسية، وتشمل عوامل الخطورة للإصابة بالأرق: حدوث نوبات سابقة من الأرق، ووجود تاريخ عائلي لحالة الأرق بين أفراد العائلة، والاستعداد للاستيقاظ بسهولة من النوم، وتشمل أسباب الأرق البيئية حدوث الضوضاء الصادرة من الأجهزة الإلكترونية، وارتفاع درجة الحرارة، والضوء الساطع، ومواقف النوم غير المريحة، وتُعتبر الشيخوخة واحدة من أهم العوامل المرتبطة بالتغيرات في النوم، كما تزداد حالات الأرق بين النساء الحوامل ربما بسبب عدم الراحة والقلق والمضاعفات الأخرى المتعلقة بالحمل، ويزداد معدّل حدوق الأرق بين الأشخاص الذين يعانون الحالات المرضية، على سبيل المثال: مرض السرطان ومشكلات الجهاز الهضمي، وأمراض الجهاز التنفسي، وأمراض القلب والأوعية الدموية والأمراض العصبية، ويمكن أن تسهم بعض الأدوية المستخدمة في معالجة هذه الحالات في حدوث ضَعْف بالنوم، مما يؤدي إلى حدوث الأرق.

ومن أكثر أعراض الأرق شيوعًا هي الشعور بالتعب، والقلق مع ضعف التركيز، أو الذاكرة، وزيادة العدوانية، مما يؤدي إلى ضَعْف الأداء خلال النهار، وربما وقوع حوادث أو أخطاء. وتكثر حالات الشكوى من الصداع والاضطرابات المعدية والمعوية، وقد يؤدي حدوث الاكتئاب في كثير من الأحيان إلى التغيب عن العمل، وضَعْف القدرة على الأداء، والعزلة. وكثيرًا ما يشكو المرضى الذين يعانون الأرق المزمن الشعور بعدم القدرة على اليقظة، والرغبة في النوم، وعدم تحقيق الراحة التي يسعون إليها، ويكمن الهدف من علاج الأرق في تحسين جودة وكمية النوم وتقليل الضيق والقلق الذي يحدث

نتيجة النوم غير الكافي، وكذلك مع تحسين الأداء في العمل خلال النهار، ويشمل النهج الشائع لعلاج الأرق مزيجًا من العلاج السلوكي المعرفي، والعلاج الدوائي، وفي جميع الحالات يجب تحديد أسباب الأرق والاضطرابات المحتملة المصاحبة له كجزء من إستراتيجية العلاج، ويُعتبر العلاج غير الدوائي للأرق الخط الأول لعلاج المرضى الذين يستمر الأرق لديهم فترة طويلة، حيث أثبت فعالية عالية، ويحسِّن العلاج السلوكي المعرفي للأرق من النوم مع حد أدنى من الآثار الضارة، ويُفضِّل كثير من المرضى هذا النوع من العلاج الدوائي، ويجب أن يتم اتباع نهج العلاج الدوائي للأرق بعد المراجعة الدقيقة لمخاطر وفوائد العلاج، وقد أثبتت الدراسات أن إضافة العلاج الدوائي إلى العلاج السلوكي الإدراكي في المرضى الذين يعانون الأرق المستمر يؤدي إلى مزيد من الفوائد الإضافية في أثناء العلاج الحاد للأرق، ولكن على المدى الطويل يتم تحسين النتيجة عندما يتم إيقاف تعاطي الأدوية في أثناء العلاج السلوكي الإدراكي.

اضطـرابـات التنـفس المتعلقـة بالنـوم (Sleep-related breathing disorders): يُستخدم هذا المصطلح لوصف مجموعة واسعة من صعوبة التنفس خلال النوم، بما في ذلك نمط التنفس غير الطبيعي (على سبيل المثال: انقطاع النفس، وقصور التنفس، أو صعوبة التنفس المرتبطة بالاستيقاظ من النوم) أو انخفاض غير طبيعي في تبادل الغازات في أثناء النوم (على سبيل المثال: نقص التهوية)، وقد حدد التصنيف الدولي لاضطرابات النوم أربع فئات رئيسية من اضطرابات التنفس المتعلقة بالنوم، وهي اضطرابات توقّف التنفس، واضطرابات انقطاع التنفس المركزي، واضطرابات نقص التهوية ذات الصلة، واضطراب نقص تأكسج الدم المرتبط بالنوم، وتحدث تلك الظاهرة عندما يتم انسداد مجرى الهواء بشكل متكرر في أثناء النوم على الرغم من محاولات التنفس، وكذلك عندما يعود الجزء الخلفي من اللسان إلى الحلق وينقطع تدفق الهواء، وينتج عن هذا الشخير بصوت عالٍ، وتوقّف التنفس في أثناء النوم؛ مما يؤدي إلى التغيير من مرحلة النوم العميق إلى مرحلة النوم الأخف، وقد يحدث في بعض الأحيان نوبات من الاستيقاظ ليلًا أو الشعور بضيق في التنفس، أو اللهاث للحصول على الهواء، في كثير من الحالات يرتبط هذا بضيق أو انسداد مجرى

الهواء العلوي (البلعوم)، ويتراوح اضطراب التنفس من انسداد متقطع وجزئي لمجرى الهواء من دون اضطراب النوم (الشخير) إلى انقطاع التنفس المتكرر المرتبط بنقص تأكسج الدم والاستيقاظ المتكرر؛ مما يؤدي إلى اضطراب النوم والنعاس في أثناء النهار، كما يشير مصطلح "انقطاع التنفس الانسدادي في أثناء النوم إلى انسداد متقطع لمجرى الهواء، بغض النظر عن وجود أعراض في أثناء النهار، وإذا ما ظهرت الأعراض فإن الحالة تُسمى متلازمة توقف التنفس خلال النوم، وتُعرف أيضًا باسم توقف التنفس خلال النوم / متلازمة نقص التنفس، ويشمل اضطراب التنفس في أثناء النوم أيضًا انقطاع التنفس المركزي المرتبط بالنوم، حيث يحدث توقّف التنفس بشكل متكرر دون انسداد في مجرى الهواء والذي يظهر عند البالغين بشكل رئيسي في صورة قصور القلب، إضافة إلى متلازمة نقص التهوية الناتجة عن السمنة التي ينخفض فيها التنفس في أثناء النوم، مع ضيق أو انسداد في مجرى الهواء العلوي أو من دونه.

تُعد متلازمة انقطاع النفس الانسدادي النومي شائعة بصورة كبيرة في البشر، ولا يتم تشخيصها بشكل جيد، ويمكن علاجها، وهي تصيب نسبة بسيطة من الرجال والنساء في منتصف العمر، ويتم تشخيصها على أساس الأعراض (عادة النعاس في أثناء النهار)، إضافة إلى الأدلة الموضوعية على اضطراب التنفس في أثناء النوم، وتتميز الحالة بانسداد متكرر لمجرى الهواء العلوي خلال النوم؛ مما يؤدي إلى توقف التنفس المتكرر مصحوبًا بنقص الأكسجين في الدم، والاستيقاظ من النوم، ويؤدي اضطراب النوم إلى النعاس في أثناء النهار، وعلى المدى الطويل يمكن أن يؤدي إلى ضعف الإدراك، واعتلال القلب والأوعية الدموية، وتختلف الأعراض السريرية والمعايير التشخيصية لاضطراب التنفس خلال النوم بالنسبة للبالغين والأطفال، ويكون انتشار متلازمة انقطاع النفس الانسدادي المرتبطة بالنوم أعلى في مجموعات معينة، لا سيما في الأشخاص الذين يعانون السمنة المفرطة، وفي حالات طبية مختلفة، مثل: متلازمة داون.

يكون الأقارب من الدرجة الأولى للمرضى الذين يعانون متلازمة انقطاع النفس الانسدادي لديهم مخاطر متزايدة للإصابة بهذا الاضطراب، وتُعد المحددات الجينية للسمات القحفية الوجهية، والسمنة، وتوزيع الدهون في المنطقة هي أيضًا ذات صلة

بحدوث الحالة، والأمراض الخِلْقية التي تؤثر في نمو القحف الوجهي، مثل: متلازمة مارفان، ومتلازمة داون، ومتلازمة بيير روبن، تهيئ لحدوث متلازمة توقف التنفس في أثناء النوم، ويرتبط التدخين وتناول المشروبات الكحولية أيضًا بارتفاع معدل انتشار الشخير ومتلازمة انقطاع النفس الانسدادي، ويمكن أن يزيدا من الحالة المرضية لمجرى الهواء العلوي؛ مما يؤدي إلى انقطاع التنفس، ويمكن للأدوية المرضية للعضلات، والحرمان من النوم، ووضعية الاستلقاء أن تؤدي إلى تفاقم متلازمة توقف التنفس، على الرغم من أن درجة تفاقم اضطراب التنفس في أثناء النوم لدى الفرد قد تعتمد على الآلية المرضية السائدة في المريض واستجاباته الفيزيولوجية الجوهرية.

وبمجرد تشخيص متلازمة انقطاع التنفس الانسدادي، فإن علاجها يكون بسيطًا نسبيًا. كما يجب تغيير نمط الحياة، مثل: فقدان الوزن، وتعاطي المشروبات الكحولية، والامتناع عن التدخين، ومع ذلك فإن العلاج الأكثر شيوعًا والأكثر فاعلية لمتلازمة انقطاع التنفس الانسدادي المتوسطة إلى الشديدة هو الضغط الليلي الإيجابي المستمر للمجرى الهوائي (جهاز الضغط الموجي المستمر في مجرى التنفس)، حيث يتم توصيل هذا عادة من خلال مجرى الهواء العلوي باستخدام قناع على الأنف أو الأنف والفم يكون مرتبطًا بخرطوم يولد تدفقًا للهواء بضغط هوائي متواصل وثابت طوال دورة التنفس، وبحجم كافٍ للحفاظ على الجزء العلوي من مجرى الهواء مفتوحًا، ومنعه من الإنغلاق، ومن ثَمَّ فإن ضغط مجرى الهواء الإيجابي يعمل كجبيرة هوائية للمجرى الهوائي العلوي، ولسوء الحظ لا يؤدي الضغط الإيجابي المستمر لمجرى الهواء إلى استعادة أو تصحيح المشكلات التي تؤدي إلى انسداد مجرى الهواء العلوي؛ لذلك فإنه يجب استخدامه كل ليلة للحصول على أعلى تأثير، ويمكن استخدام علاج بديل وهو عبارة عن جهاز إعادة تموضع الفك السفلي، وقد يكون هذا الجهاز مفيدًا أيضًا في المرضى الذين لا يستطيعون استعمال ضغط مجرى الهواء الإيجابي، أو لن يتحملوا، أو يلتزموا به، على الرغم من أنه أقل فعالية بشكل موثوق من ضغط مجرى الهواء الإيجابي المستمر، وتشمل العلاجات المحتملة الأخرى: استئصال اللوزتين عند الاقتضاء، وخاصة عند الأطفال، وإجراء جراحة مجرى الهواء العلوي في حالات استثنائية عند وجود تشوّهات قحفية وجهية كبيرة، وتُعد جراحة السمنة لأولئك الذين يعانون السمنة المفرطة هي المساعد الأساسي في ضغط مجرى الهواء الإيجابي.

اضطرابات النوم المرتبطة بإيقاعات الساعة البيولوجية (Circadian rhythm sleep disorders): تتحكم الساعة البيولوجية الداخلية في دورة النوم والاستيقاظ التي توجد في جسم الإنسان على مدار 24 ساعة، وتُعد اضطرابات النوم المرتبطة بالإيقاعات البيولوجية اليومية مجموعة من اضطرابات النوم التي تشترك جميعها في سمة مشتركة تتمثل في اضطراب توقيت النوم، وتتضمن اضطرابات نوم الإيقاع اليومي إما صعوبة في النوم أو الاستيقاظ عدة مرات في أثناء دورة النوم أو الاستيقاظ مبكرًا جدًا وعدم القدرة على العودة إلى النوم مرة أخرى، وتشمل الأنواع الشائعة لاضطرابات النوم المرتبطة بإيقاعات الساعة البيولوجية ما يأتي:

اضطراب طور النوم المتأخر (Delayed sleep phase disorder): إذا كان الشخص يعاني هذا النوع من اضطرابات النوم، فإنه يذهب للنوم ويستيقظ بعد أكثر من ساعتين، ويُعد ذلك عادةً دورة نوم واستيقاظ عادية. على سبيل المثال: قد لا تتمكن البومة الليلية من النوم حتى الساعة الثانية صباحًا أو بعد ذلك، ولكنها تنام بعد ذلك حتى الساعة الثالثة مساءً، أما بالنسبة لبعض الأشخاص فغالبًا ما يكونون أكثر يقظة وإنتاجية وإبداعًا في وقت متأخر من الليل، وإذا ما اُضطروا إلى الاستيقاظ مبكرًا، فإنهم يشعرون بالنعاس في أثناء النهار، وغالبًا ما ينظر الناس إلى أولئك الأشخاص على أنهم أشخاص كسالى أو غير متحمسين، أو من ذوي الأداء الضعيف، ويتأخرون دائمًا عن مسؤوليات العمل في الصباح، ويكون هذا النوع من اضطرابات النوم أكثر شيوعًا عند المراهقين والشباب، وقد يرتبط هذا النوع من اضطرابات النوم بالعوامل الوراثية في العائلات.

اضطراب طور النوم المتقدم (Advanced sleep phase disorder): إذا كان الشخص يعاني هذا النوع من اضطرابات النوم، فإنه يغفو في وقت مبكر من المساء (6-9 مساءً)، ويستيقظ في الصباح الباكر (من الثانية صباحًا إلى الخامسة صباحًا)، وعادة ما يشكو الشخص المريض الأرق أو الاستيقاظ في الصباح الباكر، ويشعر بالنعاس في وقت متأخر من بعد الظهر، أو في وقت مبكر من المساء، ويكون هذا النوع من اضطرابات النوم أكثر شيوعًا لدى الأشخاص في منتصف العمر، وكبار السن، وقد يرتبط هذا النوع من اضطرابات النوم أيضًا مثل: اضطراب طور النوم المتأخر بالعوامل الوراثية في العائلات.

اضطرابات السفر الطويل (Jet Lag): إذا كان الشخص يعاني هذا النوع من اضطرابات النوم، فقد تتعرض ساعة جسمه الداخلية للاضطراب من وقت السفر الجوي الطويل إلى وجهة تختلف زمنيًا عن المنطقة التي يعيش فيها ذلك الشخص، ويؤدي اضطراب دورة النوم والاستيقاظ تلك إلى صعوبة ضبط الساعة البيولوجية في المنطقة الزمنية الجديدة، ويكون السفر باتجاه الشرق غالبًا أكثر صعوبة من السفر غربًا؛ ويعاني الأشخاص في الأسفار الجوية الطويلة تغيرًا في الشهية، والإرهاق، والتعب العام، والشعور بعدم الراحة، واضطراب المزاج، إضافة إلى حدوث اضطرابات في وظائف الجهاز الهضمي خاصة في المعدة، والأمعاء.

اضطراب نوبات العمل (Shift work disorder): يحدث هذا النوع من اضطرابات النوم في الأشخاص الذين يقومون بتدوير نوبات العمل بشكل متكرر أو العمل في الليل، وتتعارض جداول العمل هذه مع إيقاع الساعة البيولوجية الطبيعي للجسم؛ مما يجعل من الصعب التكيف مع ذلك التغيير الجديد، ويتم تحديد اضطراب العمل بنظام النوبات من خلال نمط ثابت أو متكرر من انقطاع النوم الذي يؤدي إلى الأرق، أو النعاس المفرط، ومن السمات الشائعة لاضطراب العمل بنظام الورديات الشعور بالإرهاق والتعب المستمر، وحدوث اضطرابات في الجهاز الهضمي، والشعور العام بعدم الراحة واضطراب المزاج، إضافة إلى انخفاض الدافع الجنسي، وتشمل المخاطر الصحية الناتجة عن اضطراب نوبات العمل زيادة خطر تعاطي المواد المخدرة، والمشروبات الكحولية، وزيادة الوزن، وارتفاع ضغط الدم، وأمراض القلب وسرطان الثدي، وسرطان بطانة الرحم، ويظهر اضطراب النوم هذا بشكل أكثر شيوعًا عند الأشخاص الذين لديهم نوبات عمل ليلية، أو نوبات في الصباح الباكر.

إيقاع النوم والاستيقاظ غير المنتظم (Irregular sleep-wake rhythm): يتميز هذا النوع من اضطرابات النوم بأن له دورة نوم ويقظة غير محددة، ويمكن للشخص الذي يعاني هذا النوع من اضطرابات النوم أن يأخذ عدة قيلولات خلال 24 ساعة، وتشمل الأعراض: الأرق المستمر (أو المزمن)، والنعاس المفرط أو كليهما. يُلاحظ حدوث هذا النوع من الاضطراب بشكل أكثر شيوعًا عند الأشخاص المصابين بحالات عصبية مثل: خرف الشيخوخة، وفي المقيمين في دور رعاية المسنين ، والأطفال ذوي الإعاقات الذهنية الذين يعانون إصابات رضحية في الدماغ.

متلازمة النوم والاستيقاظ دون إيقاع 24 ساعة (Non-24-hour sleep-wake syndrome): يحافظ الشخص الذي يعاني هذا النوع من اضطرابات النوم على نفس مدة النوم ووقت الاستيقاظ، إلا أن الساعة البيولوجية الداخلية" تكون أطول من 24 ساعة، وعندما يكون هذا هو الحال تتغير دورة النوم والاستيقاظ الفعلية كل يوم ويتأخر الوقت من ساعة إلى ساعتين كل يوم، ويحدث هذا الاضطراب بشكل شائع عند الأشخاص فاقدي البصر، وتشمل أعراض اضطرابات النوم المتعلقة بإيقاعات الساعة البيولوجية حدوث الأرق (صعوبة النوم، أو الاستمرار في النوم)، وقلة النوم، والنعاس المفرط في أثناء النهار، وصعوبة الاستيقاظ في الصباح، إضافة إلى التوتر، والشعور بالكآبة، وتوتر واضطراب العلاقات الاجتماعية، وضعف الأداء في العمل، وعدم القدرة على الوفاء بالالتزامات الاجتماعية، وقد يكون تشخيص اضطرابات النوم المتعلقة بإيقاع الساعة البيولوجية أمرًا صعبًا وغالبًا ما يتطلب استشارة اختصاصي النوم، وغالبًا ما يستخدم الاختصاصي مذكرات النوم الخاصة بالمريض جنبًا إلى جنب مع جهاز يشبه ساعة المعصم يسجل نشاط النوم والاستيقاظ على مدار أيام إلى أسابيع، ويعطي معلومات في صورة رسم بياني، وفي بعض الأحيان قد تكون هناك حاجة لدراسات النوم خلال الليل والنهار. وتصمم دراسات النوم لمعالجة نمط نوم الفرد، ويُعد قياس درجة حرارة الجسم ومستويات الميلاتونين من الاختبارات المفيدة الأخرى، كما تعتمد إستراتيجيات العلاج على نوع اضطراب النوم الذي يعانيه المريض، ودرجة تأثيره على نوعية حياته، وتختلف الخيارات العلاجية لاضطرابات نوم الساعة البيولوجية بناءً على نوع الاضطراب، ودرجة تأثيره على نوعية حياة الشخص المريض، وتشمل خيارات العلاج ما يأتي:

العلاج السلوكي وتعديل نمط الحياة: يشجع هذا النهج على إجراء تغييرات لتحسين النوم وتطوير عادات نوم جيدة، وتشمل عادات النوم الجيدة الحفاظ على أوقات نوم واستيقاظ منتظمة (حتى في عطلات نهاية الأسبوع، والعطلات الأخرى)، وتجنّب القيلولة مع استثناء عمال المناوبات، وتطوير روتين منتظم للتمارين الرياضية مع تجنّب التمارين عالية الكثافة، وتجنب تعاطي المشروبات الكحولية والتدخين والنيكوتين، إضافة إلى استخدام أنشطة التحفيز خلال عدة ساعات من وقت النوم.

العلاج بالضوء الساطع: يُستخدم العلاج بالضوء الساطع لتحسين النوم أو تأخيره، ويُعد توقيت هذا العلاج أمرًا بالغ الأهمية، ويتطلب توجيهًا من اختصاصي النوم. يعمل العلاج بالضوء الساطع عن طريق إعادة ضبط الساعة البيولوجية اليومية؛ لتكون أكثر تزامنًا مع دورة الكرة الأرضية للضوء، والظلام، ويتطلب العلاج استخدام ضوء عالي الشدة، وتختلف مدة وتوقيت التعرّض للضوء من ساعة إلى ساعتين، وقد يساعد التعرّض للضوء الساطع في الصباح إذا كان الشخص يعاني اضطراب النوم المتأخر، ويجب أيضًا تقليل التعرّض للضوء في المساء وخلال الليل عن طريق تقليل الإضاءة الداخلية، والابتعاد عن ضوء التلفاز وشاشات الكمبيوتر.

العلاج بالعقاقير الدوائية: يمكن استخدام الأدوية مثل: الميلاتونين، وعوامل تعزيز الاستيقاظ مثل : الكافيين ، والوسائل المساعدة على النوم قصيرة المدى للحفاظ على دورة النوم والاستيقاظ من أجل تحقيق الجدول المطلوب للنوم، ويُستخدم عقار تاسيملتيون (Tasimelteon) لعلاج اضطراب النوم والاستيقاظ على مدار 24 ساعة.

العلاج الزمني: يستخدم العلاج الزمني (Chronotherapy) نهجًا لتقديم تدريجي أو تأخير (ثلاث ساعات كل يومين) وقت النوم اعتمادًا على نوع الاضطراب وشدته، ويتطلب هذا النوع من العلاج التزامًا راسخًا من جانب المريض، حيث قد يستغرق الأمر أسابيع لتحويل دورة النوم والاستيقاظ بنجاح، وبمجرد تحقيق الوصول إلى الجدول المطلوب للنوم فإنه يجب على المريض الحفاظ على جدول النوم والاستيقاظ بصورة منتظمة.

خطل النوم (Parasomnia): خطل النوم هي اضطرابات غير مرغوب فيها أو ظواهر ذاتية تحدث إما في أثناء الدخول في النوم أو الاستيقاظ أو في أثناء النوم نفسه، وتشمل هذه الظواهر تنشيط الجهاز العصبي اللاإرادي، أو الحركات غير الطبيعية، أو الأحلام، أو العواطف، أو السلوكيات. لا تظهر عادةً أي أعراض غير طبيعية سريرية واضحة أثناء الاستيقاظ، وتم تحديد عدد قليل من الظواهر الفيزيولوجية المرضية التي توضح خطل النوم، ويتم تصنيفها على أنها اضطرابات في الإثارة (في أثناء حركة العين غير السريعة)، أو على أنها الخطل المرتبط بالنوم وحركة العين السريعة وغيرها من ظواهر خطل النوم، ويُعد الذعر الذي يحدث في أثناء

النوم، والسير في أثناء النوم، والإثارة، والتشوش الذهني هي عبارة عن خطل النوم المرتبط بحركة العين غير السريعة. وتحدث جميعها عادةً في الثلث الأول من الليل، وتنتشر في مرحلة الطفولة، وتنخفض عادةً مع تقدّم العمر، ويشمل خطل النوم المرتبط بحركة العين السريعة: اضطراب سلوكيات النوم، وشلل النوم المتكرر، والكوابيس المزعجة، واضطراب سلوك النوم المرتبط بحركة العين السريعة نتيجة استمرار توتر العضلات في أثناء حركة العين السريعة، وقد تحدث حركات جسدية تسبب الأذى خلال حدوث الأحلام، ويشيع اضطراب سلوك النوم المرتبط بحركة العين السريعة في المرضى الذين تزيد أعمارهم عن 50 عامًا، ويؤثر بشكل رئيسي في الذكور، وغالبًا ما يرتبط بالاضطرابات العصبية، وقد يسبق ظهور أمراض مثل: مرض باركنسون، أو ضمور الأجهزة المتعدد، أو خرَف أجسام ليوي (Lewy body dementia). في المرضى صغيري السن يشيع اضطراب سلوك النوم المرتبط بحركة العين السريعة، ويؤثر في الذكور والإناث على حد سواء. وغالبًا ما يكون مجهول السبب، أو مرتبطًا بتعاطي المخدرات، أو استخدام مضادات الاكتئاب، أو أمراض المناعة الذاتية، ونادرًا ما يشكو المرضى اضطراب سلوك النوم المرتبط بحركة العين السريعة، وحدوث الأعراض في النهار، ويُنصح بعمل مخطاط النوم لتقييم خطل النوم المرتبط بحركة العين السريعة لأن المرضى الذين يعانون انقطاع النفس الانسدادي المرتبط بالنوم، أو الاضطرابات العصبية الأخرى التي تسبب التقطع المتكرر للنوم، قد يعانون أعراضًا تحاكي اضطراب سلوك النوم المرتبط بحركة العين السريعة. وسُيظهِر مخطاط النوم في المرضى الذين يعانون اضطراب سلوك النوم المرتبط بحركة العين السريعة أن هذه الأعراض تحدث في أثناء نوم حركة العين السريعة، وليست نتيجة استثارة تحدث خلال النوم، وتتميز اضطرابات الكوابيس بنوبات متكررة من الاستيقاظ من النوم مع أحلام مزعجة بشكل مكثف، وعادة ما تكون مصحوبة بمشاعر مزعجة مثل: الخوف، أو القلق، أو الغضب، مع اليقظة الكاملة عند الاستيقاظ، والتذكر الفوري والواضح للأحلام، وتكون شائعة في مرحلتي الطفولة والبلوغ، وغالبًا ما تؤدي إلى حالات من التوتر العصبي الحاد التي تعقب حركة اصطدام الجسم.

