अध्याय-30
मानव में गति एवं चलन
(Movement & Locomotion in Man)

मानव में कंकाल तंत्र
(Skeleton System in Man)

शरीर में **कंकाल (Skeleton)** एक आलम्ब ढाँचा बनाता है। कंकाल का निर्माण बाह्य एवं मध्य जनन स्तर (Ectoderm and mesoderm) से होता है।

कशेरुकियों में कंकाल दो प्रकार के होते है–

(i) बाह्य कंकाल (Exoskeleton) **(ii)** अन्त: कंकाल (Endoskeleton)

(i) बाह्य कंकाल (Exoskeleton) – यह कंकाल पूर्ण अथवा आंशिक रूप से शरीर से बाहर रहता है। इसकी उत्पत्ति अधिचर्म (Epidermis), चर्म (Dermis) अथवा दोनों स्तरों से होती है। सामान्यत: बाह्य कंकाल मृत होता है परन्तु कुछ रचनाओं की जड़ें जो त्वचा में धंसी रहती हैं, सजीव होती हैं जिसके कारण इनमें निरंतर वृद्धि होती रहती है।

मानव में बाह्य कंकाल के रूप में **रोम** (Hairs) तथा नाखून (Nail) होते हैं। इन दोनों का निर्माण अधिचर्म से होता है। अन्य जन्तुओं में भी बाह्य कंकाल पाया जाता है। जैसे– मछली में शल्क (Scales), सरीसर्प में शल्क एवं प्रशल्क, पक्षी में पर एवं नखर तथा स्तनीयों में रोम, नाखून एवं सींग आदि।

(ii) अन्त: कंकाल (Endoskeleton) – अंत कंकाल शरीर के भीतर स्थित होता है यह अस्थियों (Bones) एवं उपास्थियों (Cartilage) से मिल कर बना होता है। इनका निर्माण – मध्य जनन स्तर या मीसोडर्म (Mesoderm) से होता है। अन्त: कंकाल प्रारम्भिक अवस्था में उपास्थियों का बना होता है परन्तु ये शरीर के विकास के साथ ही अस्थियों में बदल जाती है। कुछ अस्थियों का निर्माण सीधे अस्थि के रूप में ही होता है। अन्त: कंकाल सजीव होता है।

उपास्थियाँ एवं अस्थियाँ – उत्पत्ति के आधार पर प्रकार

उपास्थि (Cartilage) – उपास्थि एक कोमल एवं लचीली रचना होती है। कंकाल की अधिकांश अस्थियाँ प्रारम्भ में उपास्थियाँ ही होती है। उपास्थि की आधात्री (Matrix) कोन्ड्रिन (Chondrin) प्रोटीन की बनी होती है। आधात्री में उपास्थ्यणु (Chondrocyte) एकल अथवा समूह में पाये जाते हैं। इसके चारों ओर पर्युपास्थि (Periochondrium) का आवरण होता है।

उत्पत्ति के आधार पर उपास्थियाँ तीन प्रकार होती है।

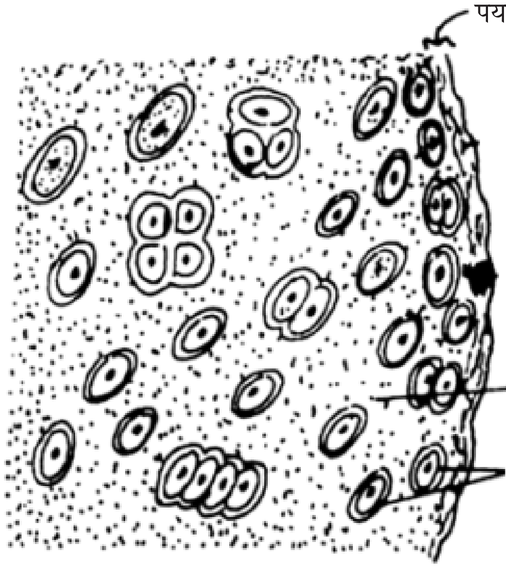
(i) काचाम उपास्थि (Hyaline Cartilage)– इस उपास्थि की आधात्री पारदर्शी एवं हल्के नीले रंग की होती है।

(ii) प्रत्यास्थ उपास्थि (Elastic Cartilage) – इस उपास्थि की आधात्री में लचीले पीले तन्तु पाये जाते है। यह कर्णपल्लव एवं एपीग्लोटीस में पायी जाती है।

(iii) तन्तुमय उपास्थि (Fibro Cartilage) – इस

उपास्थि की आधात्री में तन्तु अधिक पाये जाते है। तन्तुओं का सघन विन्यास होने के कारण यह दृढ़ होती है। यह उपास्थि अन्तरा कशेरुकीय बिम्ब में पायी जाती है।

अस्थि (Bone) – अस्थियां दृढ़ एवं मजबूत होती है। इन पर पतली परन्तु दृढ़ झिल्ली पर्यस्थिकला (Periosteum) का आवरण होता है। इस स्तर के नीचे अस्थिकोशिकाओं (Osteoblast) का स्तर होता है। आधात्री संकेन्द्री वलयों के रूप में होती है। इन्हीं वलयों में अस्थाणु (Osteocytes) विन्यासित रहती है। आधात्री ओसीन (Ossein) प्रोटीन की बनी होती है। इसमें कैल्सियम एवं फॉस्फेट के लवण भी पाये जाते है जो अस्थि को दृढ़ता प्रदान करते हैं। भीतरी सतह पर अन्त: स्थिकला (Endosteum) स्तर होती है (चित्र 30.1)।



