الباب الأول

تاريخ وتطور الحصان

History and Development of the Horse

مقدمة:

أهتم الإنسان بالحصان طوال حياته منذ بداية التاريخ حتى وقتنا الحاضر، وكانت العلاقة بينهما متصلة تكاملية، نظراً لأحتياج كل منهما للآخر. لقد لعب الحصان دورا هاما وكبيرا في حياة الإنسان، وبدون هذا الدور ما استطاع الإنسان أن يصل إلى ما وصل إليه من تطور و تحضر. إن استخدام الحصان كوسيلة للنقل وبهيمة لحمل الأثقال قد ساهم كثيراً في تطور وتنمية المجتمعات المختلفة، وكان استخدامه كأداة في الحروب المختلفة التي خاضها الأنسان الأثر الأكبر على المسيرة الأنسانية.

تعتبر الخيل من أوائل الحيوانات التي تم استئناسها. فمنذ أوقات ما قبل التاريخ، انتشر الحصان في مناطق كثيرة من العالم، ويدل علي ذلك بقايا عظام الخيول التي عثر عليها في الحفريات التي تمت في بقاع كثيرة من الكرة الأرضية. وأتضح من هذه الحفريات أن الحصان قد عاش في قارات أوروبا وآسيا وأفريقيا و الأمريكتين، فيما عدا قارة استراليا. لقد أوضحت الحفريات أن أصل الحصان ربما يرجع إلى قارة أمريكا الشمالية، حيث تواجد منذ ما يقرب من ٥٨ مليون سنة كما ذكر Ensminger (١٩٩٠)، وأكد علي ذلك ما ذكرته Bennett (١٩٩٢a) على أن قارة أمريكا الشمالية هي مهد تطور الحصان وليست قارة أوروبا.

هاجر الحصان في صورته البرية من قارة أمريكا الشمالية إلى قارة آسيا عن طريق مضيق بيرنج (Bering strait). وجدير بالذكر أن الصورة

التي عليها الحصان الآن لم تكن موجودة في قارة أمريكا الشمالية عند أكتشاف كريستوفر كولمبس لها عام ١٤٩٢ ميلادية.

ويقول Riggs (١٩٣٢) أن الأجداد السالفة للحصان كانت متواجدة في كل من نصفي الكرة الأرضية الشرقي والغربي، ولكن لم يحدث أي تطور له في النصف الشرقي من الكره الأرضية، وإنما حدث تطوره في قارة أمريكا الشمالية، أي النصف الغربي من الكرة الأرضية. ومن قارة أمريكا الشمالية هاجر الحصان فى صورته البرية إلي قارتي آسيا وأوروبا أثناء العصر الحديث القريب (Pliocene)، عن طريق مضيق بيرينج. ويعتقد أن الحصان قد انقرض تماماً من قارة أمريكا الشمالية أثناء العصر الثلجي (Glacial age) منذ ما يقرب من ١٠٠٠٠ عام.

إن اختفاء الخيول من أمريكا الشمالية قبل أكتشاف كولمبس لها يعتبر لغزا لا توجد إجابة محدده له، وتساؤلاً يكتنفه الغموض. لقد أرجع بعض العلماء اختفاء الخيول إلي ظهور مرض وبائي قضي بصورة كاملة علي عشائر الخيول المتواجدة في ذلك الوقت، أو إلى إصابتها بطفيل مميت، بينما أرجع البعض الآخر أختفاءها إلى عدة أسباب منها:

١- التغيرات المناخية.

٢- التنافس بين الخيول وأنواع الحيوانات الأخرى علي الموارد المتاحة والضرورية لمتطلبات حياتها وأهمها الموارد الغذائية.

٣- عدم قدرة الخيول علي التأقلم مع البيئة المحيطة.

وعلي الرغم من اختفاء الخيول من القارة الأمريكية، إلا أنه ولحسن الحظ نجح بعضها في الهجرة إلى قارتي آسيا وأوروبا عن طريق المنطقة المتصلة بين الآسكا وسيبيريا، وهي مضيق بيرينج. وتعتبر هذه النخبة من

الخيول المهاجرة هي أصل عشيرة الخيول الأوروبية البرية، والتي نتجت عنها الخيول المستأنسة الحالية.

تطور الحصان (Evolution of the Horse):

كتبت سطور قصة تطور الحصان، ورتبت في مرحله مبكرة جداً من التاريخ، كما هو مدون في علم دراسة الأجناس الفقارية التي عاشت في العصور الجيولوجية السحيقة (Vertebrate paleontology). وبناء على السجلات التي جمعت من الحفريات المختلفة, أمكن معرفة التسلسل الزمني لتطور الحصان كما يوضحه جدول (١-١). إن مراحل تطور الحصان المدونة في هذا الجدول قد جمعت من المعلومات المستقاة من فحص بقايا عظام الخيول التي عُثر عليها في الحفريات المختلفة، وما أكثرها. ولذلك فإن ما كتب عن تطور الحصان يعتبر أكثر، وبدرجة كبيرة، عما كتب عن تطور الحيوانات المستأنسة الأخرى. كما أن السجلات التي عثر عليها والخاصة به تعتبر أكثر السجلات اكتمالاً. والمعلومات الخاصة بتطوره تعتبر حقائق لا غبار عليها ولا شكوك حولها.

لقد عُثر علي بقايا عظام الخيول في مناطق عديدة من العالم، وكان أولها بأوروبا. فقد عُثر علي متحجرات حيوانية يرجع تاريخها إلي العصر الفجري (Eocene)، وأُطلق عليها متحجرات ذات أصول حيوانية قديمة (Paleotherium). كذلك عُثر علي متحجرات من العصر الضحوى (Oligocene) لما يسمي بالـ Anchitherium، ومتحجرات أخري لحيوان يشبه الحصان أُطلق عليه اسم Hipparion أي الحيوان ذو الشكل القريب بشكل الحصان. هذه الأشكال الثلاثة التي قد تكون الأصول الأولى للحصان عُثر عليها في طبقات أرضية متتالية (Cuvier, ١٨٢٥).

جدول (١-١): التسلسل الزمني لتطور الحصان خلال العصور المختلفة

العهد (Era)	الفترة (Period)	العصر (Epoch)	الفترة الزمنية (سنوات)	عدد السنوات	مواصفات العصر العامة	شكل الحصان في ذلك العصر
الدهر الحديث	الرباعية Quaternary	الحديث (Recent)	١٢٠٠٠	١٢٠٠٠	جاء بعد العصر الجليدي، ارتقاء الإنسان، تطور الحضارات و الثقافات، استئناس الحيوانات .	وجد الحصان بشكله الحالي (Equus) منذ ٢٥٠٠٠ عام أثناء العصر الحجري القديم (Paleolithic). قام الإنسان باصطياده واستخدامه كمصدر لغذائه، ويعتقد أنه آخر الحيوانات التي تم استئناسها، وقد تم استئناسه في نهاية العصر الحجري الجديد (Neolithic) منذ ٥٠٠٠ عاما.
الدهر الحديث	الرباعية Quaternary	الحديث الأقرب (Pleistocene)	١٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠	العصر الثلجي، تطور الإنسان البدائي، ظهور الماموث(Mammoth) والماستودون (Mastodon) ، ظهور ٩٠- ١٠٠% من الحيوانات الموجودة الآن، ظهور جبال الألب و الهيمالايا.	ظهور الحصان بشكله الحالي (Equus). وجود إصبع واحد فقط في القدم مع اضمحلال الإصبعين الجانبيين و تحولهما إلى شظية عظمية. وصول الحصان إلى أعلى مراتب تطوره. ظهور أنواع عديدة من الخيول في قارة أمريكا الشمالية، وكان أغلبها في حجم الخيول القزمية، ألا أن إحداها كان في حجم حصان العمل الموجود الآن. انقرضت هذه الخيول في نهاية العصر الحديث الأقرب و قد يرجع ذلك إلى التغيرات المناخية أو التنافس على الموارد المتاحة أو ظهور وباء معين أو فشلها في التأقلم مع البيئة المحيطة. لحسن الحظ نجح بعضها في الهروب إلى قارتي آسيا و أوروبا من خلال الأسكا وسيبيريا، حيث عاشت و توطدت علاقتها بالإنسان.

تابع جدول (١-١): التسلسل الزمني لتطور الحصان خلال العصور المختلفة

العهد (Era)	الفترة (Period)	العصر (Epoch)	الفترة الزمنية (سنوات)	عدد السنوات	مواصفات العصر العامة	شكل الحصان في هذا العصر
الدهر الحديث	الثلاثي Tertiary	العصر الحديث القريب (Pliocene)	١١٠٠٠٠٠٠	١٢٠٠٠٠٠٠	زيادة حجم الثدييات، ظهور ٥٠-٩٠ % من الحيوانات الموجودة الآن.	ظهور حصان العصر الحديث (Pliocene) الذى أمتاز بوجود إصبع واحد، والأصابع الجانبية اضمحلت إلى شظايا عظمية. ظهور الأسنان التاجية الملائمة للرعي. كان ذلك الحصان في حجم الحصان القزمي. في الواقع يعتبر هذا الحصان سلف الحصان الحالي. كذلك وجدت بعض الأنواع الأخرى مثل الـ Hipparion وهو حصان رعي ذو ٣ أصابع.
الدهر الحديث	الثلاثي Tertiary	العصر الثلثي الأوسط (Miocene)	١٦٠٠٠٠٠٠	٢٨٠٠٠٠٠٠	العصر الذهبي للثدييات، ظهور المراعي الجيدة، بلوغ الثدييات القاطنة السهول أوج تطورها، ظهور ٢٠-٤٠ % من الأنواع الحديثة.	ظهور الحصان البدائي (Merychippus) والذي امتاز بوجود ٣ أصابع في كل قدم، الأوسط منها اكبر حجما من الآخرين اللذين لم يلمسا الأرض. و كان حيواناً نحيفاً رشيقاً في حجم الحصان القزمي من سلالة الشتلاند تقريبا (Shetland) ، وكانت أسنانه ذات تيجان عالية وسطح صلب، صالحه لتناول العشب، ولهذا فإن هذا الحصان كان مؤقلماً بصورة كبيرة على المعيشة في البراري. وجدت كذلك أنواع أخرى منها الحصان البدائي الأول (Protohippus)، و الحصان الأقل شبها بالحصان البدائي (Miohippus) وهو ذو قدم تشبه قدم الحصان (Merychippus) ولكن ذو أسنان ذات تيجان قصيرة وملائمة للرعي، و الحيوان شبيه الحصان (Parahippus) وأنواع أخري.

تابع جدول (١-١): التسلسل الزمني لتطور الحصان خلال العصور المختلفة

العهد (Era)	الفترة (Period)	العصر (Epoch)	الفترة الزمنية (سنوات)	عدد السنوات	مواصفات العصر العامة	شكل الحصان فى هذا العصر
الدهر الحديث	الثلاثي Tertiary	العصر الحديث اللاحق (العصر الضحوى) (Oligocene)	١٠٠٠٠٠٠٠	٣٨٠٠٠٠٠٠	ظهور الثدييات الحديثة التي سادت على الثدييات الأولية. ظهور ١٠-١٥ % من الثدييات الحديثة.	ظهور الحصان الوسطي (Mesohippus). والذي أمتاز بوجود ٣ أصابع في كل قدم، والإصبع الأوسط منها كان أكبر بدرجه واضحة وأضمحل الإصبع الرابع في القدم الأمامية وأصبح شظية عظمية، وجميعها كانت ملامسه للأرض، واشتركت جميعها في حمل جسم الحيوان. و كانت الأسنان ذات تيجان منخفضة وربما كانت تستعمل في قضم الأعشاب، وكان حجمه في حجم كلب الحراسة مع أرجل طويلة وظهر مستقيم بدرجه أكبر من سلفه. وقد ازدادت درجة ذكائه ورشاقته.
الدهر الحديث	الثلاثي Tertiary	العصر الفجري (Eocene)	٢٠٠٠٠٠٠٠	٥٨٠٠٠٠٠٠	ظهور الثدييات غير المعروفة من قبل، بداية ظهور الحصان، ظهور ١-٥% من الأنواع الحديثة.	ظهور حصان الفجر(Eohippus) و الذى أمتاز بوجود ٤ أصابع في قدمه الأمامية إحداها أكبر من الأخريين، وأضمحل الإصبع الخامس وتحول إلى شظية عظمية، أما القدم الخلفية فكانت تحتوى على ٣ أصابع وشظية عظمية واحدة، وكان هذا الحصان صغير الحجم رشيق، بلغ ارتفاعه قدما واحداً تقريبا ووجهه نحيف، وظهره مقوس ورقبته قصيرة وأرجله نحيفة وذيله طويل، وكان مؤقلماً علي المعيشة في المستنقعات. ظهر كذلك في هذا العصر الحصان الجبلي (Orohippus) وكانت أقدامه تشبه أقدام الحصان (Eohippus) مع عدم وجود شظايا عظمية والحيوان شبيه الحصان (Epihippus)

تابع جدول (١-١): التسلسل الزمني لتطور الحصان خلال العصور المختلفة

العهد (Era)	الفترة (Period)	العصر (Epoch)	الفترة الزمنية (سنوات)	عدد السنوات	مواصفات العصر العامة	شكل الحصان فى هذا العصر
الدهر الحديث	الثلاثي Tertiary	العصر الحديث الأسبق (Paleocene)	١٧٠٠٠٠٠٠	٧٥٠٠٠٠٠٠	بداية عصر الثدييات، تطور كبير في النباتات كاسية البذور وظهور ١ % من الأنواع الحديثة.	وجود حيوان ما قبل الحصان، أمتاز بوجود ٥ أصابع في القدم الأمامية إحداها شظية عظمية، ويحتمل أن يكون سلفا لحصان الفجر (Eohippus)، ولكن لم يعثر على أي أثار لهذا الشكل في أي من الحفريات التي تمت.

في عام ١٨٧٣ أعلن العالم الروسي Kovalevsky، بعد دراسته للمتحجرات التي عُثر عليها في أوروبا، بأن الحيوان الوبري الذي يشبه الأرنب (Hyracotherium) ينتمي للأصول التي تكونت منها العائلة الخيلية.

في نفس الوقت قام Leidy بنشر سلسلة من الدراسات أعوام ١٨٥٦، ١٨٥٧، ١٨٥٨، ١٨٥٩، ١٨٦٩، ١٨٧٠، ١٨٧٣ عن بقايا عظام الخيول التي عُثر عليها في الحفريات التي تمت في قارة أمريكا الشمالية، وتشمل بقايا عظام لحيوانات تنتمي لخيول العصر الحديث القريب (Pliohippus)، والحصان البدائي (Protohippus)، والحصان الرشيق الآكل للعشب (Merychippus)، والحيوان شديد الشبه بالحصان (Parahippus)، والحصان الوسطي (Mesohippus)، والحصان تحت الرتبة الخيلية (Hypohippus)، بالإضافة إلى بعض الأشكال التي تشبه الحيوان الأوروبي شبيه الحصان (Hipparion). وقد عُثر علي هذه الحفريات في منطقه غرب نهر المسيسبي في الولايات المتحدة الأمريكية. ولكن لم يستطع Leidy أن يربط بين هذه المجموعة المتسلسلة، ولم يدرك أنها تمثل سلسلة من الدرجات علي السلم التطوري للحصان.