يعتمد علاج خطل النوم المزعج وتحسين الحالة بصورة ناجحة على التشخيص الدقيق. وتُعد معالجة قضايا الأمان، والطمأنينة النفسية، والتثقيف الصحي مهمة في إدارة خطل النوم، ويحتاج المريض وعائلته إلى الحفاظ على غرفة نوم آمنة، وأن يكون

النوم في الطابق الأرضي من المنزل، وإذا أمكن غلق النوافذ، وتغطيتها بالستائر الثقيلة، ويجب تحذير المريض لتجنّب مسببات خطل النوم، بما في ذلك الإجهاد غير العادي، والحرمان من النوم، وتجنب تناول المشروبات الروحية مثل: الكحوليات (مما يزيد من نوم الموجة البطيئة وقد يؤدي إلى مزيد من اضطرابات النوم مثل: المشي في أثناء النوم)، إضافة إلى المشروبات التي تحتوي على الكافيين. غالبًا ما تكون الاحتياطات السلوكية والسلامة كافية للحالات الأقل شدة، ومع ذلك عندما تكون الأعراض شديدة أو تؤدي إلى حدوث الإصابات الجسدية، فإنه يُنصح باستخدام العلاج الدوائي، ويعتمد العلاج الدوائي بشكل أساسي على استخدام مركبات البنزوديازيبينات (benzodiazepines)، مثل: كلونازيبام (clonazepam) وديازيبام (diazepam)، وألبرازولام (alprazolam)، قد تشمل خيارات العلاج الأخرى استخدام مضادات الاكتئاب ثلاثية الحلقات، خاصة في حالات الذعر التي تحدث خلال النوم.

فرط النوم (Hypersomnia): هو اضطراب عصبي ناتج عن زيادة مفرطة في النوم أو النعاس المفرط، ويمكن أن يكون لفرط النوم عديد من الأسباب المحتملة (مثل: الاضطراب العاطفي الموسمي). ويمكن أن يسبب فرط النوم القلق والضيق ومشكلات في أداء الأعمال للأشخاص المصابين بهذا النوع من المرض، وطبقًا للدليل التشخيصي للاضطرابات العقلية يندرج فرط النوم الذي يوجد منه عدة أنواع فرعية تحت عنوان اضطرابات النوم والاستيقاظ، ويُعتبر فرط النوم حالة مرضية تتميز بقلة الانتباه في أثناء فترات اليقظة من اليوم، ولا يجب الخلط بينه وبين التعب والإرهاق فهو حالة فيزيولوجية طبيعية، ويحدث النعاس في أثناء النهار بشكل أكثر شيوعًا في المواقف التي تتطلب قليلًا من التفاعل، وتكون مستويات انتباه المرضى وتيقظهم ضعيفة، وقد تتأثر جودة حياتهم أيضًا، وهذا ينطبق بشكل خاص على الأشخاص الذين تتطلب وظائفهم مستويات عالية من التنبه، وفي الواقع يمكن أن يتسبب نقص الانتباه في إلحاق الأذى بالنفس أو بالآخرين؛ مما يجعل هذا النوع من الاضطرابات مشكلة صحية عامة حقيقية.

يتمثل العرض الرئيسي لفرط النوم في: النعاس المفرط خلال النهار، أو النوم الليلي المطول والذي يجب أن يحدث لمدة ثلاثة أشهر على الأقل قبل تشخيص الحالة. سُكْر النوم (Sleep drunkenness) هو أيضًا عَرَض موجود لدى مرضى فرط النوم، وهي حالة يجد فيها المرضى صعوبة في الانتقال من النوم إلى الاستيقاظ. ويفيد

المرضى الذين يعانون سُكْر النوم بأن الاستيقاظ من النوم يكون مصحوبًا بالارتباك، والتشوش، والبطء، والعودة المتكررة للنوم، وقد تظهر حالة سكر النوم أيضًا في الأشخاص الذين لا يعانون فرط النوم، على سبيل المثال: بعد قضاء ليلة من النوم غير الكافي، ويمكن أن يسبب الإرهاق والتعب وتناول المشروبات الكحولية أو العقاقير المنومة سُكْر النوم أيضًا، وترتبط حالة سُكْر النوم بالتهيج، فالأشخاص الذين يغضبون قبل النوم بفترة قصيرة يميلون إلى الشعور بالسُّكْر في أثناء النوم، وغالبًا ما يأخذ مرضى فرط النوم نوبات طويلة من الإغفاءات خلال النهار تكون في الغالب غير منعشة، ولا تعيد إليهم الانتباه بدرجة عالية، وقد وجد الباحثون أن نوبات الإغفاء عادة ما تكون أكثر تكرارًا وأطول في المرضى عن الأشخاص الأصحاء. علاوة على ذلك يفيد معظم المرضى أن الإغفاءات القصيرة لا تكون منعشة مقارنة بالأصحاء. ويجب قياس شدة النعاس في أثناء النهار من خلال المقاييس الذاتية مثل: مقياس إيبورث للنعاس (Epworth sleepines scale)، والاختبارات الموضوعية مثل: اختبار كمون النوم المتعدد.. بعد التأكد من وجود النوم المفرط في أثناء النهار يجب إجراء فحص طبي كامل وتقييم كامل للاضطرابات المحتملة في التشخيص التفريقي، ويمكن أن يكون فرط النوم أساسيًا من أصل مركزي دماغي، أو يمكن أن يكون ثانويًا نتيجة لأي من الحالات المرضية العديدة، ويمكن أن يوجد أكثر من نوع من فرط النوم في مريض واحد، وعندما لا تفيد العلاجات المحددة لحالة النعاس المفرط في أثناء النهار تمامًا، فإنه يجب البحث عن أسباب أخرى إضافية لفرط النوم، على سبيل المثال: إذا كان المريض يعاني انقطاع التنفس في أثناء النوم، فإنه يجب أن يُعالج بضغط مجرى الهواء الإيجابي المستمر والذي يحل مشكلة انقطاع التنفس، ومن الضروري البحث عن أسباب أخرى للنعاس المفرط خلال النهار، وعلى الرغم من عدم وجود علاج محدد لفرط النوم المزمن، فإن هناك عديدًا من العلاجات التي قد تحسِّن من نوعية حياة المرضى اعتمادًا على السبب، أو الأسباب المحددة لفرط النوم، ونظرًا لأن أسباب فرط النوم غير معروفة، فإنه من الممكن فقط علاج الأعراض، وليس السبب المباشر للمشكلة؛ لذلك يجب مناقشة العلاجات السلوكية مع المريض والتوصية بها، وهناك عديد من العقاقير الدوائية التي يتم وصفها للمرضى الذين يعانون فرط النوم، ولكن أغلبها ليس فعَّالًا، ويؤكد الإحصائيون أن عقار مودافينيل (Modafinil) يُعد أكثر العقاقير فعّالية ضد النعاس المفرط، كما ثبت أنه مفيد للأطفال الذين يعانون

فرط النوم أيضًا. بشكل عام يجب أن يذهب المرضى الذين يعانون فرط النوم للنوم فقط، ويجب القيام بجميع الأنشطة الأخرى مثل: تناول الطعام، أو مشاهدة التلفاز في مكان آخر غير جحرة النوم، وبالنسبة لهؤلاء المرضى فإنه من المهم أيضًا الذهاب إلى الفراش فقط عند الشعور بالتعب، بدلاً من محاولة النوم لساعات طويلة.

اضطرابات الحركة المرتبطة بالنوم (Sleep-related movement disorders): تشكّل الحركات اللاإرادية نسبة كبيرة من عديد من الأسباب لاضطرابات النوم، وعلى الرغم من صعوبة تشخيصها، فإنه يجب التعرّف عليها وتحديدها؛ لأنها قد تكون علامات تحذيرية لحالات خطيرة مثل: مرض باركنسون، ومرض ألزهايمر، واضطرابات المناعة الذاتية، والجهاز العصبي، والكبد، أو الفشل الكلوي. تتضمن اضطرابات الحركة المرتبطة بالنوم متلازمة تململ الساقين، واضطراب حركة الأطراف الدورية التي تظهر بشكل شائع على هيئة حركات ساق دورية في أثناء النوم، وتشنجات الساق المرتبطة بالنوم، وصرير الأسنان المرتبط بالنوم، واضطراب الحركة الإيقاعي المرتبط بالنوم، واضطرابات الحركة الأخرى التي تحدث في أثناء النوم، وتتميّز اضطرابات الحركة المرتبطة بالنوم بحركات بسيطة متكررة تعكر النوم أو بداية حدوثه. وأكثر هذه الاضطرابات شيوعًا هي متلازمة تململ الساق، واضطراب حركة الأطراف الدورية.

متلازمة تململ الساق: هي حالة يعانيها الشخص المصاب بسبب دوافع قوية وأحيانًا لا تقاوم لتحريك أطرافه، وغالبًا ما تحدث في أثناء المساء عندما يكون الشخص غير نشط، وتجعل الرغبة الشديدة في الحركة أو تخفيف هذه الدوافع من الصعب النوم أو العودة إلى النوم بعد الاستيقاظ في أثناء الليل، وتحدث متلازمة تململ الساق (Restless leg syndrome) فقط عندما يكون الشخص مستيقظًا أو على وشك النوم، إلا أن معظم المصابين بمتلازمة تململ الساق يعانون أيضًا اضطراب حركة الأطراف الدورية، وعادة ما يتم تخفيف أعراض متلازمة تململ الساق عن طريق تحريك الأطراف، ويمكن التعرّف على متلازمة تململ الساق باستخدام المعايير التشخيصية للمرض، حيث يكون لدى المرضى رغبة في تحريك الأطراف مثل: الذراعين، أو الساقين، وذلك بسبب الإحساس بعدم الراحة، وتكون الحالة أسوأ في أثناء فترة الراحة، وتتحسن عن طريق الحركة، وتوضح اضطرابات الحركة المرتبطة

بالنوم نمط الساعة البيولوجية مع ظهور أعراض الذروة في المساء، ويمكن تشخيص الحالة من خلال التاريخ العائلي للمرض، أو بواسطة مخطط النوم لحركات الأطراف الدورية خلال النوم أو الاستيقاظ، وتشير الأبحاث الحديثة إلى أنه من بين أسباب تلك الحالة انخفاض مخزون الحديد، وتعطيل نظام الدوبامين، ولهذا السبب فإنه يجب أن يشمل التقييم قياس مستويات الحديد، ومعالجة نقصه.

اضطراب حركة الأطراف الدورية: يتميز اضطراب حركة الأطراف الدورية بحركات نمطية متكررة للساق تحدث في أثناء النوم، وتؤدي إلى اضطراب النوم، أو التعب خلال النهار، وعلى عكس متلازمة تململ الساق، تحدث الأعراض في أثناء الاستيقاظ، وعادة ما يكون المرضى غير مدركين لحركات الساق أو اضطراب النوم، وقد يشير اضطراب متلازمة تململ الساق واضطراب حركة الأطراف الدورية إلى انخفاض مستويات الدوبامين؛ نظرًا لأنهما مرتبطان بالتغيرات في نظام الدوبامين.

تقلصات الساق المرتبطة بالنوم: تتضمن تشنجات الساق المرتبطة بالنوم تقلصات عضلية مفاجئة وغير إرادية تستمر من بضع ثوانٍ إلى عدة دقائق، يمكن أن تجعل هذه التشنجات الشخص المصاب يعاني صعوبة في النوم، أو تجعله يستيقظ في منتصف الليل، وقد تحدث تقلصات الساق المرتبطة بالنوم، بسبب إجهاد العضلات أو مشكلات في الأعصاب، أو الحالات المرضية الأخرى، وتشمل الأنشطة النهارية التي تزيد من خطر الإصابة بتشنجات الساق الوقوف لفترات طويلة، وممارسة التمارين الرياضية المكثفة، وغالبًا ما يتم تخفيف تشنجات الساق المرتبطة بالنوم عن طريق التمدد، أو التدليك، أو تسخين العضلات المصابة، وقد تشير تقلصات الساق إلى نقص الكالسيوم، أو المغنيزيوم، أو قد تكون علامة على ضَعْف الدورة الدموية في الساقين بالحالات الأكثر خطورة.

صرير الأسنان المرتبط بالنوم: هو اضطراب حركي مرتبط بالنوم، حيث يقوم الشخص بالجز على الأسنان، وطحنها خلال النوم، ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تآكل وألم بالأسنان، أو الفك، والصداع بمرور الوقت، ويُعد تشخيص اضطرابات الحركة المرتبطة بالنوم أمرًا معقدًا، ويتضمن أخذ تاريخ شامل من المريض، ومعرفة الأدوية التي يتعاطاها، والظروف المعيشية، والتاريخ العائلي، ويمكن استخدام مخطاط النوم، أو عمل مزيد من الاختبارات الخاصة لتشخيص الحالة المرضية.

الفصل الثامن

الساعة البيولوجية وتأثيرها على العاملين بنظام النوبات

كثيرًا ما تضطر بعض المؤسسات الإنتاجية وبعض قطاعات العمل الأخرى إلى الاستمرار بالعمل لساعات طويلة؛ مما جعل الإنسان يلجأ إلى العمل ليلًا ونهارًا في مناوبات عمل نهارية وليلية، ولم يكن العمل الليلي موجودًا سابقًا إلا لظروف أمنية أو اقتصادية كحراسة القلاع، أو أسوار المدن؛ خوفًا من هجوم الأعداء ليلاً، إلا أننا نلاحظ أن مجال هذا النوع من العمل قد اتسع خاصة في المجتمع الصناعي الحديث بعد التطور التكنولوجي، ونتيجة لمتطلبات الحياة العصرية التي تقتضي العمل والإنتاج المتواصل ليل نهار من دون انقطاع، وقد قام كثير من الباحثين بدراسة طبيعة نظام العمل بالمناوبات الدورية في العمل، وإبراز الانعكاسات السلبية لهذا النظام، وذلك لتقديم الحلول والاقتراحات للتخفيف من تلك الآثار السلبية، والوصول إلى تحقيق نوع من التوافق والرضا عن هذا النوع من العمل، ولعل الاهتمام بالاقتصاد من الأسباب الرئيسية التي تفرض على المؤسسات العمل ليلًا، فنجد بعض المؤسسات والمصانع لا تحقق كفاية إنتاجية إلا إذا تواصل بها العمل ليلًا ونهارًا، وتفرض هذه الحقيقة على القائمين على شؤون المؤسسات الاقتصادية والصناعية تبني إستراتيجية علمية جديدة، وشاملة ترتكز على مفهوم الإنسان باعتباره الفاعل والمحرّك الاجتماعي القادر على تحقيق الأهداف، والوصول إلى أرقى مستويات الانسجام المادي والمعنوي مع متطلبات المجتمع.

فبعد أن كان الإنسان يعيش على نمط حياة زراعية بسيطة حيث كان يعتمد هذا النمط على بعض المؤشرات الطبيعية كشروق الشمس، وغروبها، سواء تعلق الأمر ببداية أو نهاية عمله، أو غيرها من الأنشطة المختلفة، مثل: أوقات تناول الوجبات الغذائية، والنوم، والاستيقاظ ...إلخ، ليصبح بعد ذلك مقيدًا بنظام زمني يفرض عليه اتباع وتيرة غالبًا ما تخالف نظام الحياة التقليدية الطبيعية التي تعوّد عليها منذ آلاف

السنين، وقد دعت الحاجة الاقتصادية في هذا الإطار إلى تبني كثير من المؤسسات والوحدات الإنتاجية المختلفة ما يُسمى بنظام العمل بالدوريات، حتى أصبح نظام العمل بالدوريات يحظى باهتمام متزايد في مختلف الدول، سواء على المستوى الحكومي، أو على مستوى القطاع الخاص، على أساس الاعتبارات التقنية، والاقتصادية، والنفسية، والاجتماعية للعمال، وقد كانت دوريات العمل بمثابة نظام تقليدي بالنسبة لبعض أصحاب المهن كعمال المخابز، والأطباء، والممرضين، والبحارة، ومع ذلك كانت نسبة العمال بالدوريات منخفضة جداً إلى وقت غير بعيد، ويرجع عهد هذا النظام في بريطانيا إلى الأزمة الناتجة عن نقص الذخيرة الحربية سنة 1915م، حيث تم تمديد ساعات العمل لتصبح (14-15) ساعة يوميًا؛ مما أدى إلى كثرة التغيب عن العمل، ونقص الإنتاج، وكثرة وقوع الحوادث، كما أدى التطور الاقتصادي والاجتماعي والحاجة إلى زيادة مستوى الإنتاج إلى زيادة أوقات العمل.

ومن المعروف أن للجسم الإنساني إيقاعًا بيولوجيًا طبيعيًا يرتبط بتكوينه، ويتناغم بصورة معينة مع ساعات النهار، والليل، ومن ثَمَّ فإنه لابد من وجود ساعات للعمل وساعات أخرى للنوم، والراحة، إذ إن العمليات الحيوية بالجسم تكون في قمتها في أوقات معينة من اليوم، وتختلف مستوياتها خلال فترات النهار، والليل. وعلى ذلك فقد يشعر بعض الناس بالنشاط في أول النهار، ويشعر بعضهم الآخر بهذه الحالة في بداية الليل أو في فترة الظهيرة على سبيل المثال، وهكذا فإن هذا التناغم يرتبط بطريقة ما مع الطبيعة، ويرتبط ذلك أيضًا بنظام المجتمع الذي يعيش فيه الإنسان، والبعد الاجتماعي للحياة، وقد يؤدي خروج الإنسان عن المألوف في الطبيعة إلى حدوث الإرهاق والإجهاد الذي ينعكس على الإنسان في الناحيتين البدنية والنفسية، وقد يسبب نظام العمل بالمناوبات أو التغير المفاجئ في أوقات العمل في بعض المهن مثل: الأطباء، والممرضات، ورجال الشرطة، والعاملين في المصانع إلى حدوث نوع من الضغط النفسي يؤثر في حياتهم تأثيرًا واضحًا، وقد أظهرت الدراسات والأبحاث التي قام العلماء بإجرائها على العاملين في نظام المناوبات أن حالات الإجهاد والضغط النفسي، والعصبي، تقل كلما كان العمل متسقًا ومتناغمًا مع الإيقاع الطبيعي للحياة، وعلى ذلك، فقد تتسبب ساعات العمل الطويلة في حدوث اضطراب في إيقاع الحياة عند الإنسان، حيث تضطرب ساعات راحته وممارسة هواياته، إضافة إلى أنها تتسبب في حدوث الإجهاد الذي يؤدي إلى حدوث اضطرابات فيزيولوجية وعواقب غير مرغوب فيها.

وقد صار العمل الليلي من النواحي الاجتماعية والاقتصادية والأمنية من الضروريات التي يتطلبها العصر الحالي، ولكن هناك انعكاسات أو آثار سلبية يمكن أن يخلفها هذا العمل على صحة العاملين؛ لذا فقد قام عديد من الباحثين بإجراء دراسات عن تأثير العمل الليلي على صحة الإنسان وسلامته البدنية، والنفسية.

وقد انصبت الأبحاث على اتجاهات العمال نحو نظام العمل بالدوريات، وتفضيل العمال لهذا النظام، حيث وجد الباحثون في إحدى الدراسات أن النسبة الكبيرة من العمال يفضلون العمل الدائم خلال النهار، وأن نسبة بسيطة منهم يفضلون العمل بالدوريات المتناوبة، في حين أن بعضهم يفضلون العمل بالدوريات الليلية الدائمة، وتمكن الباحثون من معرفة أسباب هذا التفضيل لدى هؤلاء العمال، وهو علاقاتهم مع أفراد المجتمع الذي يعيشون فيه، ويذكر الباحثون أن العمل الليلي يشكل مصدر خطر صحي على العاملين، يشمل ازدياد حالات العقم، وحدوث الأرق، كما يصاحبه نقص في قدرة الإنسان على إنجاز العمل بشكل كامل، نظرًا لقلة الانتباه؛ مما يؤدي إلى نقص في معدّل الإنتاج وزيادة معدل وقوع الحوادث. وفي تلك الحالة فإن الإنسان الكائن الوحيد الذي يعمل في الوقت الذي تخلد فيه الكائنات الأخرى إلى النوم، ثم يحاول أن ينام في الوقت الذي يبلغ فيه استيقاظه الغريزي ذروته، ويؤدي مثل هذا السلوك إلى حدوث اضطراب في النظام الطبيعي لساعته البيولوجية، ويشير القرآن الكريم الى الإعجاز الطبي في سر قيام الإنسان بالسعي والعمل نهارًا والخلود إلى النوم والراحة ليلًا في قوله تعالى" {وَجَعَلْنَا اللَّيْلَ لِبَاساً (10) وَجَعَلْنَا النَّهَارَ مَعَاشاً} سورة النبأ، آية (10)، إذ إن كل قوانين الطب ومعادلاته تمنع الإنسان من الاستمرار في العمل الليلي بصورة دائمة، وتفرض وجوب المناوبة على الأعمال بصورة دورية بين الليل والنهار، كما أن الاستمرار في العمل ليلًا والنوم نهارًا يشتمل على عديد من المخاطر والأضرار البالغة على أجهزة الجسم كافة وخاصة الجهاز العصبي، فهو الجهاز القادر على إعادة الحيوية والفاعلية العضوية للمخ للقيام بوظائفه خير قيام.

وتؤكد الأبحاث الطبية المعاصرة أن العمل الليلي يجعل الجهاز العصبي في حالة من التوتر الحاد، حتى وإن نام صاحبه في فترة النهار بصورة كافية. إضافة إلى أن عدم التعرّض لضوء الشمس في النهار للنوم في غرفة مظلمة يعرض الإنسان لمخاطر الإصابة بالاضطرابات الحركية مثل: تكلس العظام، وضعفها؛ نتيجة نقص مستوى فيتامين D الذي يتكون في الجسم بعد التعرّض لأشعة الشمس، ويؤدي استمرار النوم

نهارًا إلى تعرض الجسم للضعف، والأمراض، وحدوث الاضطرابات العصبية، ويُعد الظلام من أهم العناصر التي تحتاج إليها الخلايا العصبية في أثناء النوم حيث إن النوم العميق الذي لابد منه لراحة الأعصاب لا يحدث إلا مع هدوء الليل وظلمته، وهنا نقف خاشعين أمام عظمة الله سبحانه وتعالى في تعاقب الليل والنهار، وسعي الإنسان نهارًا وخلوده إلى الراحة والنوم ليلًا، إذ يقول الله تعالى في سورة يونس: "هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ اللَّيْلَ لِتَسْكُنُوا فِيهِ وَالنَّهَارَ مُبْصِراً إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَسْمَعُونَ (67)".

وقد أوضح الباحثون أن الانعكاسات السلبية الناجمة عن العمل الليلي مثل: ازدياد حالات العقم، وحدوث الأرق، ونقص أداء الإنسان ويقظته تؤدي إلى نقص معدل الإنتاج، وزيادة الحوادث؛ وذلك نتيجة اضطراب الساعة البيولوجية لدى العمال؛ مما يسبب التعب والإعياء، ونستنتج من كل هذا أن للعمل الليلي آثارًا سلبية على الجهاز العصبي للعاملين في المناوبات الليلية، حيث يعانون حالات من التوتر الحاد، وعدم القدرة على الاسترخاء الضروري لراحة الجسم؛ مما يؤدي إلى تعرّض الجسم للإصابة بالأمراض المختلفة.

تأثير تغيير نوبات العمل على الجهاز التنفسي

ينخفض معدّل التنفس خلال فترة النوم، بينما يزداد خلال فترة النشاط خلال النهار، لذلك فإن التغيرات المصاحبة للنظام الدوري اليومي لوظائف التنفس لها علاقة وطيدة بنظامي الراحة والنشاط، أو بحالتي النوم واليقظة، وتوضح تلك الدراسات طبيعة العلاقة بين حجم التنفس والنظام الدوري اليومي لجسم الإنسان، حيث إن جسم الإنسان يكون خلال فترة النهار في حالة من النشاط فيزداد معدل التنفس، بينما يكون في فترة الليل في حالة من الراحة والسكون، فينخفض معدل التنفس، ويُستنتج من ذلك أن التغيرات المصاحبة للنظام الدوري لوظائف التنفس لها علاقة وطيدة بنظامي الراحة والنشاط، أو النوم واليقظة.

تأثير تغيير نوبات العمل على الجهاز الهضمي

ينعكس سوء التكيف النفسي والفيزيولوجي الناتج عن العمل بالدوريات الليلية على الناحية الصحية للعامل، ويظهر هذا بوضوح في صورة حدوث اضطرابات

هضمية، حيث يجعل العامل بالدوريات يتناول وجبات غير صحية، وفي غير مواعيدها، أي: في وقت يكون فيه الجهاز الهضمي في حالة استرخاء وغير مستعد للقيام بعملية الهضم، كما يلجأ العامل لتناول المنشطات مثل: القهوة، والشاي للإبقاء على مستوى اليقظة في أثناء العمل، ومن جهة أخرى فإن تناول المهدئات أو الأدوية المنومة في محاولة للحصول على قسط من النوم تعمل على حدوث عسر في عملية الهضم، ومن ثَمَّ فإن الاضطرابات الهضمية التي تظهر لدى عمال الدوريات ترجع أساسًا إلى تغير الإيقاع اليومي في إفراز الغدد الهضمية من جهة، وفقدان الشهية من جهة أخرى، وتؤثر طبيعة الوجبات وعادات الأكل غير الصحية في الإيقاع اليومي للعامل؛ مما يجعله يواجه صعوبات كبيرة في التخطيط لأوقات الوجبات العادية، فتقل عدد الوجبات التي يتناولها خلال اليوم، ويتم ذلك بوجه خاص بالنسبة لوجبتي الإفطار والغداء إذ إنه كثيرًا ما يضطر إلى الاستغناء عن إحدى الوجبتين على الأقل لمواصلة نومه، كما أنه كثيرًا ما يتم استبدال الوجبات العادية بوجبات سريعة نادرًا ما تكون صحية، إضافة إلى أن هناك مَنْ يجد نفسه مجبرًا على تناول عدد كبير من الوجبات الزائدة؛ مما يخلق ضغطًا زائدًا على الجهاز الهضمي، الأمر الذي قد يتسبب في حدوث السمنة، ويضيف الباحثون كذلك أنه على الرغم من انخفاض تناول الوجبات في كثير من الحالات لدى عمال الدوريات بصفة عامة، فإنه قد ارتفع في حالات كثيرة أخرى ليصل إلى أربع وجبات، كما هو الحال بالنسبة للعمال في مصانع النسيج، حيث يتناول أكثر من نصفهم أربع وجبات في أثناء دورية الليل.