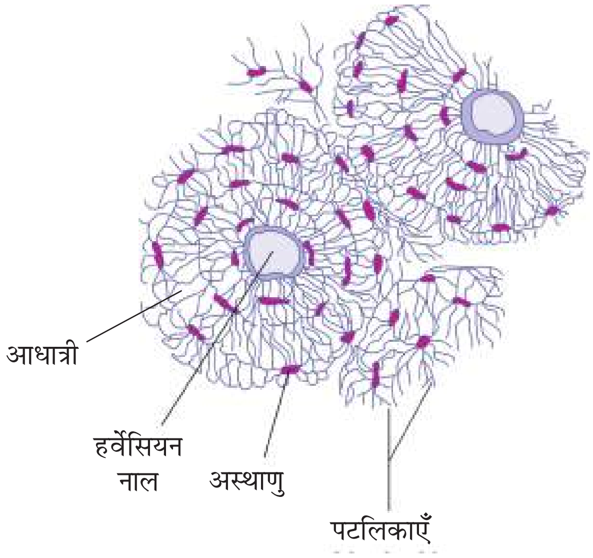
चित्र 30.1 उपास्थि का अनुप्रस्थ काट

उत्पत्ति के आधार पर अस्थियाँ (Bones) दो प्रकार की होती है:

(i) उपास्थिजात या प्रतिस्थापी अस्थियाँ (Cartilage or replacing bones)

(ii) कलाजात या वेस्टनास्थियाँ (Membrane or investing bones)

(i) उपास्थिजात या प्रतिस्थायी अस्थियाँ (Cartilage or replacing bones) – उपास्थिजात अस्थियाँ अपने निर्माण के प्रारम्भिक अवस्था में उपास्थियों के रूप में बनती है। इस अवस्था में ये कोमल होती है। इनका आधात्री, कोन्ड्रिन (Chondrin) नामक प्रोटीन का बना होता है तथा इनमें उपास्थ्यणु (Chondrocytes) पाये जाते है एवं चारों ओर पर्यापास्थि (Perichondrium) का आवरण होता है, परन्तु जन्तु की वृद्धि के साथ ही इनकी संरचना में परिवर्तन आता है। आधात्री (Matrix) में कैल्सियम लवण जमा होने लगता है जिससे यह दृढ़ एवं कठोर हो जाती है। इसमें उपास्थ्यणु नष्ट हो जाती है और इनके स्थानपर अस्थ्याणु (Osteocytes) बन जाते है। अस्थ्याणु आधात्री में ओसीन (Ossein) प्रोटीन स्रावित करते हैं। पर्यापास्थि (Perichondrium) पर्यस्थिकला (Periosteum) में बदल जाती है इस प्रकार उपास्थि रूपान्तिरित होकर अस्थि बनती है (चित्र 30.2)।



चित्र 30.2 अस्थि का अनुप्रस्थ काट

(ii) कलाजात या वेस्टनास्थियाँ (Membrane or investing bones) – कलाजात अस्थियाँ को वेस्टनास्थियाँ (Investing bones) भी कहते है। इन अस्थियाँ का निर्माण योजी ऊतक (Connective tissue) से होता है। त्वचा के नीचे कुछ मिसेनकाइमल (Mesenchymal) कोशिकाएँ छोटे-छोटे समूह में जमा हो जाती है। ये समूह तन्तुओं में रूपान्तरित होकर एक जाल सा बनाते है। इस जाल से अस्थिकोरक कोशिकाएँ (Osteoblast) चिपककर ओसीन (Ossien) प्रोटीन स्रावित करती है, यह प्रोटीन आधात्री बनाता है इस आधात्री में अन्य मिसेनकाइमल कोशिकाएँ कैल्सियम लवण स्रावित करती हैं जिससे यह रचना दृढ़ होने लगती है। इसके चारों और मिसेनकाइमल कोशिकाएं पर्यस्थिकला (Periosteum) आवरण बनाती है इस प्रकार अस्थियों का निर्माण होता है। इनका निर्माण कला (Membrane) से होने के कारण इन्हें कलाजात अस्थियाँ कहते है।

कंकाल के कार्य

1. कंकाल तंत्र शरीर का आलम्बन ढाँचा बनाकर शरीर का निश्चित आकार बनाये रखता है।

2. शरीर के कोमल अंगों जैसे- मस्तिष्क, फेफड़े, हृदय, मेरुरज्जू की रक्षा करता है।

3. शरीर में मांसपेशियों को जुड़ने के लिए सतह प्रदान करता है।

4. कंकाल चलन में सहायता करता है।

5. अस्थियों की मज्जा रक्त कणिकाओं का निर्माण करती है।

अन्त: कंकाल (Endoskeleton)

मानव में अंत: कंकाल सुविकसित होता है। यह दो भागों में विभेदित किया जा सकता है।

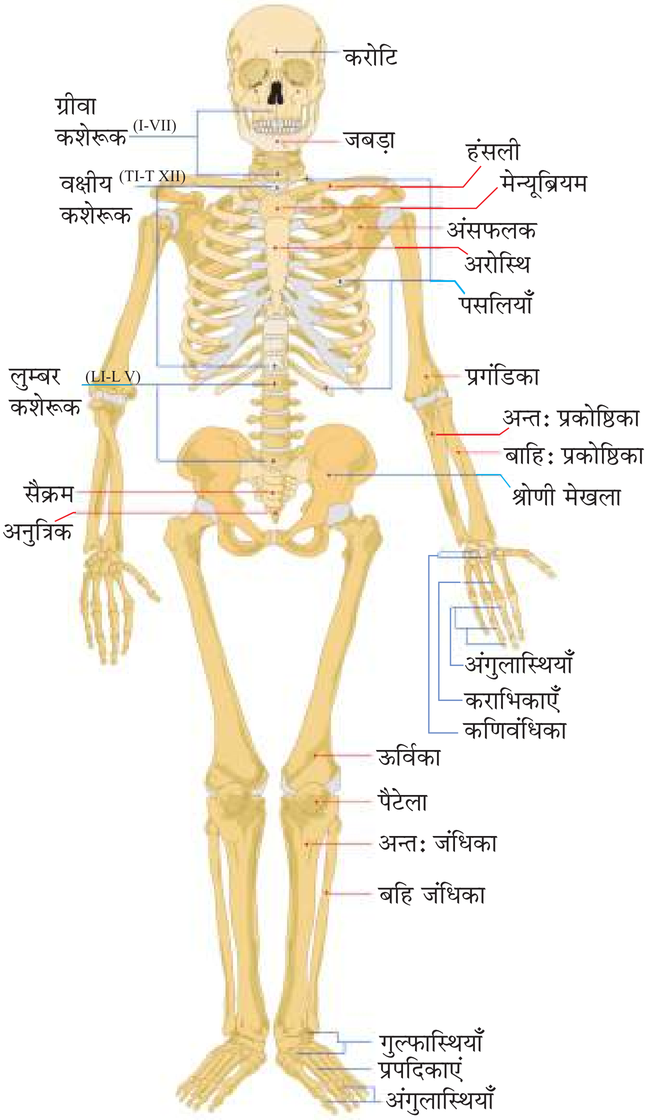
(1) अक्षीय कंकाल (Axial skeleton) - यह कंकाल शरीर के लम्ब अक्ष पर स्थित होता है। करोटी (Skull), मेरूदण्ड (Veretebral column), उरोस्थि (Sternum) एवं पसलियाँ (Ribs) मिलकर अक्षीय कंकाल बनाते है। मनुष्य के अक्षीय कंकाल में कुल 80 अस्थियाँ होती है।