في عام ١٨٧٤، كان العالم الأمريكي Marsh من جامعة ييل (Yale) يمتلك مجموعة متكاملة متسلسلة تمثل مراحل تطورية مختلفة للحصان. وقد استطاع Marsh أن يستنتج أن هذه المجموعة تمثل سلماً تطورياً متكاملاً لإحدى أنواع الخيول. إلا أنه كان ينقص المجموعة التي يمتلكها Marsh العضو الأول في هذه السلسلة التطورية. هذا وقد تم وصف هذا الحيوان بواسطة العالم الأمريكي Cope (١٨٨٩)، الذى أستطاع أن يستنتج أن حصان الفجر (Eohippus) مشابه للحيوان الوبري الأوروبي شبيه الأرنب (Hyracotherium).

أكد العالم Marsh على أن الحيوان المنقرض شبيه الحصان المسمي *Equus fretenus* Leidy يشبه تماما الحيوان *Equus caballus* Linn وهو الجنس الذي ينتمي إليه حصان الوقت الحاضر.

إن ما عُثر عليه من حفريات في القارة الأمريكية يعتبر سلسلة نسب كاملة للسلم التطوري لأصل الحصان، وسجلات هذه الحفريات كاملة تماماً إذا ما قورنت بما عُثر عليه في القارة الأوروبية.

إن التغيرات الواضحة التي حدثت في شكل الخيول علي مدار الأجيال المختلفة يمكن حصرها في الآتي:

١- زيادة الحجم.

٢- زيادة السرعة من خلال زيادة كثافة عظام الأطراف.

٣- استطالة الرأس والرقبة وتحور الجمجمة.

بالنظر إلى زيادة الحجم، نجد أن الحصان Orohippus كان في حجم الثعلب، أما الأشكال Miohippus and Anchitherium فكانت في حجم الأغنام، بينما كانت الأشكال Hipparion and Pliohippus في حجم الحمار، وأخيراً كان حجم الحصان في الزمن الرباعي الحديث متماثلاً مع حجم حصان الوقت الحاضر.

وبالرجوع إلى الأصابع والأطراف، فنجد أن الشكل Orohippus كانت به أربعة أصابع متطورة تماماً، بينما اختفي الإصبع الخامس في الشكل Miohippus، وأصبح شظية عظمية، ودُعمت الأطراف بالأصابع الثاني والثالث والرابع، حيث كان الإصبع الأوسط أكبرها. أما الشكل Hipparion فقد أحتوى على ثلاثة أصابع فقط، كان الثالث منها أقواها، والإصبعان الآخران يتجهان للخارج ولم يستخدما علي الإطلاق، ولم يلامسا الأرض. وأخيراً نجد أن الحصان Equus قد اختفت منه الحوافر الجانبية، وتحولت

الأصابع نفسها إلى شظايا عظميه، ودَعّم الإصبع الوسطي الأطراف وبالتالي ازداد حجمه.

هذا وتجدر الإشارة إلى نقطة هامة وهي أن ما سبق ذكره قد لا تكون الآلية التطورية الوحيدة التي يمكن الارتكان إليها في تطور الخيول علي مر الأجيال، وربما يرجع ذلك إلى غزارة وتنوع بقايا عظام الأجيال المختلفة للخيول والتي عثر عليها في الحفريات المختلفة، ولذلك فإنه يمكن اعتبارها كشجيرة نسب بسيطة بدلاً من كونها سلماً تطورياً متكاملاً للحصان.

وهناك عدد من المفاهيم التي سادت عن تطور الحصان، نذكر منها النقاط التالية:

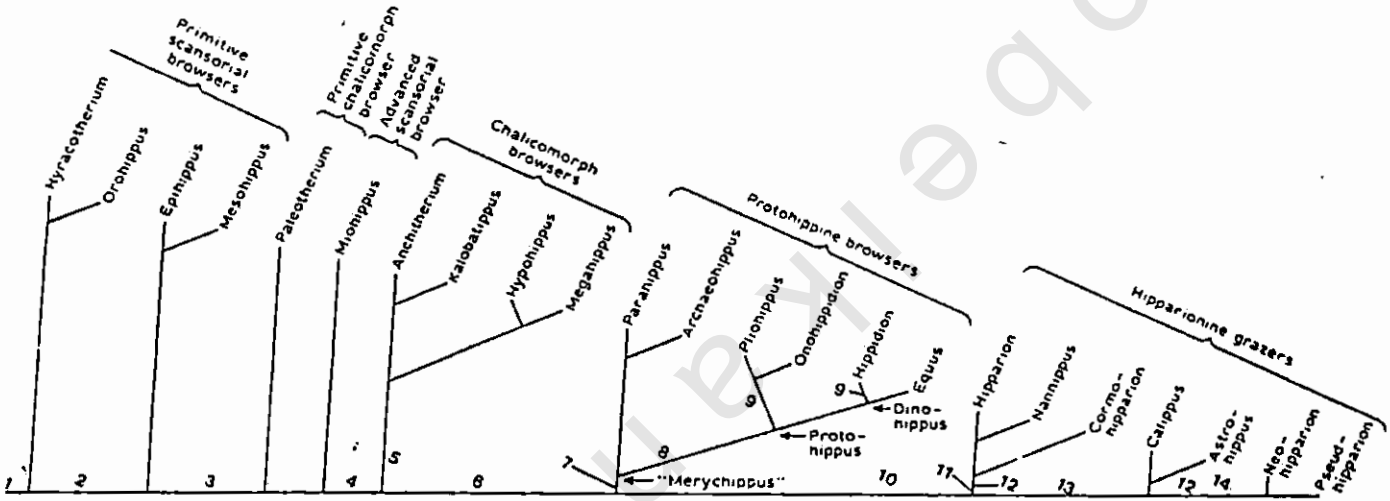
١- يوجد خط رئيسي لتطور الحصان يبدأ من حصان الفجر (Eohippus) وينتهي بالحصان الحالي (Equus) ذى الحافر الواحد.

٢- تتابع أجناس مختلفة من الخيول على مر العصور.

٣- تطور نوع واحد من الخيول إلى نوع آخر، ومن ثم وجود أشكال وسطيه بين كل نوعين.

٤- السبب في وجود حصان الفجر (Eohippus) والأشكال البدائية الأخرى هو تطورها إلى الحصان في شكله الحالي، أي يمكن القول بأن وجود الحصان في شكله الحالي قد نتج من شكل كان معروفاً من قبل.

ويتضمن شكل (١-١) التدرج المنطقي لأشكال العائلة الخيلية والتسلسل الزمني لتطورها، أما جدول (٢-١) فيحتوى على الأسماء المختلفة لهذه الأشكال.



شكل (١-١): رسم تخطيطي منطقي يوضح المراحل التطورية للعائلة الخيلية. (١) بنية الجمجمة، (٢) اتصال (metaloph) بالـ(ectoloph)، (٣) وجود قناة خلفية مستطيلة، (٤) استطالة الأطراف الأمامية و الرقبة، وجود الغارب و التجويف الوجهي، (٥) انكماش الأنف، أسنان عريضة منتفخة، (٦) وجود طبقة ملاطية على الأسنان، وجود قضيب خلف محجر العين، استطالة الحبك، و يتلاقى مع الـ (protoloph)، مكوناً تجويف أمامي، وجود كل من التجويفين الأمامي و الخلفي، (٧) اتصال الـ (postcone) بالـ (protoloph)، عدم وجود الثقب الوجهي في تجويف الوجه، (٨) اختفاء التجويف الوجهي، وجود تركيب معقد للمينا على الأسنان الجانبية، كبر حجم الـ (metaconid) و الـ (metastylid) للأسنان الخلفية الجانبية، و بعدهما عن بعض، (٩) انكماش الأنف بدرجة كبيرة، (١٠) انفصال الـ (protocone) عن الـ protoloph، كبر حجم الـ (metaconid) و الـ(metastylid) في الأسنان الجانبية، وابتعادهما عن بعضهما، احتواء التجويف الوجهي على ثقب وجهي، (١١) امتلاء التجويف الوجهي، (١٢) زيادة طبقات المينا على الأسنان، (١٣) اختفاء التجويف الوجهي، (١٤) وجود انيجان المرتفعة بدرجة كبيرة.

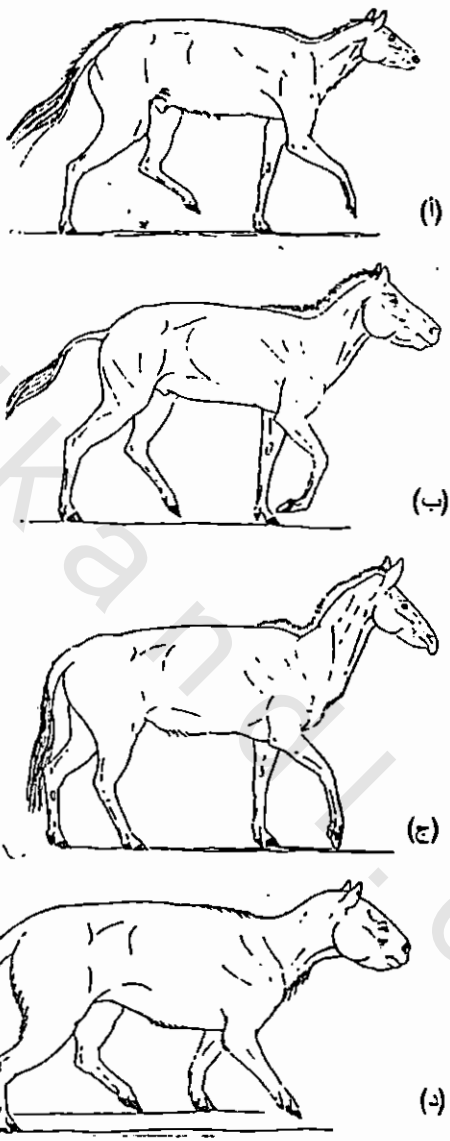
جدول (٢-١) : الأسماء المختلفة للأجناس المختلفة المنتمية للعائلة الخيلية

نوع العائلة الخيلية	أسم الحيوان	الحيوانات التي نتجت عنه
الحيوانات الراعية التسلقية الأولية (Primitive scansorial browsers)	الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium) الحيوان القريب من الحيوان البرى (Epihippus)	تفرع منه الحيوان الجبلى (Orohippus) تفرع منه الحيوان الوسطى (Mesohippus)
الحيوانات شبه الراعية الأولية (Primitive chalicomorph browsers) الحيوانات الراعية التسلقية المتقدمة (Advanced scansorial browsers)	الحيوان البدائى القديم (Paleotherium) الحيوان الثلثى الأوسط (Miohippus)	
الحيوانات شبه الراعية التسلقية المتقدمة (Chalicomorph)	الحيوان القديم (Anchitherium)	تفرع منه الحيوان Kalobatippus ، و الحيوان الضخم Megahippus، وهذا الأخير تفرع منه الحيوان تحت الرتبة الخيلية Hypohippus.
الحصان الرئيسى التسلقى (Protohippine browsers)	الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)	تفرع منه الحصان البدائى Archeaohippus تفرع منه أيضا الحصان الرشيق Merychippus نتج عنه أيضا سلسلة من الأشكال انتهت بالشكل الذى يشبه الحصان الحالى (Equus)، و شملت الحيوان الرئيسى (Protohippus) و هو الذى نتج عنه حيوان العصر الحديث القريب (Pliohippus)، و الذى تفرع منه الشكل Onohippidion. شملت هذه السلسلة أيضا الحيوان الضخم شبيه الديناصور (Dinohippus)، و تفرع منه الحصان Hippidion.
الخيول الراعية (Hipparionine grazers)	حيوان متعلق بالحصان (Hipparion) (Calippus) الحصان الجديد (Neohipparion) الحيوان ذو الشكل الكاذب للحصان: (Pseudohipparion)	تفرع منه شكلين هما: (Nanhippus & Cormohipparion) تفرع منه (Astrohippus)

لقد كان هناك العديد من العوامل البيئية التي لعبت دوراً هاماً في تطور العائلة الخيلية. وحيث أن المبدأ الأساسي لعملية التطور تبعاً لنظرية دارون هو مدي تأقلم العضو مع البيئة التي يعيش فيها، وطبقاً لهذا المبدأ فأن أفراد العائلة الخيلية كانت قادرة علي التأقلم مع البيئة المحيطة أو الهجرة إلى مكان آخر أكثر ملائمة.

في الحقبة الثلاثية كان هناك نوعان من الأشكال انتـيا إلي العائلة الخيلية، وٰ كان هناك اختلاف بينهما في الشكل الظاهري للجسم وهما الشكل التسلقي الراعي (scansorial browser form) ومنه (Hyracothorium)، وهو الحيوان الوبري الذي كان يشبه الأرنب. أما الشكل الآخر فهو الحيوان شبه الراعي (chalicothere like browser) ومنه (Hypohippus) أي الحيوان تحت رتبة الحصان. هذان الشكلان تم تطورهما بصوره كاملة في نهاية العصر الفجري السابق (Eocene) . وفي نهاية الحقبة الثلاثية وبعد انتشار المراعي تحور أحد أفرع العائلة الخيلية وأصبح ملائماً لرعي العشب (grazers) والمعيشة في المناطق غير الغابية بعكس الشكلين الأوليين اللذين عاشا في مناطق غابية وكانت تغذيتهما الأساسية هي تناول الأوراق من على الأشجار، وشكل (٢-١) يتضمن صوراً لهذه الأنواع الثلاثة.

لقد تميزت العائلة الخيلية بالتنوع السريع في شكلها المظهري في خلال فترات قصيرة. بعد بداية الجزء الأخير من الحقبة الثلاثية، وظهور مساحات كبيره من المراعي، ظهر خط تطوري من العائلة الخيلية له القدرة علي مضغ وهضم العشب، وكانت له القدرة أيضاً علي الهروب من أعدائه بسرعة.



شكل (٢-١):

(أ) شكل جسم الأجناس الراعية التسلقية (scansorial) ممثلا بالحيوان الوسطى (Mesohippus).

(ب) شكل جسم الأجناس الراعية للعشب (grazers) ممثلا بالحيوان المسمى الحصان الجديد (Neohipparion).