تأثير تغيير نوبات العمل على الجهاز البولي

من المعتاد أن ينام الفرد لمدة ثماني ساعات متصلة من دون انقطاع، ومع عدم الشعور بالحاجة إلى التبول، ويرى العلماء أن السبب وراء عدم الشعور بالحاجة للتبول ليلًا لا يعود فقط لعدم تناول السوائل، وإنما يمكن أن تكون له أسباب داخلية أخرى، حيث وجد الباحثون أن تغير الحاجة إلى التبوّل خلال فترات الليل والنهار وتدفق البول من جسم الإنسان يمكن أن يرجع إلى عملية نظام دوري داخلي خاص بجسم الإنسان، كما أن التبول ليس عملًا فيزيولوجيًا مستقلًا، وإنما هو تابع أو ناتج عن العمليات الفيزيولوجية الأخرى مثل: الامتصاص الأنبوبي، وامتصاص مختلف أنواع الأيونات

في الكلى، والإفرازت الهرمونية من الغدة النخامية، وغيرها من الهرمونات، إضافة إلى الهرمون المضاد لإدرار البول (Antidiuretic hormone). حيث إن معدل إفرازه خلال النهار، يكون أعلى منه عن الليل، كما أن بقية المكونات الأخرى للبول تتبع نظامًا دوريًا حسب الليل والنهار، فعلى سبيل المثال: فإن تدفق الكرياتينين والصوديوم والبوتاسيوم في البول كلها تسير على هذا النسق، وأن أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلورايد تُكوِّن نسبة كبيرة في المحتوى الأسموزي للبول، وتلعب دورًا كبيرًا في سيلان وتدفق البول، وتُفرز كل هذه المحتويات بنسب ضئيلة خلال الليل، وترتفع معًا خلال فترة الصباح، حيث تصل إلى أعلى مستوى لها خلال أواخر الصباح أو بعدها مباشرة، لذلك فإن العمل الليلي قد يؤدي إلى الإخلال بتوازن الجسم.

تأثير تغيير نوبات العمل على الجهاز الدوري

قام العلماء بدراسة تأثير تغيير نوبات العمل على القلب والجهاز الدوري، وذلك من خلال إجراء دراسات مفصلة عن معدل ضربات القلب على مدار الساعات الأربع والعشرين، ووجدوا أنها ترتفع في النهار وتنخفض في الليل، كما لاحظوا أن تغير وقت النوم يتبعه تغير في عدد ضربات القلب، أي: أنها تتكيف مع حالة الجسم الجديدة، ويدل التكيف السريع لنبضات القلب مع تغير أوقات العمل والنوم والنشاط على أن النظام الدوري لنبضات القلب ليس نظامًا داخليًا، حيث ترتفع دقات القلب أثناء النشاط وتنخفض خلال الراحة والنوم. وقد أوضحت الدراسات أن الأشخاص الذين يعملون ليلًا يتعرضون للإصابة بأمراض القلب أكثر من غيرهم، وأن القلب لا يستجيب للعمل الشاق في منتصف الليل كاستجابته في أثناء النهار، ويرجع السبب في ذلك إلى أن الله سبحانه وتعالى قد خلق جسم الإنسان بحيث ينخفض نشاطه ويتباطأ في فترة الليل، ويزداد نشاطه وتتسارع وتيرته في أثناء النهار، وقد وجد الباحثون أن نشاط الأعصاب الذي يسرّع من عمل القلب يكون أقل عند الأشخاص الذين يعملون ليلًا عن الأشخاص الذين يعملون في النهار، إذ إن مقاومة النظام الطبيعي للجسم (أو ما يُسمى بالساعة الداخلية للجسم) للتغيرات التي تفرضها طبيعة العمل المناوب، تشير إلى أنه من الصعب على الإنسان التكيف مع العمل ليلًا بشكل دائم، نظرًا لطبيعة الإنسان التي ضبطها الخالق عز وجل على ساعة بيولوجية موجودة في كل خلية من خلايا الجسم، لتنسجم مع الوظيفة الطبيعية للإنسان في

أثناء النهار، وهي العمل والنشاط والتي تختلف عن وظيفته خلال الليل حيث الراحة والسكينة، فالخالق جلا وعلا الذي خلق الليل والنهار وجعل للإنسان خلال كلٍّ منهما وظيفة محددة وأداء معينًا قد خلق أيضًا جينات خاصة تعمل في الليل و النهار داخل كل خلية من خلايا الجسم تتناسب وتتناغم مع خلق الله في الكون.

قام فريق من الباحثين بقياس نشاط الأعصاب التي تتحكم في عمل القلب عند بعض العاملين الذين يتناوبون على ثلاثة أنماط من العمل، حيث لاحظ الباحثون أن ضربات القلب تتغير باستمرار تبعًا لمراحل المناوبة التي يتبعها العاملون، كما قام فريق آخر من الباحثين بإجراء دراسات على عينات من الدم والبول؛ بهدف قياس التغيرات البيوكيميائية في الجسم التي يمكن أن تؤثر في عمل القلب وبقية أعضاء الجسم الأخرى، حيث لاحظ الباحثون أن الإشارات العصبية لا تتغير طبقًا لتغير أوقات العمل بل تتبع نمطًا واحدًا دائمًا؛ مما يعني أن العمل ليلًا في الوقت الذي يعمل فيه القلب، وبقية الأعضاء، والهرمونات، والإنزيمات ببطء سوف يعرّض العمال المناوبين للإصابة بأمراض القلب في المستقبل، كما وجد الباحثون أن الإشارات التي تطلقها الأعصاب والهرمونات التي تتحكم في نشاط القلب تتبع نمطًا منتظمًا على مدى الساعات الأربع والعشرين في اليوم، ولا يتأثر هذا النمط بتغيرات أوقات العمل. على سبيل المثال: لا يتغير مستوى هرمون الكوليستيرول الذي يحفز نبضات القلب ويساعد على تسهيل عمل الأجهزة الأخرى مثل: الجهاز الهضمي، والجهاز التنفسي، وبقية أجهزة الجسم الأخرى، وهذا يعني أن القلب ليس مجهزًا لتحمّل الضغوط التي تسببها أنماط العمل المناوب، ولا يستطيع التكيف معها؛ مما يؤدي إلى إصابته بالأمراض، ويذكر الباحثون أنه من غير المعروف بالضبط الآلية التي تتم بها مثل هذه التأثيرات، إلا أنه من المعروف أن العمل المستمر يؤثر سلبًا في عمل القلب، وأن أمراض القلب قد ازدادت بين عمال المناوبات في الفترة الأخيرة زيادة كبيرة، ومن الممكن أن تكون هناك علاقة بين الضغوط النفسية وتزايد مخاطر الإصابة بأمراض القلب، وأن تفاوت أنماط النوم يُعد نوعًا من أنواع الضغوط العصبية النفسية؛ لذلك فإن التغيرات في أنماط النوم في عمال المناوبات تُعتبر غير صحية للجسم، وتضر بحياة الفرد.

ومن المخاطر الأخرى التي قد يواجهها العمال المناوبون في الليل: اضطراب خفقان القلب الذي قد يصل إلى الضِّعْف لديهم، ويكون ذلك نتيجة تعرّض هؤلاء العاملين لضغوط عصبية نابعة من طبيعة التوزيع الزمني لعملهم، ولا يستجيب القلب

بشكل ملائم للعمل في منتصف الليل، لأن الجسم لا يكون مبرمجًا للعمل في هذا التوقيت، بحيث يعتريه بعض الخمول في تلك الفترة من اليوم، وبذلك فإنه بقدر ما يزداد عدد فترات الدوام الليلي بقدر ما ترتفع احتمالات الإصابة بالتعب، والإرهاق.

وفي دراسة قام بها أحد الباحثين على مجموعة من الأشخاص تم إجراء فحص نبضات القلب على مدار الساعات الأربع والعشرين مع فاصل زمني يُقدر بساعتين بين كل فحص وآخر، وقد توصل الباحثون إلى أن نبضات القلب تخضع لنظام دوري في جسم الإنسان، حيث تنخفض أنشطة الجسم ليلًا وترتفع نهارًا، كما لُوحظ أن حدوث تغيير في وقت النوم يتبعه تغيير مصاحب في دقات القلب، أي: أنه يحدث تكيف مع حالة الجسم الجديدة، وتشير الدراسات إلى أن العامل الذي يعمل في نوبات العمل الليلة يتكوّن لديه نقص متراكم في كمية النوم، ويقوم بتعويضه في خلال عطلة الراحة الأسبوعية، ومن ثَمَّ فإنه لا يجب أن تقل مدة الراحة الأسبوعية عن يومين في هذه الحالة، كما أن فترة النوم في النهار لا تكون قصيرة فحسب؛ بل إنها تكون متقطعة كذلك، وذلك نتيجة حاجة الفرد إلى تناول الطعام، إضافة الى وجود عوامل خارجية لا تساعد على النوم المتواصل مثل: ضوء النهار، وضجيج الأطفال، والسيارت، والمارة .... إلخ. وتحدث اضطرابات النوم لدى 60% من عمال النوبات الليلية مقابل 11% من العمال العاديين، كما أن تتابع الدوريات الليلية كذلك يتسبب في تراكم التعب والإجهاد، الأمر الذي يؤثر بصورة سلبية في الجهاز العصبي للإنسان.

وتكشف نتائج عديد من الدراسات التي ركزت على العمل بنظام المناوبات أن العاملين في مناوبة العمل لديهم خطر متزايد لحدوث أمراض القلب، والأوعية الدموية مقارنة بالعمّال النهاريين.

تأثير تغيير نوبات العمل على درجة حرارة الجسم

يُعد مقياس درجة حرارة الجسم من المؤشرات الفيزيولوجية لقياس الأداء لكونه أسهل من غيره من العوامل الفيزيولوجية، ثم إنه يتبع في أدائه دورة ثابتة إلى حد ما خلال الساعات الأربع والعشرين، كما أنه يُعتبر المقياس الأساسي في أبحاث ودراسات النظام الدوري حتى الآن، وقام العلماء بإجراء دراسة لتوضيح العلاقة بين درجة حرارة الجسم وفعّالية العمل لدى مجموعة من البحارة تقوم بمهام حراسة دورية ليلًا ونهارًا، وقد أوضحت نتائج الدراسة وجود علاقة وطيدة بين التغيرات الدورية في

درجة حرارة الجسم وبين فاعلية العمل، وذلك خلال النهار والليل في جميع الأنظمة الدورية، وأن مدة تكيف كلٍّ من درجة حرارة الجسم والأداء مع دورات العمل والنوم لا تزيد عن أسبوع من ممارسة الروتين الجديد، إضافة إلى أن هذه النتائج تعطي أفضلية لنظام العمل الليلي المتواصل بدل نظام الدورات الأسبوعية (أسبوع عمل بالليل، والأسبوع التالي عمل بالنهار)، وذلك حتى يتمكّن الفرد من استكمال تكيف حرارة جسمه؛ لأن هذا التكيف قد يستغرق مدة تتراوح من أربعة إلى ستة أيام، ابتداء من تغيير جداول العمل والنوم، وقد تم إجراء تجارب الأداء التي تضمنت رد الفعل، ودرجة حرارة الجسم خلال اليوم، حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الأداء اتبع اتساق حرارة الجسم على الرغم من اختلافه عن اختبار رد الفعل، ففي حالة اختبار رد الفعل فإن النتائج تشابهت خلال فترة النهار، واختلفت خلال الليل، أي: كلما ارتفعت درجة حرارة الجسم ارتفع الأداء بصرف النظر عن جدول العمل، وتوضح تلك الدراسات تأثر حرارة جسم الإنسان بالنظام الدوري في أثناء الليل والنهار، كما أنها توضح كذلك العلاقة بين درجة حرارة الجسم وفاعلية الأداء، فكلما ارتفعت حرارة الجسم ارتفع معدّل الأداء للعامل، وذلك خلال فترات النهار، وتنخفض عندما تنخفض درجة حرارة الجسم ليلًا، ويقل معدل أداء العامل.

تأثير تغيير نوبات العمل على عملية النوم

إن معظم عمال الدوريات الليلية لديهم انعكاسات سلبية على صحتهم تتمثل في حدوث اضطرابات في النوم، حيث تقل ساعات النوم لديهم أي: أن النوم في أثناء الليل لا يمكن أن يُعوض في أثناء النهار، ويرجع ذلك الى أن نوعية النوم نهارًا لا تكون بأي حال من الأحوال مثل نوعيته ليلًا، حيث تكون مدته نهارًا أقل عن الليل، كما أنه يكون أقل عمقًا مقارنة مع النوم ليلًا، وكشفت دراسة تم إجراؤها في بريطانيا عن بعض المشكلات التي تحدث للعمال في النوبات الليلية، حيث تم تكليف الأفراد أنفسهم بالعمل في نوبة نهارية ونوبة ليلية بالتناوب، ودلت النتائج على أن معظم العاملين كانوا أكثر إنتاجًا في النوبة النهارية عن نوبة العمل الليلية، وكانت النتيجة الإجمالية لذلك أن النوبة النهارية كانت أكثر إنتاجًا من النوبة الليلة، وتتمثل الأسباب في زيادة الحالة الصحية، وزيادة الإنتاج، والتوافق في الحياة الاجتماعية، وقد وجد الباحثون اتفاقًا

عامًا بين العمال على أن الشعور بالتعب في نوبة العمل الليلي تكون أكثر عن النوبة النهارية، ولم تستطع نسبة كبيرة من العاملين الحصول على قدر كافٍ من النوم في أثناء نوبات عملهم الليلي، وقد كان للضوضاء دور مهم في حدوث اضطرابات النوم، كما أن هناك مشكلة تفوق في صعوبتها مشكلة الراحة، وهي مشكلة التكيف مع اضطراب مواعيد الطعام عند تغير نوبات العمل، كما أشار معظمهم إلى حدوث فقد في الشهية واضطرابات في الهضم؛ بسبب تغير نوبات العمل.

تغير نوبات العمل والانعكاسات الفكرية والمعرفية

ينتج عن الإخلال بالسير الطبيعي للإيقاع البيولوجي للفرد عواقب خطيرة تتمثل في حدوث اضطرابات على مستوى مختلف الوظائف الجسمية والفيزيولوجية والنفسية، والمعرفية، وكل ما من شأنه أن يرافقها من اضطراب على مستوى الوقت والعمل، وما إلى ذلك من عادات اجتماعية، ويرجع هذا إلى عدم قدرة مختلف تلك الوظائف على التكيف مع هذا التغير، الأمر الذي يؤدي إلى مشكلة سوء تكيف الفرد عند العمل بنظام الدوريات، لا سيما إذا ما وجب عليه أن يعمل في أثناء الفترة الليلية، ذلك أنه يكون في هذه الحالة كاملًا في وقت يحتاج فيه جسمه إلى النوم، بينما ينام بعدها في وقت يصبح فيه جسمه في أوج نشاطه واستعداده للعمل، ومن ثَمَّ يفرض عليه القيام بنشاط وسلوك مخالفين لما تعود عليه جسمه، أو بمعنى آخر القيام بنشاط مغاير للإيقاع البيولوجي الطبيعي للجسم، حيث يكون الإيقاع البيولوجي للعامل الذي يعمل بصفة دائمة في دورية الليل تقريبًا عكس الإيقاع اليومي للشخص الذي يعمل في دورية النهار، وكلما طرآ تغيير في نمط الدورية، كما هو الحال عند التحوّل من دورية النهار إلى دورية الليل، فإن الإيقاع اليومي سيتغير لدى أغلب الأفراد في هذا الوضع، وذلك ليتماشى مع نمط النشاط الجديد. وقد يحدث هذا التغير في الإيقاع اليومي بعد أربعة أو خمسة أيام لدى بعض الأفراد، في حين أنه قد يأخذ مدة طويلة لدى بعضهم الآخر، وقد لا يظهر أي تغيير لديهم، وعليه فقد تظهر على العامل بالدوريات الليلية اضطرابات عصبية عديدة مثل: حالات الغضب غير الطبيعي، والتعب المزمن الذي لا يفارق العامل حتى في أوقات الراحة، وتُقدر هذه الاضطرابات عند عمال الدوريات بحوالي مرتين أو ثلاث مرات أكثر منها عند عمال دوريات النهار، وتظهر أعراض هذه الاضطرابات العصبية في صورة التعب، والإرهاق، والوهن، والأرق، وتغيير المزاج،

وحدة الطبع، والاكتئاب، ومما يزيد في خطورة هذه الاضطرابات هو تناول العقاقير إما للمساعدة على النوم نهارًا أو للبقاء في حالة يقظة في أثناء نوبة العمل ليلاً، وذلك بسبب ضَعْف الانتباه، وقلة التركيز ليلًا.

كما قام العلماء بإجراء دراسات عن الذاكرة ومعدل النسيان بين العاملين في المناوبات الليلية والنهارية، وأوضحت تلك الدراسات أن معدل النسيان يكون عاليًا كلما ارتفعت درجة حرارة الجسم خلال النهار، ويكون منخفضًا مع انخفاض درجة الحرارة في أثناء الليل وبداية الصباح؛ مما يدل على التأثير العكسي لدرجات الحرارة على الذاكرة، وقد قام الباحثون بإجراء دراسات توضح أن اختبارات التحصيل لها علاقة بالنظام الدوري اليومي لجسم الإنسان، حيث ترتفع نسبة الذكاء خلال الصباح الباكر، وتنخفض في الفترات المسائية، وأكدت هذه الدراسات أن اختبارات التحصيل هي الاختبارات التي يرتفع الأداء فيها خلال فترة الصباح الباكر، حيث كان عدد الأخطاء في الأشخاص موضع الاختبارات ضئيلًا خلال تلك الفترة مقارنة بالفترة المسائية.

وقد أشارت إحدى الدراسات إلى أن العمل الليلي يؤدي إلى حدوث اضطرابات متعددة لدى نسبة كبيرة من عمال الدوريات، ومن بين هذه الاضطرابات حدوث انخفاض في قدرة العامل على بذل الجهد الذهني خارج العمل، وصعوبة في التركيز والانتباه، وصعوبة في الاستيقاظ من النوم، وتبدو مظاهر سوء تكيف العمال بالدوريات نتيجة نقص فترات النوم من خلال ما يقدمونه من شكاوى لجهات عملهم، ولتناول المهدئات، والمنومات، وتناول المنشطات، والمشروبات التي يعتبرونها مساعدة لهم للحفاظ على مستوى اليقظة مثل: القهوة، والشاي بشكل مفرط، وقد أشار العلماء إلى أن اضطرابات النوم هي عبارة عن اضطرابات في عملية الأيض الأساسية، واضطرابات في الإفرازات الهرمونية، وعادة ما يكون ذلك مصحوبًا بكثرة الأخطاء والإفراط في شرب المسكرات وتناول الأدوية؛ لتسهيل عملية النوم.

تغير نوبات العمل والانعكاسات الوجدانية والنفسية

تُستخدم كلمة وجدان كمفهوم شامل يشير إلى الحالات المزاجية والانفعالية والعاطفية للفرد، ولعل أهم ما يميز الحالات الوجدانية وخاصة الانفعالية منها هو حدوث التغيرات العضوية أو الفيزيولوجية المصاحبة لها، فالانفعال مهما كان ضعيفًا

قد يسبب بعض التغيرات الفيزيولوجية في أعضاء جسم الإنسان، فقد يصاحبه حدوث بعض التغيرات الحركية مثل: التغيرات في ملامح الوجه، وتوتر العضلات، وزيادة إفراز العرق إلى جانب تغيرات داخلية مثل: زيادة ضربات القلب، وسرعة النبض، وزيادة إفراز الغدة الكظرية لهرمون الأدرينالين والنورأدرينالين، والتغيرات في الجهاز العصبي وغير ذلك من التغيرات، وعمومًا يمكن أن تكون اضطرابات الجهاز العصبي ناتجة عن القلق الذي يعانيه عمال المناوبات لمحاولتهم التكيف مع التغيرات التي يتعرضون لها في عملهم، وصعوبة التوفيق بينها وبين حياتهم الأسرية، والاجتماعية، كما قد تكون هذه الاضطرابات نتيجة الاختلالات الناتجة عن نقص النوم، أو سوء التغذية.

تغير نوبات العمل والانعكاسات المهنية

لقي موضوع التعب والإرهاق كثيرًا من العناية والاهتمام في بحوث علم النفس الصناعي، إذ إنه يُعد من العوامل المهمة التي تؤثر في الإنتاج من جهة وعلى وقوع الحوادث من جهة أخرى، كما أنه من الأسباب المهمة التي تؤدي إلى انقطاع العمال عن أعمالهم، وهو ما يؤثر بصورة مباشرة في الكفاءة الإنتاجية للعاملين. ويمكن تعريف التعب والإرهاق بأنه حالة تنشأ نتيجة القيام بعمل أو نشاط سواء كان هذا النشاط حركيًا أو ذهنيًا، وهناك مظاهر ثلاثة للتعب تتمثل في حدوث نقص فعلي متزايد في الكفاءة الإنتاجية للعامل، وشعور ذاتي بالضيق والألم، وحدوث تغيرات فيزيولوجية مختلفة مثل: حدوث اضطرابات في التنفس، وارتفاع في ضغط الدم، وآلام في العضلات. ومهما يكن الأمر، فإن التعب هو أمر جسدي نفسي، ولا يوجد تعب نفسي إلا ويصاحبه تعب جسدي والعكس صحيح، كما أن العمل الذهني العقلي المتواصل يؤدي إلى تعب جسدي، لأنه يقترن بتكيف حسي حركي، وقدر من التوتر والانقباض العضلي يشمل معظم الجهاز الحركي، كما أن الاستمرار والتواصل في النشاط الجسدي يؤدي إلى الإرهاق والتعب العقلي.

وقد أثبتت الدراسات السيكولوجية حدوث التعب والإرهاق لدى عمال الدوريات بصفة عامة ودوريات الليل بصفة خاصة، حيث وُجد أن هناك امتدادًا في زمن رد الفعل، وانخفاضًا في اختبار قياس القدرة اللغوية، وقد أكدت مختلف الدراسات الفيزيولوجية أن نظام العمل بدورية الليل يؤدي بالعامل إلى بذل مجهودات كبيرة

مقارنة مع ذلك الذي يتطلبه العمل نهارًا، حيث إن العامل ليلًا يقوم بأداء عمله في الوقت الذي يكون فيه جسمه في حالة استرخاء، وينام بالنهار في الوقت الذي يكون فيه جسمه في أوج حيويته ونشاطه، وعلى هذا يتأثر العامل بالتغيرات الناتجة عن مختلف الإيقاعات البيولوجية التي يعتادها الجسم، الأمر الذي يجعله يعمل جاهدًا للتغلب على هذا الوضع، كما يدفع به إلى الإحساس بالتعب المزمن، والإرهاق، والشعور بالتوتر، وقلة التركيز، ومن المحتمل أن تجعل هذه الوضعية العامل عُرضةً لتناول المهدئات والمنومات حتي يتمكّن من أن يتغلب على ما يعانيه من جرّاء سوء التكيف مع ظروف العمل الجديدة. ولعل الأخطر من ذلك أن هذه العملية تكون ذات تأثير عكسي وقد تتطور لتتخذ شكلًا من أشكال الإدمان إذا ما بدأ جسم العامل في التعوّد على تلك المهدئات والمنومات، حيث يصعب التخلص منها، كما قد يحتاج العامل إلى زيادة كمية المنشطات أو المهدئات أكثر فأكثر حيث يقل مفعولها تدريجيًا؛ نتيجة التعود عليها كلما ازداد إحساسه بالتعب، والإعياء، وقد يؤدي ذلك إلى حدوث انعكاسات خطيرة على حياة العامل سواء على مستوى الأداء والإنتاج، أو بالنسبة لزيادة تعرضه لوقوع الحوادث أو حتى على مستوى الصحة النفسية للعامل نفسه وعلاقته بالأسرة، والمجتمع.