(2) उपांगीय कंकाल (Appendicular skeleton) - यह कंकाल शरीर के अक्ष के पार्श्व में स्थित होता है। इसमें अग्र एवं पश्च उपांगों की अस्थियाँ एवं मेखलाएँ आदि सम्मिलित की जाती है। मनुष्य के उपांगीय कंकाल में लगभग 126 अस्थियाँ होती है। इस प्रकार सम्पूर्ण मानव कंकाल में 206 अस्थियाँ होती है।

(1) अक्षीय कंकाल (Axial skeleton) -

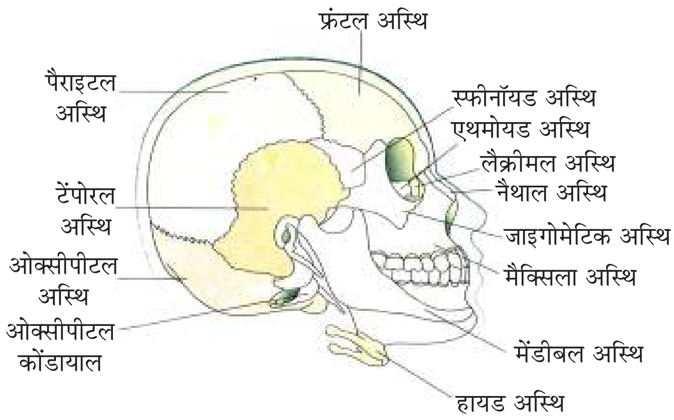
(i) करोटी (Skull) - सिर का कंकाल करोटि कहलाता है। मानव करोटि में 29 अस्थियाँ पाई जाती है। ये सीवनों (Sutures) द्वारा परस्पर संधि (Fused) रहती है तथा चार भागों में बांटी जा सकती है। करोटी को मुख्य दो भाग में विभेदित करते है (चित्र 30.4) -

(अ) कपालीय या क्रेनियल क्षेत्र (Cranial region) - ये आठ चपटी अस्थियाँ हैं जो परस्पर दृढ़ता से जुड़कर एक अस्थिल कोष्ठ बनाती हैं जिसे **कपाल** (Cranium) कहते है। कपाल गुम्बद के आकार का होता है। इसके मुख्य कार्य मस्तिष्क एवं संवेदी अंगों जैसे- नासिका, नेत्र, कर्ण की सुरक्षा करना तथा जबड़ों को आलम्बित रखना है। इसका निर्माण दो युग्मित अस्थियों-**भित्तीय** (Parietal) तथा **शंखास्थियों** (Temporal) एवं चार अयुग्मित अस्थियों- **ललाटिका** (Frontal), **एथमोइड, अनुकपाल** (Occipital) तथा **जतुक** (Sphenoid) से होता है।



चित्र 30.3 मनुष्य का कंकाल

कपाल के सामने का भाग करोटिका द्वारा पार्श्व का भित्तीय एवं शंखास्थि द्वारा तथा आधार भाग एथमोइड, जतुक, अनुकपाल एवं ललाटिका द्वारा निर्मित होता है। ऊपरी जबड़े की अस्थियाँ भी कपाल से संलगित रहती हैं। कपाल के पश्च आधार भाग पर महारन्ध(Foramen magnum) उपस्थित होता है। महारन्ध्र के दोनों ओर गोल उभार **अनुकपाल अस्थिकन्द** (Occipital condyles) होते है। ये करोटि को प्रथम कशेरुक शीर्षधर (Atlas) से जोड़ते हैं। इस संधि के फलस्वरूप सिर की नमन (Nodding) गति संभव होती है जबकि सिर की घूर्णन (Rotation) गति शीर्षधर एवं एक्सिस के मध्य संधि के फलस्वरूप होती है। दो अनुकपाल अस्थिकन्द होने के कारण करोटि को द्विकन्दकीय (Dicondylic) कहते हैं।