(ت) شكل جسم الأجناس شبه الراعية (chalciomorph) ممثلا بالحصان تحت الرتبة (Hypohippus).

(ث) شكل للأجناس الراعية التسلقية (scansorial) ممثلا بالحيوان الرشيق المفصلى ذو الأسنان الدائمة (Merycoidodon).

لقد تميزت الحقبة الثلاثية بهجرة أفراد العائلة الخيلية بصفة دورية، فمثلاً نجد أن الحيوان الذي يشبه الأرنب (Hyracotherium) قد هاجر من أمريكا الشمالية إلى قارة أوروبا (Simpson, ١٩٥١)، حيث تطورت عدة أجناس منه.

في نهاية العصر الضحوي (Oligocene) هاجر الشكل الراعي(Anchitherium) من قارة أمريكا الشمالية إلى قارتي أوروبا وآسيا وتم تطور عدة أجناس منه، وقد يكون هذا الشكل أول أجناس العائلة الخيلية التي هاجرت إلى قارة أفريقيا، (Churcher and Richardson, ١٩٧٨).

يلي ذلك هجرة الجنس Hipparion من قارة أمريكا الشمالية إلى قارتي أوروبا وآسيا، وذلك في بداية العصر الثلثي الأوسط (Miocene)، وجدير بالذكر أنه عُثر علي العديد من بقايا عظام هذا الجنس في الحفريات التي تمت في قارتي آسيا وأوروبا، ومن الصين وحتى أسبانيا حسبما ذكر (Bernoir and Hussain, ١٩٨٥). هاجر هذا الجنس (Hipparion) أيضا إلى قارة أفريقيا، وعاش بها لفترة طويلة ثم انقرض أثناء العصر الحديث الأقرب (Pleistocene). إلا أن هذا الجنس قد يكون آخر أشكال العائلة الخيلية التي لها ٣ أصابع، (Churcher and Richardson, ١٩٧٨). في ذلك الوقت من العصر الحديث الأقرب (Pleistocene)، كان آخر ما هاجر من العائلة الخيلية هو الحصان بشكله المقارب للحصان الحالي (Equus)، وقد وصل أيضاً إلى قارة أفريقيا، وكان حجم هذا الحصان كبيرا وله حافر واحد فقط.

إن مفردات الأصابع (Perissodactyls) ومنها الخيول بالطبع هي اكثر الثدييات ذات الحافر التي كان لها قدره علي التنوع خلال منتصف العصر الضحوي (Oligocene). وفي نهاية ذلك العصر أصبحت أسلاف الخيول هي الحيوانات الأكثر سرعة وتطورت أشكالها بسرعة كبيرة، ولذلك

أسبابه. ففي الحقبة الثلاثية كانت أمخاخ الحيوانات آكلة اللحوم صغيرة الحجم وذات تركيب بسيط مقارنة بفريستها من الحيوانات ذات الحافر، علاوة علي ذلك كانت آكلات اللحوم ذات هيكل عظمي بسيط. وقد أدي وجود هذين العاملين إلى اتزان نسبي ثابت بين الفريسة وعدوها المفترس بحيث نجد أن الفريسة هي التي تطورت أولاً ثم تطور بعدها العدو. ولذلك نجد أنه إذا ما تطورت الفريسة بحيث أصبحت أكثر ذكاءً وسرعة مقارنة بسلفها، سيتطور بالتالي عدوها بحيث يصبح أيضاً أكثر ذكاءً وأكثر سرعة، وهكذا. ينطبق ذلك على حيوانات العائلة الخيلية أيضاً، حيث نجد أن الأفراد التي لم تكن لها القدرة علي التطور سواء في الذكاء أو السرعة عادة ما سهل افتراسها بواسطة العدو، ومن ثم لم يستطع العيش سوي أقواها وأكثرها قدرة علي التطور. وهذا ما حدث تماماً في العصر الضحوي.

هناك العديد من التغيرات التي حدثت في بنية الحصان بحيث جعلته أكثر قدرة على رعى الأعشاب. إن أولي ملامح تأقلم الثدييات علي الاستفادة من تناول العشب كغذاء هو قدرتها علي هضمه. إن الحيوانات المجترة هي أكثر الحيوانات قدرة علي هضم العشب حيث أن معدتها معدة مركبة. وعلي العكس نجد أن الحصان يستخدم المصران الأعور في عملية الهضم. وعلي الرغم من أن الحصان تحتوي معدته علي الميكروبات اللازمة لهضم العشب، وأن مصرانه الأعور قد استطال بدرجة كبيرة، إلا أن معدته ذات تركيب بسيط مقارنة بمعدة الحيوانات المجترة.

إن الدرجة التالية للتطور هي تطور الأسنان حتى تصبح أكثر كفاءة في مضغ العشب، فالأسنان إحدى العوامل المحددة لقدرة الحيوان علي المعيشة لأطول فترة ممكنة. إن الأسنان الخالية من العيوب والمستخدمة بكفاءة لفترة طويلة تطيل من فترة حياة الحيوان. ولذلك نجد أن أسنان

الثدييات التي لها القدرة علي الرعي ومنها الحصان، قد تطورت أسنانها لتتلاءم مع ما تتناوله من عشب، وبالتالي تكون قادرة علي الحياة لأطول فترة ممكنة. إن أسنان الثدييات قد تتميز بواحد أو أكثر من الملامح البنائية التالية:

١- تيجان عالية: فالأسنان طويلة من الجذر وحتى التاج.

٢- زيادة عدد النتوءات الموجودة علي الضروس.

٣- التحام هذه النتوءات مع بعضها يكون مركب معقد للمينا علي السطح الخارجي للضرس.

٤- وجود عدة طبقات من مواد مختلفة ذات درجات صلابة مختلفة تحيط بالأسنان لإنتاج مستويات تحمل متباينة، ومن ثم وجود قمم حادة لتقطيع الألياف.

٥- زيادة حجم الضروس.

٦- تكون سلسله متصلة من الضروس.

إن التغير في بنية الأسنان وخاصة اكتساب تيجان عالية (Hypsodont) أو وجود أسنان ذات نمو مستديم (Hyposelodont) لابد وأن يتلازم معه تغيرات في الشكل الظاهري للجمجمة حتى تتوافق مع طول وحجم الأسنان. والخيول علي وجه الخصوص قد استطالت ضروسها ذات التيجان العالية، ولذلك كلما أصبح صف الأسنان أطول، أستطال كذلك كل من الفم والفكين.

حدثت أيضاً بعض التغيرات البنائية التي ساعدت الأشكال التطورية المختلفة للحصان على الهروب من مفترساتها في البيئات المفتوحة. فالعمود الفقري كان أول أعضاء الجسم التي خضعت لعملية التطور، وذلك عند تحول الأشكال المختلفة للخيول من تسلق الأشجار لتناول أوراقها إلى الرعي على الأعشاب. لقد حدثت تغيرات ظاهرية عديدة في مؤخرة الجمجمة

ومنطقة الأذن والجمجمة نفسها، وكانت هذه التغيرات نتيجة طبيعية لتطور طول وشكل عظام الرقبة. لقد أدت الزيادة في طول رقبة الحيوانات المتسلقة (chalicomorph browsers) إلى إطالة الرقبة واتجاهها لأعلى، مما أدى لزيادة قدرتها على التقاط الأوراق من على الأشجار، كما أدت هذه التغيرات إلى زيادة قدرة الحيوانات الآكلة العشب على مد رقبتها للأرض. لقد أثرت التغيرات التي حدثت علي شكل المفاصل، ومن ثم القدرة الحركية علي مكونات الجهاز العظمي المحوري. هذه التغيرات التي أدت إلى شدة وقوة العمود الفقري في الحيوانات الراعية بدرجة أكبر مما هو موجود في الحيوانات الراعية التسلقية، كانت متعلقة بحاجة الحيوان للهروب بسرعة من أعدائه عن طريق السير في مسار مستقيم. إن كل أشكال العائلة الخيلية التي عاشت قبل نهاية العصر الضحوي (Oligocene) كانت تهرب من مفترساتها عن طريق سلسلة من المراوغات، وكانت الآلية التي تستخدمها في تجنب أعدائها هو انكماشها في نفسها والهروب إلي الجحور.

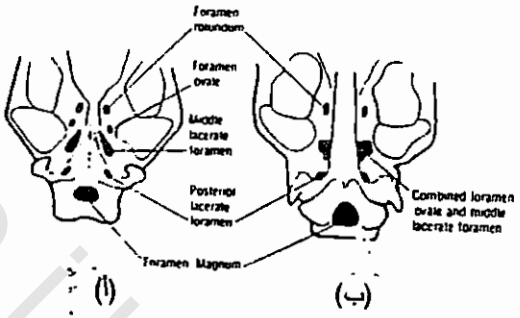
لقد استطالت الأطراف البعيده بدرجه قليله مقارنة بالأطراف القريبه في الحيوانات الراعيه التسلقيه وشبه الراعيه(scansorial and chalicomorph) وذلك بداية من العصر الفجري (Eocene) وحتي منتصف العصر الثلثى الأوسط (Miocene) حين أنقرضت الخيول الراعيه التسلقيه. لقد كان طول الشكل Mesohippus ضعف طول الشكل Eohippus، ولكن عظام المدفع به لم يحدث بها أي تطور. وعامة كان الجهاز العظمي لكل من الجنسين Mesohippus وMiohippus أكبر قليلاً من ذلك الذي كانت تمتلكه أسلافه. بعد تطور الجهاز الهضمي والأسنان والجهاز العظمى المحوري كي تتلاءم على المعيشة في المناطق المفتوحة حدث تطور كبير في طول نهايات الأطراف ومن ثم تطورت كتلة الجسم. إن كبر نهايات الأطراف أدى إلى

زيادة قدرة الخيول الراعية على الترحال والسفر لمسافات طويلة، ولكن جردها في نفس الوقت من القدرة علي البداية الواثبة التي كانت تمتلكها أسلافها من الحيوانات الراعية التسلقية. أصبحت أيضاً أرساغ الحيوانات الراعية قوية وبسيطة التركيب التشريحي، وقيدت الحركة علي المفاصل بحيث أصبح لها القدرة على السير في السهول. إن التطورات التي حدثت في جمجمة العائلة الخيلية، وأسنانها وجهازها العظمى المحوري والطرفي يمكن شرحها في الصفحات التالية، وجدير بالذكر أن العائلة الخيلية نتجت من الحيوانات المفصلية، كما سيأتى شرحه.

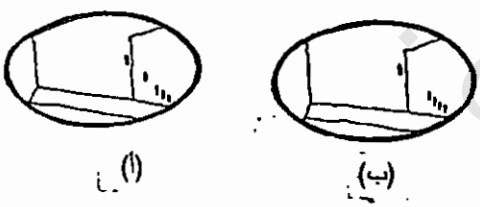
تطور جمجمة العائلة الخيلية (Evolution of the Equid Skull):

التحول من الحيوانات المفصلية وبداية تأسيس العائلة الخيلية:

كانت الجمجمة في الحيوانات المفصلية (Phenacodus) قوية، ثابتة، واسعة، عميقة، وكان الوجه منحنياً لأسفل على قحف الجمجمة، ولهذا كان مججر العين مرتفعاً، وكانت منطقة الأذن مفتوحة نسبياً، والفك متمفصلاً بدرجة كبيرة. شكل الثقب الوسطى والثقب البيضاوي في قاع الجمجمة فتحتين متباعدتين. كانت أيضاً مؤخرة الرأس ذات القاعدة العريضة منحدرة في اتجاه الرقبة. ومن الأمام كان الثقب البصري في محجر العين معزولاً. وشكل (٣-١) يوضح المقارنة بين جمجمة مفردات الإصبع الأولية وجمجمة العائلة الخيلية (تتبع مفردات الإصبع المتقدمة). أما شكل (٤-١) فيوضح المقارنة بين موقعي الثقب البصري في كل من مفردات الإصبع الأولية والعائلة الخيلية.



شكل (٣-١): رسم يوضح الفرق فى شكل الجمجمة بين (أ) مفردات الإصبع البدائية و (ب) العائلة الخيلية، من حيث التحام الثقب الخلفي (posterior lacerate foramen).



شكل (٤-١): رسم يوضح الفرق فى موقع ثقب العين فى كل من (أ) مفردات الإصبع البدائية (ب) العائلة الخيلية.

obeikandl.com

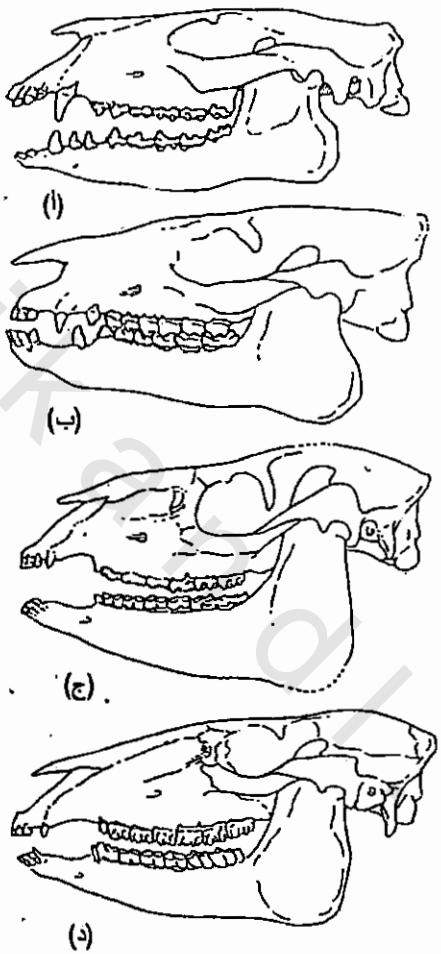
وعند التحول إلى الحيوان الوبري شبيه الأرنب (Hyracotherium) صغر حجم الجمجمة، ومن ثم ضغطت منطقة الأذن ومفاصل الفك، ولم تعد مفاصل الفك تسمح بالحركة من الأمام للخلف، وإنما أصبحت العائلة الخيلية مميزة بحركة المضغ من جانب لآخر (Radinsky, ١٩٦٦) . لقد أصبح المخطم في الحيوان الوبري شبيه الأرنب (Hyracotherium) مسطحا وأطول قليلاً من ذلك الموجود في الحيوانات المفصلية. لقد كانت عظام الأنف أطول وممتدة حتى القواطع الأولى في الحيوانات المتسلقة الراعية مثل Hyracotherium, Orohippus, Mesohippus, Miohippus.