التأثير على الأداء والإنتاج

تتطلب بعض المهن ضرورة استمرارية العمل بها، أي: أن يكون العمل بها طول اليوم، الأمر الذي دفع أصحاب المصانع والشركات أن يقسموا العمل بها على ثلاث نوبات. وهذا يعني أن يعمل بعض العمال في نوبات نهارية، وأن يعمل بعضهم الآخر في نوبات ليلية، وأن يتم تغيير النوبات كل أسبوع أو كل شهر وفقًا للنظام الموضوع. وقد تبين أن العمال الذين يعملون بالليل يختلف أداؤهم وإنتاجهم عن هؤلاء الذين يعملون بالنهار، كما أسفرت الدراسات عن أن نوبات العمل لها تأثير واضح على العمل، والإنتاج، حيث يكون العمل بالليل مصحوبًا بالتعب والملل أكثر من العمل بالنهار؛ لأن مسؤوليات الحياة تكون قد استنفدت معظم ساعات النهار، ولم يحصلوا بعد على القدر الكافي أو المطلوب من الراحة، فضلًا على أن العمل بالليل يؤدي إلى اضطراب مواعيد تناول الطعام، إضافة إلى أن أغلب العمال لم يتعودوا على العمل

بالليل، ويصعب عليهم تغيير العادات التي تعودوا عليها من قبل، ويمكن التغلب على المشكلات والضغوط المصاحبة للعمل الليلي من خلال العلاقات الإنسانية الجيدة، وتوفير وزيادة الخدمات التي يمكن تقديمها لعمال النوبات الليلية، ومضاعفة الحوافز، وشعور الفرد بالأمن النفسي، وإحساسه بقيمته، وأهميته.

توضح معظم الدراسات التي تم إجراوها عن تأثير دوريات العمل على الأداء والإنتاج بعض الفرضيات عن أسباب انخفاض أداء العاملين، وتقوم الفرضية الأولى على أساس أن الأداء يقل في الفترة الليلية؛ لأن الإيقاع البيولوجي لمختلف الوظائف الجسمية وما يصاحبه من انعدام النشاط وقلة الحيوية في أثناء العمل الليلي، وتزايد التعب والإرهاق يقلل من قدرة العمال على العمل، والإنتاج، أما الفرضية الثانية فتُرجِع السبب في انخفاض أداء العاملين إلى العوامل الخارجية مثل: نقص الإشراف على العاملين، ونقص التنسيق العام للإنتاج، وعدم كفاية إجراءات الوقاية التقنية للعمل، وتوضح الدراسات أن مستوى الأداء يكون أقل في دورية الليل مقارنة مع ما هو عليه في دورية النهار، وبصورة عامة فإنه يوجد انخفاض في مستوى اليقظة في أثناء دورية الليل، خاصة ما بين الساعة الثانية والرابعة صباحًا، الأمر الذي يطرح قضية أمن العامل وضرورة توفير مختلف التجهيزات الضرورية للعاملين في الدوريات الليلية، حيث اتضح من خلال تحليل كثير من الحوادث أن أسبابها ترجع إلى انخفاض الأداء في تلك الفترة من اليوم، وفي السياق نفسه، فقد أوضحت نتائج تحليل حوادث الطائرات عند هبوطها من خلال دارسة الشرائط المسجلة للحوار بين قائد الطائرة وطاقم برج المراقبة وجود سلسلة من العيوب في هذا الحوار لدى الطرفين، وقد تم ربط ذلك بانخفاض مستوى اليقظة لديهما على الرغم من خبرتهما وتعودهما على الجدية، والانضباط، وقد تتدخل في أسباب ضَعْف الأداء عوامل أخرى مثل: تغيرات درجة حرارة الجسم، وعدد ساعات العمل، وكيفية توزيع أوقات الراحة الأسبوعية، إضافة إلى عوامل أخرى مثل: الإرهاق، والتعب، والملل....إلخ.

ويكون انخفاض مردودية الأداء ليلًا ملحوظًا بصورة واضحة لا سيما عندما تكون مدة التناوب في الدوريات طويلة ابتداء من الأسبوع الثاني من العمل الليلي؛ نتيجة تراكم التعب، والشيء الملحوظ هو أن انخفاض الأداء يرتبط بالركود وقلة الحيوية خلال العمل الليلي، وتزايد التعب المرافق له.

ومقارنة بين العمال الذين يعملون بنظام الدوريات، فإن متوسط الإنتاج في الساعة لدى عمال دورية النهار كانت أكثر من عمال دورية الليل، وترجع هذه الفروق التي تمت ملاحظتها بين دوريتي النهار والليل إلى حدوث التعب والإرهاق في دورية الليل، ويمكن أن تزول تلك الفروق إذا ما حصل العامل بالدورية الليلية على قدر كافٍ من النوم، واستطاع أن يحصل على حاجاته من الطعام، وهضمه جيدًا، وذلك لأن اتجاهات العمال تبدو أنها مرتبطة بمدى تأثير العمل الليلي على ساعات تناول الطعام، والنوم.

الساعة البيولوجية والأداء البدني والرياضي

لقد أصبحنا نحن ـ بني البشر ـ مجتمعًا تحركه وتقوده ساعة، وهي التي تنظم وترتب لنا أوقاتنا طبقًا لاحتياجات ومتطلبات الحياة والعمل في المنشآت التجارية، أو الصناعية، أو المنشآت الخدمية الأخرى التي تتبنى في أغلب الأحيان مبدأ الربح، وترفض مبدأ الخسارة، بدلًا من أن تقوم بترتيب أوقات عملها لكي تتوافق مع ساعات أجسامنا الداخلية، وتكون في تناغم مع البيئة الطبيعية والساعة البيولوجية لكوكب الأرض الذي نعيش عليه، ويكون حدوث الكوارث والحوادث المفجعة والأوبئة والأمراض أمرًا حتميًا عندما لا يتبع المجتمع دورة الوقت والقواعد والنظم التي تشكل أساس الإيقاعات الحيوية للبشر أو الكائنات الحية الأخرى، فعلى سبيل المثال: تُعزى الأسباب الرئيسية في وقوع كثير من الكوارث والحوادث المؤسفة التي تحدث في أثناء الليل أو في وقت مبكر من ساعات الصباح، ليس فقط إلى صعوبة الرؤية في الضوء الخافت من الليل، ولكنها تُعزى أيضًا إلى حدوث هبوط في يقظة السائق الذي يحاول التغلب على المؤثرات الفيزيولوجية التي تدفعه دفعًا إلى النوم في تلك الساعات من الليل، ومع ذلك فإن اليقظة ماهي إلا واحدة من عديد من متغيرات الأداء للإنسان، والتي تقع تحت السيطرة المباشرة للإيقاعات الحيوية.

وهناك أمثلة عدة من حوادث العمل الخطيرة التي شدت انتباه الرأي العام العالمي، كانت كلها منسوبة إلى حدوث أخطاء بشرية ترجع أسبابها الرئيسية إلى الإعياء وعدم الحصول على قسط كافٍ من الراحة في نوبات العمل الليلية، وقد وقعت حوادث تسرب غاز الميثيل إيزوسيانات الكيميائي في مدينة بوبال في الهند، وحادث

تسرّب الإشعاعات النووية من مفاعل تشرنوبل في أوكرانيا، وحادث تسرّب بقعة الزيت من الناقلة إكسون فالديز في ولاية ألاسكا الأمريكية بعد منتصف الليل، وتم تحديد أسبابها نتيجة أخطاء فنية في عمليات التشغيل؛ بسبب قلة الخبرات، والإعياء، وعدم الحصول على قسط كافٍ من الراحة بالنسبة للعمال القائمين على عمليات التشغيل.

يُعزى عديد من حوادث القطارات بخلاف العوامل الجوية إلى قلة النوم، وعدم حصول السائقين على الراحة الكافية، وقد كانت هناك كارثة كبرى أخرى أقل شهرة حدثت في غرب كندا في شهر فبراير عام 1986م في الساعة التاسعة تقريبًا من مساء ذلك اليوم، عندما اصطدم قطار بضائع يسير بسرعة 94 كيلومتر في الساعة مع قطار ركاب يسير بسرعة 78 كيلومتر في الساعة، وأدى الحادث إلى مصرع أكثر من 23 شخصًا وتسبب في حدوث أضرار مادية كبيرة، ولم تكن العوامل الجوية العامل المسبب في وقوع ذلك الحادث، ولم يكن هناك أي خطأ في الأجهزة التي تقود القطار، ولكن سائق قطار البضائع لم ينتبه إلى الإشارات الضوئية الحمراء، ولم يستخدم مساعد السائق المكابح لإيقاف القطار، ويُستنتج من ذلك الحادث أن العامل الأول الذي أدى إلى وقوع تلك الكارثة كان بسبب خطأ بشري نتيجة حدوث خلل في الساعة البيولوجية التي تتحكّم في الإيقاعات الحيوية للجسم، وقيام السائقَيْن بالعمل الشاق لمدة طويلة بدون الحصول على قسط كافٍ من الراحة، وما لذلك من تأثيرات سلبية على درجة الوعي، واليقظة، والأداء لدى طاقم القطار .

الساعة البيولوجية والأداء الرياضي

حظي المجال الرياضي بكثير من الاهتمام من العلماء والمختصين من أجل الوصول إلى مستوى عالٍ في الأداء، وتحقيق أفضل النتائج والحصول على أرقام قياسية جديدة في عديد من الألعاب الفردية، أو الجماعية، واعتمدوا في ذلك على اتباع الأسس العلمية في حل المشكلات، والتغلب على الصعوبات التي تواجههم من خلال الدراسة والبحوث الجادة والخاصة بتتبع العوامل التي تسهم بشكل أو بآخر في رفع معدلات الأداء الرياضي إلى مستوى الإنجاز البطولي، وقد أصبح موضوع الإيقاع الحيوي ودراسة أسراره وجوانبه المتعددة يشغل كثيرًا من الباحثين والمهتمين

به لارتباطه بكثير من العوامل الخارجية التي تؤثر في الإنسان وأجهزته الحيوية، مثل: الضوء، والجاذبية الأرضية، والقمر وغيرها، وقد وجد الباحثون أن التطرق لموضوع الإيقاع الحيوي وأهميته في سير عملية التدريب والمنافسة كان نادرًا جدًا في الدراسات وخاصة العربية، وشبه معدوم عند المدربين واللاعبين، حيث اهتم به قلة قليلة من المدربين، وكان هذا الاهتمام في صورة معلومات نظرية فقط دون التطرق عمليًا لهذا الموضوع وتطبيقه على اللاعبين، وكان التركيز على التعرّف إلى الإيقاع الحيوي البدني فقط من بعض المدربين على لاعبيهم، ولم يجد العلماء مَنْ يبحث عن تأثير إيقاع على آخر مثل: تأثير الإيقاع الانفعالي على الإيقاع البدني على سبيل المثال: قد يؤدي كل ذلك بالمدربين إلى إيجاد تفسيرات خاطئة وغير مبنية على أسس علمية عند هبوط مستوى اللاعب أو تذبذب مستوى الفريق بشكل مفاجئ أو تدريجي، ورد النتائج السلبية إلى أسباب نفسية أو بدنية غير صحيحة، ومن هنا برزت المشكلة عند الباحثين، وهي بيان تأثير الإيقاع الحيوي الانفعالي على الإيقاع الحيوي البدني عند تقابلهما في اليوم نفسه من الدورة.

ويذكر الباحثون أن الإيقاع الحيوي يمثل الركيزة الأساسية عند مناقشة نظم هذا الإيقاع وعلاقتها بالمجال الرياضي، حيث ثبت أن مستوى الأداء يتأرجح ما بين العالي والمتوسط والمنخفض طبقًا للتوقيت اليومي، ويشير العلماء إلى أن الإتقان التام للمهارات الحركية من حيث إنه الهدف النهائي لعملية الإعداد المهاري يتأسس عليه الوصول لأعلى المستويات الرياضية، فمهما بلغ مستوى الصفات البدنية للفرد، فإنه لن يحقق النتائج المرجوة ما لم يرتبط ذلك كله بالإتقان التام للمهارات الحركية في نوع النشاط الرياضي الذي يتخصص فيه، ويتوقف مستوى الأداء في المجال الرياضي بجوانبه المختلفة على التخطيط الدقيق لعملية التدريب وارتباطه بمختلف الجوانب الأخرى بهدف الارتقاء بالأداء والوصول به إلى أعلى المستويات، كما أن اللاعب الرياضي يتأثر مستواه بعدة عوامل أهمها العوامل البيولوجية لما تحتويه من عوامل فيزيولوجية، ومورفولوجية (تشكّل بنية الجسم)، وكذلك العوامل النفسية والتربوية، إلا أن العوامل البيولوجية تأتي في مقدمة كل تلك العوامل، لما لها من ارتباط وثيق مع مستوى الأداء البدني، حيث ترتبط بحمل التدريب وعمليات التكيف المختلفة لأجهزة الجسم ومقدرتها على مقاومة التعب، والاستمرار في الأداء طوال المباراة.

ومن العلوم الحديثة التي أصبح العلماء والمختصون يعيرونها اهتمامًا كبيرًا هو علم الإيقاع الحيوي، وقد زاد اهتمام المختصين بهذا العلم في الآونة الأخيرة لما له من أهمية في تفسير كثير من الظواهر التي يتعرّض لها اللاعبون في أثناء الموسم الرياضي، إذ إن الإيقاع الحيوي هو عبارة عن تموّجات تحدث في مستوى حالة أجهزة الجسم المختلفة ما بين الارتفاع والانخفاض، حيث يتغير الحال ما بين الارتفاع والانخفاض في جميع وظائف الجسم على مدار الحياة، وهي ظاهرة بيولوجية طبيعية تحدث في الكائنات الحية كافة، ومن المستحيل إغفال وجود الإيقاعات الحيوية ووجود أطوارها السلبية أو الإيجابية على الأداء الإنساني بوجه عام، وعلى الأداء الرياضي بوجه خاص، وليس هناك شك في أن كثيرًا من الوظائف الحيوية تقوى وتضمحل في دورات تتكرر كل يوم، وكل شهر، وكل سنة والتي تعكس الإيقاعات الحيوية، وتعكس القدرة على الاحتفاظ بمسار الوقت وتوجيه المتغيرات على شكل وظائف تبعًا لما يحدث. فالإيقاعات الحيوية هي صفة أساسية ومميزة لوظائف الجسم والسلوك الإنساني، كما أن الوظائف الفيزيولوجية مثل: درجة حرارة الجسم، ومستوى إفراز الهرمونات وتنظيم النوم ليست هي الوظائف الداخلية الوحيدة التي تبدي إيقاعات دورية، بل إن الأداء الإنساني يحتوي على عمليات عقلية، ونفسية، ووجدانية تؤثر في الفرد، وهي تقع ضمن التقلبات الدورية المرتبطة بالإيقاعات الحيوية، ويشير الباحثون إلى أنه من الضرورى تحديد الإيقاع الحيوي للأجهزة الوظيفية للشخص الرياضي، حيث يساعد ذلك على التخطيط العلمي لبرامج الإعداد البدني للشخص الرياضي، والذى يجب أن يتزامن مع توقيت آداء الرياضيين لتلك البرامج حتى يتحقق أكبر قدر من الاستفادة وإخراج طاقات وقدرات اللاعب الكامنة، وتؤثر الإيقاعات الحيوية خلال الأداء الصباحي أو المسائي في كفاءة الأداء الرياضي التي تعتمد على الوقت من اليوم الذي يتم فيه النشاط الرياضي؛ مما يمكّن الخبراء من استغلاله خلال التخطيط للبرامج التدريبية للرياضيين، ويتغير مستوى كلٍّ من القوة العضلية والسرعة خلال الفترات اليومية، أو الأسبوعية، أو الشهرية سواء بالزيادة أو بالنقصان، ويرجع سبب اختلاف مستوى الأداء البدني والتأرجح في مستوى القوة العضلية خلال الفترات اليومية إلى تغير يقظة الجهاز العصبي المركزي والعوامل الخاصة بحالته الوظيفية التي ترتبط بشكل مباشر مع الأوقات اليومية المختلفة التي يتم فيها التدريب، وكذلك مواصفات الإيقاع، والنظام اليومي في الإنسان.

وتوضح الدراسات البحثية التي قام بها العلماء أنه يمكن استخلاص مزيد من المتغيرات التي لها علاقة بالأداء الرياضي من خلال التعرّف على دور كلٍّ من الإيقاع الحيوي والبيئة في الأداء البدني، فالبيئة هي التي تلقي الضوء على الاستجابة للإيقاع الحيوي، كما يجب أن نضع في الاعتبار كيف يمكن أن تكون البيئة ذات تأثير للسماح للإيقاعات الحيوية بالظهور، وبذلك يمكن تجنّب التمرين العنيف في الأيام ذات الإيقاعات السلبية والمرحلة الحرجة، أو اتخاذ القرارات المهمة في الأيام التي يكون فيها الإيقاع العقلي مرتفعًا، أو زيادة شدة الحمل البدني إلى الحد الأقصى في مرحلة الإيقاع البدني الإيجابي.

ويشير الباحثون إلى أنه أصبح من المفيد تغيير مواعيد التدريب اليومي لتصبح في توقيت المنافسة نفسه حتى يتعود إيقاع جسم اللاعب على هذه التوقيتات، كما اتضح أن تنظيم الإيقاع الحيوي اليومي للشخص الرياضي يساعد على النمو بانتظام، وإخراج النشاط المطلوب في الوقت المناسب، وهذا التنظيم يحقق للرياضي أفضل مستويات في التدريب والنتائج في المنافسة، وقد لاحظ الباحثون عند تحليل الأرقام القياسية الدولية لمسابقات ميدان المضمار بهدف دراسة العلاقة بين الإيقاع الحيوي والأرقام الدولية التي يحققها اللاعبون أن الأرقام المميزة كانت تتحقق عندما يتوافق زمنها مع الفترة المثلى للإيقاع الحيوي الخاص باللاعب.

ومن ضمن متطلبات التخطيط الرياضي اليومي بالشكل الصحيح معرفة الوقت الأمثل لأداء التمارين التدريبية خلال اليوم، حيث إن دلالات كفاءة العمل تختلف إذا ما أُديت الأعمال في أوقات مختلفة من اليوم، وبناءً على ذلك فإن الممارسة الرياضية في الأوقات المختلفة من اليوم سوف يكون لها تأثير مختلف على تطوير القدرات البدنية الفنية، وتختلف استجابة الأفراد لعناصر اللياقة البدنية المختلفة خلال اليوم، حيث إن القوة العضلية تختلف باختلاف فترات اليوم، كما أن المرونة تكون عُرضةً للتغير على مدار اليوم، وأن أفضل وقت لأداء تمارين الإطالة هو الوقت الذي يشعر فيه اللاعب بأنه قادر على ممارستها، وقد أشارت الأبحاث إلى أن الإيقاع الحيوي كان له قدرة على التنبؤ بمستوى الأداء والإنجاز، كما أنه يؤثر في الأداء الرياضي وقدراته في ضوء عدة عوامل ترتبط بنوع المسابقة، أو النشاط وخصائصه، ونوعية البطولة.

اختلاف الإيقاع الحيوي على المتغيرات البيولوجية والمستوى المهاري للأفراد

أُجريت بعض الأبحاث للتعرّف على تأثير اختلاف الإيقاع الحيوي على بعض المتغيرات البيولوجية والمستوى المهاري في رياضة السباحة، واستهدفت الدراسة تطبيق تدريبات السباحة على ثلاث مجموعات ذات إيقاعات حيوية مختلفة في توقيت واحد، والتعرّف على الفروق بين المجموعات التي تدربت وفقًا لإيقاعها الحيوي، والمجموعات الأخرى في بعض المتغيرات البيولوجية، إضافة إلى استغلال تلك الفروق في تنمية بعض الصفات البدنية المهمة في رياضة السباحة، وقد بينت النتائج أن اختلاف الإيقاع الحيوي يؤثر تأثيرًا فعالاً في المتغيرات البيولوجية والبدنية ومستوى الأداء المهاري في رياضة السباحة، وقد أجرى الباحثون دراسة للتعرّف على منحنيات الإيقاع الحيوي والعلاقة بين الإيقاع الحيوي واللياقة البدنية الخاصة برياضة كرة الطائرة، وتم اختيار العينة من منتخب إحدى الجامعات، وقد خلصت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين الإيقاع الحيوي البدني

الإيقاع الحيوي وعملية التدريب الرياضي

هناك عدة أمور يجب الاهتمام بها عند القيام بعملية التدريب وفق تأثير دراسة الإيقاع الحيوي للاعبين على عملية التدريب البدني وهي كما يأتي:

ـ دراسة الحالة الفيزيولوجية لجميع اللاعبين، والتعرّف على المعامل البيولوجي أي: الإيقاع الحيوي الخاص بهم، حيث إن بعض الأفراد يكونون في قمة أدائهم البدني والفيزيولوجي نهارًا، بينما يكون آخرون في قمة أدائهم مساء، وكل هذه المؤشرات تعمل على تحسين أداء اللاعبين.

ـ عمل معسكر تدريبي في منطقة تشابه المنطقة الخاصة بإقامة البطولة والتدريب فيها لفترة زمنية لا تقل عن أسبوعين، حتى يعمل هذا على تكيف الجسم فيزيولوجيًا مع المؤشرات البيئية الجديدة، وسوف يسهم هذا في الارتقاء بقدرات اللاعبين البدنية، والذهنية، ويُفضل مراعاة ذلك عند التخطيط لعملية التدريب من جانب المدربين.

ظاهرة إرهاق السفر الطويل عند الرياضيين

هي ظاهرة حدوث اضطرابات السفر التي ترتبط بخطوط الطول، وتحدث عند الرياضيين الذين يسافرون للعب من دولة إلى أخرى، ويصاحبها حدوث عدة اضطرابات من أهمها اضطراب النوم، لذلك يتم إعطاء اللاعبين هرمون الميلاتونين عن طريق الحقن، أو في صورة حبوب لمساعدتهم على النوم.

وقد أوضحت نتائج الأبحاث أن لكل لاعب منحى بدنيًا وانفعاليًا خاصًا به يختلف عن بقية اللاعبين، أي: أن إيقاعه البدني والانفعالي يختلف عن بقية اللاعبين، وبذلك يختلف كل لاعب في أشكال نواحيه الإيقاعية البدنية والانفعالية عن بقية اللاعبين، ويرجع الباحثون سبب هذا الاختلاف في الاتجاهات الإيقاعية البدنية والانفعالية إلى اختلاف كل لاعب عن الآخر في الدورات الإيقاعية الحيوية الخاصة به، ويعود ذلك إلى أن كل لاعب يتميز بإيقاع حيوي خاص به سواء أكان بدنيًا أو انفعاليًا، بحيث يبدأ عند كل لاعب من اليوم الذي وُلد فيه، ويستمر هذا الإيقاع طيلة حياته، ويختلف تأثير الإيقاع الحيوي من فرد لآخر نتيجة لعوامل ومتغيرات خارجية أو داخلية تنشأ مع الفرد، وتبين نتائج دراسة عن تأثير الإيقاعات الحيوية على بعض اللاعبين أن عنصر الدقة في اللعب يتأثر بشكل واضح عند تقابل الإيقاع الحيوي البدني والانفعالي في اليوم نفسه، ويُرجِع الباحثون سبب ذلك إلى أن الدقة تتطلب كفاءة عالية من الجهازين العضلي والعصبي معًا، حيث يتطلب الجهاز العصبي والنخاع الشوكي والدماغ منهم السيطرة الكاملة على العضلات الإرادية لتوجيهها نحو هدف معين، حيث ينقسم الجهاز العصبي إلى جهاز عصبي مركزي، وجهاز عصبي طرفي، ويشكل النخاع الشوكي حلقة الوصل بينهما وبين المستقبلات الحسية والمستقبلات الحركية؛ لتكون الإشارات العصبية الواردة من الجهاز العصبي إلى العضلات محكمة التوجيه. ويرى الباحثون أنه عندما يكون الإيقاع الحيوي البدني في قمة المرحلة الإيجابية، فإن كفاءة أجهزة الجسم تكون في ذروة لياقتها وكفاءتها وعطائها، وبما أن النشاط الرياضي يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالحالة الانفعالية للاعب فإنه سيتأثر كثيرًا بها، وسوف يؤثر ذلك في دقة ومهارة اللعب والتي تتأثر بالحالة النفسية والإرهاق للاعب، وعند هبوط الإيقاع الحيوي الانفعالي للقاع فإن اللاعب سيكون في حالة انفعالية سيئة، ومن ثَمَّ سيؤثر في الحالة البدنية حتى لو كان الإيقاع الحيوي البدني في قمة المرحلة الإيجابية.

تُعد المرونة في أداء اللاعبين من العناصر التي تتأثر بشكل كبير بالإيقاع الحيوي، وسبب ذلك أن الجهاز العضلي من أكبر الأجهزة في الجسم، ويرتبط بشكل مباشر بالهيكل العظمي، والمفاصل، والأربطة، وبما أن المرونة ترتبط بسلامة العضلات والمفاصل والأربطة، فإنها ستتأثر بشكل مباشر بالإيقاع الحيوي البدني، حيث تكون العضلات والمفاصل والأربطة في قمة مرونتها عند وجود منحنى الإيقاع الحيوي في قمة المرحلة الإيجابية، إلا أن هذه القيم قد تنخفض عند تقابل الإيقاع الحيوي البدني والانفعالي في اليوم نفسه من الدورة؛ نتيجة للتأثير السلبي للحالة الانفعالية للاعب على الحالة البدنية، كما يُرجِع الباحثون هذه النتيجة إلى اختلاف الأنماط الجسمية للاعبين، وتوضح الأبحاث أن عنصر الرشاقة يتأثر أيضًا بوجود الإيقاع الحيوي الانفعالي مقابلًا للإيقاع البدني في اليوم نفسه من الدورة، ويُرجِع الباحثون سبب هذا التأثير إلى أن الحالة الانفعالية تلعب دورًا كبيرًا في الحفاظ على توازن اللاعب ورشاقته في أثناء ممارسة النشاط البدني، فإذا كانت الحالة الانفعالية والمزاجية سيئة للاعب فإنها تنعكس سلبًا على أدائه البدني، وهذا ما أظهرته نتيجة هذا الاختبار.