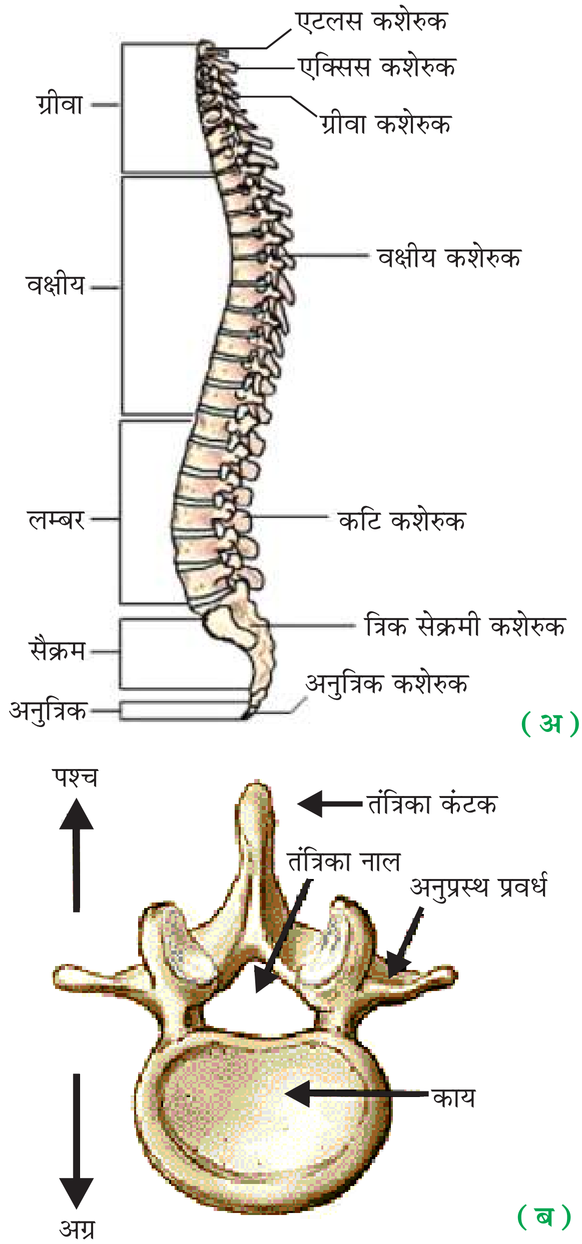
चित्र 30.4 मनुष्य की करोटि

(ब) आनन या फेसियल अस्थियां(Facial bones) – इनकी संख्या 14 होती है। इनमें युग्मित नासास्थि (Nasal), तालुअस्थि (Palatine), जंभिका (Maxilla), गंडास्थि (Zygomatic), अश्रुग्रंथि अस्थि (Lacrymal), निम्न शंखास्थि तथा अयुग्मित वोमर एवं दंतिकास्थि (Dentary) सम्मिलित हैं। ये नासिका, दृढ़तालु (Hard palate), ऊपरी जबड़े एवं अधोहनु के कंकाल सहित करोटि के अग्र भाग का निर्माण करती है। अधोहनु का निर्माण दंतिकास्थि द्वारा होता है जो पेशियों द्वारा कपाल से जुड़ी रहती है। नेत्र कोटर सामने स्थित रहते है जिनका बाहरी किनारा जाइगोमेटिक चाप द्वारा बना होता है।

(स) कंठिका अस्थि (Hyoid bone) – यह मुख गुहा के फर्श पर पायी जाने वाली एकल अस्थि है।

(द) मध्य कर्ण की अस्थियाँ (Ear ossicles) – ये कुल 6(प्रत्येक मध्यकर्ण में तीन) अस्थियाँ– मैलियस (Malleus) इन्कस (Incus) एवं स्टेपीज (Stapes) होती है।

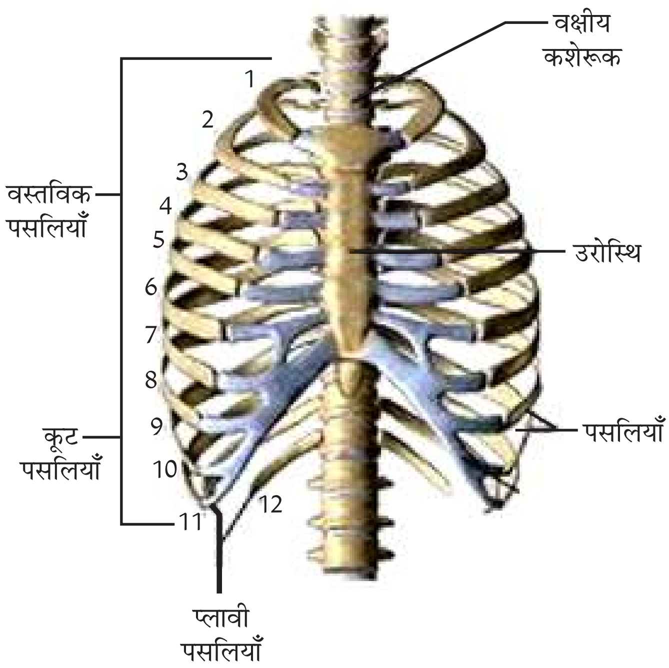
(ii) कशेरुक दण्ड या मेरुदण्ड (Vertebral column) –मनुष्य के कशेरुक दण्ड का निर्माण 26 पृथक अस्थियों से होता है। इनमें 24 पृथक कशेरुक (Free vertebrae), एक संयुक्त अस्थि त्रिक (Sacrum) एवं एक संयुक्त अस्थि अनुत्रिक (Coccyx) होते है। वास्तव में त्रिक में 5 व अनुत्रिक में 4 कशेरुक संलगित होते हैं। इस प्रकार कुल 33 कशेरुक होते है। कशेरुक दण्ड शरीर की मुख्य अक्ष बनाता है तथा धड़ को सहारा प्रदान करता है। कशेरुक परस्पर स्नायुओं (Ligaments) द्वारा जुड़े रहते है। कशेरुकों के बीच में तंतुमय उपास्थि (Fibrocartilage) से निर्मित गद्दियाँ पायी जाती है, जिन्हें **अन्तराकशेरुक बिम्ब** (Intervertebral discs) कहते है। अंतराकशेरुक बिम्ब एवं स्नायुओं की उपस्थिति से कशेरुक दण्ड लचीला बना रहता है। एक प्ररूपी कशेरुक (Typical vertebra) की संरचना **चित्र** में दर्शायी गयी है। प्रत्येक कशेरुक में अग्र भाग काय (Centrum) तथा पश्च भाग तंत्रिका चाप (Neural arch) होते हैं। मानव समेत सभी स्तनियों में कशेरुक की कशेरुक काय (Centrum) की आकृति **उभयपट्टिकीय या अगर्ती** (Amphiplatyan or Acoelous) प्रकार की होती है। समीपवर्ती कशेरुकों से संलग्न होने हेतु इनमें **अग्रयोजी प्रवर्ध** (Pre-zygapophysis) तथा **पश्च योजी प्रवर्ध** (Post zygapophysis) पाये जाते हैं। कशेरुक दण्ड में कशेरुकों के क्रम से जुड़ने पर इनकी तंत्रिका नालें (Neural canals) मिलकर एक खोखली नली बनाती है। इसमे मेरु रज्जु (Spinal cord) सुरक्षित रहती है। शरीर के जिस भाग में कशेरुक स्थित होते है उसी भाग के अनुसार कशेरुकों का नामकरण किया जाता है।