نتجت الحيوانات شبه الراعية (chalicomorph browsers) من الحيوانات الراعية المتسلقة (scansorial browsers)، وذلك خلال العصر الفجرى (Eocene) في قارة أوروبا، وخلال العصر الضحوى (Oligocene) في قارة أمريكا الشمالية. لقد كانت جماجم الحيوانات شبه الراعية (chalicomorph) أكبر حجما وذات مخطم أطول من أسلافها الراعية المتسلقة (scansorial) ، كما كانت عظام فكها طويلة وثقيلة، وكان الفك السفلي أطول. لقد اكتسبت جماجم الحيوانات شبة الراعية (chalicomorph) تطورات أخرى أدت إلى ظهور أشكال منها لرعى الأعشاب، وتضمنت هذه التطورات الاستطالة العمودية للجمجمة، واستطالت كذلك الفقرات العنقية، وصغر حجم العضلات في منطقة الفقرات العنقية .عما هو موجود في الحيوان الوبري شبيه الأرنب (Hyracotherium). هذا التطور في شكل الجمجمة أدى إلى تحرك الرقبة لأعلى خاصة الجمجمة. أما التطور الأخر الذي حدث فهو قصر عظام الأنف واقتراب فتحتي الأنف من بعضهما.

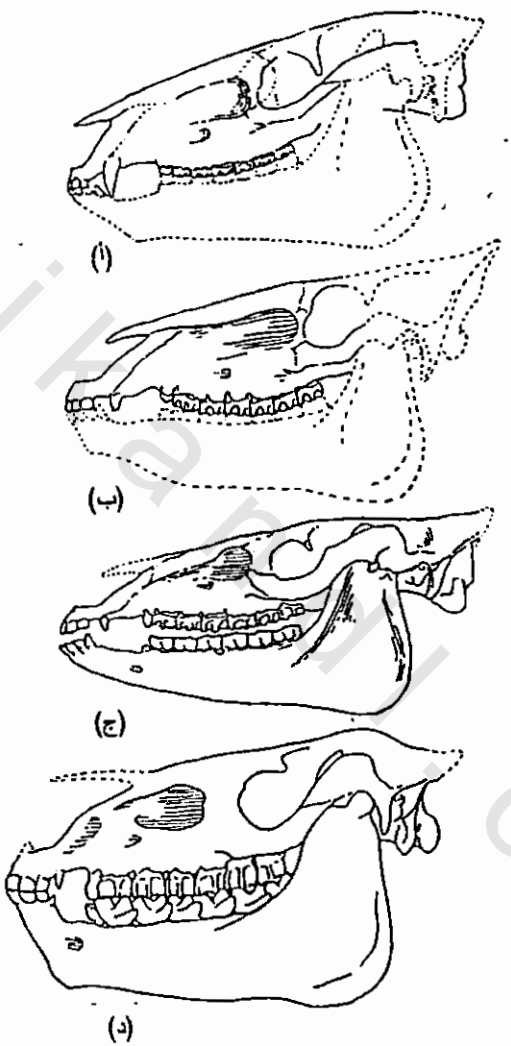
هناك الكثير من التغيرات التي حدثت في الشكل الظاهري لجمجمة الحيوانات الراعية بحيث أصبحت الحيوانات أكثر ملائمة لتناول العشب.

هذه التغيرات كان لها علاقة بالتيجان المرتفعة للأسنان. كان أول هذه التغيرات هو استطالة وزيادة عمق المخطم حيث كان زيادة عمق المخطم والفك أمر لابد منه حتى يتلاءم ذلك مع الأسنان الطويلة. لقد أدى هذا العمق إلى تحور الجمجمة بحيث أصبح شكلها وتدياً. توضح أشكال (٥-١ و٦-١ و٧-١ و٨-١) صوراً لجماجم الأشكال الراعية التسلقية (scansorial)، والأشكال شبة الراعية (chalicomorph) والأشكال الراعية للعشب.

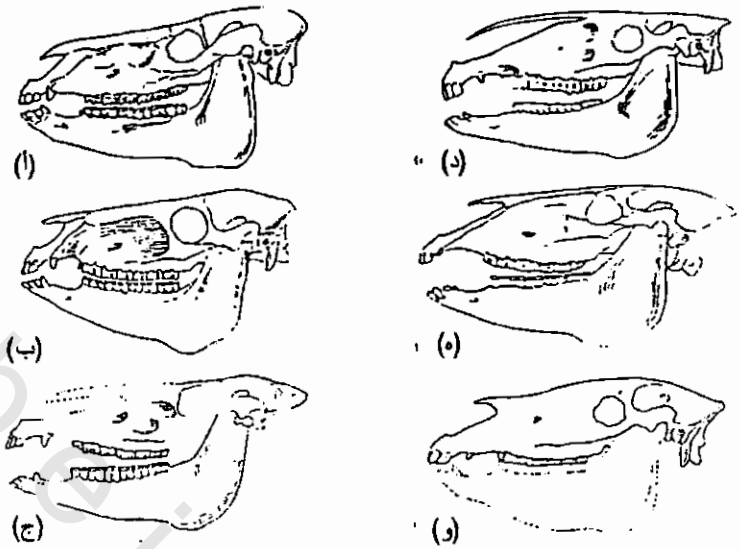
obeikandl.com



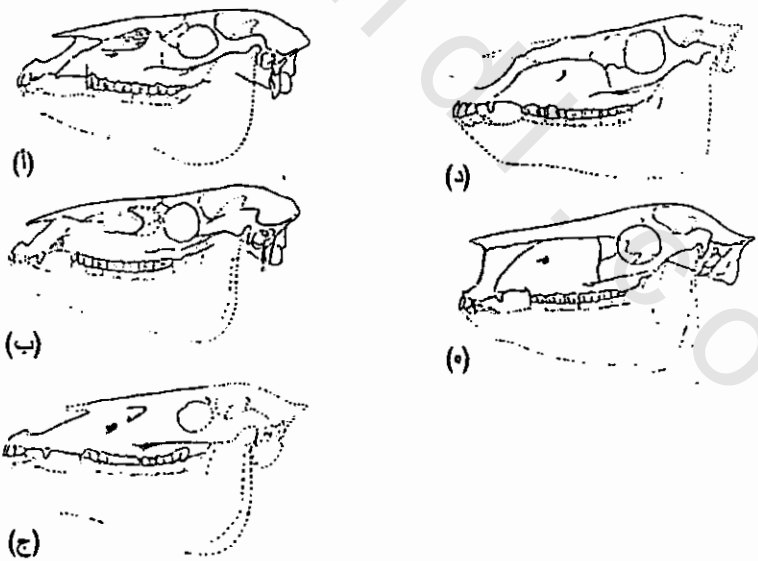
شكل (٥-١): جماجم العائلة الخيلية الراعية المتسلقة (scansorial) (منظر جانبى)، (أ) الحيوانات المفصلية (Phenacodus)، (ب) الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium)، (ج) الحيوان الوسطى (Mesohippus)، (د) حصان العصر الثلثى الأوسط (Miohippus)



شكل (٦-١): جماجم العائلة الخيلية شبه الراعية (chalciomorph) (منظر جانبي)، (أ) الحيوان القديم (Anchitherium)، (ب) الحيوان (Kalobatippus)، (ج) الحيوان تحت الرتبة (Hypohippus)، (د) الحيوان الضخم (Megahippus).



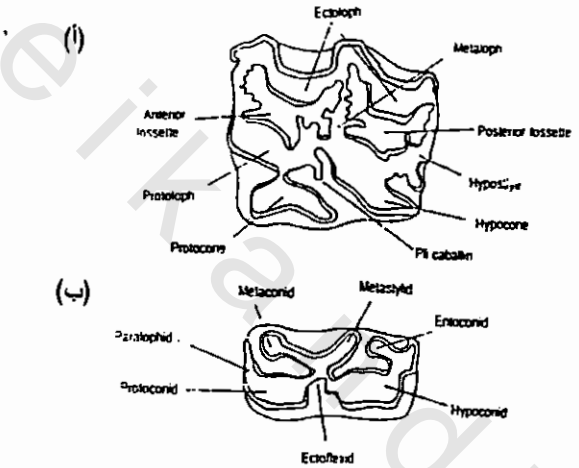
شكل (٧-١): جماجم العائلة الخيلية الآكلة للعشب (منظر جانبي) والمنتمية لفرع العائلة الخيلية الرئيسي (Protohippusclade) ، فى حالة وجود تجويف وجهي (ب، ج، د)، كان كبيراً وعميقاً ومنقسماً إلى قسمين، و تضمن ثقب وجهي. (أ) الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)، (ب) الحصان الرئيسى (Protohippus)، (ج) حصان العصر الحديث القريب (Pliohippus)، (د) الجنس (Hippidium)، (ه) الحصان الضخم شبيه الديناصور (Dinohippus)، (و) الحصان بشكله الحالي (Equus).



شكل (٨-١): جماجم العائلة الخيلية الآكلة للعشب المنتمية للفرع (Hipparionineclade) (منظر جانبي)، فى حالة وجود تجويف وجهى (أ، ب، ج)، كان كبيراً و حوله إطار، و يحتوي ثقب وجهى. (أ) الحيوان (Hipparion)، (ب) الحيوان (Cormohipparion)، (ج) الحيوان (Nannippus)، (د) الحيوان شبيه الحصان (Pseudohipparion)، (ه) الحصان الجديد (Neohipparion).

تطور أسنان العائلة الخيلية (Evolution of the equid dentition):

قبل الغوص في شرح التطورات المختلفة التي حدثت في أسنان العائلة الخيلية، ينبغي معرفة أسماء نتوءات الأسنان وأجزائها المختلفة، كما هو موضح في شكل (٩-١).



شكل (٩-١): المصطلحات المختلفة المستخدمة لأجزاء الأسنان، (أ) أسنان الفك العلوى (ب) أسنان الفك السفلى.

التحول من الحيوانات المفصلية (phenacodus) وتأسيس العائلة الخيلية:

امتازت الحيوانات المفصلية بقواطع صغيرة بارزة شبه مخروطية مثلها مثل آكلات اللحوم، وكانت القواطع الموجودة في الفك السفلي صغيرة، كما كانت الأنياب قوية مخروطية الشكل حادة، أما ما قبل الضروس الداخلية فكانت مثلثية الشكل وضيقة وأكثر ملائمة لتقطيع اللحوم والفاكهة. لقد

تشابهت ما قبل الضروس الخلفية وضروس الفك العلوي مع تلك الموجودة في الخنزير والدب.

تحورت الأسنان في الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium) بحيث أصبحت أكثر قدرة على تناول الأغذية الليفية والأوراق الخشنة بدلاً من تناول الحشرات واللحوم، كما كان الحال في أسلافه. وتطورت أسنان الخيول بحيث أصبحت أكثر قدرة على قضم وتقطيع وطحن الغذاء، وفي مفردات الإصبع (Perissodactyls) ومن ضمنها الخيول كان الغذاء يمزق بواسطة الأنياب. لقد كانت القواطع في الحيوان الوبري (Hyracotherium) خاصة تلك الموجودة في الفك السفلي أكبر من تلك الموجودة في الحيوانات المفصلية، وكانت متلاصقة مع بعضها مكونة ما يشبه الجاروف ونهايتها مسطحة. كانت الأنياب التي في الفك السفلي لهذا الحيوان صغيرة ومتجهة للخارج ومتاخمة للقواطع، وأدى تركز الأنياب إلى وجود قناة في الفك السفلي بين الناب وقبل الضرس الأول. أما الفك العلوي فقد وجد به قناتان الأولى بين القاطع الأخير والناب، والأخرى بين الناب وقبل الضرس الأول.

وجدير بالذكر أن هناك اختلافاً واضحاً في حجم الأنياب بين ذكر وأنثى العائلة الخيلية. ففي ذكور الشكل (Hyracotherium) كان الناب أقصر طولاً من الناب الذي كان موجوداً في الحيوانات المفصلية، ولكنه كان رفيعاً ومسطحاً بدرجة أكبر. أما في الإناث فقد كان الناب أصغر حجماً من ذلك الموجود في الذكور. لقد كان الناب في الفك السفلي للشكل (Hyracotherium) صغيراً ومتجهاً للأمام بدرجة جعلته متاخماً للقواطع، وقد أدى ذلك، علاوة على تركز القواطع في منطقة واحدة إلى وجود قناة طويلة لا أسنان بها بين الناب وأول قبل ضرس في الفك السفلي، أما في الفك العلوي فقد وجد به

قناتان، إحداهما بين القاطع الأخير والناب، والأخرى بين الناب وأول قبل ضرس.

وبينما كانت وظيفة الناب السفلي في الحيوانات الراعية المتسلقة (scansorial) تشبه تلك التي تقوم بها القواطع، فبدا كأنه قاطع زائد، نجد أن قبل الضرس الموجود في الفك السفلي قد استطال وأصبح مخروطي الشكل. أما الأشكال (Hyracotherium, Orohippus, Haplohippus) فقد كانت أسنانها تشبه الأنياب فيما عدا أنها ذات جذرين، وكان أول قبل ضرس في الفك العلوي بها يشبة الناب. في الشكل (Epihippus) تقلصت قبل الضروس في الحجم، وكانت ذات جذر واحد فقط، وقد حدث ذلك في العصر الفجرى (Eocene) وأستمر في بقية المراحل التطورية الأخرى. أما في الخيول الراعية (grazers) قد تقلصت هذه الأسنان ذات التيجان الأحادية إلى ما يشبه الأوتاد الصغيرة وأطلق عليها اسم أسنان الذئب.

شكل قبل الضرسين الخلفيين والثلاث ضروس التي في كل فك مجموعة من الأسنان متماثلة ومترابطة معاً، مما جعلها مناسبة بدرجة كبيرة للحيوانات الراعية. لقد كانت الأطراف المستدقة لهذه الأسنان أكثر اصطفافاً مما سهل من عملية المضغ من جانب لآخر. كانت أيضا هذه الأسنان أقل تباعداً عن بعضها، وكانت الأطراف المستدقة لكل منها متحدة مع بعضها بواسطة سلسلة من المينا مكونة حواف حادة. عملت سلسلة أخرى من المينا وهى الـ (protoloph) على وصل الـ (protcone) بالـ (ectoloph). وجدير بالذكر أن كل التغيرات التي حدثت فيما بعد اعتمدت على ما سبق.

كانت قبل الضروس الخلفية وكذلك الضروس التي في الفك العلوي لأفراد العائلة الخيلية أوسع وذات شكل مربع بدرجة أكبر مما هو موجود في الحيوانات المفصلية. أما قبل الضروس التي في الفك السفلي فكانت ضيقة

وحادة. كانت المسافة بين الضروس الخلفية للشكل (Hyracotherium) أضيق من تلك الموجودة في الحيوانات المفصلية. لقد كانت الضروس السفلية أكثر اصطفافاً مما سمح بزيادة القدرة على المضغ من جانب لآخر.