الفصل التاسع

الساعة البيولوجية في الحيوانات والنباتات

يعتقد العلماء أن الأنماط اليومية للوظائف الفيزيولوجية والسلوكية في الثدييات تحكمها إيقاعات الساعة البيولوجية أو ما يُسمى بالإيقاع الحيوي، وتم تحديد وتمييز الإيقاعات اليومية في أنواع مختلفة من الكائنات الحية تتراوح من أبسط الكائنات الحية إلى أكثرها تعقيدًا، وتنبع المعرفة بآليات الساعة البيولوجية من الدراسات التي أُجريت على الكائنات الحية التي يكون فيها النمط الظاهري للأنشطة الحيوية واضحًا، ففي الثدييات يعتمد ذلك النمط تقريبًا على الدراسات التي أُجريت على الجرذان، والفئران، وحيوانات الهامستر وغيرها، ويتطلب تحديد تنظيم الساعة البيولوجية دليلًا على المثابرة عن طريق إثبات أن الإيقاعات الحيوية يتم التعبير عنها في غياب مدخلات المزامنة الخارجية (zeitgeber)، وعادة ما يتم البحث عن مثل هذه الأدلة من خلال مراقبة الكائنات الحية في ظل ظروف ثابتة - غالبًا ما يكون هناك ظلام مستمر أو ضوء خافت.

الإيقاعات الحيوية والاستجابات الفيزيولوجية في الحيوانات

الإيقاع الحيوي اليومي موجود في أنماط النوم والتغذية والأنشطة الحيوية الأخرى في الحيوانات، والطيور، والحشرات، وهناك أيضًا أنماط واضحة لدرجة حرارة الجسم الأساسية، ونشاط موجات المخ، وإنتاج الهرمونات، وتجديد الخلايا والأنشطة البيولوجية الأخرى، إضافة إلى ذلك، تُعد الدورة البيولوجية رد الفعل الفيزيولوجي الطبيعي للكائنات الحية على طول النهار أو الليل، كما أنها أمر حيوي لكلٍّ من النباتات والحيوانات، ويُعد التنبؤ المناسب بالفترات الموسمية لظروف الطقس، أو توافر الغذاء، أو نشاط الحيوانات البرية المفترسة أمرًا بالغ الأهمية لحياة عديد من أنواع الحيوانات، وعلى الرغم من أنه ليس المقياس الوحيد، فإن الطول المتغير للفترة الضوئية (طول النهار) هو أكثر إشارة بيئية تنبؤية للتوقيت الموسمي للنواحي الفيزيولوجية والسلوكية للكائنات الحية، وعلى الأخص توقيت هجرة الحيوانات، والطيور، وعملية السبات الشتوي، وعملية التكاثر.

يُعد الحفاظ على التوازن الحراري محددًا رئيسيًا لأنماط النشاط الزمني في الثدييات الصغيرة، حيث تكون البيئة التي تعيش فيها مكانًا باردًا بشكل عام، على الرغم من أن ارتفاع درجات الحرارة قد يمثل مشكلة في بعض البيئات (على سبيل المثال: الصحاري الحارة)، فإن متوسط درجة حرارة سطح الأرض (18 درجة سيليزية) يكون أقل بكثير من درجة الحرارة الحرجة المنخفضة للثدييات الصغيرة (متوسط 29 درجة سيليزية)، وتلتزم هذه المخلوقات بالحفاظ على معدَّل أيض مرتفع للحفاظ على درجة حرارة الجسم، ومن ثَمَّ فإن الأهداف الحيوية تهيمن على النمط الزمني لنشاط هذه الكائنات؛ لتقليل فقد الحرارة والحصول على الغذاء لتلبية متطلبات التمثيل الغذائي، وتستجيب الثدييات الصغيرة عادة للتحدي الحراري (الحرارة أو البرودة) عن طريق الانسحاب واللجوء إلى الجحور أو أي مكان آخر للاختباء، لحين عودة مرحلة الظروف المناسبة واستئناف النشاط، ومع ذلك فإن إستراتيجية " التجنّب من خلال الانسحاب" تُعد مشكلة في حد ذاتها، فكلما كان المأوى يعزل الحيوان بشكل أفضل عن البيئة غير المناسبة، قلت معرفة الحيوان بالحالة البيئية المحيطة به وتأثر موعد ظهوره ونشاطه، ويزداد الوضع سوءًا عندما يدخل الحيوان في مأواه، أو يدخل في السبات الشتوي، أو النوم، ويتمثل الحل في تلك الحالات في تطوير التمثيل الداخلي لمرور الوقت (أي: الساعة اليومية)، مما يجعل توقيت الظهور مستقلًا عن الإشارات البيئية، ويعتقد العلماء أن التجنّب من خلال الانسحاب كان عاملًا رئيسيًا في الحفاظ على تنظيم قوي لليوم الحيوي في الثدييات الصغيرة، ويختلف الوضع بالنسبة للثدييات الكبيرة، وبحكم حجمها فإن هذه الحيوانات تهرب من تغير درجات الحرارة بعزل نفسها عن البيئة السطحية خلال فترات الخمول، علاوة على ذلك، تقضي معظم الثدييات الكبيرة حياتها بالكامل فوق الأرض، حيث تتعرض باستمرار لشدة الضوء، وتُعد زيادة مستويات الضوء بعد فترة من الظلام، أو تناقصها بعد فترة من ضوء النهار مؤشرات بيئية معروفة من النهار أو الليل؛ لذلك لا يوجد سبب لاستنتاج ضغوط انتقائية على مثل هذه الحيوانات للحفاظ على التمثيل الداخلي لمرور الوقت الشمسي (فترة النهار) لجدولة نمط 24 ساعة لنشاطها، كما تعرض معظم الحيوانات ذوات الحوافر أنماطًا عالية التنظيم من السلوك تتكون من نوبات نشاط فوق يومية (مثل: نشاط البحث عن الطعام) وخمول (مثل: نشاط الهضم، والنوم)، ويمكن ملاحظة ذلك في الأنواع التي تعيش في المناطق الشمالية في ظل ظروف ضوئية

مستمرة وأيضًا في الأنواع الاستوائية المعرضة لدورة يومية قوية من شدة الضوء مثل: الأفيال، والجاموس، وتمت نمذجة هذا السلوك في الماشية على أنه ضابط الإيقاع اليومي الذي يوجد في المعدة والذي يُستمد منه مجموعة من العلاقات التي يمكن التنبؤ بها عن طريق أنشطة القناة الهضمية، وهضم العلف، وفترة إيقاع التغذية، ومع ذلك فإن التنظيم الفائق للنشاط في الغالب ليس فريدًا بالنسبة لذوات الحوافر الكبيرة.

تعتمد القوارض على عملية التخمّر (تسبب الكائنات الحية الدقيقة مثل: البكتيريا تغيرًا مفيدًا في الركيزة العضوية) لاستخراج الطاقة من خلايا النباتات التي تتناولها، كما أن معدّل امتصاص الطاقة المنخفض الناتج عن ذلك يجبرها أيضًا على الانخراط في نوبات متكررة من التغذية لتلبية متطلباتها الأيضية، وتُظهر الحيوانات الصغيرة تنظيمًا إيقاعيًا يوميًا واضحًا، مع نوبات قصيرة من النشاط متباعدة على فترات من (2-4) ساعات عبر دورة 24 ساعة، وتستمر في عرض إيقاعات سريعة تعمل بحرية عند وجودها في فترات الظلام المستمر، وتتغذى آكلات الحشرات أو الحواشر (Insectivora) على الحيوانات اللافقارية، وتعرض تنظيمًا حيويًا فوق يومي في البرية والمختبر أيضًا، ويعني صغر حجم هذه المخلوقات الحية أن لديها معدة صغيرة جدًا إضافة إلى معدّل أيض عالٍ، ومن ثَمَّ يتم استهلاك الطاقة المكتسبة عند تناول كل وجبة صغيرة بسرعة، ومن ثَمَّ يجب أن تتناول تلك الكائنات مزيدًا من الغذاء من خلال فترات تغذية قصيرة، ومتكررة، وموزعة بشكل متساوٍ على مدار 24 ساعة. وتوضح تلك الأمثلة الطرق التي يؤدي بها التمثيل الغذائي والوظيفة الغذائية إلى تقييد التنظيم الزمني للأنشطة الحيوية للكائنات الحية، وهذا لا يعني أن النمط الزمني لنشاط هذه الأنواع مستقل عن الدورة اليومية لشدة الضوء، ويعتمد تأثير الضوء في الأنشطة الحيوية على الظروف البيئية والفيزيولوجية، وهكذا، فإن قمم (ذروة) النشاط في المجترات يتم الحفاظ عليها من خلال التحولات في مستوى الضوء عند فترة الفجر، وتختفي عندما يتم تقليل اتساع دورة شدة الضوء بشكل طبيعي في البيئة أو تجريبيًا في المختبر، ويُعزى اقتران النشاط بدورة شدة الضوء الواضحة في القوارض إلى التأثيرات المباشرة للضوء، والتي تعمل من خلال المقايضة المعتمدة على فترة الضوء بين خطر الافتراس وتوازن الطاقة، وتؤدي زيادة مستويات الضوء عند الفجر إلى خفض النشاط الليلي بشكل مباشر ومزامنة أول نوبة نهارية بين الحيوانات، ويُعد هذا جزءًا من إستراتيجية تجنّب الحيوانات المفترسة في البرية، ولهذا الغرض فإن

القوارض يبدو أنها تعتمد على قوة إدراكها للمخاطر، ويعتمد ذلك بشكل مباشر على الإشارات البصرية بدلًا من الاعتماد على الإيقاع اليومي ومن ثَمَّ يبدو أن هناك مجموعة من العوامل المتفاعلة (الطاقة الحرارية، والوظيفة الغذائية، وخطر الافتراس) تؤثر في إيقاع الساعة البيولوجية، والتأثير النسبي لكلٍّ منها يختلف داخل الأنواع المختلفة، وكذلك فيما بينها.

وفي الواقع يُعد السبات اليومي إستراتيجية مهمة للحفاظ على الطاقة، وقد شُوهدت تلك الإستراتيجية غالبًا في بعض سلالات الثدييات، وقد وجد العلماء أن تبني الثدييات أسلوب حياة ليلي وتجنبها المفترسات من خلال الانسحاب قد ساعد على تطور الإيقاعات اليومية، ونتيجة للتطوّر أدى ذلك إلى فقد هذه الخاصية الموروثة عن تلك الثدييات، حيث أدت التغيرات في القيود الفيزيولوجية والبيئية إلى فقد سمات الحاجة إلى تجنب المفترسات من خلال الانسحاب كما في الحيوانات ذوات الحوافر، واستبدالها بالحاجة إلى التغذية بإيقاعات فوق يومية كما في القوارض، وآكلات الحشرات.

تتحكم الإيقاعات اليومية في عديد من الكائنات الحية، وعادة ما تُظهِر الحيوانات التي يجب أن تكون نشطة على مدار الساعة أداءً منخفضًا وصحة وحيوية قليلة، ويمكن أن نلاحظ أن أنماط النشاط اليومي على مدار الساعة وأنماط النشاط فوق اليومي يكونان أكثر شيوعًا عما هو معروف بشكل عام، لا سيما في الحيوانات العشبية، والحيوانات التي تسكن المناطق القطبية والموائل ذات البيئات الثابتة، وفي الحيوانات خلال مراحل معينة من حياتها مثل: الهجرة، أو التكاثر، أو السُّبات الشتوي، والآليات الأساسية للإيقاعات الحيوية في تلك الحيوانات متنوعة، وتشير الدراسات إلى أن بعض الأجهزة التي تتحكم في الإيقاعات اليومية تستمر في قياس الوقت في الحيوانات النشطة على مدار الساعة.

تُظهِر الحيوانات المستأنسة إيقاعًا نهاريًا في درجة حرارة الجسم التي تعتمد بشكل أساسي على الظروف المناخية، وهناك تقلّبات بيولوجية صغيرة في درجة حرارة الجسم الأساسية للماشية في كلٍّ من البيئة الطبيعية التي تعيش فيها أو في البيئات الخاصة ذات درجات حرارة ثابتة، ويمكن أن تؤثر التغيرات الموسمية في درجة الحرارة المحيطة على درجة حرارة الجسم في الحيوانات مثل: الأبقار، حيث إن متوسط درجة

حرارة الجسم وسعة إيقاع درجة حرارة الجسم يكونان أعلى في الصيف عن الربيع أو الشتاء، ومعرفة العلاقة بين التغيّر اليومي في درجة حرارة الجسم ودرجة حرارة البيئة المحيطة مطلوبة لزيادة الفهم عن متطلبات التغذية الحافظة، والأداء الإنتاجي في الحيوانات المنتجة، وبالمثل فإن هذه المعلومات ضرورية لتقييم فوائد أي تعديلات أو تغييرات بيئية، وتوضح الدراسات أن الاستجابات الفيزيولوجية في الحيوانات كانت أقل في الصباح، وازدادت حتى وصلت إلى أعلى قيمة في فترة ما بعد الظهر، في حين أن تركيزات أيونات الصوديوم والبوتاسيوم في الدم قد انخفضت خلال فترة سطوع الشمس؛ وذلك بسبب حرارة الجو العالية.

في النماذج التجريبية توفر لنا نماذج الفئران رؤى ثاقبة في عديد من جوانب صحة الإنسان والمرض، ويمتد القياس إلى النظام اليومي؛ لذلك فإن البشر مثل باقي الكائنات الحية ينسحبون لفترات نوم موحّدة، ويُظهِرون إيقاعًا قويًا للساعة البيولوجية. قد يكمن حلّ مفارقة التنظيم اليومي القوي في البشر في تحمّلهم الحراري المنخفض بشكل غير عادي مقارنة بالثدييات مما يشير إلى أن هذه ميزة موروثة، وكذلك الحاجة المصاحبة للتجنّب من خلال الانسحاب في أثناء الراحة قد تكون مسؤولة جزئيًا على الأقل عن تنظيم الساعة البيولوجية.

الساعة البيولوجية في الحيوانات القطبية

أوضح الباحثون أن بعض حيوانات القطب الشمالي (على سبيل المثال: حيوان الرنة) لا تُظهِر إيقاعات الساعة البيولوجية إلا في أجزاء السنة التي يكون فيها شروق الشمس وغروبها يوميًا، وقد وجدوا أيضًا أنه عند خط 70 درجة شمالاً فإن هذه الحيوانات تُظهِر إيقاعات الساعة البيولوجية في الخريف، والشتاء، والربيع ، ولا تُظهِر ذلك في الصيف، وعند خط 78 درجة شمالاً فإنها تُظهِر مثل هذه الإيقاعات فقط في فصلي الخريف، والربيع، وقد لا تُظهِر بعض حيوانات القطب الشمالي إيقاعات الساعة البيولوجية في ضوء الصيف المستمر وظلام الشتاء المستمر، وقد أوضحت دراسة أُجريت في شمال ألاسكا أن السناجب الأرضية وقوارض النيص الليلية تحافظان بصرامة على إيقاعاتهما الحيوية اليومية، كما أن هذين النوعين يمكن أن يلاحظا المسافة الظاهرة بين الشمس والأفق، ومن ثَمّ يمكن أن يضبطا إيقاعاتهما الحيوية من خلال ذلك.

تحدث في المناطق القطبية تغيرات موسمية شديدة، وتبلغ ذروتها كل عام في عدة أسابيع أو أشهر، كما تؤدي هذه التغيرات الموسمية إلى ظهور نشاط شديد التنوع للحيونات في هذه الظروف الثابتة نسبيًا، وقد تمت دراسة الإيقاعات الحيوية اليومية في اثنين من الحيوانات العشبية التي تعيش في القطب الشمالي، وخاصة أنواع الرنة، حيث استمر الإيقاع الحيوي على مدار العام في المناطق المنخفضة من القطب الشمالي، وكانت الحيوانات فيها نشطة على مدار الساعة في ظل الضوء المستمر في الصيف والظلام المستمر في الشتاء.

صورة توضح أيائل الرنة القطبية التي تُظهر إيقاعات الساعة البيولوجية في أوقات معينة في السنة.

قد يكون النظام اليومي أيضًا شديد المرونة في الحيوانات التي تقوم بالسُّبات الشتوي، وفي السناجب الأرضية في القطب الشمالي التي تعيش بحرية في المناطق المنخفضة شمال ألاسكا فإن الإيقاعات اليومية لدرجة حرارة الجسم والنشاط تكون منتظمة خلال فترات الانتقال بين الفصول، وخلال أشهر الصيف، وبعد أن تنعزل السناجب الأرضية وحيدة في الظلام في مناطق سباتها بالخريف، وتستمر إيقاعات الساعة البيولوجية بشكل منتظم، ولكنها تميل إلى أن تكون حرة في الفترات التي تكون أجسامها دافئة، ومع ذلك وبمجرد حدوث تغيرات في درجات الحرارة، تظل

درجات حرارة الجسم الأساسية تقريبًا ثابتة في أثناء نوبات السبات التي تستمر لمدة (2-3) أسابيع، وفي فصل الربيع تميل درجة حرارة الذكور إلى الارتفاع، مع البقاء في الجحور لمدة (2-3) أسابيع، وفي أثناء ذلك وتحت هذه الظروف المظلمة باستمرار، ودرجات حرارة الجسم العالية، واستخدام الطعام المخزون تظل الإيقاعات غير منتظمة حتى تتعرّض الحيوانات لأول مرة لأشعة الشمس عند ظهورها، وتستأنف الدورات اليومية الطبيعية لدرجة حرارة الجسم ونشاطه في غضون يوم إلى يومين من العودة المنتظمة إلى السطح تحت ضوء شمس النهار.

الساعة البيولوجية في الحيوانات الاجتماعية

يكون لدى الحشرات الاجتماعية (التي تعيش في تجمعات) مثل: النحل، والنمل فترات من النشاط الإيقاعي على مدار الساعة في عدة سياقات مختلفة على عكس معظم الحشرات، وتظهر إيقاعات الساعة البيولوجية الذاتية فقط في وقت لاحق من أطوار الحياة، وتكون لدى الحشرات الشغّالة كبيرة العمر مرونة في إيقاعات الساعة البيولوجية المرتبطة بتقسيم العمل الذي يميّز مجتمعات نحل العسل بصورة نموذجية، ويمكن ملاحظة ذلك على نحل العسل، والنحل الطنان، والنمل، حيث تنشط الحشرات التي تعتني بحضانة الصغار على مدار الساعة داخل العش، بينما تُظهِر عاملات النحل المنخرطة في أنشطة البحث عن الغذاء خارج العش إيقاعات الساعة البيولوجية.

صورة توضح انخراط النحل في أنشطة البحث عن الغذاء.

في الثدييات يقتصر النشاط الاجتماعي على أنواع قليلة من فئران الخلد التي تعيش في أنفاق تحت الأرض، وهي بالأساس حيوانات عمياء، وتُظهِر الفئران المنفردة والاجتماعية على حدٍّ سواء الإيقاعات الحيوية بشكل يومي عند مراقبتها بشكل فردي في المختبر: مما يشير إلى أن لديها ساعة بيولوجية وظيفية، كما تمت ملاحظة أن فئران الخلد الانفرادية تُظهِر أيضًا إيقاعات الساعة البيولوجية في ظل الظروف الحقلية الطبيعية عند مراقبتها عن بُعد. على النقيض من ذلك، يكون لدى فئران الخلد العارية (ذلك لكونها عارية عن أي فرو يغطي جسدها) ضَعْف في إيقاعات الساعة البيولوجية أو انعدامها، وتنشط على مدار الساعة في السياق الاجتماعي للمستعمرة.

صورة توضح فئران الخلد العارية.

الساعة البيولوجية والتكاثر في الحيوانات

تتمثل أهمية الإيقاع اليومي للأنظمة الفيزيولوجية في تزويد الكائن الحي بإدراك الزمن للتأكد من أن الأحداث الفيزيولوجية والسلوكية تتزامن مع بعضها، ومن أمثلة ذلك تنسيق عملية التبويض لدى الإناث، والاستعداد للتلقيح، وفي كثير من الحيوانات، وخاصة تلك الحيوانات ذات العمر القصير أو مدة الحمل الطويلة، فإن الإيقاعات الحيوية الخاصة بها تمكّنها من إتمام عملية التكاثر في تلك الفترة، ومن ثَمّ فإن التغيرات في زمن تأثير الضوء قد تترافق مع بداية موسمية للبلوغ ودورات

الخصوبة أو العقم في الحيوانات البالغة، وتنعكس التغييرات الأيضية نتيجة لذلك وتقوم الحيوانات بحصر وتقييد وقت الولادة في وقت معين من العام والذي يكون عادة في فصل الربيع أو الصيف، ليتزامن مع كثرة العشب ووفرة المرعى.

قد تكون الثدييات نشطة على مدار الساعة مع ضَعْف إيقاعات الساعة البيولوجية لعدة أسابيع خلال فترة ما بعد الولادة، والنفاس، أما صغار الثدييات غالبًا ما تُولد بدون إيقاعات يومية واضحة وتكون أنشطتها وأنماط النوم لديها غير مستقرة خلال الأسابيع والشهور الأولى من حياتها، مثلا: في الحيتان القاتلة حديثة الولادة والدلافين قارورية الأنف التي تحتاج إلى الظهور على سطح الماء للتنفس بانتظام، فإن النشاط على مدار الساعة لديها قد يرتبط بسلوك النوم، أو قد يكون غائبًا في أول شهر بعد الولادة، أما الحيوانات البالغة منها فتكون نشطة أيضًا على مدار الساعة، ويتحكّم الدماغ بالنوم لديها، وفي المواليد الجديدة من البشر والرئيسيات الأخرى أيضًا لا تكون إيقاعات الساعة البيولوجية وأنشطة النوم والاستيقاظ والأنشطة الأخرى منتظمة في الأسابيع الأولى بعد الولادة، وتتأثر الإيقاعات اليومية للنوم في الأمهات اللائي يعتنين بأطفالهن فتظهر بصورة ضعيفة ومتقطعة. وفي موسم التكاثر لدى الطيور يمكن ملاحظة فترات ممتدة من النشاط على مدار الساعة، كما تحدث حالة من اليقظة المستمرة في الأنواع التي تتكاثر في القطب الشمالي من الطيور الخواضة وطيور الطيطوي، وفي هذه الأنواع تنشط الذكور على مدار الساعة خلال فترة استقبال وتلقيح الإناث المحيطة بها، كما تعاني الإناث أيضًا عدم انتظام الإيقاعات الحيوية خلال فترة التكاثر، لكنها تعود إلى الإيقاع اليومي الطبيعي بمجرد اكتمال عملية وضع البيض.

الإيقاعات الحيوية والبلوغ في الحيوانات

يعكس سن البلوغ في الحيوان نضج جميع الأجهزة المطلوبة للحصول على الأداء الإنجابي الأمثل؛ لذلك فإن إيقاعات الساعة البيولوجية (الإيقاعات الحيوية) سوف يكون لها دور مهم للتأثير في سن البلوغ، وفي القوارض يتأثر سن البلوغ بطول النهار، بحيث تمنع فترات الظلام الطويلة من حدوث النضج الجنسي، كما يكون تأثير قصر طول النهار أكثر وضوحًا في أنواع من الحيوانات مثل: الهامستر التي

تعيش في المناطق المرتفعة، أو في البيئات التي يتوفر فيها الغذاء الموسمي بدرجة كبيرة. أما في الأنواع الأطول عمرًا مثل: الأغنام فإن سن البلوغ للحيوانات التي تُولد في أواخر الموسم في هذه الأنواع قد يتأخر، وقد يصل حتى العام التالي، وتتمتع الأنواع التي تقوم بتقييد وحصر الخصوبة والحمل ورعاية النسل في أوقات مناسبة من السنة بعديد من الفوائد والمزايا الواضحة. في حالة الفئران والجرذان المختبرية التي يتم الاحتفاظ بها وتربيتها على مدى مئات الأجيال، في ظل ظروف بيئية ثابتة يتم اختيارها؛ لأن معدَّل الخصوبة يكون عاليًا في تلك الظروف، فإن تأثيرات الساعة البيولوجية أو الدورية الضوئية على سن البلوغ تكون أقل شيوعًا في تلك الحيوانات، ومع ذلك فإن بعض السلالات من الفئران ما تزال تحتفظ بالاستجابة الضوئية.

الساعة البيولوجية وتأثيرها على هجرة الحيوانات والطيور

يكون لدى بعض أنواع الطيور المهاجرة التي تعيش في المناطق العالية من خطوط العرض خلال موسم التكاثر أنماط متنوعة من النشاط تتراوح من الإيقاع اليومي الثابت (المحافظ عليه) إلى التغير البسيط في نشاط الإيقاع اليومي، وربما تهاجر طيور البطريق التي تتكاثر في القطب الجنوبي إلى خطوط العرض المنخفضة، وتكون لديها درجة عالية من المرونة في إيقاعاتها اليومية؛ مما يُظهِر الأنماط المنتظمة أو الأنماط غير المنتظمة.

صورة توضح أحد أشكال هجرة الطيور التي تتحكم بها الساعة البيولوجية.