चित्र 30.5 : मनुष्य का मेरुदण्ड

मनुष्य में ग्रीवा प्रदेश में 7 ग्रीवा (Cervical) कशेरुक, वक्षीय प्रदेश में 12 वक्षीय (Thoracic) कशेरुक, कटि प्रदेश में 5 कटि (Lumbar) कशेरुक, त्रिक प्रदेश में5 कशेरुकों के संलयन से बनी एक बड़ी त्रिभुजाकार अस्थि त्रिक (Sacrum) अस्थि तथा पुच्छ प्रदेश में 4 कशेरुकों (Coccygeal) के संयुक्त होने से बनी एक अस्थि, अनुत्रिक (Coccyx) होती है। प्रथम ग्रीवा कशेरुक को **शीर्षधर** (Atlas), द्वितीय को **अक्ष कशेरुक** (Axis) तथा शेष पाँच ग्रीवा कशेरुकों को **प्ररुपी (Typical) ग्रीवा कशेरुक** कहते है। ग्रीवा कशेरुक के अनुप्रस्थ प्रवर्धों में रन्ध्र की उपस्थिति तथा वक्षीय कशेरुक के काय के पार्श्व में पसलियों के लिए संधि स्थलों की उपस्थिति, इनके विशिष्ट लक्षण होते है। कटि कशेरुक की काय स्थूल होती है।

(iii) उरोस्थि (Sternum or Breast bone) – उरोस्थि एक चपटी एवं संकरी अस्थि होती है। इसमें तीन भाग– उरोस्थि मुष्टि, मध्य काय एवं उरोस्थि प्रवर्ध (Xiphoid process) होते है। यह शरीर के वक्षीय प्रदेश के मध्य अधर क्षेत्र में स्थिर रहती है। इसके पार्श्व किनारों से पसलियाँ जुड़ी रहती है।



चित्र 30.6 : मनुष्य की पसलियाँ एवं उरोस्थि

(iv) पसलियाँ या पर्शुकाएँ (Ribs) –मनुष्य में वक्षीय कशेरुकों से संलग्न 12 जोड़ी पसलियों होती है। प्रत्येक पसली पतली, चपटी एवं वक्रित संरचना होती है। प्रत्येक के पृष्ठ सिरे पर दो उभार – एक **मुंडक** (Capitulum) एवं एक **गुलिका** (Tuberculum) होते हैं। प्रत्येक पसली अपने पृष्ठ सिरे के इन्हीं उभारों की सहायता से सम्बन्धित वक्षीय कशेरुक से जुड़ती है। प्रथम सात जोड़ी पसलियों अधर सिरे पर उपस्थित काचाभ उपास्थि, पर्शुकी उपास्थि (Costal cartilage) की सहायता से उरोस्थि से सीधे जुड़ी रहती है। इन सातों पसलियों को **वास्तविक पसलियाँ** (True ribs) कहते हैं। आठवीं, नवीं एवं दसवीं पसलियों के अधर सिरे उपास्थि के माध्यम से परस्पर जुड़कर सातवी पसली के साथ संलग्न हो जाते है। इन पसलियों को **कूट पसलियाँ** (False ribs) कहते हैं। प्रथम दस जोड़ी पसलियों के अधर भाग उपास्थिल होने के कारण कारण इन्हें कशेरुक उपास्थिल पर्शुकाएँ (Vertebro-chondrial ribs) भी कहते हैं। अंतिम दो (11वीं व 12वीं) जोड़ी पसलियों के अधर सिरे उरोस्थि या अन्य पसली से नहीं जुड़ते, इन पसलियों को **मुक्त पसलियाँ** (Floating ribs) कहते हैं। वक्षीय पसलियाँ वक्ष गुहा के पार्श्व भागों को सुरक्षा एवं आलम्बन प्रदान करती है (चित्र 30.6)।

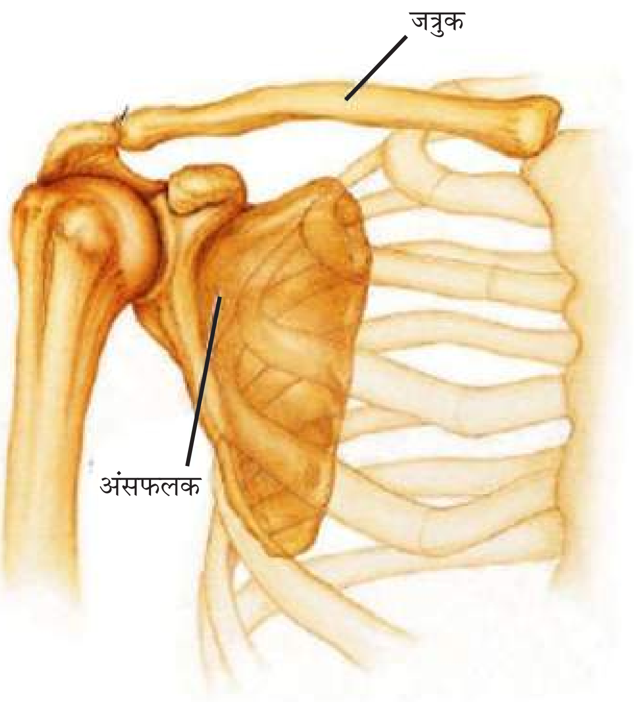
वक्षीय कशेरुक पसलियाँ एवं उरोस्थि मिलकर **पर्शुका पिंजर** या वक्षीय टोकरी (Rib cage or Thoracic basket) बनाते हैं। इसमें हृदय, बड़ी रुधिर वाहिनियाँ, फेफड़े एवं श्वासनली सुरक्षित रहते हैं यानि पर्शुका पिंजर इन भागों को चारों ओर से घेरे रहता है।

(2) उपांगीय कंकाल (Appendicular skeleton)

कंकाल के इस भाग में मेखलाएँ तथा अग्र एवं पश्च पाद की अस्थियाँ सम्मिलित की जाती है।