إن التغيرات التي حدثت في بنية أسنان العائلة الراعية المتسلقة قد جعلتها أكثر ملائمة لتناول العشب، على عكس الجمجمة والهيكل العظمي اللذين تغيرا بدرجة قليلة منذ العصر الفجرى (Eocene) وحتى انقراض هذه السلسلة النسبية في نهاية العصر الضحوى (Oligocene). كانت أنياب الفك العلوي في سلسلة النسب هذه مكسوة بطبقة داخلية أخرى من المينا أدت إلى زيادة متانتها ومن ثم زيادة قدرتها على الاستمرار.

في الحيوان الوبري (Hyracotherium) تكونت حواف حادة على الأسنان الموجودة قبل الضروس الداخلية التي في الفك العلوي تشبه تلك الحواف الموجودة في آكلات اللحوم. أما في الجنس (Orohippus) فكان الضرس الثاني في الفك العلوي مثلثي الشكل، بينما امتاز الضرس الرابع بوجود أربعة تيجان مربعة الشكل، وفي الجنس (Pliohippus) كان قبل الضرس الثاني مربع الشكل، بينما أخذ قبل الضرسين الثالث والرابع شكل الضروس، وفي الشكل (Mesohippus) كانت جميع قبل الضروس تشبه الضروس، فيما عدا الأول منها الذي بقي في كل مراحل تطور العائلة الخيلية وحيد التاج.

امتازت جميع أشكال الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial) بعدم وجود قناة خلفية في أسنانها، مما أدى إلى اختلافها عن أسنان الأشكال شبه الراعية (chalicomorph) والأشكال الراعية للعشب (grazers).

إن أهم الملامح الخاصة بنمو وتطور الأسنان في أجناس الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial) هو وجود الحبك (crochet) وهو اتساع في

الثلث العلوي من طبقة الـ (metaloph) نتج من استطالة (metaconute)، وظهر في البداية في الجنس (Mesohippus)، ثم تطور بدرجة اكبر في الجنس (Miohippus) . لقد تم توريث هذا الشكل المظهري للأجيال الأخرى من خلال الجنس (Parahippus)، وأصبح أحد الملامح الرئيسية الواضحة في الأشكال الراعية.

كانت أسنان الأجناس شبه الراعية (chalicomorph) ذات طبيعة خاصة جعلتها قادرة على تناول الخضراوات الجافة الخشنة من الأشجار والشجيرات الموجودة في الغابات، بدلا من النباتات العصيريه والفاكهه المتساقطه التي كانت الاشكال المتسلقه الراعيه (scansorial) قادرة على تناولها. كانت أسنان كل الأجناس شبه الراعية (chalicomorph) عريضة قوية ثقيله والـ protocone و الـ hypocone الخاصة بها منتفخه.

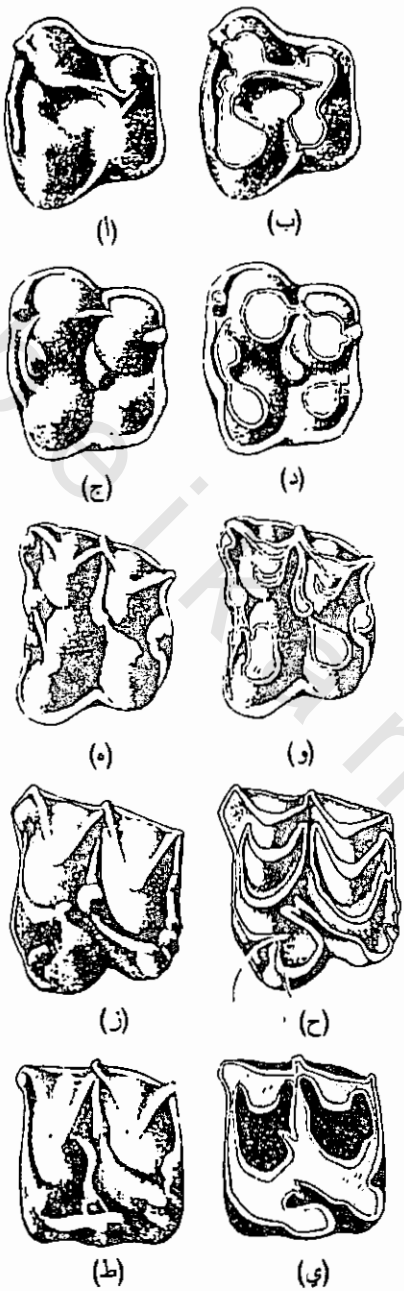
لقد ادي التحول من تناول الأوراق إلي تناول العشب إلي تطور الأسنان في الجنس (Parahippus)، وهو أول الأجناس التي ظهرت في العائلة الخيلية الآكلة للعشب (grazers)، والأجيال التالية له بحيث أصبحت ذات تيجان عالية، ومن المحتمل أن الجنس (Parahippus) والجنس (Archaeohippus)، وهي الأجناس التي كانت تعيش علي حواف الغابات، لم تكن مؤقلمة بصورة جيدة على رعي العشب. وكانت أسنان هذه الأجناس البدائية (Parahipuus, Archaehippus) ذات تيجان مرتفعة. هذا وقد تطورت التيجان المرتفعة إلى أقصى درجاتها في أواخر العصر الثلثى الأوسط (Miocene) والعصر الحديث القريب (Pliocene) .

لقد كان الضرس الثاني في الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial) هو أقوى الأسنان وأعرضها، وفي الأجناس شبه الراعية (chalicomorph) كان قبل الضرس الرابع أقواها، أما في الأشكال آكلة العشب فقد تحركت

الأسنان العريضة للأمام حتى يمكنها أن تتعامل مع الغذاء الخشن الليفي، حدث هذا التطور في الضرس الأول للجنس (Parahippus)، وتحرك إلي قبل الضرس الرابع في الأشكال الأخرى التالية له.

لقد امتازت أسنان العائلة الخيلية آكلة العشب بتضاعف عدد طبقات المينا عليها مما زاد من متانتها وقوتها، وكانت ذات عاج متوسط وطبقة أسمنتية رخوة، مما دعَّم تماماً من قدرتها على تناول العشب. لقد احتوت أسنان الأشكال الراعية التسلقية (scansorial) على قناة أمامية واحدة، أما الأجناس شبه الراعية (chalicomorph) فكانت القناة بها خلفية، وامتلكت آكلات العشب الإثنين، وأدى تكون هذه القناة في آكلات العشب إلى وجود ثنايا وتجعدات في طبقة المينا.

تغير آخر حدث في آكلات العشب تضمن تحور تام للشكل المظهري للأسنان الجانبية في الفك السفلي. لقد كانت هذه الأسنان في الأشكال الراعية التسلقية (scansorial browsers) مستديرة، وصغرت نتوءات الجدار الداخلي لكل من (metaconid , metastynid , entoconid) بها, أما في الأجناس شبه الراعية (chalicomorph) فكانت (metaconid, metastynid) متباعدة عن بعضها. في آكلات العشب وبداياتها من (Parahippus) كانت (metastylid) و (entoconid) أكبر حجماً من مثيلاتها الموجودة في الأجناس الراعية المتسلقة (scansorial), أما أسنانها التي في الفك السفلي فكانت تشبه تلك الموجودة في الأجناس شبه الراعية (chalicomorph). يوضح شكل (١٠-١) بعض الأشكال البنائية للمراحل التطورية المختلفة لأسنان أنواع الخيول المختلفة.



شكل (١٠-١): الأشكال البنائية لأسنان العائلة الخيليةو تأثير التآكل على إنطباق الأسنان على بعضها. تبدو المينا باللون الأبيض، الخطوط المقلمة توضح عاج الأسنان، أما اللون الأسود فيوضح الملاط. (أ) الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium)، لم تتآكل الأسنان، وهى مغطاة تماما بالمينا. (ب) الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium)، تآكلت طبقة المينا عند النقاط العالية. (ج) الحيوان الجبلى (Orohippus)، لم تتآكل الأسنان. (د) الحيوان الجبلى (Orohippus)، تآكلت الأسنان. (ه) الحيوان الوسطى (Mesohippus)، لم تتآكل الأسنان. (و) الحيوان الوسطى (Mesohippus)، تآكلت الأسنان. (ز) الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)، لم تتآكل الأسنان. (ح) الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)، تآكلت الأسنان. (ط) الحصان الرئيسى (Protohippus)، لم تتآكل الأسنان. (ي) الحصان الرئيسى (Protohippus)، تآكلت الأسنان.

تطور الجهاز العظمى المحوري في العائلة الخيلية:

تم فيما سبق تناول تطور الحصان وأهم التغيرات التي طرأت على الجمجمة, والأسنان والقدم خلال العصور المختلفة, ولكن العامل الوحيد الذي لم نتكلم عنه هو تطور ظهر الحصان، وهو الموضوع الذي سيلي شرحه.

التحول من الحيوانات المفصلية وتأسيس العائلة الخيلية:

لقد كان الجهاز العظمى المحوري في كل الحيوانات العديمة الحافر (non-ungulates) ذا درجة مرونة عالية مقارنة بمثيله في الحيوانات ذات الحافر (ungulates). فقدت الفقرات القطنية، وبدرجة أقل الفقرات الصدرية، في ذوات الحافر القدرة علي الحركة مقارنة بالحيوانات المفصلية وآكلات اللحوم (condylarths and carnivores). لقد أستطالت الدعامة القطنية (lumber span) في الحيوانات المفصلية (phenacodus)، وكبر حجم الفقرة الواحدة (individual vertebrae) وثقل وزنها. ولقد سمحت درجة التمفصل الزائدة بالحيوانات المفصلية بحركة دورانية أكبر للقفص الصدري ومقدمة الظهر, وهو ما أدى إلى اتصافها بحركة سريعة دورانية (rotatory gallop).

قصرت أيضا الجبهة الأمامية لرقبة الحيوانات المفصلية، واحتوى جهازها العظمى المحوري على ما يقرب من ١٨ فقرة كما هو الحال في الحيوانات مفردة الإصبع (perissodactyls), منها حوالي ٨ فقرات قطنية. أما العجز(sacrum) فقد كان قصيراً ومنحدراً، والذيل طويل بدرجة كبيرة حتى لامس الأرض, وكان العمود الفقري ثقيلا.

ولقد حدثت تغيرات كبيرة في الجنس (Hyracothorium), حيث صغر حجم الفقرات القطنية وأصبحت الدعامة القطنية أكثر كثافة، وذلك لفقد هذا الحيوان لبعض الفقرات، بحيث بلغ عددها ٦ فقرات فقط، وكذلك صغر حجم الفقرات. وكانت حركة المفاصل في الفقرات القطنية عمودية بدرجة أكبر,

وممفصلة بشدة عما هو موجود في القطط أو الحيوانات المفصلية الأخرى، وفقد الحيوان قدرته علي دوران الحوض عند منطقة الظهر، ولهذا السبب كانت العائلة الخيلية دائماً ذات سرعة عرضية (transverse gallop). وكانت الرقبة أيضاً قصيرة، وحدث لها تغيران داخليان هامان، أولهما الزيادة الكبيرة نسبياً في حجم الحزمة العصبية علي الفقرة العنقية الثانية وأجنحة الفقرة العنقية الأولى في الجنس (Orohippus) وكل الحيوانات الراعية المتسلقة (scansorial browsers)، وكانت الزوائد العظمية العنقية المستعرضة أكبر علي غير العاده. أما التغير الآخر فهو اختفاء الحزم العصبية من علي الفقرات العنقية الثالثة والرابعة والخامسة، وصغر حجم الفقرتين السادسة والسابعة، وهذا يوضح تحول الطبقات العميقة من أنسجة الرقبة من أنسجة منقبضة إلى أنسجه غير منقبضة. أما العجز فلم يشبه ذلك الموجود في الحيوانات المفصلية، وكان عجز الحيوان الوبري (Hyracotherium) يتمفصل بدرجة كبيرة عند الفقرة القطنية الأخيرة، وكان الذيل أقصر من ذلك الموجود في الحيوانات المفصلية وكان رفيعاً بدرجة كبيرة.

تطورت بنية الأشكال شبه الراعية (chalicomorph) بحيث أدت إلى اتجاه الأنف لأعلي حتى يمكن للحيوان أن يلتقط الأوراق الخضراء. وكانت الحيوانات شبه الراعية (chaliomorph browsers) أول أنساب العائلة الخيلية التي امتلكت أطراف أمامية طويلة ورقبة طويلة، وبالإضافة لذلك كانت التجاويف الأنفية بها عميقة, وتجاويف وجهها عميقة (facial fossae)، وفكيها يشبها الميزاب (spout-shaped jaws), وهذا يدل على طول اللسان والقصر النسبي للمخطم. لقد كان لهذه الأشكال غارب واضح، على الرغم من قصره، ويبدو أن الأنسجة ذات الشكل المعينى في الجزء العنقي، وهي التي تتغلغل في منطقة الرقبة والمسئولة عن رفع الرأس أو رجوعها إلى الخلف، كانت

قويه، وكانت الحزم العصبية في الفقرات العنقية صغيرة, ومؤخرة الجمجمة مرتفعة وضيقة, والأسنان طويلة والنتوءات المفصلية في الجمجمة بارزة. هذه الملامح جميعاً توضح مرونة الجزء العلوي من الرقبة بحيث يلتف ويلتوي بسهولة.

ولقد حدث تغير هام آخر في جذع الرقبة، وذلك مثل الجمل والخيول الراعية للعشب, حيث تحورت أول فقرة عنقية به وأصبحت تشبه عظام الرقبة, وقد أدى ذلك إلى زيادة تمفصل الرقبة، و ازدياد طولها ومرونتها.

أصبحت دعامة الظهر في الأشكال الحيوانات الراعية المتسلقة (scansorial browsers), مقوسة بدرجة أكبر،والفقرات القطنية أكثر طولاً مما هو موجود في العائلة الخيلية الراعية (grazers)، بينما كانت أقصر من تلك الموجودة في الحيوانات المفصلية أو القطط، أما العجز فقد كان طويلاً، وينقصه الأسطح المستعرضة الداخلية. لقد كان الذيل وجذعه طويلاً إلا أنه منخفض كما هو الحال في الجنس (Hyracotheium).