غالبًا ما يكون لدى الأنواع المهاجرة تغيير جذري في أنماط النشاط اليومي في أثناء مواسمِ الهجرة، مع الاستمرار في التغذية وذلك خلال معظم أوقات اليوم، كما تُظهِر نشاطًا ليليًا يمكن أن يستمر لأسابيع يُسمى "الهجرة المضطربة"، وعادة ما يتم تنظيم بداية ونهاية الهجرة المضطربة من خلال آليات ضبط الوقت على المدى الطويل، مثل: الإيقاعات السنوية والدورية الضوئية، والنشاط الليلي الذي يتأثر بعدة عوامل مثل: توافر الغذاء، وعادة ما يؤثر نقص الغذاء في النشاط اليومي على مدار الساعة، بينما تعزز التغذية من فرص النشاط النهاري حتى تكون الاحتياطيات الغذائية كافية لمواصلة رحلة الهجرة، وتعتمد بعض الكائنات الحية مثل : فراشة الملك *(Danaus plexippus)* على الشمس في هجرتها، وتستخدمها كبوصلة (بوصلة الشمس)، حيث تعتمد على الساعة البيولوجية الخاصة بها للهجرة الشتوية من الولايات المتحدة الأمريكية إلى وسط المكسيك.

شكل يوضح أحد أشكال هجرة فراشة الملك التي تعتمد على الساعة البيولوجية في هجرتها

الساعة البيولوجية في أسماك أعماق البحار

تسبح أسماك القرش وأسماك أعماق البحار، مثل: التونة، والسردين، والماكريل، وتأكل على مدار الساعة، وتكون الثدييات البحرية نشطة على مدار الساعة؛ لأنها

بحاجة إلى الظهور على سطح الماء لأداء عملية التنفس بشكل منتظم، أما أسماك الشعب المرجانية التي تقضي الليل بين الشعب المرجانية فتؤدي حركات زعنفية منتظمة، وذلك لتهوية هذه المنطقة لمنع نقص الأكسجين، ومن الأمثلة الأخرى على الحيوانات التي تُظهِر نشاطًا على مدار الساعة الحيوانات العمياء التي تعيش في الكهوف.

صورة توضح أسماك الشعب المرجانية التي تقوم بحركات زعنفية منتظمة لمنع نقص الأكسجين.

الساعة البيولوجية في النباتات

يشكل نظام الدورة اليومية أو الساعة البيولوجية الداخلية جزءًا بالغ الأهمية في حياة النباتات وقدرتها على تحديد توقيت القيام بالعمليات الحيوية بدءًا من امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخليق المواد الكربوهيدراتية، وإنتاج الأكسجين مرورًا بتفتح الزهور، وحركة الأوراق، ووصولًا إلى إنتاج الثمار، خلال فترات النهار تقوم النباتات بالاستفادة من ضوء الشمس، وامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون المتوفّر في الهواء المحيط عن طريق عملية التمثيل الضوئي كي تقوم بتصنيع المواد الكربوهيدراتية التي تتغذى عليها، كما تقوم بتخزين كميات من هذه المواد كي تمدها بالطاقة لاحقًا في أثناء فترات الليل، إلا أن قدرة النباتات على الإحساس بتغيّر أوقات الليل والنهار والفصول، ومن ثَمّ التأقلم معها، تتجاوز كونها مجرد عملية تكيف مفيدة في متناول هذه الكائنات الحية، وفي الواقع فإن حياة النباتات رهن بهذه الساعة الداخلية، بل إنها قد تقود إلى

إنتاج كميات مضاعفة من الغذاء، حيث إن النباتات تقوم بإنتاج إشارة أيضية خاصة عند قيامها بإعادة ضبط ساعتها البيولوجية في فترات الليل؛ مما يضمن لها الحفاظ على ما يكفيها من الطاقة الضرورية خلال ساعات الظلام، حيث يتعذّر عليها القيام بعملية التمثيل الضوئي لإنتاج متطلباتها الغذائية.

الساعة البيولوجية للنبات: من ضابط الوقت البسيط إلى مدير التطوير المعقد

تسمح الساعة البيولوجية للنباتات بتوقّع التغيّرات المتوقّعة في البيئة من خلال تعديل سماتها الفيزيولوجية، وفي السنوات القليلة الماضية، تم تحديد أن الاستجابات المعروفة التي تنظمها الساعة البيولوجية قادرة أيضًا على تعديل أداء الساعة، وتخلق حلقات التغذية الراجعة واتصالاتها المتعددة شبكة معقّدة، وتضفي على شبكة الساعة البيولوجية دورًا يتجاوز قياس الوقت، وتمكِّن دورات الضوء والظلام التي يفرضها دوران كوكب الأرض النباتات من تتبع تلك التغييرات الدورية؛ مما يسمح لها بتوقّع ومزامنة الاستجابات الفيزيولوجية والنمائية المتعددة لأفضل وقت في اليوم أو العام؛ مما يسهم في النهاية بتعزيز الكفاءة الوظيفية للنباتات.

والساعة البيولوجية في النباتات هي عملية خطية أو "متدرجة" تكون فيها الإشارات البيئية (المدخلات) مسؤولة عن مزامنة منظم الوقت الداخلي والتي تعدّل بعد ذلك عديدًا من الاستجابات الفيزيولوجية مثل: حركة الأوراق، إضافة إلى ذلك، فإنه يمكن اعتبار الضوابط الجزيئية للساعة البيولوجية المركزية بمثابة محاور تربطها مباشرة بعمليات تطوير النبات المختلفة. ويتم دمج المعلومات القادمة من البيئة الخارجية والبيئة الداخلية، وتحديد الناتج المتوازن وترجمته إلى عديد من السمات الفيزيولوجية والتنموية التي يعدلها هذا النظام البيولوجي الضابط، وتساعد هذه الآلية بأكملها النباتات على أن تكون متزامنة مع المحفزات البيئية والتغيرات ذات الصلة.

تنظيم الساعة البيولوجية في النباتات

يساعد الاتصال بين العضيات (النواة ـ البلاستيدات الخضراء) في ضبط الساعة بشكل صحيح، علاوة على ذلك على غرار ما هو معروف في الحيوانات،

قد تحتوي النباتات أيضًا على ساعات خاصة بالأنسجة، وتعدّل الساعة البيولوجية استجابات النبات التي يشار إليها باسم "المخرجات" وتعود معظم هذه العمليات إلى الضابط المركزي؛ مما يؤدي إلى إنشاء شبكة معقدة من الاتصال، ويُعد الإزهار الدوري الضوئي ونمو جذع شتلات النباتات من أفضل النواتج تميّزًا، وتتطلب كلتا العمليتين التطابق المناسب بين الإيقاعات الداخلية مدفوعة بالساعة البيولوجية الداخلية والظروف الخارجية التي تسترشد بفترة الضوء.

وقد تم اقتراح معالجة الساعة البيولوجية المركزية لتعزيز زيادة إنتاجية المحاصيل وانتقاء السمات والصفات ذات الفائدة الزراعية منذ فترة طويلة؛ ومع ذلك، فإن أحد القيود الرئيسية في تحقيق هذا الهدف هو أن هندسة آلية الساعة البيولوجية قد تؤدي أيضًا إلى حدوث التفاعلات (الاضطرابات) والسلوكيات غير المتوقعة. علاوة على ذلك نظرًا للوصلات المتشابكة وحلقات التغذية الراجعة للساعة الداخلية، فإنه من الصعب التنبؤ بشكل بديهي بالنمط الظاهري الناتج بعد حدوث الاضطراب، ولكن يمكن أن تسمح هذه المنهجيات للباحثين بالتنبؤ بسلوك النبات في ظل مجموعة معينة من الظروف البيئية؛ مما يوفر كثيرًا من الوقت والجهد لبناء نماذج رياضية دقيقة، ولتطبيق نهج متكامل على مستوى النظام فإن المعرفة القوية والشاملة لآلية الساعة مطلوبة، ولتحديد ميزات الساعة مثل: الفترة الزمنية، من الضروري إجراء تجارب في ظل ظروف مستمرة، ومع ذلك فإن بيانات سلوك المذبذب البيولوجي في ظل الإعدادات التي تشبه الظروف الطبيعية (أي: دورات الضوء والظلام) محدودة، ويتمثل التحدي القائم لأبحاث الساعة البيولوجية النباتية في إجراء دراسات في ظل هذه الظروف والتي تحاكي السيناريوهات الطبيعية بشكل أفضل. ستعمل هذه الأساليب على تحسين فهمنا للساعة البيولوجية، ومن ثَمَّ تساعدنا على التنبؤ بشكل أفضل بكيفية استجابة الجينوم المعدّل للإشارات البيئية المتنوعة والديناميكية.

الساعة البيولوجية في أثناء مراحل نمو النبات

تسمح الساعة البيولوجية داخل النبات بتوقّع التغيرات البيئية اليومية، والموسمية، والاستعداد لها، وزيادة تكيفها في البيئات المتغيرة، وتتكوّن الساعة اليومية في النباتات، كما هو الحال في الحيوانات والحشرات، بشكل أساسي من ردود فعل متعددة، ويمكن أن تكون الساعة البيولوجية مقيدة بإشارات بيئية مثل: الضوء، ودرجة

الحرارة، وحالة المغذيات لمزامنة الإيقاعات البيولوجية الداخلية مع البيئات المحيطة، وترتبط مسارات الإخراج اليومي المذبذب بعديد من العمليات الفيزيولوجية والتنموية والتكاثرية لتعديل توقيت هذه العمليات البيولوجية إلى وقت مناسب من اليوم أو موسم مناسب، وقد يسهم تعدّد الأشكال في جينات الساعة البيولوجية في التكيفات المحلية على مدى واسع من خطوط العرض في عديد من الأنواع النباتية.

تُعد الساعات البيولوجية آليات داخلية لحفظ الوقت تسمح للكائنات بتوقّع التغيرات اليومية والموسمية في البيئات المحيطة والاستعداد لها؛ لذلك فإن النباتات تدرك بدقة الإشارات البيئية مثل: الضوء، ودرجة الحرارة لتكييف نموها وتطورها مع البيئات المحيطة، وتقوم النباتات بضبط توقيت العمليات الفيزيولوجية والنمائية والتكاثرية المختلفة إلى وقت مناسب من اليوم أو موسم مناسب بناءً على طول اليوم المقاس بالساعة البيولوجية، وتتكون الساعة البيولوجية أو اليومية في النباتات بشكل أساسي من ردود فعل متداخلة انتقالية مماثلة للساعات البيولوجية في الثدييات، أو الحشرات، وقد قام العلماء بتحديد الجينات الأساسية للساعة البيولوجية الخاصة بالنباتات، بما في ذلك جينات النمو، وجينات التزهير وغيرها من الجينات، ويسهم تغيير التوقيت اليومي الناتج عن التباين الطبيعي في جينات الساعة البيولوجية في التكيف مع البيئات المحلية على نطاق واسع من خطوط العرض، كما تنظم الساعة اليومية في النباتات العمليات البيولوجية المختلفة طوال دورة الحياة، وتضبط توقيت استجابات المخرجات، مثل: التمثيل الضوئي، وفتح البتلات، وفتح الثغور، وحركة الأوراق والإزهار، وتطوّر دورة الخلية ...إلخ.

دور الساعة البيولوجية على المستوى الخلوي في النباتات

نظام الساعة البيولوجية يوجد في الكائنات أحادية الخلية، ومن أمثلتها البكتيريا الخضراء المزرقة، حيث يتم الحفاظ على الإيقاعات اليومية الخاصة بها في الخلايا التي تنقسم عدة مرات خلال فترة يومية واحدة؛ مما يشير إلى أن دورة انقسام الخلايا تنظمها الساعة البيولوجية، كما تم أيضًا إثبات أن دورة الخلية تنظمها الساعة البيولوجية في الطحالب الحمراء حيث تتزامن دورة خلية تلك الطحالب بشكل كبير مع دورة الضوء والظلام الخارجية التي حدث فيها انقسام للخلية خلال فترة الظلام، علاوة على ذلك فإن فصل تطور دورة الخلية عن إيقاعات الساعة البيولوجية يقلل من

معدّل النمو على الأرجح بسبب الإجهاد التأكسدي العالي؛ مما يشير إلى أن تقييد تقدّم دورة الخلية في أثناء الليل قد يكون مهمًا لحقيقيات النواة أحادية الخلية، وبالنظر إلى أن البوّابة الزمنية اليومية لانقسام الخلية متنوعة من سلالات حقيقيات النواة من الكائنات وحيدة الخلية إلى الثدييات، فقد لُوحظ أن دورة خلية حقيقيات النواة ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالساعة البيولوجية خلال مسار نمو النباتات، وبما أن حجم الخلية يرتبط ارتباطًا وثيقًا بطول دورة الخلية، فمن الممكن أن تنظم الساعة البيولوجية في النباتات تطور دورة الخلية وكذلك في الأنواع الأخرى.

شكل يوضح مراحل نمو النبات التي يتم تنظيمها بواسطة الساعة البيولوجية.

وقد لُوحظ أن تنظيم الساعة البيولوجية لعمليات المستوى الخلوي والتمثيل الضوئي يظهر في الثغور التي تسمح بتبادل الغازات بين النبات والجو، ففي أنواع من النباتات مثل: نبات الفول يكون التوصيل الثغري أعلى في أثناء النهار عن الليل، في حين أن الثغور في نباتات أخرى تكون أكثر انفتاحًا في الليل عن النهار. إضافة إلى ذلك، يتم أيضًا تنظيم عملية التمثيل الضوئي بواسطة الساعة البيولوجية، ويتم تنظيم التعبير عن مجموعة كبيرة من الجينات المشاركة في تلك العملية بواسطة الساعة البيولوجية أيضًا؛ مما يشير إلى أن التمثيل الضوئي يتم تنظيمه بشكل صارم من خلال الساعة البيولوجية، إضافة إلى التمثيل الضوئي يتم أيضًا تنظيم التنفس، والعمليات الأيضية للسكر، والنشا بواسطة الساعة البيولوجية.

دور الساعة البيولوجية على مستوى الأنسجة والأعضاء في أثناء مراحل نمو النبات

تنظم الساعة البيولوجية أو اليومية في النباتات عمليات النمو المختلفة طوال دورة حياة النباتات، ففي المرحلة الأولى من تطور النبات تنظم الساعة البيولوجية إنبات البذور، حيث يتم التحكّم الدوري الضوئي في إنبات البذور في عديد من أنواع النباتات؛ مما يشير إلى وجود نظام يومي وظيفي في البذور في بعض أنواع النباتات.

في الواقع يمكن لعملية تشرّب الماء من طبقات الخلايا إعادة ضبط الساعة اليومية ومزامنة الساعات البيولوجية في مجموعة الشتلات المختلفة، وعلاوة على ذلك لُوحظ التحكّم اليومي في تبادل الغازات في حالة التشغيل الحر في بذور البصل، وقد لُوحظ أيضًا أن الساعة البيولوجية تتحكّم في إنبات البذور من خلال تنظيم سلسلة من الجينات المرتبطة بهرمون الجيبريلين والأوكسين (هرمونات نباتية).

من الجوانب الأخرى التي تؤثر فيها الساعة اليومية استطالة النبات، ويمكن ملاحظة التنظيم اليومي للاستطالة في الضوء الثابت، ويمكن أن تحدث استطالة النبات في الظلام المستمر، ولكن بشكل غير منتظم؛ مما يشير إلى أن إشارة الضوء ضرورية للتنظيم اليومي لاستطالة النباتات، ويعتمد هذا النمو الإيقاعي على وظيفة عدة عوامل من عوامل النسخ، حيث تعمل كمحور لدمج مختلف الإشارات الخارجية، والداخلية مثل: الضوء، ودرجة الحرارة، والهرمونات النباتية، وإشارات معدّلات السكر، كما يقتصر نشاط تلك العوامل على وقت متأخر من الليل؛ مما يؤدي إلى التنظيم الضوئي للاستطالة قبل الفجر في ظل ظروف نهارية، ويمكن ملاحظة تأثير التنظيم اليومي في نمو بعض النباتات مثل: الطماطم، وأوراق البقوليات، والنبتة الخجولة *(Mimosa pudica)*، وتحدث حركات الأوراق عن طريق تمدّد وتقلص الخلايا المتخصصة في قاعدة (سويقات)، حيث ينتج عن ذلك تغييرات سريعة قابلة للانعكاس في موضع الورقة، ومع ذلك فإن أنواعًا أخرى من النباتات تتبع أيضًا حركات الأوراق اليومية التي تعتمد جزئيًا على النمو التفاضلي (نمو الخلايا في منطقة واحدة من عضو نباتي، مثل: الجذع، أو الجذر، حيث تنمو بشكل أسرع من الخلايا الموجودة في المنطقة المقابلة)، ويمكن ملاحظة ذلك في عديد من الأنواع النباتية، مثل: نبات التبغ، والبطاطس، وبذلك فإن الآليات الجزيئية الكامنة وراء الاستطالة الإيقاعية ونمو الأوراق تختلف عن بعضها.

شكل يوضح حركة الأوراق في النبتة الخجولة.

في نبات عبّاد الشمس تتأثر أنماط الاستطالة بحركة الشمس، حيث يحدث التتبع الشمسي لهذا النبات على الجانبين الشرقي والغربي من الجذع، ويتم تنظيم هذه العملية من خلال إشارات الضوء والساعة اليومية، ومن جوانب النمو الأخرى التي تسهم الساعة اليومية (الساعة البيولوجية) في تنظيمها هي عملية فتح الأزهار للتلقيح، وهي مرحلة متأخرة من تطوّر النبات (بعد الإزهار)، حيث تقيد الساعة اليومية توقيت فتح البتلات بجزء من اليوم عندما تكون الملقحات المحتملة أكثر نشاطًا، وخير مثال على ذلك ما يحدث في نبات الأرابيدوبسيس (رشاد أذن الفأر) *(Arabidopsis thaliana)*، حيث تفتح الزهرة في الصباح وتغلق في منتصف النهار، بينما تفتح زهرة نبات الزهرة الليلي *(Cestrum nocturnum)* في المساء، وتغلق عند الفجر، علاوة على ذلك يتم تنظيم بعض المركبات المتطايرة والرحيق التي تجذب الملقحات بواسطة الساعة البيولوجية، ومن ثَمَّ تنبعث تلك المركبات في التوقيت الصحيح لأنشطة الملقحات المحتملة خلال اليوم.

صورة توضح نبات عبّاد الشمس الذي تتأثر استطالته بحركة الشمس.

الساعة البيولوجية والتمثيل الغذائي في النباتات

يُمكِّن البناء الضوئي النباتات من الحصول على الطاقة والمكونات الأساسية اللازمة للنمو والتطور من ضوء الشمس، ويتم تنظيم الخطوات المختلفة لهذه العملية على مدار الساعة البيولوجية.

- **التمثيل الغذائي للكربوهيدرات**

خلال دورة كالفن (وهي دورة تثبيت ثاني أكسيد الكربون، وسُمّيت بذلك نسبة إلى مكتشفها) للبناء الضوئي يتم استخلاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي بواسطة نوع خاص من الإنزيمات، إضافة إلى ذلك يتم نسخ الحمض النووي الريبي النقال؛ مما يؤدي إلى ظهور نوعين من البروتينات لهما سمات تنظيمية مختلفة اعتمادًا على شدة الضوء، حيث قد ثبت أن هذه السمات التنظيمية تتبع أيضًا إيقاع الساعة البيولوجية، ويشير هذا إلى أن الساعة البيولوجية تسهم في ضبط هذا النظام الفعّال، لتحسين الاستجابة بشكل أفضل مع ظروف الإضاءة المتغيّرة، طوال اليوم. وتُعد عائلة بروتينات الثيوريدوكسين (Thioredoxin) ضرورية في توازن الأكسدة والاختزال حيث يتمكّن النبات من امتصاص الكربون، وتشكّل مثالاً آخر على التحكم

الذي يفرضه المذبذب الداخلي على استقلاب الكربوهيدرات، وخلال فترة النهار يتم امتصاص الكربون على هيئة جلوكوز، ثم يتم تحويله إلى سكروز للنقل وتخزينه على هيئة نشا يتم استهلاكه تدريجيًا في أثناء الليل، وقد ثبت أن استطالة الساق متناغمة مع أقصى نمو في نهاية الليل في الشتلات النباتية، لذلك من المحتمل أن يؤدي الفشل في ضبط المعدَّل المناسب لتحلل النشا في أثناء الليل إلى نقص الكربون قبل الفجر مع ما يترتب على ذلك من انخفاض في النمو.

تشير الأبحاث إلى أن الساعة الداخلية مقيدة بإشارات التمثيل الضوئي، حيث أظهر الباحثون أن السكريات النشطة الأيضية (السكروز، والفركتوز، والجلوكوز) قادرة على إدخال وتعديل مرحلة المذبذب الأساسي (مذبذب كيميائي حيوي مركزي يستغرق 24 ساعة تقريبًا ويعمل على تحديد الوقت)، ويمكن للكربوهيدرات أن تؤثر في ضابط الوقت البيولوجي من خلال تنظيم النسخ ومرحلة الساعة في ظل ظروف نمو مختلفة، وبالنظر إلى أن السكر يمكن أن يساعد في ضبط الساعة اليومية، وأن وقت الإزهار في الأيام الطويلة يتم التحكّم فيه بإحكام بواسطة المذبذب الداخلي (سلسلة من مسارات المدخلات إلى المذبذب المركزي)، فقد تم الافتراض أن الكربوهيدرات يمكن أن يكون لها دور في تعديل الحساسية للضوء.

- **التمثيل الغذائي للعناصر المعدنية**

تلعب العناصر الغذائية المعدنية والأيونات أدوارًا عديدة في عملية التمثيل الغذائي للنبات، ويمكن أن تعمل كعوامل مساعدة، كما أنها ضرورية لبناء البروتينات والجزيئات الكبيرة، وتُعد العناصر الغذائية مثل: النحاس، والحديد، والزنك، النيتروجين، والفسفور، والكبريت، والكالسيوم، والمغنيزيوم، والبوتاسيوم ضرورية للنبات، ولكن بكميات محددة، ويؤثر نقصها في نمو النبات، وقد يكون الفائض سامًا، ويتبع الطلب على العناصر المعدنية نمطًا إيقاعيًا، على سبيل المثال: معدلات التمثيل الضوئي والنتح، مما يشير إلى أنها تخضع للتحكّم الأيضي المحكم على مدار الساعة، وهناك آليات خاصة يتم من خلالها تعديل الاستجابات التنموية والفيزيولوجية من خلال توافر معدن معين، وبما أن عديدًا من العناصر الغذائية لديها قدرة على تنظيم دقات الساعة

الأساسية، فقد تم الافتراض بأن المذبذب الأساسي يمكن أن يكون الرابط بين حالة المعدن والمسارات الأيضية التي تتحكم في استجابات النبات العامة.

- **التمثيل الغذائي للكالسيوم**

يشارك الكالسيوم في إشارات الخلية كعنصر ثانوي، ويحدث تركيز العصارة الخلوية للكالسيوم على الأرجح تحت سيطرة الساعة البيولوجية؛ مما يوفّر آلية محتملة للمذبذب البيولوجي (الأساسي) لتعديل بعض مخرجاته.

- **التمثيل الغذائي للحديد**

يمكن أن يشارك عنصر الحديد في عديد من عمليات التمثيل الغذائي في النباتات، كما يلعب دورًا رئيسيًا في التمثيل الضوئي والذي بدوره يؤثر في امتصاص الكربون. من ناحية أخرى تعزز أيونات الحديد الإجهاد التأكسدي الذي يمكن أن يكون سامًا للخلايا، وهناك جين خاص يقوم بترميز بروتين تخزين الحديد الموجود في البلاستيدات على مدار الساعة، ويتم إلغاء هذا الإيقاع في الطفرات الجينية المختلفة على مدار الساعة؛ مما يعزز فكرة أن استتباب الحديد (توازن مستوى الحديد) ينظمه ضابط الوقت البيولوجي، ومن المثير للاهتمام أن الإشارات الارتجاعية (رسالة من البلاستيدات الخضراء إلى النواة) التي تزامن الساعة الأساسية استجابة لنقص الحديد تؤكد أهمية دور هذه العضيات كمؤقت للساعة البيولوجية المركزية.

- **التمثيل الغذائي للنحاس**

النحاس هو عامل مساعد يشارك في مسارات الأكسدة والاختزال، وله أيضًا تأثير على عمل الساعة البيولوجية، وقد تبين في الآونة الأخيرة أن الجينات المنظمة لاستتباب النحاس تتبع نمط الساعة البيولوجية؛ مما يشير إلى وجود تفاعل متبادل. ومن الضروري إجراء مزيد من التجارب لفهم ما إذا كانت الاستجابات التي لُوحظت على مستويات النحاس المتزايدة لها تأثير مباشر على ضابط الساعة البيولوجية، أو مجرد نتيجة لتغيير الحالة الأيضية العامة للخلية، على سبيل المثال: عن طريق تعديل توازن الأكسدة والاختزال أو المسارات الهرمونية.

- **الهرمونات النباتية**

هي إشارات جزيئية صغيرة قادرة على تنظيم عمليات خلوية متعددة تؤثر في عمليات النمو والوظائف الفيزيولوجية، والجدير بالذكر أن هرمونًا واحدًا يمكن أن يعدل عديدًا من الاستجابات الفيزيولوجية، في حين أن عديدًا من الهرمونات يمكن أن تنظم عملية معينة، ولكي يعمل مثل هذا النظام المعقد، فإنه من الضروري إجراء تنسيق دقيق بين هذه الجزيئات الذاتية، علاوة على ذلك تتفاعل مسارات الهرمونات المختلفة مع الضابط اليومي؛ مما يزيد من تعقيد الشبكة التي تعمل من خلالها الساعة المركزية، وتشير الأبحاث إلى أن مستويات النسخ من الجينات المستجيبة للهرمونات يتم تنظيمها من خلال إيقاعات يومية؛ مما يشير إلى أن الضابط الداخلي كان يعدل من مستويات الهرمونات، أو الأنشطة داخل مسار الإشارات البيولوجية لمعظم الهرمونات النباتية، علاوة على ذلك فقد تم تأكيد التنظيم اليومي لعديد من مسارات إشارات الهرمونات بشكل أكبر، وتحديد تذبذب مستويات عدد كبير من الهرمونات النباتية من خلال إجراء مجموعة متنوعة من الدراسات الأخرى، وتعرض عديد من الطفرات الهرمونية أيضًا أنماطًا ظاهرية على مدار الساعة، مما يعزز فكرة أن مسارات الهرمونات تعود إلى الساعة الجزيئية، وهناك نوع من الهرمون النباتي يقوم بتنظيم عديد من العمليات الحيوية، على سبيل المثال: إنبات البذور، وفتح الثغور، وتحمّل الضغط التناضحي، واستجابات هجوم العوامل الممرضة ويعمل أيضًا من خلال الاتصال بالساعة اليومية، ويتم تنظيم الساعة البيولوجية للجينات المشاركة لتخليق الهرمون بمستويات إيقاعية في الأوراق، ويتم تنظيم الجينات المستجيبة لهذا الهرمون أيضًا على مدار الساعة البيولوجية، إما كأهداف مباشرة للساعة المركزية، أو استجابة لشبكة إشارات الهرمون الإيقاعية.