अंस मेखला (Pectoral girdle) – मानव में अंस मेखला के दो अर्धांश होते है। प्रत्येक अर्धांश **अनामकास्थि** (Osinnominate) कहलाता है। दोनों अर्धांश एक दूसरे से पृथक होते है तथा शरीर अक्षीय कंकाल एवं अग्र उपांगों अथवा हाथ के मध्य कंकाल में उपस्थित होती है। प्रत्येक अर्धांश में एक जत्रुक (Clavicle) एवं **अंसफलक** (Scapula) होती है।

अंस फलक चपटी एवं त्रिभुजाकार अस्थि होती है। यह दूसरी से सातवीं पसलियों को ढ़कती हुई, वक्ष के ऊपरी पृष्ठ भाग तक पायी जाती है। यह स्कन्ध का भाग बनाती है। अंस फलक की ऊपरी बाहरी सतह पर **अंसफलक कंटक** (Scapular spine) नामक उभार पाया जाता है। इस कंटक का एक प्रवर्ध **अंसकूट** (Acromian) कहलाता है । पास में दूसरा प्रवर्ध अंसतुंड (Coracoid) होता है इन प्रवर्धों के समीप एक चिकना गड्ढ़ा होता है इसे **अंस उलूखल** (Glenoid cavity) कहते है। इसमें **प्रगंडिका** (Humerus) का सिर जुड़ा रहता है तथा स्कन्ध संधि बनती है जो कि **कन्दुक खल्लिका** (Ball and socket) संधि होती है (चित्र 30.7 (अ))।



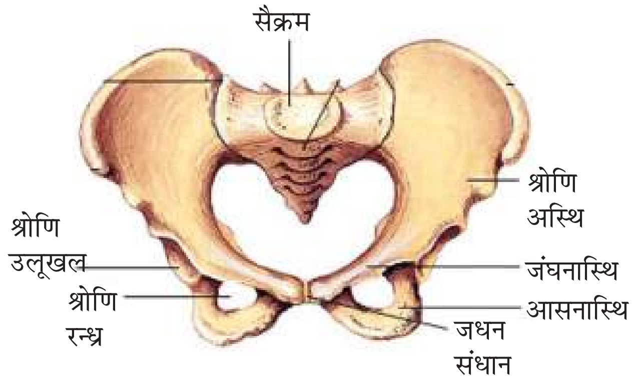
चित्र 30.7 : (अ) मनुष्य में अंस मेखला

जत्रुक अथवा कॉलर अस्थि (Collar bone) एक सुविकसित अस्थि है। यह लम्बी पतली एवं वक्रित छड़रूप होती है। इसका एक सिरा अंसकूट प्रवर्ध से तथा दूसरा उरोस्थि से संधि करता है।

श्रोणी मेखला (Pelvic girdle) – **श्रोणी मेखला** में भी अंस मेखला की तरह दो अर्धांश होती है परन्तु इसके दोनों अर्धांश मध्य रेखा पर परस्पर **जघन संधान** (Pubic symphysis) द्वारा जुड़े होते है। श्रोणि मेखला शरीर के पश्च भाग के दोनों पश्च टांगों के बीच उदर गुहा में स्थित रहता है।

प्रत्येक अर्धांश भाग तीन अस्थियों का बना होता है– श्रोणि अस्थि (Ilium), आसनास्थि (lschium) एवं जंघनास्थि (Pubis)

श्रोणि अस्थि बड़ी एवं अग्र पृष्ठ भाग में उपस्थित होती है। **जघनास्थि** एवं **आसनास्थि** अधर भाग में क्रमश: अग्र व पश्च दिशा में स्थित होती है। प्रत्येक ओर की आसनास्थि एवं जंघनास्थि के बीच श्रोणि रन्ध्र (Obturator foramen) होता है। प्रत्येक अर्धांश के बाहरी किनारे पर एक गड्ढ़ा– **श्रोणि उलूखल** (Acetabulum) होता है, इसमें **ऊर्विका** (Femur) का सिर जुड़ा रहता है तथा श्रोणि संधि बनती है। मनुष्य में श्रोणि अस्थियाँ, त्रिक एवं अनुत्रिक मिलकर श्रोणि (Pelvis) बनाती है (चित्र 30.7 (ब))।



चित्र 30.7 : (ब) श्रोणी मेखला

भुजाओं की अस्थियाँ (Arm Bones)

मनुष्य के अग्र पाद अथवा हाथ में प्रगंडिका या ह्यूमरस (Humerus), अन्त प्रकोष्ठिका, बाहि: प्रकोष्ठिका या रेडियस, अल्ना (Radius, Ulna), मणिबंधिका या कारपल (Carpals) कराभिकाएँ या मेटा कारपल (Metacarpals) एवं अंगुलास्थियाँ या फेलेजेस (Phalanges) अस्थियाँ होती है।

प्रगंडिका (Humerus) – यह अस्थि हाथ के ऊपरी बाहु में पायी जाती है। इसके समीपस्थ सिरे पर घुण्डी (Knob) पायी जाती है इसे सिर (Head) कहते है। सिर के पार्श्व में एक और बड़ी गण्डिका (Greater tuberosity) एवं दूसरी ओर छोटी गण्डिका (Lesser tuberosity) पायी जाती है। सिर के पीछे अधर तल पर त्रिकोणी उभार या **डेल्टाएड उभार** (Deltoid ridge) होती है जिस पर माँस पेशियाँ जुड़ी होती है। अस्थि के दूरस्थ सिरे पर पुली के आकार का चक्रक (Trochlea) होता है। **चक्रक** पर गहरी **कफोणी खांच** (Olecranon fossa) होती है एवं चक्रक के आगे एक **अधि चक्रक छिद्र** (Supra trochlear foramen) होता है (चित्र 30.8)।

प्रगंडिका का अग्र सिरा अंस मेखला के अंस उलूखल में सन्धि बनाता है। इसका पश्च सिरा चक्रक प्रकोष्ठिका एवं अन्त: प्रकोष्ठिका(Radius and Ulna) के अवग्रहरूपी खांच (Sigmoid notch) में संधि बनाता है।