لقد كان الجنس (Parahippus) أول أجناس العائلة الخيلية الراعية للعشب الذي تخلي عن الوسيلة التي كانت تتبعها الأجناس الراعية التسلقية (scansoriai browsers) في الهروب من أعدائها، وتمثلت هذه الطريقة في الجري بسرعة ثم المراوغة، وهذا النوع من الهروب لا قيمه له في البيئة المفتوحة، حيث لا تستطيع الثدييات ذات الحجم الكبير اللجوء للمخابئ. لقد حدث التطور في الجهاز العظمي المحوري في ذلك الوقت وأدي هذا التطور إلي العدو في خط مستقيم، وانخفاض السرعة، وقلة المرونة عند الدوران، والقدرة علي الحفاظ علي سرعة عالية نسبياً عند الجري لمسافة أكبر من ميل واحد. هذه الأجناس من العائلة الخيلية لم تعد تثب أو تراوغ أعداءها ولم تعد تختبأ بين الحشائش والشجيرات، ولكنها تفوقت علي أعدائها عن طريق

الاختباء والبقاء في الجحور. لقد كانت دعامة ظهر هذه الأشكال قوية خشنة، وكانت حركة هذه الأشكال متعرجة وخفيفة، وكانت الحركة الرئيسية للحيوانات الراعية تتم عن طريق لف ظهورها. لقد كان الجنس (Parahippus) هو أول أشكال العائلة الخيلية الراعية الذي احتوى على مفاصل مستعرضة داخلية بين العجز وآخر فقرة قطنية، كما أنه أول جنس في هذه العائلة احتوى على مفاصل قطنية ذات طبيعة عمودية متشابكة معاً بدرجة كبيرة. هذه التغيرات منعت الظهر من الالتواء الجانبي ومن الدوران أيضاً، بينما سمحت بالتواء الظهر عن طريق لف المفصل الذي يقع بين الفقرات القطنية والعجز.

إن المفاصل المستعرضة الداخلية أكدت على وجود نظام أطراف خلفية مستقر، وقد عزز ذلك طول الورك الزائد في الحيوانات الراعية، مما دعم من تحمل الأوتار العضلية لرفع الأرجل. لقد تلازم مع زيادة طول الورك، استطالة وإزاحة أول فقرتين من فقرات العصعص للأمام، ومن ثم أصبحا جزءاً من العجز.

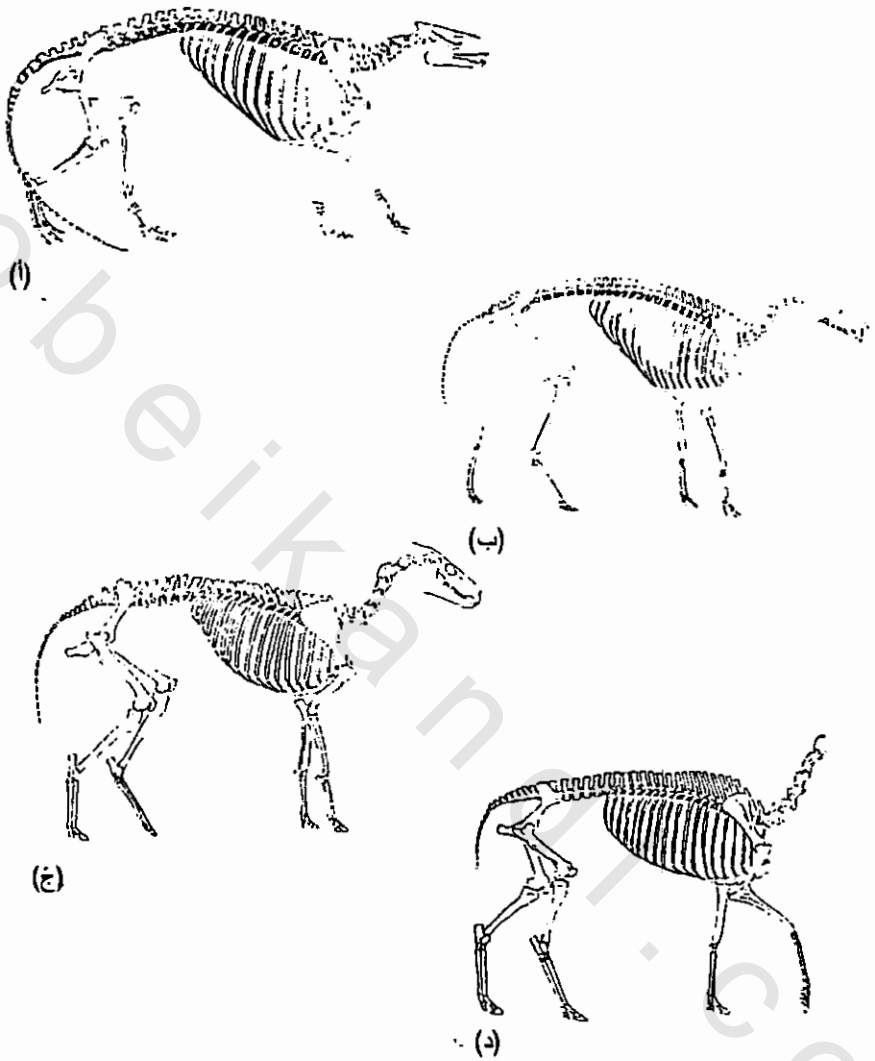
كان العجز في الحيوانات ذا بنية قوية، ولكنه أصبح مستدقاً بحده حتى مؤخرته, حيث أصبحت الفقرات الذيلية صغيرة، وقصر طول الذيل مقارنة بأسلافه.

وحدثت تغيرات هامة أخري في رقبة الحيوانات الراعية, حيث كانت طويلة وأكثر مرونة وتشابهت بذلك مع مثيلتها في الحيوانات شبه الراعية (chalicomorph)، وأصبحت أول الفقرات العنقية جزءاً من الرقبة.

وتطور الغارب تطوراً كبيراً في الأشكال الراعية، حيث أصبح أكثر ارتفاعاً بها بداية من الجنس (Parahippus)، وبلغ أقصى ارتفاع له في الأشكال البرية المعاصرة ومن ضمنها الحمار الوحشي جريفي (Grevy)

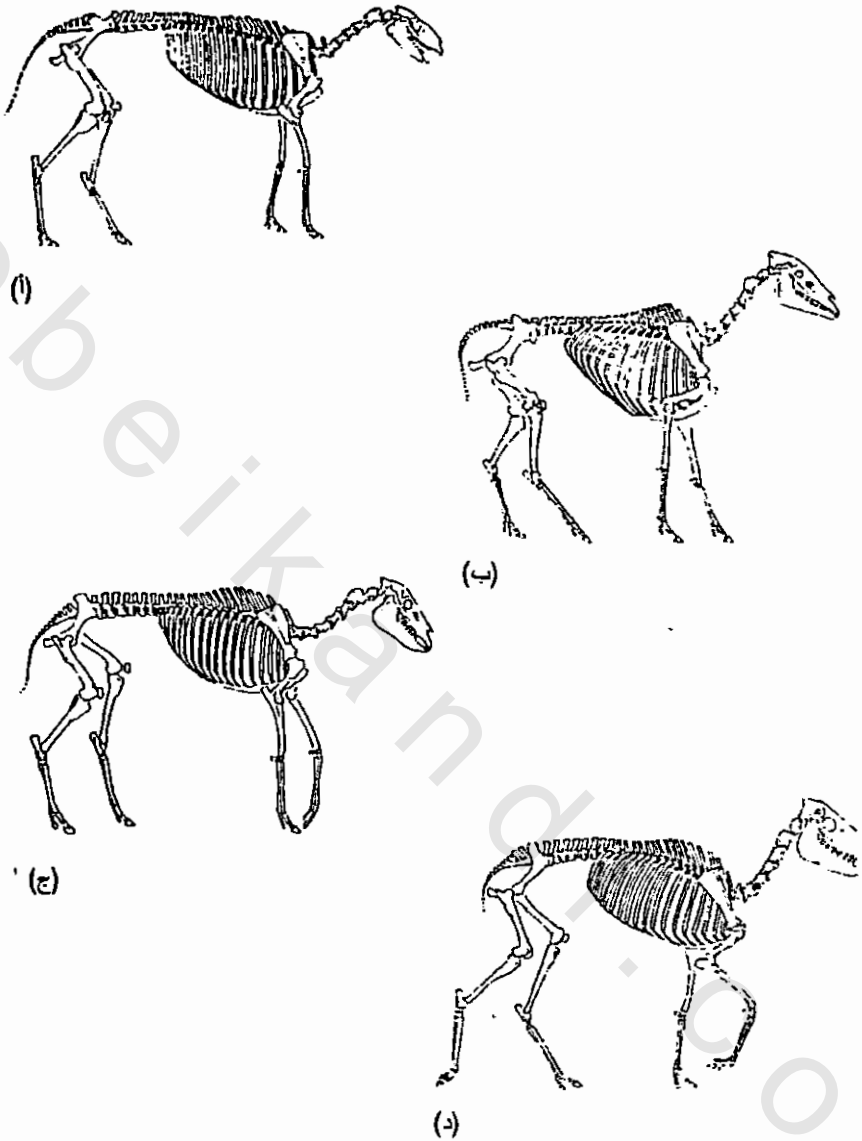
(*Equus grevyi*) وحصـــان برزفالسكى (*Equus caballus*) (Przewalski).
وتوضح الأشكال (١١-١ و١٢-١ و١٣-١) الأجهزة العظمية المحورية للأنواع المختلفة التي تضمها العائلة الخيلية.

obeikandl.com



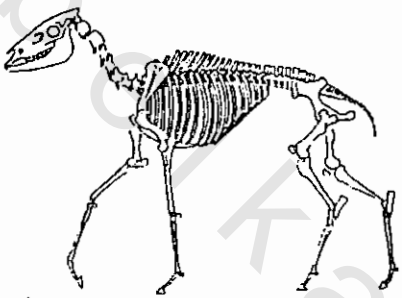
شكل (١١-١): الهياكل العظمية لأفراد العائلة الخيلية. (أ) الحيوانات المفصلية (Phenacodus)، (ب) الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracohterium)، (ج) الحيوان الوسطى (Mesohippus)، (د) الحيوان تحت الرتبة (Hypohippus).

obeikandl.com

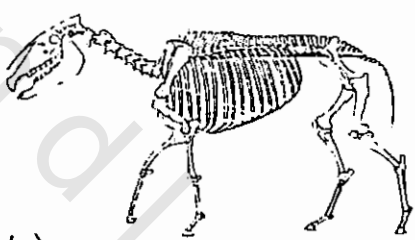


شكل (١٢-١): الهياكل العظمية لأفراد العائلة الخيلية. (أ) الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)، (ب)الحيوان الأوروبى ذو العلاقة بالحصان (Hipparion)، (ج) الحيوان الرشيق (Merychippus)، (د) الحيوان الجديد ذو العلاقة بالحصان (Neohipparion).

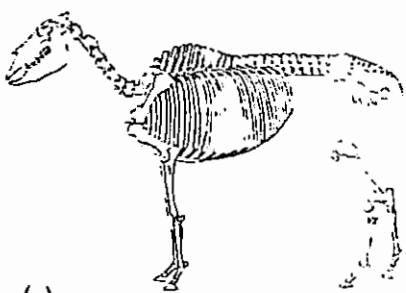
obeikandl.com



(أ)



(ب)



(ج)

شكل (١٣-١): الهياكل العظمية لأفراد العائلة الخيلية. (أ) شكل العصر الحديث القريب (Pliohippus)، (ب) الشكل (Hippidion)، (ج) الشكل الحالى للحصان (Equus).

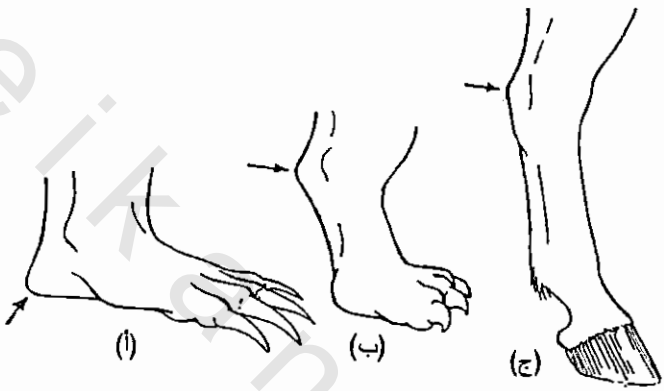
تطور الجهاز العظمى الطرفي في العائلة الخيلية:

التحول من الحيوانات المفصلية و تأسيس العائلة الخيلية:

كانت أطراف آكلات اللحوم المنتمية للعائلة الخيلية قصيرة ونحيفة بصورة نسبية, وكانت تنتهي بقدم عريضة ذات خمسة أصابع, وينتهي كل إصبع بمخلب حاد. لقد كانت تلك الأطراف مرنة، وقادرة علي الوصول لأفرع الأشجار, كما كانت قادرة على القبض علي الغذاء بكفيها مثلما يفعل حيوان الراكون (raccoon)، وعند السير تشابهت أيضاً مع حيوان الراكون من حيث أن راحة القدم وباطنها قد تلامستا مع سطح الأرض. أما في الحيوانات المفصلية فكانت عظام راحة القدم وباطنها طويلة بصورة نسبية, دلالة علي التغير من وضع السير علي باطن القدم ولمس سطح الأرض بعقبها في كل خطوة، إلي وضع السير علي الأصابع، حيث يرفع عقب القدم أثناء السير. إن الثدييات التي تسير علي الأصابع يحمل وزنها علي الحافة الأمامية لراحة القدم الأمامية حيث يتكون قوس من قواعد الأصابع، والحافة الأمامية لباطن القدم الخلفية. والثدييات ذات الحجم الصغير أو المتوسط، والتي تسير علي أصابع لها وسائد إصبعيه ووسائد ليفية مرنة تدعم من حمل وزن الجسم على الأقدام.

لقد كان التركيب البنائى للقدم في الحيوانات المفصلية مختلفاً عن ذلك الموجود في آكلات اللحوم التابعة للعائلة الخيلية. فالأصابع الثلاثة المركزية (الاصابع٢،٣،٤) كانت كبيرة، بينما كانت الأصابع الجانبية (١،٥) صغيرة بدرجة ملحوظة خاصة في القدم الخلفية. لقد كانت القدم كتلية الشكل، وتبرز منها الأصابع في صورة مروحية، ولكن بدرجة أقل من تلك الموجودة في آكلات اللحوم البدائية. وعلي عكس آكلات اللحوم، نجد أن كل مخلب في

الحيوانات المفصلية قد انتهي بحافر غير حاد ولا يمكن اعتباره مخلباً، وشكل (١٤-١) يحتوى على شكل القدم لبعض أنواع الحيوانات المختلفة.



شكل (١٤-١): وضع القدم فى الثدييات المختلفة. (أ) السير على باطن القدم، (ب) السير على أصابع القدم، (ج) السير على الحافر.
يشير السهم إلى نقطة مفصل العرقوب، حيث يقترب من الأرض فى الثدييات التى تسير على أصابع القدم، و يرتفع لأعلى فى الثدييات الأخرى.