- **الإجهاد اللاحيوي**

يشمل الإجهاد والضغوط اللاحيوية الأكثر شيوعًا الجفاف، ودرجة الحرارة المرتفعة، والحرارة المنخفضة، ودرجة الملوحة، وكما ذكرنا سابقًا في نبات رشاد أذن الفأر *(Arabidopsis thaliana)* تلعب الهرمونات دورًا مهمًا في الاستجابة للجفاف

نظرًا لتداخلها مع استقلاب الكالسيوم والتحكّم في فتح وإغلاق الثغور، إضافة إلى ذلك، يتم تعديل استجابات النبات للجفاف بواسطة ضابط بيولوجي يعمل من خلال مكونات مختلفة، وقد ثبت أن الجينات المستجيبة للجفاف يتم التحكّم فيها بشكل سلبي بواسطة جين خاص يعمل من خلال آلية مستقلة.

علاوة على ذلك تظهر طفرات جينية خاصة لتحمّل الجفاف؛ مما يشير إلى أن هذا المكون من الساعة البيولوجية يرتبط بشكل مباشر أو غير مباشر بهذا النمط الظاهري. يتم التوسّط في الاستجابة لدرجات الحرارة الباردة بواسطة عدد من الجينات التي تعمل على تنشيط التعبير عن جينات تنظيم البرودة، وتشارك أيضًا في استجابات تحمّل الجفاف.

شكل يوضح نبات رشاد أذن الفأر.

- **الإجهاد الحيوي**

تُعد الجاسمونات (Jasmonates) والساليسيلات (Salicylates) هرمونات نباتية أساسية في مسارات الاستجابة الحيوية لعمليات الإجهاد، وفي السنوات الأخيرة كشفت عديد من الدراسات عن أهمية الساعة البيولوجية في تنظيم هذين الهرمونين، ومن ثَمَّ تنظيم الاستجابات التي يتحكمان فيها، كما تتبع أنماط تراكم الجاسمونات والساليسيلات الإيقاع اليومي.

المراجـــع

References

اولا: المراجع العربية

- أ. د. الغنيم، مرزوق يوسف، الساعة البيولوجية والحياة، مجلة تعريب الطب، العدد 63، المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية، دولة الكويت عام 2021م.
- حمودات، مكي محمد، تأثير الإيقاع الحيوي على بعض المتغيرات البدنية والانفعالية والعقلية لطلاب التربية الرياضية، أطروحة دكتوراه، كلية التربية الرياضية، جامعة الموصل، العراق، عام 2004م.
- دبليو لوكلي، ستيفن، وجي فوستر، راسل، تأليف، بهمن، نهمى، ترجمة، النوم: مقدمة قصيرة جدًا، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، جمهورية مصر العربية، عام 2012م.
- سيد كامل، مصباح، التوجيه القرآني والإيقاع البيولوجي، هدي الإسلام وإيقاع الساعة البيولوجية، رابطة العالم الإسلامي، المملكة العربية السعودية عام 2003م.
- عبد الفتاح، أبوالعلا، فيزيولوجية اللياقة، دار الفكر العربي، جمهورية مصر العربية، عام 2002م.
- ناصر، يوسف، تأثير دورات الإيقاع الحيوي البدنية والنفسية والعقلية على الأداء الرياضي، دراسة تحليلية على الأرقام القياسية العالمية، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد 71، الجزائر، عام 2016م.

ثانيًا : المراجع الأجنبية

- Victoria Ayala, Manuel Martínez-Bebia, Jose Antonio Latorre, Nuria Gimenez- Blasi, Maria Jose Jimenez-Casquet, Javier Conde-Pipo, Anna Bach-Faig and Miguel Mariscal-Arcas: Influence of circadian rhythms on sports performance,. Chronobiology International, 2021.

- Josée Savard and Marie-Christine Ouellet: Handbook of sleep disorders in medical conditions, Academic Press 2019.
- Christopher Drake and Kenneth, P. Wright. Shift Work, Shift-Work Disorder In book: Principles and Practice of Sleep Medicine. 7th Edition, Elsevier Spring. 2017.
- Goldsmith, T. Aging Theories and the Zero-Sum Game, Guest editorial Rejuvenation Research 17(1) 2014.
- Nicolas C Nicolaides 1 , Evangelia Charmandari, George P Chrousos, Tomoshige Kino. Circadian endocrine rhythms: the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and its actions. Ann. N. Y. Acad. Sci. May, 2014.
- Theodore, C. Goldsmith :An Introduction to Biological Aging Theory. Azinet Press. 2014.
- Michael J. Thor Classification of Sleep Disorders. Neurotherapeutics. 2012 .
- O'Neill, J. S. and Reddy, A. B. Circadian clocks in human red blood cells. Nature, 2011.
- Dibner C, Schibler U, Albrecht U. (2010): The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks. Annu Rev Physiol 72: 2010.
- Giovanni Costa. Shift Work and Health: Current Problems and Preventive Actions. Safety and Health at Work. Volume 1, Issue 2, , Pages 112-123 2010.
- Newton, I. The migration ecology of birds. London, UK: Academic Press 2008.
- James, F. O., Cermakian, N. and Boivin, D. B. Circadian rhythms of melatonin, cortisol, and clock gene expression during simulated night shift work. Sleep. 2007.
- Boden, M. J. and Kennaway, D. J. Circadian rhythms and reproduction. Reproduction. 2006.

إصدارات المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية
الكتب الأساسية والمعاجم والقواميس والأطالس

1 ـ دليل الأطباء العرب (1)	إعداد: المركز
2 ـ التنمية الصحية (2)	تأليف: د. رمسيس عبد العليم جمعة
3 ـ نظم وخدمات المعلومات الطبية (3)	تأليف: د. شوقي سالم وآخرين
4 ـ السرطان المهني (4)	تأليف: د. جاسم كاظم العجزان
5 ـ القانون وعلاج الأشخاص المعولين على المخدرات والمسكرات (دراسة مقارنة للقوانين السارية) (5)	تأليف: د.ك. بورتر وآخرين ترجمة: المركز
6 ـ الدور العربي في منظمة الصحة العالمية (6)	إعداد: الأمانة الفنية لمجلس وزراء الصحة العرب
7 ـ دليل قرارات المكتب التنفيذي لمجلس وزراء الصحة العرب (7)	إعداد: الأمانة الفنية لمجلس وزراء الصحة العرب
8 ـ الموجز الإرشادي عن الأمراض التي تنتقل عن طريق الاتصال الجنسي (8)	تأليف: د. نيكول ثين ترجمة: د. إبراهيم القشلان
9 ـ السرطان: أنواعه ـ أسبابه ـ تشخيصه طرق العلاج والوقاية منه (9)	تأليف: د. عبد الفتاح عطا الله
10 ـ دليل المستشفيات والمراكز العلاجية في الوطن العربي (10)	إعداد: المركز
11 ـ زرع الأعضاء بين الحاضر والمستقبل (11)	تأليف: د. عبد الفتاح عطا الله
12 ـ الموجز الإرشادي عن الممارسة الطبية العامة (12)	تأليف: كونراد. م. هاريس ترجمة: د.عدنان تكريتي
13 ـ الموجز الإرشادي عن الطب المهني (13)	تأليف: د. هـ.أ. والدرون ترجمة: د. محمد حازم غالب
14 ـ الموجز الإرشادي عن التاريخ المرضي والفحص السريري (15)	تأليف: روبرت تيرنر ترجمة: د. إبراهيم الصياد
15 ـ الموجز الإرشادي عن التخدير (16)	تأليف: د. ج.ن. لون ترجمة: د. سامي حسين
16 ـ الموجز الإرشادي عن أمراض العظام والكسور (17)	تأليف: ت. دكوورث ترجمة: د. محمد سالم

17 ـ الموجز الإرشادي عن الغدد الصماء (18)	تأليف: د. ر.ف.فلتشر ترجمة: د.نصر الدين محمود
18 ـ دليل طريقة التصوير الشعاعي (19)	تأليف: د. ت. هولم وآخرين ترجمة: المركز ومنظمة الصحة العالمية
19 ـ دليل الممارس العام لقراءة الصور الشعاعية (20)	تحرير: د. ب.م.س بالمر وآخرين ترجمة: المركز ومنظمة الصحة العالمية
20 ـ التسمية الدولية للأمراض (مجلس المنظمات الدولية للعلوم الطبية) المجلد 2 الجزء 3 الأمراض المعدية (22)	ترجمة: المركز ومنظمة الصحة العالمية
21 ـ الداء السكري لدى الطفل (23)	تأليف: د. مصطفى خياطي ترجمة: د. مروان القنواتي
22 ـ الأدوية النفسانية التأثير: تحسين ممارسات الوصف (24)	تحرير: د. عبدالحميد قدس و د. عنايت خان
23 ـ التعليم الصحي المستمر للعاملين في الحقل الصحي : دليل ورشة العمل (25)	تحرير: د. ف.ر.أ بات ود. أ. ميخيا ترجمة: المركز ومنظمة الصحة العالمية
24 ـ التخدير في مستشفى المنطقة (26)	تأليف: د. مايكل ب. دوبسون ترجمة: د. برهان العابد مراجعة: د. هيثم الخياط
25 ـ الموجز الإرشادي عن الطب الشرعي (27)	تأليف: د.ج.جي ترجمة: د. عاطف بدوي
26 ـ الطب التقليدي والرعاية الصحية (28)	تأليف: د. روبرت هـ. باترمان وآخرين ترجمة: د.نزيه الحكيم مراجعة: أ. عدنان يازجي
27 ـ أدوية الأطفال (29)	تأليف: د.ن.د بارنز وآخرين ترجمة: د. لبيبة الخزدجي مراجعة: د. هيثم الخياط
28 ـ الموجز الإرشادي عن أمراض العين (30)	تأليف: د. ب.د. تريفر ـ روبر ترجمة: د. عبدالرزاق السامرائي
29 ـ التشخيص الجراحي (31)	تأليف د. محمد عبد اللطيف إبراهيم

30 ـ تقنية المعلومات الصحية (واقع واستخدامات تقنية واتصالات المعلومات البعدية في المجالات الصحية) (32)	ترجمة: د. شوقي سالم
31 ـ الموجز الإرشادي عن طب التوليد (33)	تأليف: د. جفري شامبر لين ترجمة: د. حافظ والي
32 ـ تدريس الإحصاء الصحي (عشرون مخططاً تمهيدياً لدروس وحلقات دراسية) (34)	تحرير: س.ك. لوانجا وتشو ـ يوك تي ترجمة: د. عصمت إبراهيم حمود مراجعة: د. عبد المنعم محمد علي
33 ـ الموجز الإرشادي عن أمراض الأنف والأذن والحنجرة (35)	تأليف: د. ب.د. بول ترجمة: د. زهير عبد الوهاب
34 ـ علم الأجنة السريري (37)	تأليف: د. ريتشارد سنل ترجمة: د. طليع بشور
35 ـ التشريح السريري (38)	تأليف: د. ريتشارد سنل ترجمة: د. محمد أحمد سليمان
36 ـ طب الاسنان الجنائي (39)	تأليف: د. صاحب القطان
37 ـ أطلس أمراض العين في الدول العربية سلسلة الأطالس الطبية (40)	تأليف: د.أحمد الجمل و د. عبد اللطيف صيام
38 ـ الموجز الإرشادي عن أمراض النساء (41)	تأليف: جوزفين بارنز ترجمة: د. حافظ والي
39 ـ التسمية التشريحية (قاموس تشريح) (42)	ترجمة: د. حافظ والي
40 ـ الموجز الإرشادي عن توازن السوائل والكهارل (43)	تأليف: د. شيلا ويللاتس ترجمة: د. حسن العوضي
41 ـ الموجز الإرشادي عن المسالك البولية (44)	تأليف: د. جون بلاندي ترجمة: د. محيي الدين صدقي
42 ـ الموجز الإرشادي عن الأمراض النفسية (45)	تأليف: د. جيمس و د. يليس و ج.م. ماركس ترجمة: د.محمد عماد فضلي
43 ـ دليل الطالب في أمراض العظام والكسور سلسلة المناهج الطبية (46)	تأليف: د. فرانك ألويسيو وآخرين ترجمة: د. أحمد ذياب وآخرين
44 ـ دليل المؤسسات التعليمية والبحثية الصحية في الوطن العربي ـ 3 أجزاء (47)	إعداد: المركز

45 ـ التدرن السريري (48)	تأليف: البروفيسور سير جون كروفتن وآخرين ترجمة: د. محمد علي شعبان
46 ـ مدخل إلى الآنثروبولوجيا البيولوجية (49)	تأليف: د. علي عبدالعزيز النفيلي
47 ـ الموجز الإرشادي عن التشريح (50)	تأليف: د. دي.بي. موفات ترجمة: د. محمد توفيق الرخاوي
48 ـ الموجز الإرشادي عن الطب السريري (51)	تأليف: د. ديڤيد روبنشتين و د. ديڤيد وين ترجمة: د. بيومي السباعي
49 ـ الموجز الإرشادي عن علم الأورام السريري (52)	تأليف: د. باري هانكوك و د.ج ديڤيد برادشو ترجمة: د. خالد أحمد الصالح
50 ـ معجم الاختصارات الطبية (53)	إعداد: المركز
51 ـ الموجز الإرشادي عن طب القلب سلسلة المناهج الطبية (55)	تأليف: د. ج. فليمنج وآخرين ترجمة: د. عاطف أحمد بدوي
52 ـ الهستولوجيا الوظيفية سلسلة المناهج الطبية (56)	تأليف: د. م. بوريسنكو و د. ت. بورينجر ترجمة: أ. عدنان اليازجي
53 ـ المفاهيم الأساسية في علم الأدوية سلسلة المناهج الطبية (57)	تأليف: د. جانيت سترينجر ترجمة: د. عادل نوفل
54 ـ المرجع في الأمراض الجلدية سلسلة المناهج الطبية (58)	تأليف: د. صالح داود و د. عبد الرحمن قادري
55 ـ أطلس الأمراض الجلدية سلسلة الأطالس الطبية (59)	تأليف: د. جيفري كالين وآخرين ترجمة: د. حجاب العجمي
56 ـ معجم مصطلحات الطب النفسي سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (60)	إعداد: د. لطفي الشربيني مراجعة: د. عادل صادق
57 ـ أساسيات طب الأعصاب سلسلة المناهج الطبية (61)	تأليف: د. إ.م.س. ولكنسون ترجمة: د. لطفي الشربيني، و د. هشام الحناوي
58 ـ معجم مصطلحات علم الأشعة والأورام سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (62)	إعداد: د. ضياء الدين الجماس وآخرين مراجعة وتحرير: مركز تعريب العلوم الصحية
59 ـ علم الطفيليات الطبية سلسلة المناهج الطبية (63)	تأليف: د. و. بيك، ود. ج. ديڤيز ترجمة: د. محمد خير الحلبي
60 ـ الموجز الإرشادي عن فيزيولوجيا الإنسان سلسلة المناهج الطبية (64)	تحرير: د. جون براي وآخرين ترجمة: د. سامح السباعي

61 ـ أساسيات علم الوراثيات الطبية	تأليف: د. مايكل كونور
سلسلة المناهج الطبية (65)	ترجمة: د. سيد الحديدي
62 ـ معجم مصطلحات أمراض النساء والتوليد	إعداد: د. محمد حجازي وآخرين
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (66)	تحرير: مركز تعريب العلوم الصحية
63 ـ أساسيات علم المناعة الطبية	تأليف: د.هيلين شابل وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (67)	ترجمة: د. نائل بازركان
64 ـ معجم مصطلحات الباثولوجيا والمختبرات	إعداد: د. سيد الحديدي وآخرين
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (68)	تحرير: مركز تعريب العلوم الصحية
65 ـ أطلس الهستولوجيا	تأليف: د. شو ـ زين زانج
سلسلة الأطالس الطبية (69)	ترجمة: د. عبد المنعم الباز وآخرين
	مراجعة: مركز تعريب العلوم الصحية
66 ـ أمراض جهاز التنفس	تأليف: د. محمود باكير و د. محمد المسالمة
سلسلة المناهج الطبية (70)	د. محمد المميز و د. هيام الريس
67 ـ أساسيات طب الجهاز الهضمي (جزءان)	تأليف: د.ت. يامادا وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (71)	ترجمة: د. حسين عبدالحميد وآخرين
68 ـ الميكروبيولوجيا الطبية (جزءان)	تأليف: د. جيو بروكس وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (72)	ترجمة: د. عبد الحميد عطية وآخرين
69 ـ طب الأطفال وصحة الطفل	تأليف: د. ماري رودلف، د. مالكوم ليڤين
سلسلة المناهج الطبية (73)	ترجمة: د. حاتم موسى أبو ضيف وآخرين
70 ـ الموجز الإرشادي عن الباثولوجيا (جزءان)	تأليف: د.أ.د. تومسون، د.ر.إ. كوتون
سلسلة المناهج الطبية (74)	ترجمة: د. حافظ والي
71 ـ طب العائلة	تأليف: د. ناصر بوكلي حسن
سلسلة المناهج الطبية (75)	
72 ـ الطبيب، أخلاق ومسؤولية	تأليف: د. محمد خالد المشعان
سلسلة الكتب الطبية (76)	
73 ـ هاربرز في الكيمياء الحيوية (3 أجزاء)	تأليف: د. روبرت موراي وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (77)	ترجمة: د. عماد أبو عسلي و د. يوسف بركات
74 ـ أطلس أمراض الفم	تأليف: د. كريسبيان سكولي وآخـرين
سلسلة الأطالس الطبية (78)	ترجمة: د. صاحـب القطـان

75 ـ الموجز الإرشادي عن علم الاجتماع الطبي	تأليف: د. ديڤيد هاناي
سلسلة المناهج الطبية (79)	ترجمة: د. حسن العوضي
76ـ دليل المراجعة في أمراض النساء والتوليد	تأليف: د. إيرول نورويتز
سلسلة المناهج الطبية (80)	ترجمة: د. فرحان كوجان
77ـ دليل المراجعة في أمراض الكلى	تأليف: د. كريس كالاهان و د. باري برونر
سلسلة المناهج الطبية (81)	ترجمة: د. أحمد أبو اليسر
78ـ دليل المراجعة في الكيمياء الحيوية	تأليف: د.بن جرينشتاين و د.آدم جرينشتاين
سلسلة المناهج الطبية (82)	ترجمة: د. يوسف بركات
79ـ أساسيات علم الدمويات	تأليف: د.ڤ. هوفبراند وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (83)	ترجمة: د. سعد الدين جاويش وآخرين
80 ـ الموجز الإرشادي عن طب العيون	تأليف: د. بروس جيمس
سلسلة المناهج الطبية (84)	ترجمة: د. سرى سبع العيش
81 ـ مبادئ نقص الخصوبة	تأليف: د. بيتر برود و د. أليسون تايلور
سلسلة المناهج الطبية (85)	ترجمة: د. وائل صبح و د. إسلام أحمد حسن
82 ـ دليل المراجعة في الجهاز الهضمي	تأليف: د. سانيش كاشاف
سلسلة المناهج الطبية (86)	ترجمة: د. يوسف بركات
83 ـ الجراحة الإكلينيكية	تأليف: د. ألفريد كوشيري وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (87)	ترجمة: د. بشير الجراح وآخرين
84 ـ دليل المراجعة في الجهاز القلبي الوعائي	تأليف: د. فيليب آرونسون
سلسلة المناهج الطبية (88)	ترجمة: د. محمد حجازي
85 ـ دليل المراجعة في المكروبيولوجيا	تأليف: د. ستيفن جليسبي و د. كاترين بامفورد
سلسلة المناهج الطبية (89)	ترجمة: د. وائل محمد صبح
86 ـ مبادئ طب الروماتزم	تأليف: د. ميشيل سناث
سلسلة المناهج الطبية (90)	ترجمة: د. محمود الناقة
87 ـ علم الغدد الصماء الأساسي والإكلينيكي	تأليف: فرنسيس جرينسبان و ديڤيد جاردنر
سلسلة المناهج الطبية (91)	ترجمة: د. أكرم حنفي وآخرين
88 ـ أطلس الوراثيات	تأليف: د. إبرهارد باسرج وآخرين
سلسلة الأطالس الطبية (92)	ترجمة: د. وائل صبح وآخرين
89 ـ دليل المراجعة في العلوم العصبية	تأليف: د. روجر باركر وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (93)	ترجمة: د. لطفي الشربيني

90 ـ معجم مصطلحات أمراض الفم والأسنان	إعداد: د. فتحي عبد المجيد وفا
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (94)	مراجعة: د. محمد فؤاد الذاكري وآخرين
91 ـ الإحصاء الطبي	تأليف: د. جينيفير بيت وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (95)	ترجمة: د. نائل عبدالقادر وآخرين
92 ـ إعاقات التعلم لدى الأطفال	تأليف: د. بيتر بيرك و د. كاتي سيجنو
سلسلة المناهج الطبية (96)	ترجمة: د. عبد المنعم الباز و أ. سميرة مرجان
93 ـ السرطانات النسائية	تأليف: د. أحمد راغب
سلسلة المناهج الطبية (97)	تحرير: مركز تعريب العلوم الصحية
94 ـ معجم مصطلحات جراحة العظام والتأهيل	إعداد: د. عبد الرزاق سري السباعي وآخرين
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (98)	مراجعة: د. أحمد ذياب وآخرين
95 ـ التفاعلات الضائرة للغذاء	إعداد: د. جودث بيترس
سلسلة المناهج الطبية (99)	ترجمة: د. طه قمصاني و د. خالد مدني
96 ـ دليل المراجعة في الجراحة	تأليف: د. بيرس جراس و د. نيل بورلي
سلسلة المناهج الطبية (100)	ترجمة: د. طالب الحلبي
97 ـ الطب النفسي عند الأطفال	تأليف: د. روبرت جودمان و د. ستيفن سّكوت
سلسلة المناهج الطبية (101)	ترجمة: د. لطفي الشربيني و د. حنان طقش
98 ـ مبادئ نقص الخصوبة (ثنائي اللغة)	تأليف: د. بيتر برود
سلسلة المناهج الطبية (102)	ترجمة: د. وائل صبح وآخرين
99 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح
(الإصدار الأول حرف A)	إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (103)	
100 ـ دليل المراجعة في التاريخ المرضي	تأليف: د. جونثان جليادل
والفحص الإكلينيكي	ترجمة: د.محمود الناقة و د. عبد الرزاق السباعي
سلسلة المناهج الطبية (104)	
101 ـ الأساسيات العامة ـ طب الأطفال	تأليف: د. جوديث سوندهايمر
سلسلة المناهج الطبية (105)	ترجمة: د. أحمد فرج الحسانين وآخرين
102 ـ دليل الاختبارات المعملية	تأليف: د.دنيس ويلسون
والفحوصات التشخيصية	ترجمة: د. سيد الحديدي وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (106)	

103 ـ التغيـرات العالمية والصحة	تحرير: د. كيلي لي و چيف كولين
سلسلة المناهج الطبية (107)	ترجمة: د. محمد براء الجندي
104 ـ التعرض الأولي	تأليف: د. تشارلز جريفيث وآخرين
الطب الباطني: طب المستشفيات	ترجمة: د. عبدالناصر كعدان وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (108)	
105 ـ مكافحة الأمراض السارية	تحرير: د. نورمان نوح
سلسلة المناهج الطبية (109)	ترجمة: د. عبدالرحمن لطفي عبدالرحمن
106 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح
(الإصـدار الأول حرف B)	إشراف: د. عبدالرحمن عبدالله العوضي
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (B)	
107 ـ علم النفس للممرضات ومهنيي	تأليف: د. جين ولكر وآخرين
الرعاية الصحية	ترجمة: د. سميرة ياقوت وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (110)	
108 ـ التشريح العصبي(نص وأطلس)	تأليف: د. چون هـ ـ مارتن
سلسلة الأطالس الطبية العربية (111)	ترجمة: د.حافظ والي وآخرين
109 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح
(الإصـدار الأول حرف C)	إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (C)	
110 ـ السرطان والتدبير العلاجي	تأليف: روبرت سوهامي ـ جيڤري توبياس
سلسلة المناهج الطبية (112)	ترجمة: د. حسام خلف وآخرين
111 ـ التشخيص والمعالجة الحالية:	تحرير: د. جيفري د.كلوسنر وآخرين
الأمراض المنقولة جنسياً	ترجمة: د. حسام خلف وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (113)	
112 ـ الأمراض العدوائية .. قسم الطوارئ ـ	تحرير: د. إلين م. سلاڤين وآخرين
التشخيص والتدبير العلاجي	ترجمة: د. ضياء الدين الجماس وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (114)	
113 ـ أسس الرعاية الطارئة	تحرير: د. كليف ايڤانز وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (115)	ترجمة: د. جمال جودة وآخرين
114 ـ الصحة العامة للقرن الحادي والعشرين	تحرير: د. جودي أورم وآخرين
آفاق جديدة للسياسة والمشاركة والممارسة	ترجمة: د. حسناء حمدي وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (116)	