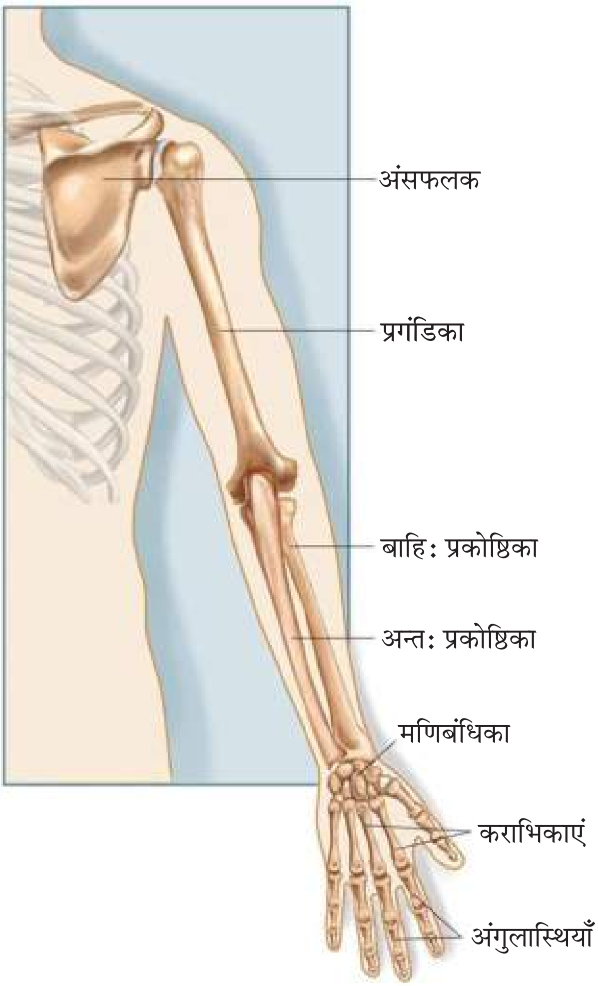
बाहि: प्रकोष्ठिक एवं अन्त: प्रकोष्ठिका (Radius and ulna) – यह अस्थि हाथ के अग्र बाहु में स्थित होती है। इसमें दो अस्थियां बाहि: प्रकोष्ठिका, (Radius) छोटी एवं भीतर की ओर तथा अन्त: प्रकोष्ठिका (Ulna) बड़ी एवं बाहर की ओर होती है। दोनों अस्थियाँ पुरी लम्बाई में एक–दूसरे से चिपकी रहती है।

बाहि: प्रकोष्ठिका (Radius) के अग्र सिरे के समीप एक अवग्रहरूपी खाँच (Sigmoid notch) स्थित होती है जिसमें प्रगंडिका का चक्रक संधि बनाता है। इस अवग्रह रूपी खाँच के आगे

अन्त: प्रकोष्ठिका (Ulna), कफोणी प्रवर्धा (Olecranon process) बनाती है। बाहि: प्रकोष्ठिका एवं अन्त: प्रकोष्ठिका का पश्च सिरा मंणि बंधिका (Carpals) से सन्धि बनाता है (चित्र 30.8)।

मणिबंधिका या कारपल (Carpals) – हाथ की कलाई में मणिबंधिका स्थित होती हैं। इन अस्थियों की संख्या 8 होती है। ये अस्थियाँ दो पंक्तियों में जमा रहती हैं। प्रथम पंक्ति में तीन अस्थियाँ– बहि: मणिबंधिका (Radiale), मध्यम मणिबंधिका (Intermedium) एवं अन्त: मणिबंधिका (Ulnare) तथा दूसरी पंक्ति में पाँच अस्थियाँ – ट्रेपीजियम, ट्रेपीजाइड, सेन्ट्रेली, मेगनम तथा आन्सी फार्म होती है (चित्र 30.8)।

कराभिकाएँ एवं अंगुलास्थियाँ (Metacarpals and Phalanges) – कराभिकाएँ हथेली में लम्बी-लम्बी पाँच अस्थियाँ होती है। अंगुलास्थियाँ संख्या 14 होती है इनमें से दो अंगूठे में तथा प्रत्येक अंगुली में तीन-तीन होती है। इस प्रकार मानव के हाथ की **अंगुली सूत्र** 2, 3, 3, 3, 3 होती है (चित्र 30.8)।



चित्र 30.8 : मनुष्य के हाथ की अस्थियाँ

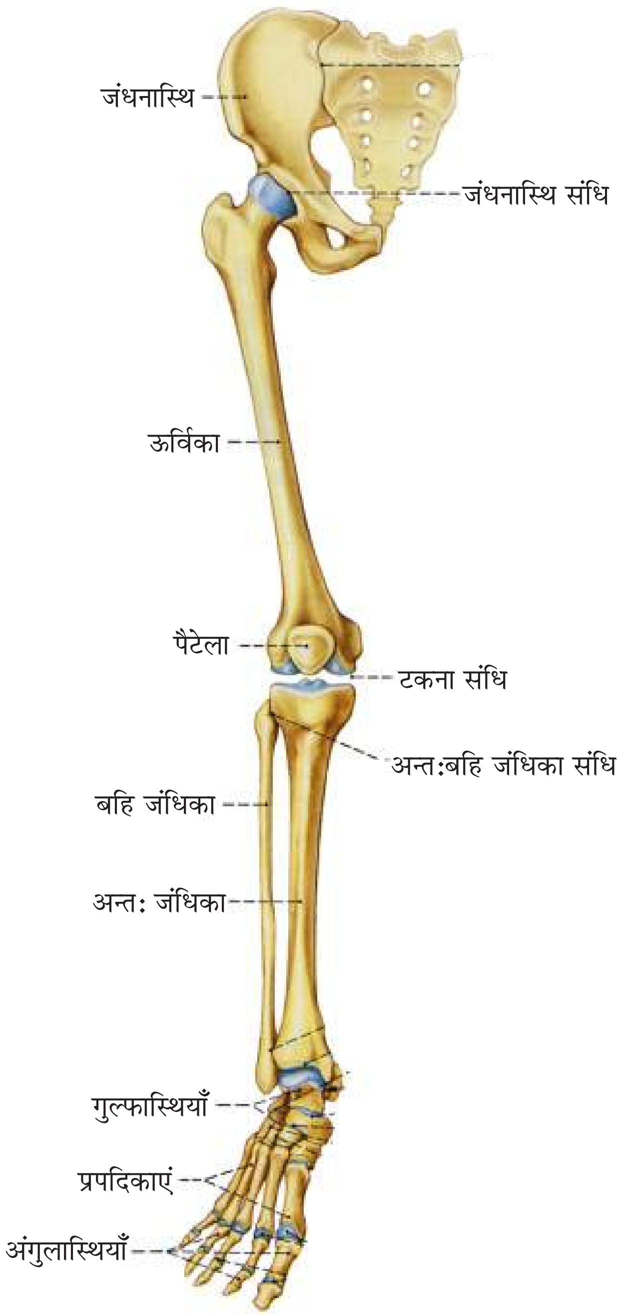
टांग (पांव) की अस्थियाँ (Hind limb or Leg bones)