وبصفة عامة كانت القدم في الحيوانات المفصلية بدائية التكوين، وكانت عظام الرسغ مرتبة في صفين، إحداهما فوق الآخر، وكانت عظام الصف السفلي مصطفة تحت عظام الصف العلوي مباشرة، مكونة ما يشبه السلسلة المتشابكة. أما عظام الكاحل وهى التي تتمفصل مع عظام الساق التي فوقها، فقد كونت سطحاً محدباً يتمفصل مع عظام الرسغ تحتها.

obeikandl.com

أما أطراف الجنس (Hyracothorium) فقد كانت أطول بدرجة ما عن تلك الموجودة في الحيوانات المفصلية، خاصة الأطراف الخلفية منها. هذا ويعتقد أن حيوانات هذا الجنس كانت لها خطوة شبة واثبة مثل تلك التي يقفزها الأرنب بدرجة ما.

حدثت كذلك تغيرات طفيفة في شكل العظام والمفاصل داخل القدم. ففي الحيوان الوبري شبيه الأرنب (Hyracothorium) نجد أن طول عظام مشط القدم (metacarpal and metatarsal) ضعف ذلك الموجود في الحيوانات المفصلية، كما أنها أكثر نحافة، واختفي الإصبعان الأول والخامس في القدم الخلفية، والإصبع الأول في القدم الأمامية، وضغطت أمشاط القدم وشكلت رسغاً وكاحلاً أقل عرضاً مما كان موجوداً في الحيوانات المفصلية. لقد ثبت الكاحل ولذا أصبحت عملية اندفاع الحيوان تتم بصورة أكثر كفاءة نتيجة تكون سطح محدب عند قاع عظام الرسغ. أما القمم التي كانت على السطح المفصلي الوركي لهذه العظام فقد كانت أكثر بروزاً من تلك الموجودة في الحيوانات المفصلية. دُعمت القدم الأمامية أيضاً بنمو متعاقب للرسغ، وفيه تشابك الصف العلوي من عظام الرسغ مع الصف السفلي. هذه التغيرات كان لها دور كبير في زيادة السرعة, وكبر الخطوة الواثبة, والدوران بزاوية حادة، والتي كانت مميزه لطبيعة السير الخاصة بالحيوانات الراعية التسلقية (scansorial browsers).

دُعم كاحل الجنس (Miohippus) وهو آخر أشكال الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial) بدرجه كبيرة. وفي أجناس الخيول الأولية كانت قمة مشط القدم (metatarsal) الثالثة متصلة بالطبقة الداخلية لعظام الكاحل، وفي الجنس (Mesohippus) حدث تطور كبير في درجة تشابك العظام معاً، حيث التحم مشط القدم الثالث مع كل من الطبقة الداخلية والطبقة الخارجية لعظام

الكاحل. ورَّث هذا التطور للجنس (Parahippus) وكل أنواع الخيول الراعية للعشب الأخرى، ولم يظهر في أجناس الحيوانات شبه الراعية (chalicomorph).

امتلكت كل الأنواع الأولية من الجنس (Mesohippus) أربعة أصابع في القدم الأمامية، بينما فقدت الإصبع الخامس، أما كل الأجناس التالية لهذا الجنس فلم يكن بها سوى ثلاثة أصابع فقط في القدم الأمامية.

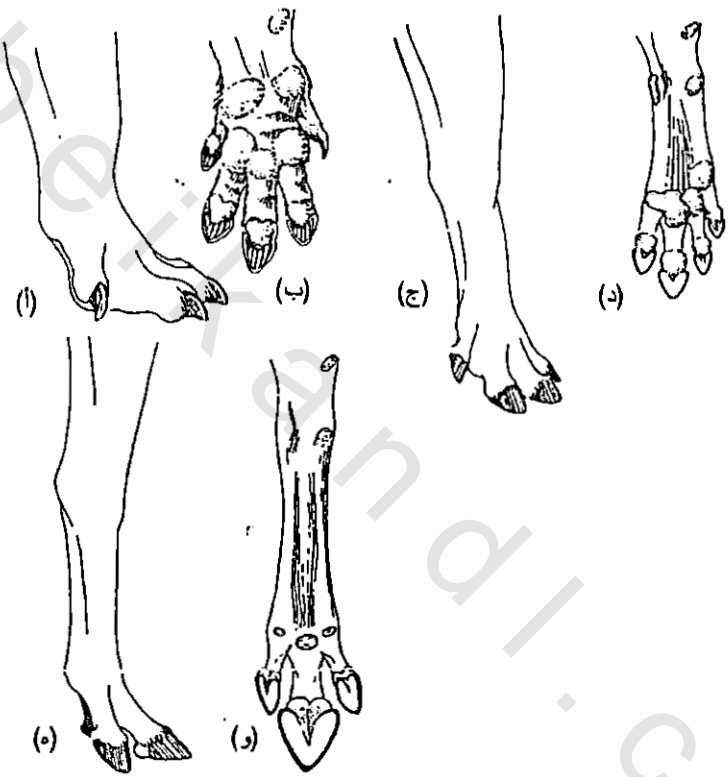
تغير وتحور تركيب الهيكل العظمي في الحيوانات شبه الراعية (chalicomorph) عما كان موجوداً في الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial). لقد استطالت الأطراف الكلية في سلسلة الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial) التي عاشت فيما بعد العصر الفجري (Eocene) بدرجة نسبية، ولم تقتصر على الأطراف القطنية فقط، وكان الكفل في الجنس (Miohippus) مرتفعاً. لقد كانت أول التغيرات التي حدثت في الأجناس شبة الراعية (chalicomorph) هي تلك التي حدثت في الأطراف، وخاصة عظام مشط القدم (metacarpal) ، حيث استطالت ومن ثم زاد ارتفاع الحيوان من الأمام، واستطالت كذلك الأطراف البعيدة، بينما ظلت عظام الكتف (scapula) والعضد (humerus) والفخذ (femur) كما هي ولم يحدث بها أي تغير، وكانت مثل نظائرها في الجنس (Mesohippus) . كانت عظام أقدام الأشكال كبيرة الحجم المنتمية للعائلة الخيلية شبه الراعية (chalicomorph) أعرض وأثقل من نظائرها فى أنواع الخيول الأخرى، ولكن لم يكن بها القمم البارزة ولا التجاويف العميقة اللازمة لتثبيت الأطراف لتلائم عملية السير في خط مستقيم كما هو الحال في الخيول الراعية.

امتازت العائلة الخيلية الراعية للعشب (grazers) بطول ونحافة الأطراف الخارجية، بينما كانت عظام الكتف والعضد والفخذ أقصر مما كان

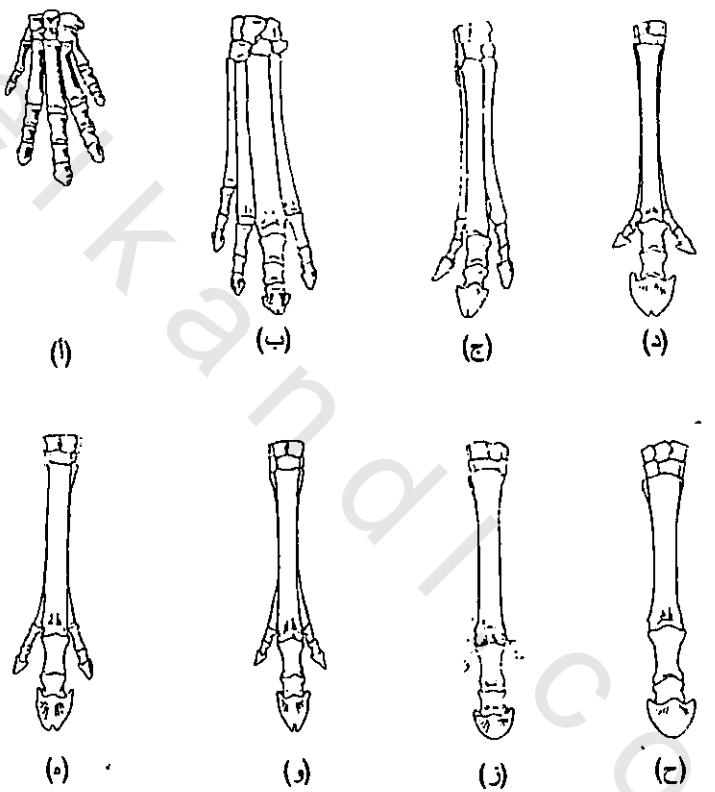
موجوداً في العائلة الخيلية الراعية التسلقية (scansorial browsers). لقد أصبحت عظام القدم وما بعدها أكثر نحافة في الإصبعين الثاني والرابع مقارنة بالإصبع الثالث، وعلى الرغم من ذلك كانت الأصابع الجانبية ضرورية ومفيدة. بالرجوع إلى تاريخ العائلة الخيلية نجد أن الوضع الطبيعي هو وجود ثلاثة أصابع بكل قدم، ولكن وجد بها القليل من الأشكال الشاذة التي فقدت عظام الأصابع الجانبية وأصبحت وحيدة الحافر.

ويمكن القول بأن الحركة الأمامية الخلفية التي تميزت بها العائلة الخيلية الراعية للعشب كانت خالية من الاهتزازات. إن الأجزاء البعيدة من الأطراف لم تكن تمتلك القدرة على اللف أو الدوران أثناء السير، وتلامست الحوافر مع الأرض بزاوية مستقيمة من الأمام. وفي الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial) كانت عظام الكعبرة والزند متباعدة عن بعضهما، على الرغم من انطباقها. في هذه الأنواع لم تعد القدم تتلاقى مع سطح الأرض نتيجة لوجود زائدة عظمية على النهاية الجانبية للكعبرة، والتي أدت إلى امتداد السطح المفصلي لعظام العضد بصورة جانبية، والتي أدت أيضاً إلى عدم قدرة الكعبرة على الدوران. اختفت الزائدة العظمية من العائلة الخيلية الراعية للعشب، ولكن التحمت عظام الكعبرة مع عظام الزند، مما أدى إلى عدم انبطاح القدم على الأرض.

انفردت العائلة الخيلية الراعية للعشب بوجود القمم الزائدة والتجاويف العميقة على النهايات السفلي للأقدام. كانت الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial)، ومن المحتمل أيضاً الحيوانات شبه الراعية (chalicomorph)، بها وسادتان إصبعيتان كبيرتان. لم تعد الحيوانات الراعية للعشب تمتلك الوسادة الإصبعية الخارجية. وأنواع أطراف اجهاز العظمى لمختلف أنواع العائلة الخيلية موضحة في الأشكال (١٥-١ و١٦-١ و١٧-١ و١٨-١).

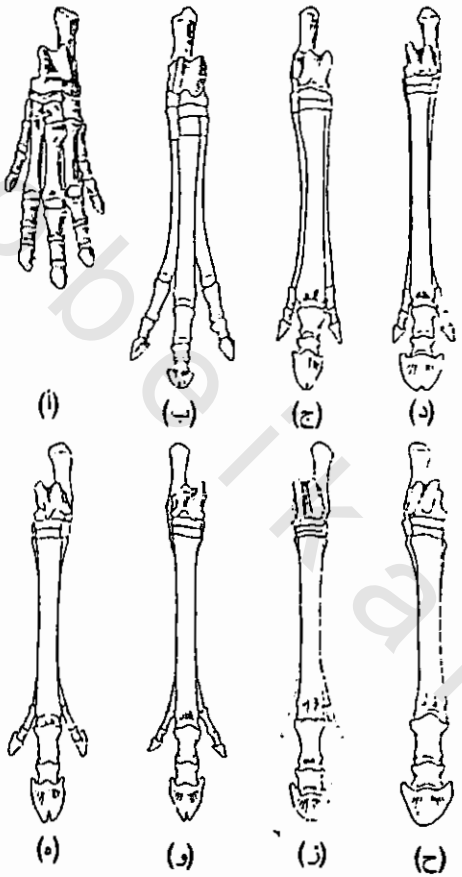


شكل (١٥-١): بنية القدم فى الحيوانات المفصلية و العائلة الخيلية. (أ) شكل القدم اليسرى الأمامية فى الحيوانات المفصلية، (منظر جانبى). (ب) شكل راحة القدم لما هو موجود فى (أ). (ج) حيوان العصر الثلثى الأوسط (Miohippus)، وهو الحيوان الراعى التسلقى، منظر جانبى للقدم اليسرى الأمامية. (د) شكل راحة القدم لما هو موجود فى (ج). هذه القدم يمكن إعتبارها قدماً نصف حافرية، وفيها يكون وزن الجسم مازال محملا على الأصابع مع وسادة القدم عند السير. (ه) الحيوان الرئيسى (Protohippus)، وهو حيوان راعى للعشب، منظر جانبى للقدم اليمنى الأمامية. (و) منظر راحة القدم لما هو موجود فى (ه). هذه القدم ملائمة للسير على الحافر.

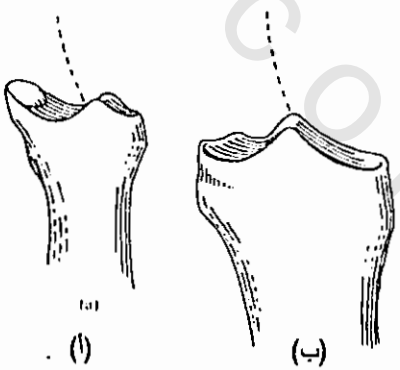


شكل (١٦-١): القدم الأمامية للحيوان المفصلي والعائلة الخيلية. (أ) الحيوانات المفصلية(Phenacodus)، (ب) الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium)، (ج) حيوان العصر الثلثى الأوسط (Miohippus)، (د) الشكل (Kalobatippus)، (ه) الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)، (و) الحيوان الرشيق (Merychippus, Protohippus)، (ز) الحيوان الضخم شبيه الديناصور (Dinohippus)، (ح) الحصان الحالى (Equus).

obeikandl.com



شكل (١٧-١): القدم الخلفية للحيوان المفصلي و العائلة الخيلية.(أ) الحيوانات المفصلية (Phenacodus)، (ب) الحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium)، (ج) حيوان العصر الثلثى الأوسط (Miohippus)،(د) الشكل (Kalobatippus)، (ه) الحيوان شبيه الحصان (Parahippus)، (و) الحيوان الرشيق (Merychippus, Protohippus)، (ز) الحيوان الضخم شبيه الديناصور (Dinohippus)، (ح) الحصان الحالى (Equus)



شكل (١٨-١): الآلية التي تمنع انبطاح القدم على الأرض. (أ) الآلية فى الحيوانات الراعية التسلقية (scansorial)، حيث تتسع الأجزاء الجانبية من قمة الكعبرة. (ب) الآلية فى الحيوانات الراعية للعشب (grazers) ، إندماج جذع الزند مع الزند بدون إتساع قمة الكعبرة. الخط المتقطع يوضح موضع الزائدة الوسطية السطح المفصلى للزند، لاحظ إنه تمركز فى المنتصف فى الحيوانات الراعية للعشب، و على الجانبين بدرجة بسيطة فى الحيوانات التسلقية.