115 ـ الدقيقة الأخيرة ـ طب الطوارئ	تحرير: د. ماري جو واجنر وآخرين
سلسلة المناهج الطبية(117)	ترجمة: د. ناصر بوكلي حسن وآخرين
116 ـ فهم الصحة العالمية	تحرير: د. وليام هـ . ماركال وآخرين
سلسلة المناهج الطبية(118)	ترجمة: د. جاكلين ولسن وآخرين
117 ـ التدبير العلاجي لألم السرطان	تأليف: د. مايكل فيسك و د. ألين برتون
سلسلة المناهج الطبية(119)	ترجمة: د.أحمد راغب و د. هشام الوكيل
118 ـ التشخيص والمعالجة الحالية ـ طب	تأليف: د. جون إمبودن وآخرين
الروماتزم ـ سلسلة المناهج الطبية(120)	ترجمة: د. محمود الناقة وآخرين
119 ـ التشخيص والمعالجة الحالية ـ الطب الرياضي	تحرير: د. باتريك ماكموهون
سلسلة المناهج الطبية(121)	ترجمة: د. طالب الحلبي و د. نائل بازركان
120 ـ السياسة الاجتماعية للممرضات	تأليف: د. ستيفن بيكهام و د.ليز ميرابياو
والمهن المساعدة	ترجمة: د. لطفي عبد العزيز الشربيني وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (122)	
121 ـ التسمم وجرعة الدواء المفرطة	تحرير: د. كينت أولسون وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (123)	ترجمة: د. عادل نوفل وآخرين
122 ـ الأرجية والربو	تحرير: د. مسعود محمدي
"التشخيص العملي والتدبير العلاجي"	ترجمة: د. محمود باكير وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (124)	
123 ـ دليل أمراض الكبد	تحرير: د. لورانس فريدمان و د. أيميت كييفي
سلسلة المناهج الطبية (125)	ترجمة: د. عبد الرزاق السباعي وآخرين
124 ـ الفيزيولوجيا التنفسية	تأليف: د. ميشيل م. كلوتير
سلسلة المناهج الطبية (126)	ترجمة: د. محمود باكير وآخرين
125 ـ البيولوجيا الخلوية الطبية	تأليف: روبرت نورمان و ديڤيد لودويك
سلسلة المناهج الطبية (127)	ترجمة: د. عماد أبو عسلي و د. رانيا توما
126 ـ الفيزيولوجيا الخلوية	تأليف: د. موردیكاي بلوشتاين وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (128)	ترجمة: د. نائل بازركان
127 ـ تطبيقات علم الاجتماع الطبي	تحرير: د. جراهام سكامبلر
سلسلة المناهج الطبية (129)	ترجمة: د. أحمد ديب دشاش
128 ـ طب نقل الدم	تأليف: د. جيفري ماكولف
سلسلة المناهج الطبية (130)	ترجمة: د. سيد الحديدي وآخرين
129 ـ الفيزيولوجيا الكلوية	تأليف: د.بروس كوبن وآخرين
سلسلة المناهج الطبية (131)	ترجمة: د. محمد بركات

130 ـ الرعاية الشاملة للحروق سلسلة المناهج الطبية (132)	تأليف: د. ديڤيد هيرنادون ترجمة: د. حسام الدين خلف وآخرين
131 ـ سلامة المريض ـ بحوث الممارسة سلسلة المناهج الطبية (133)	تحرير: د. كيرين ولش و د. روث بودن ترجمة: د. تيسير العاصي
132 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية (الإصدار الأول حرف D) سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (D)	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
133 ـ طب السفر سلسلة المناهج الطبية (134)	تحرير: د. جاي كايستون وآخرين ترجمة: د.عادل نوفل وآخرين
134 ـ زرع الأعضاء دليل للممارسة الجراحية التخصصية سلسلة المناهج الطبية (135)	تحرير: د. جون فورسيث ترجمة:د. عبد الرزاق السباعي د. أحمد طالب الحلبي
135 ـ إصابات الأسلحة النارية في الطب الشرعي سلسلة المناهج الطبية (136)	تأليف: د. محمد عصام الشيخ
136 ـ "ليڤين وأونيل" القدم السكري سلسلة المناهج الطبية (137)	تأليف: د. جون بوكر و مايكل فايڤر ترجمة:د. أشرف رمسيس وآخرين
137 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية (الإصدار الأول حرف E) سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (E)	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
138 ـ معجم تصحيح البصر وعلوم الإبصار سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة(138)	تأليف: د. ميشيل ميلودوت ترجمة: د. سُرى سبع العيش و د. جمال إبراهيم المرجان
139 ـ معجم "بيلير" للممرضين والممرضات والعاملين في مجال الرعايـة الصحيـة سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (139)	تأليف: د. باربرا ـ ف. ويللر ترجمة: د. طالب الحلبي وآخرين
140 ـ علم أعصاب النوم سلسلة المناهج الطبية (140)	تأليف: د. روبرت ستيكجولد و ماثوي والكر ترجمة: د. عبير محمد عدس
141 ـ كيف يعمل الدواء "علم الأدوية الأساسي لمهنيي الرعاية الصحية" سلسلة المناهج الطبية (141)	و د. نيرمين سمير شنودة تأليف: د. هيو مكجافوك ترجمة: د. دينا محمد صبري

142 ـ مشكلات التغذية لدى الأطفال "دليل عملي" سلسلة المناهج الطبية (142)	تحرير: أنجيلا ساوثال وكلاريسا مارتن ترجمة: د. خالد المدني وآخرين
143 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية (الإصدار الأول حرف F) سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (F)	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
144 ـ المرض العقلي الخطير ـ الأساليب المتمركزة على الشخص سلسلة المناهج الطبية (143)	تحرير: إبراهام رودنيك وديفيد روي ترجمة: د. محمد صبري سليط
145 ـ المنهج الطبي المتكامل سلسلة المناهج الطبية (144)	تأليف: راجا باندارانا ياكي ترجمة: د. جاكلين ولسن
146 ـ فقد الحمل "الدليل إلى ما يمكن أن يوفره كل من الطب المكمل والبديل" سلسلة المناهج الطبية (145)	تأليف: جانيتا بنسيولا ترجمة: د. محمد جابر صدقي
147 ـ الألم والمعاناة والمداواة "الاستبصار والفهم" سلسلة المناهج الطبية (146)	تحرير: بيتر ويميس جورمان ترجمة: د. هشام الوكيل
148 ـ الممارسة الإدارية والقيادة للأطباء سلسلة المناهج الطبية (147)	تأليف: جون واتيس و ستيفن كوران ترجمة: د. طارق حمزه عبد الرؤوف
149 ـ الأمراض الجلدية لدى المسنين سلسلة الأطالس الطبية العربية (148)	تأليف: كولبي كريغ إيفانز و ويتني هاي ترجمة: د. تيسير كايد العاصي
150 ـ طبيعة ووظائف الأحلام سلسلة المناهج الطبية (149)	تأليف: د. أرنست هارتمان ترجمة: د. تيسير كايد العاصي
151 ـ تاريخ الطب العربي سلسلة المناهج الطبية (150)	تأليف: د. محمد جابر صدقي
152 ـ عوائد المعرفة والصحة العامة سلسلة المناهج الطبية (151)	تأليف: د. يعقوب أحمد الشراح
153 ـ الإنسان واستدامة البيئة سلسلة المناهج الطبية (152)	تأليف: د. يعقوب أحمد الشراح

154 ـ كيف تؤثر الجينات على السلوك سلسلة المناهج الطبية (153)	تأليف: جوناثان فلنت و رالف غرينسبان و كينيث كندلر ترجمة: د. علي عبد العزيز النفيلي و د. إسراء عبد السلام بشر
155 ـ التمريض للصحة العامة التعزيز والمبادئ والممارسة سلسلة المناهج الطبية (154)	تحرير: بول لينسلي و روزلين كين و سارة أوين ترجمة: د. أشرف إبراهيم سليم
156 ـ مدخل إلى الاقتصاد الصحي سلسلة المناهج الطبية (155)	تحرير: لورنا جينيس و فيرجينيا وايزمان ترجمة: د. سارة سيد الحارتي وآخرين
157 ـ تمريض كبار السن سلسلة المناهج الطبية (156)	تحرير: جان ريد و شارلوت كلارك و آن ماكفارلين ترجمة: د. تيسير كايد عاصي و د. محمود علي الزغبي
158 ـ تمريض الحالات الحادة للبالغين كتاب حالات مرضية سلسلة المناهج الطبية (157)	تحرير: كارين باج و أيدين مكيني ترجمة: د. عبد المنعم محمد عطوه و د. عماد حسان الصادق
159 ـ النظم الصحية والصحة والثروة والرفاهية الاجتماعية "تقييم الحالة للاستثمار في النظم الصحية" سلسلة المناهج الطبية (158)	تحرير: جوسيب فيجويراس و مارتن ماكي ترجمة: د. تيسير كايد عاصي وآخرين
160 ـ الدليل العملي لرعاية مريض الخرف سلسلة المناهج الطبية (159)	تأليف: غاري موريس و جاك موريس ترجمة: د. عبير محمد عدس
161 ـ تعرّف على ما تأكل كيف تتناول الطعام دون قلق؟ سلسلة المناهج الطبية (160)	تأليف: جوليا بوكروويد ترجمة: د. إيهاب عبد الغني عبد الله

162 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح
(الإصدار الأول حرف G)	إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (G)	
163 ـ العلة والصحة النفسية في علم الاجتماع	تأليف: آن روجرز و ديڤيد پلجريم
سلسلة المناهج الطبية (161)	ترجمة: د. تيسير عاصي و د. محمد صدقي
164 ـ تعايش صغار السن مع السرطان	و د. سعد شبير
مقتضيات للسياسة والممارسة	تأليف: آن جرينيار
سلسلة المناهج الطبية (162)	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
165 ـ مقالات في قضايا الصحة والبيئة	إعداد: مجموعة من الأطباء والمختصين
سلسلة المناهج الطبية (163)	
166 ـ الخدمة الاجتماعية وتعاطي المخدرات	تأليف: إيان بايلور و فيونا مشعام و هيوج أشير
سلسلة المناهج الطبية (164)	ترجمة: د. دينا محمد صبري
167 ـ أسس الممارسة الطبية المساندة	تحرير: آمندا بلابر
رؤية نظرية	ترجمة: د. صالح أحمد ليري
سلسلة المناهج الطبية (165)	و د.أشرف إبراهيم سليم
168 ـ الصحة البيئية	تأليف: ديد مولر
سلسلة المناهج الطبية (166)	ترجمة: د. حسام عبد الفتاح صديق
169 ـ الطب النووي	تأليف: د. إيمان مطر الشمري
سلسلة المناهج الطبية (167)	و د. جيهان مطر الشمري
170 ـ الطب التكميلي والبديل	تأليف: د. محمد جابر صدقي
سلسلة المناهج الطبية (168)	
171 ـ 100 حالة في جراحة وتقويم	تأليف: بارميندر سينج و كاثرين سوالز
العظام وطب الروماتزم	محرر السلسلة: جون ريس
سلسلة المناهج الطبية (169)	ترجمة: د. محمد جابر صدقي

172 ـ التشريح الشعاعي العملي	تأليف: سارة ماك ويليامز
سلسلة المناهج الطبية (170)	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
173 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية	إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح
(الإصدار الأول حرف H)	إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (H)	
174 ـ التوحد	تأليف: ماري كولمان و كريستوفر جيلبرج
سلسلة المناهج الطبية (171)	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
175 ـ الطب التلطيفي	تأليف: د. أمينة محمد أحمد الأنصاري
سلسلة المناهج الطبية (172)	
176 ـ التشريح العصبي لمناطق	تأليف: ميشيل بتريدس
اللغة بالدماغ البشري	ترجمة: د. محمد إسماعيل غريب إسماعيل
سلسلة الأطالس الطبية (173)	
177 ـ الطعام والإدمان ـ دليل شامل	تحرير: كيلي برونيل و مارك جولد
سلسلة المناهج الطبية (174)	ترجمة: د. سلام محمد أبو شعبان
178 ـ دور الحيوانات في ظهور	و د. هبه حمود البالول
الأمراض الفيروسية	تحرير: نيكولاس چونسون
سلسلة المناهج الطبية (175)	ترجمة: د. أحمد محمد شوقي أبو القمصان
179 ـ شقيقة الدماغ " الوظيفة والبنية	تحرير: ديفيد بورسوك وآخرين
التصويرية"	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
سلسلة المناهج الطبية (176)	و د. إيهاب عبد الغني عبد الله
180 ـ معجم الوراثيات	تأليف: روبرت كنج و باميلا موليجان
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (177)	و ويليام ستانسفيلد
	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
	و د. شيرين جابر محمد

181 ـ الأمراض الفيروسية
سلسلة المناهج الطبية (178)
تأليف: د. قاسم طه الساره

182 ـ الوعي باستثمار المعرفة وتنميتها
سلسلة المناهج الطبية (179)
تأليف: د. يعقوب أحمد الشراح

183 ـ إدارة المستشفيات
سلسلة المناهج الطبية (180)
تأليف: د. جاكلين ولسن متى

184 ـ الضوضاء والدماغ
تكيُّفيَّة البالغين والتطور النمائي
المعتمد على الخبرة
سلسلة المناهج الطبية (181)
تأليف: جوس إجرمونت
ترجمة: د. تيسير كايد عاصي

185 ـ الممارسة العملية للفحص بفائق الصوت
دليل مصور
سلسلة المناهج الطبية (182)
تأليف: د. جين آلتي و د. إدوارد هوي
ترجمة: د. جيلان مصطفى أحمد شنب

186 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية
(الإصدار الأول حرف I)
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (I)
إعداد: د. يعقوب أحمد الشراح
إشراف: د. عبد الرحمن عبد الله العوضي

187 ـ كيف تموت المدرسة ؟
سلسلة المناهج الطبية (183)
تأليف: د. يعقوب أحمد الشراح

188 ـ التعامل مع النصوص والمصطلحات
الطبية والصحية (دليل المترجم)
سلسلة المناهج الطبية (184)
تأليف: د. قاسم طه الساره

189 ـ منع عداوى المستشفيات
مشكلات حقيقية وحلول واقعية
سلسلة المناهج الطبية (185)
تأليف: سانجاي سانت و سارة كرين
و روبرت ستوك
ترجمة: د. عبد الرحمن لطفي عبد الرحمن

190 ـ سرطانة الخلايا الكلوية	تحرير: نيزار تانير
سلسلة المناهج الطبية (186)	ترجمة: د. عبير محمد عدس
191 ـ الانتحار	تحرير: دانوتا واسرمان
الموت غير الحتمي	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
سلسلة المناهج الطبية (187)	
192 ـ ما الخطأ في مرارتي ؟	تأليف: وي ـ ليانج لو و كونراد أونج
فهم استئصال المرارة بتنظير البطن	نتالي نجوي و سنج شانج نجوي
سلسلة المناهج الطبية (188)	ترجمة: د. محمود حافظ الناقة
193 ـ عمل واستخدام الأضداد	تحرير: جاري هوارد و ماثيو كاسر
دليل عملي	ترجمة: د. تيسير كايد عاصي
سلسلة المناهج الطبية (189)	
194 ـ التخطيط الصحي	تأليف: د. قاسم طه الساره
سلسلة المناهج الطبية (190)	
195 ـ رعاية المحتضرين	تحرير: جوديث بايس
سلسلة المناهج الطبية (191)	محرر السلسلة : بيتي فيريل
	ترجمة: د. عبير محمد عدس
196 ـ مدخل إلى علم المصطلح الطبي	تأليف: د. قاسم طه الساره
سلسلة المناهج الطبية (192)	
197 ـ أفضل 300 إجابة منفردة	تأليف: جيمس ديفيز و جورج كولينز
في الطب الإكلينيكي	و أوسكار سويفت
سلسلة المناهج الطبية (193)	تحرير: هيو بينون
	ترجمة: د. قاسم طه الساره
	و د. عبد الرحمن لطفي عبد الرحمن
	و د. بدر محمد المراد

198 ـ النساء والمرض القلبي الوعائي — تأليف: كيفين كامبل

معالجة الفوارق في تقديم الرعاية — ترجمة: د. عهد عمر عرفه

سلسلة المناهج الطبية (194)

199 ـ التوعية الصحية — تأليف: د. أميمة كامل السلاموني

دليل العاملين في مجال الرعاية الصحية

سلسلة المناهج الطبية (195)

200 ـ الصحة المدرسية — تأليف: د. عبير عبده بركات

سلسلة المناهج الطبية (196)

201 ـ رواد الطب غير الحاصلين — تحرير: جيلبرت طومسون

على جائزة نوبل — ترجمة: د.تيسير كايد عاصي

سلسلة المناهج الطبية (197)

202 ـ المرشد في الإسعافات الأولية — تأليف: د. عبدالمنعم محمد عطوه

سلسلة المناهج الطبية (198)

203 ـ الطب الوقائي — تأليف: د. خالد علي المدني

سلسلة المناهج الطبية (199) — و د. مجدي حسن الطوخي

204 ـ العربية وإشكالية التعريب — تأليف: د. علي أسعد وطفة

في العالم العربي

سلسلة المناهج الطبية (200)

205 ـ بنك الدم — تأليف: د. محمد جابر لطفي صدقي

سلسلة المناهج الطبية (201)

206 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية
(الإصدار الأول حرف K، J)
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (K، J)
إعداد: المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

207 ـ الصيدلة الإكلينيكية
سلسلة المناهج الطبية (202)
تأليف: أ. د. خالد محسن حسن

208 ـ علم الڤيروسات البشرية
سلسلة المناهج الطبية (203)
تأليف: جون أكسفورد و باول كيلام و ليسلي كولبير
ترجمة: د. قاسم طه الساره

209 ـ مبادئ الاستدلال السريري
سلسلة المناهج الطبية (204)
تحرير: نيكولا كوبر و جون فراين
ترجمة: أ. د. خالد فهد الجارالله و سارة عبد الجبار الناصر

210 ـ الجينات والأدمغة والإمكانات البشرية
العلم وأيديولوجية الذكاء
سلسلة المناهج الطبية (205)
تأليف: كين ريتشاردسون
ترجمة: د. محمود حافظ الناقة و د. عبير محمد عدس

211 ـ المعالجة باللعب
العلاج الديناميكي النفسي التمهيدي لمعالجة الأطفال الصغار
سلسلة المناهج الطبية (206)
تأليف: باميلا ميرساند و كارين جيلمور
ترجمة: د. قاسم طه الساره

212 ـ الألم المزمن
دليل للمعالجة اليدوية الفعَّالة
سلسلة المناهج الطبية (207)
تأليف: فيليب أوستن
ترجمة: د. تيسير كايد عاصي

213 ـ الأمراض السارية المشتركة بين الإنسان والحيوان (الأمراض حيوانية المنشأ)
سلسلة المناهج الطبية (208)
تأليف: أ. د. بهيجة إسماعيل البهبهاني

214 ـ أساسيات طب العيون
(للدارسين بكليات الطب والأطباء الممارسين)
سلسلة المناهج الطبية (209)
تحرير: راي مانوتوش و ڤيكتور كوه
ترجمة: د. جمال إبراهيم المرجان
و د. حنان إبراهيم الصالح

215 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية
(الإصدار الأول حرف L)
سلسلة المعاجم الطبية المتخصصة (L)
إعداد: المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

216 ـ الخلايا الجذعية
بين الواقع والمأمول
سلسلة المناهج الطبية (210)
تأليف: ليجيا بيريرا
ترجمة: د. شرين جابر محمد

217 ـ العلاج الطبيعي
سلسلة المناهج الطبية (211)
تأليف: أ. د. صلاح عبدالمنعم صوان

218 - أرجوزة في الطب ـ لابن عبد ربه
(سعيد بن عبد الرحمن بن محمد بن عبد ربه)
(من علماء القرن الرابع الهجري)
سلسلة المناهج الطبية (212)
تحقيق ودراسة: أ. د. مرزوق يوسف الغنيم

219 ـ المنهج المتكامل في طب النساء والتوليد
سلسلة المناهج الطبية (213)
تحرير: كولديب سينج
ترجمة: الصيدلانية. أمنية حسني شمس الدين

220 ـ هل اقترب الأجل؟!
الدليل المتكامل لأعراضك،
وما يجب عليك فعله
سلسلة المناهج الطبية (214)
تأليف: كريستوفر كيلي
مارك إيزنبرج
ترجمة: د. وهاد حمد التوره

221 ـ النباتات الضارة للإنسان والحيوان
سلسلة المناهج الطبية (215)
تأليف: رقية حسين جاسم عبد اللّٰه

222 ـ أمراض الغدة الدرقية
تأليف: د. شيخة إبراهيم أبا الخيل
سلسلة المناهج الطبية (216)

223 ـ علم النفس الصحي
من التعب العصبي إلى الكاروشي
(الموت المفاجئ)
تأليف: أ. د. نعيمة بن يعقوب
سلسلة المناهج الطبية (217)

224 ـ أمراض الأطفال الخدَّج
تأليف: أ. د. مازن محمد ناصر العيسى
سلسلة المناهج الطبية (218)

225 ـ الصحة المجتمعية
تأليف: د. ناصر بوكلي حسن
سلسلة المناهج الطبية (219)

226 ـ مبادئ القيادة السريرية
تحرير: تيم سوانويك و جودي ماكيم
سلسلة المناهج الطبية (220)
ترجمة: أ. د. خالد فهد الجارالله
و سارة عبد الجبار الناصر

227 ـ الإقرار الحر المستنير
تأليف: د. قاسم طه الساره
سلسلة المناهج الطبية (221)

228 ـ صحة الفم والأسنان
تأليف: د. أحمد محمد الجبالي
سلسلة المناهج الطبية (222)

229 ـ علم الأدوية والعلاج
تأليف: الصيدلانية: أمنية حسني شمس الدين
سلسلة المناهج الطبية (223)

230 ـ الصحة المستدامة
تأليف: د. شيرين جابر محمد
سلسلة المناهج الطبية (224)

231 ـ السلامة والصحة المهنية
تأليف: د. حسَّان أحمد قمحية
سلسلة المناهج الطبية (225)

232 ـ حرية الحركة: المعالجة الحركية لآلام وإصابات العمود الفقري سلسلة المناهج الطبية (226)	تأليف: جوزفين كي ترجمة: د. أشواق علي حساني و د. جواد ملا مشيمع و د. صفاء إبراهيم العجمي
233 ـ طب الحشود سلسلة المناهج الطبية (227)	تأليف: د. ناصر بوكلي حسن
234 ـ المعجم المفسر للطب والعلوم الصحية (الإصدار الأول حرف M)	إعداد: المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية
235 ـ الساعة البيولوجية في الإنسان والكائنات الحية سلسلة المناهج الطبية (228)	تأليف: أ. د. شعبان صابر خلف الله

الموقع الإلكتروني : www.acmls.org

/acmlskuwait

/acmlskuwait

/acmlskuwait

0096551721678

ص.ب: 5225 الصفاة 13053 ـ دولة الكويت ـ هاتف 0096525338610/1 ـ فاكس: 0096525338618

البريد الإلكتروني : acmls.org @ acmls

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE

The Arab Center for Authorship and Translation of Health Science (ACMLS) is an Arab regional organization established in 1980 and derived from the Council of Arab Ministers of Public Health, the Arab League and its permanent headquarters is in Kuwait.

ACMLS has the following objectives:

- Provision of scientific & practical methods for teaching the medical sciences in the Arab World.
- Exchange of knowledge, sciences, information and researches between Arab and other cultures in all medical health fields.
- Promotion & encouragement of authorship and translation in Arabic language in the fields of health sciences.
- The issuing of periodicals, medical literature and the main tools for building the Arabic medical information infrastructure.
- Surveying, collecting, organizing of Arabic medical literature to build a current bibliographic data base.
- Translation of medical researches into Arabic Language.
- Building of Arabic medical curricula to serve medical and science Institutions and Colleges.

ACMLS consists of a board of trustees supervising ACMLS general secretariate and its four main departments. ACMLS is concerned with preparing integrated plans for Arab authorship & translation in medical fields, such as directories, encyclopeadias, dictionaries, essential surveys, aimed at building the Arab medical information infrastructure.

ACMLS is responsible for disseminating the main information services for the Arab medical literature.

© COPYRIGHT - 2023
ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE
ISBN: 978-9921-782-41-7

All Rights Reserved, No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means; electronic, mechanical, photocopying, or otherwise, without the prior written permission of the Publisher.

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE
(ACMLS - KUWAIT)

P.O. Box 5225, Safat 13053, Kuwait

Tel. : + (965) 25338610/1
Fax. : + (965) 25338618

E-Mail: acmls@acmls.org
http:// www.acmls.org

Printed and Bound in the State of Kuwait.

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND
TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE - KUWAIT

Biological clock in human and living organisms

By

Prof. Dr. Shaaban Saber Khalafallah

Revised & Edited by

Arab Center for Authorship and Translation of Health Science

ARABIC MEDICAL CURRICULA SERIES

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND
TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE - KUWAIT

Biological clock in human and living organisms

By

Prof. Dr. Shaaban Saber Khalafallah

Revised & Edited by

Arab Center for Authorship and Translation of Health Science

2023