وأخيراً يعتقد بأن أصل الحصان قد يرجع إلى حيوان ذى خمسة أصابع، لم يعثر له علي أثر بعد، كما يرى Blakely & Badel (١٩٩٤)، وتفترض هذه النظرية أنه حيوان ثدييي ذو أربعة أرجل، ارتفاعه حوالي ٧-٨ بوصات، نشأ في مرتفعات روكي (Rocky mountain) بالولايات المتحدة، وقد كان وزنه مقارباً لوزن القطة الموجودة الآن، وغطي جسمه بالشعر والفرو بصورة جزئية. عاش هذا الحيوان في المستنقعات، وتغذي علي أوراق الأشجار والنباتات التي تنمو بها، وكان وزنه محملاً علي أصابع الأقدام، وكانت أسنانه غير ملائمة لرعي الأعشاب الخشنة. في ذلك الوقت وجدت بعض الحيوانات المفترسة اللازمة لتنشيط عملية التحور والتطور والارتقاء، (البقاء للأصلح حسب قانون الانتخاب الطبيعي)، وعلي الرغم من عدم وجود أي آثار لهذا الحيوان في الحفريات التي تمت إلا أنه يحتمل العثور علي بقاياه يوماً ما. أطلق على هذا الحيوان اسم (Paleohippus) أي الحيوان ما قبل الحصان الذي عاش في العصر الحديث الأسبق (Paleocene)، وشكل (١٩-١) يوضح رسماً تخيلياً لهذا الحيوان.

حصان الفجر (أول الخيول المعروفة) – (Eohippus):

بعد ظهور الحيوان البدائي (Paleohippus) بما يقرب من ١٣ مليون سنة، ظهر حيوان ما قبل الحصان ، وذلك في العصر الفجرى (Eocene)، ولهذا أطلق عليه اسم حصان الفجر (Eohippus)، وقد كان حيواناً صغير الحجم، لا يزيد حجمه عن حجم الثعلب، يتراوح ارتفاعه بين ١٠-١٨ بوصة عند الكتف، ذا أربعة أصابع في قدمه الأمامية وشظية عظمية، وثلاثة أصابع وشظية عظمية في قدمه الخلفية، أذنه صغيرة، يشبه الكلب في حجمه مغطي بفرو، وذيله ينتهي بخصلة من الشعر، وقد كان وجهه طويلاً ليسع عدد الأسنان الموجودة بفمه وهي ٤٤.

لقد كانت الخصائص المميزة له هي تغير شكل القدم. لقد تطورت القدم الأمامية من القدم ذات الخمسة أصابع وأصبحت ذات أربعة أصابع. كذلك تحول أحد الأصابع إلى شظية عظمية. أما القدم الخلفية فقد تطورت أيضاً وأصبحت تحتوي علي ثلاثة أصابع وشظية واحدة دلالة علي عدم الحاجة إلى أحد الأصابع، واستبدلت أصابعه الأمامية والخلفية بأظلاف بدلاً من مخالب، وشكل (٢٠-١) يحتوى على رسم تخيلي لحصان الفجر.

الحصان الوسطى (Mesohippus):

منذ ما يقرب من ٤٠ مليون سنة، تغير شكل الحصان بدرجة أكبر. ففي ذلك الوقت وهو العصر الضحوي (Oligocene) ظهر الحصان الوسطى (Mesohippus)، كان هذا الحصان أكبر حجماً من أسلافه، وبلغ ارتفاعه حوالي ٢٤ بوصة عند الكتف أي في حجم الكلب المستخدم في الحراسة، وكانت أقدامه متماسكة تشبه الوسادة، أما الحوافر الصغيرة فقد تبدلت بثلاثة أصابع في القدم الأمامية، ومثلها في القدم الخلفية، وشكل (٢١-١) يوضح رسماً تخيلياً لهذا الحيوان.

الحصان الرشيق آكل العشب (Merychippus):

أثناء العصر الثلثي الأوسط (Miocene) أي منذ ٢٥ مليون سنة ظهر ما يسمى بالحصان الرشيق (Merychippus)، وكان حيوان أملساً خالياً من الشعر ذا ثلاثة أصابع ومعرفة، وبلغ ارتفاعه ٤٠ بوصة، وامتلك ثلاثة أصابع في القدم الأمامية وكذلك الخلفية، ويعتبر ظهور هذا الحيوان مرحلة جديدة من مراحل تطور العائلة الخيلية، وشكل (٢٢-١) يمثل رسماً تخيلياً له.

obeikandl.com

حصان العصر الحديث القريب (Pliohippus):

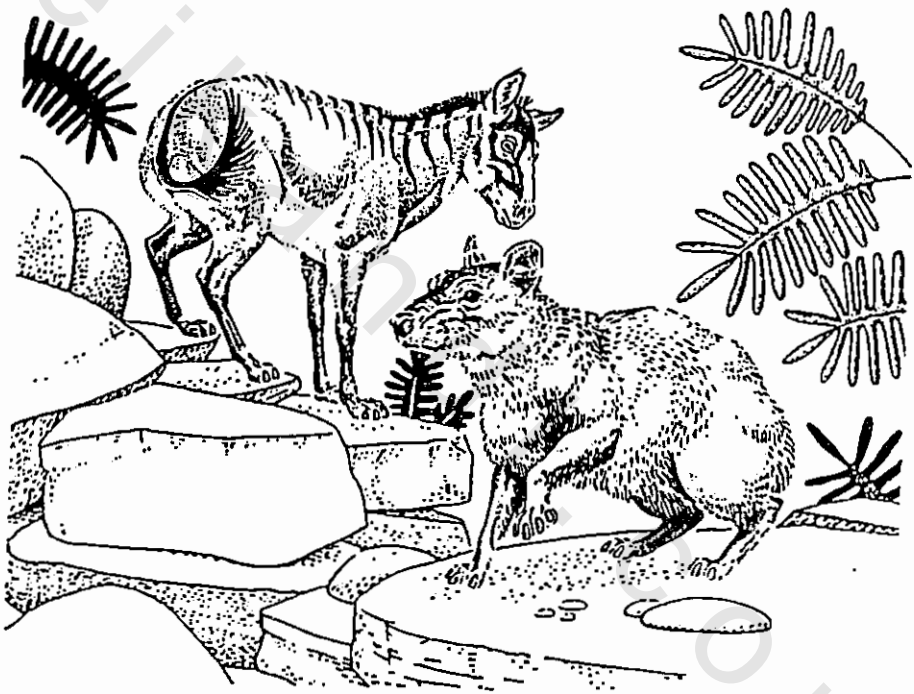
منذ ما يقرب من ١٠ مليون عام أثناء العصر الحديث القريب (Pliocene) تطور الحصان إلى الشكل (Pliohippus)، وهذا الحيوان كان ذو إصبع واحد في كل قدم، وهو أول شكل ذا إصبع واحد في سلسلة تطور الخيول، كما يوضحه الرسم التخيلي في شكل (٢٣-١).

حصان العصر الحديث (Equus) :

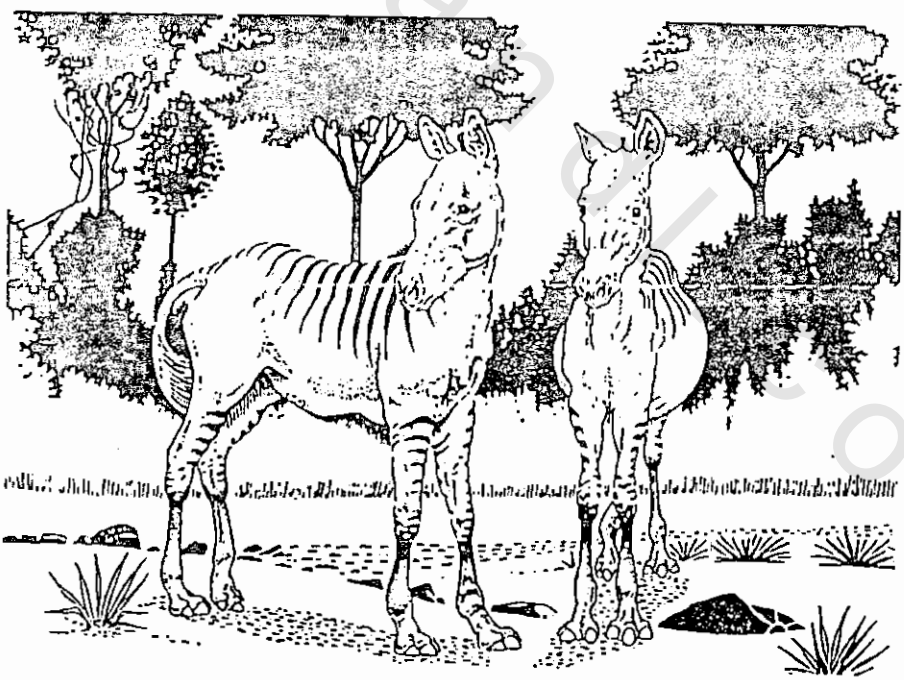
وأخيراً ومنذ حوالي ٢ مليون عام ظهر الحصان المعروف بشكله الحالي (*Equus cabalus*)، وقد أنقرض هذا الشكل منذ ما يقرب من ٨٠٠٠ عام من الولايات المتحدة الأمريكية. لقد أظهر الحصان قدرة كبيرة علي الاستمرارية والتأقلم مع التغيرات التي حدثت في الكرة الارضية، وقد لعبت الطفرات دوراً كبيراً في حدوث هذه التغيرات. لقد هجر الحصان بيئته الأساسية وهي قارة أمريكا الشمالية أو أنقرض أو أجبر علي الرحيل لسبب ما لا يُعرف علي وجه التحديد، قد يكون بسبب التغيرات المناخية أو حدوث مجاعة أو الإصابة بمرض وبائي. ومنذ ٦٠٠٠ عام قبل الميلاد أنقرض هذا الحيوان من الجزء الغربي من الكره الأرضية. قد يكون الحصان قد هجر من القارة الأمريكية إلى قارة آسيا، وهذه الهجرة قد تكون هي السبب الرئيسي في بقاء الحصان حياً حتى يومنا هذا، ويعتقد أن الحصان اتجه إلى منغوليا بحيث، تطور إلى الحصان البري (حصان برزفالسكى، Przewalski) الذي هو سلف الحصان الحديث.

obeikandl.com

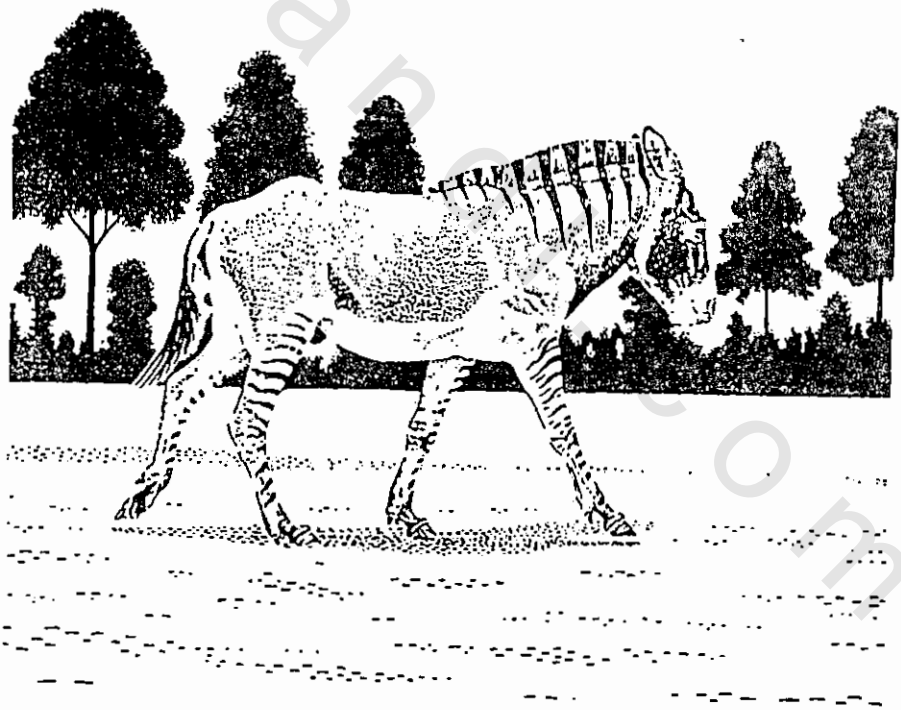
شكل (١٩-١): رسم تخيلي لحيوان ما قبل الحصان (Paleohippus).



شكل (٢٠-١): حصان الفجر (على اليسار)، سمى بالحيوان البرى شبيه الأرنب (Hyracotherium)، عندما عثر على بقاياه في الحفريات التي تمت في قارة أوروبا. هو أول أسلاف العائلة الخيلية التى عثر على بقايا له.

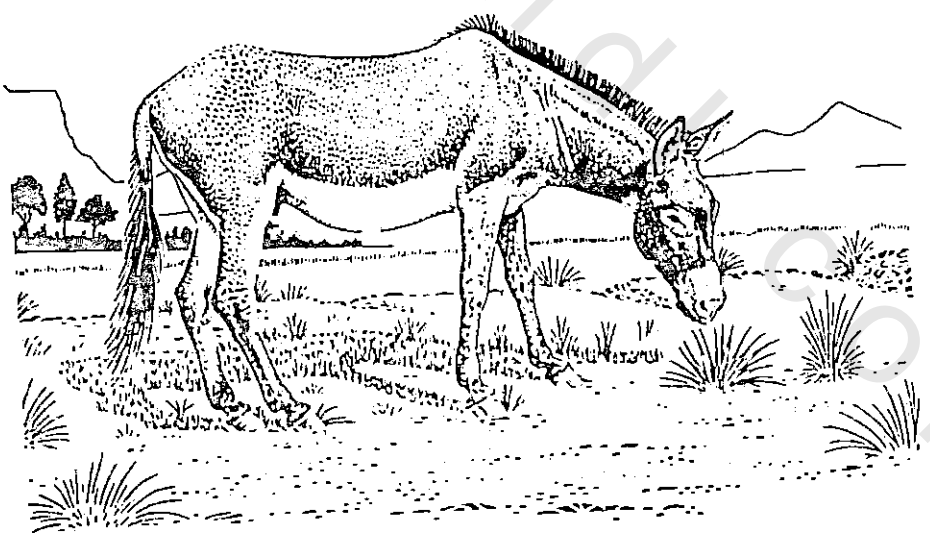


شكل (٢١-١): رسم تخيلي للحيوان الوسطى (Mesohippus).



شكل (٢٢-١): رسم تخيلي للحيوان الرشيق (Merychippus).

obeikandl.com



شكل (٢٣-١): رسم تخيلي لحيوان العصر الحديث القريب (Pliohippus).