मनुष्य के पश्च पाद अथवा टांग में ऊर्विका या फीमर (Femur), अन्त: बहिजंघिका या टिबयोफिबूला (Tibiofibula), गुल्फास्थियाँ या टार्सलस (Tarsals), प्रपदिकाएँ या मेटा टार्सलस (Metatarsals) एवं अंगुलास्थियाँ या फेलेन्जेस (Phalanges) अस्थियाँ होती है।

ऊर्विका (Femur) – यह अस्थि टांग के जाँघ (Thigh) में स्थित होती है। इसके समीपस्थ सिरे पर घुण्डी समान सिर (Head) होता है। सिर श्रोणी मेखला के श्रोणि उलूखल में सन्धि बनाता है। अग्र सिरे के भीतर की ओर तीन शिखरक (Trochanter) निकले रहते हैं। इन्हें क्रमश: दीर्घत्तर (Greater) शिखरक, लघुतर (Lesser) एवं तीसरा (Third) शिखरक कहते है। ऊर्विका के दूरस्थ अर्थात् पश्च सिरे पर दो कन्द (Condyles) होते हैं। इन दोनों कन्दों के बीच एक गहरी खाँच होती है जिसे अन्तरा कंदीय खात (Inter Condylar groove) कहते है। अस्थि का पश्च सिरा अन्त: बहि जांघिका से सन्धि बनाता है इस सन्धि पर चपटी अस्थिल **पट्टी जानुफल या पैटेला** (Patella) होती है। फीमर मनुष्य की सबसे लम्बी अस्थि होती है (चित्र 30.9)।

अन्त: बहिजंघिका (Tibiofibula) – टांग की यह अस्थि पिण्डली (Shank) में स्थित होती है। यह अस्थि अन्त: जंघिका (Tibia) एवं बहिजंघिका (Fibula) से बनी होती है। अन्त: जंघिका लम्बी एवं सीधी अस्थि होती है। इसके अग्र भाग पर एक प्रजंघिका कटक (Cnemial crest) होता है। इस कटक से पिंडली की पेशियाँ जुड़ी रहती है। जंघिका छोटी एवं बाहर की ओर स्थित होती है। इसका अग्र भाग स्वतंत्र लेकिन पश्च भाग अन्त: जंघिका से संयुक्त रहता है। अन्त: बहिजंघिका का अग्र सिरा ऊर्विका से एवं पश्च सिरा गुल्फास्थियों (Tarsals) से सन्धि बनाता है (चित्र 30.9)।

गुल्फास्थियाँ या टारसल (Tarsals), प्रपदिनाएं एवं अंगुलास्थियां (Phalanges)– पश्च टांग के टखने में 7 गुल्फास्थियाँ पायी जाती है ये तीन पंक्तियों में विन्यासित रहती है। मनुष्य में पाँच प्रपदिकाएँ (Metatarsals) तथा पांव का अंगुली सूत्र 2, 3, 3, 3, 3 होती है। जानु या घुटने (Knee) की त्रिभुजाकार एवं चपटी वर्तुलिकास्थि (Seasamoid bone) को जानुफलक (Patella) कहते है। इसका निर्माण टांग की वृहद् प्रसारिणी पेशी (Greater extensor muscle) के कण्डरा में होता है (चित्र 30.9)।



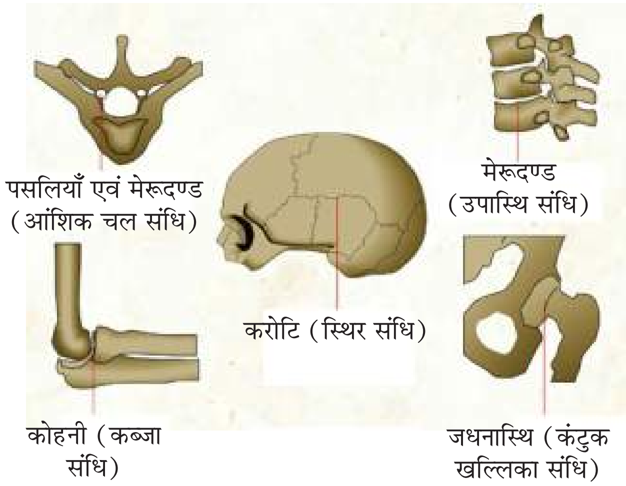
चित्र 30.9 : मनुष्य के पांव की अस्थियाँ

संधियाँ (Joints)

कशेरुकी प्राणियों में संधि (Joint) वह स्थल होता है जहाँ दो या अधिक अस्थियाँ या अस्थि एवं उपास्थि परस्पर मिलती है या जुड़ती है। दूसरे शब्दों में दो या अधिक अस्थियों के मध्य या अस्थि एवं उपास्थि में मध्य सम्पर्क स्थल को संधि कहते हैं। विभिन्न प्रकार की संधियों की उपस्थिति के कारण ही कंकाल के भिन्न-भिन्न भागों में गति संभव होती है। संधियों के अनेक प्रकार व कार्य होते हैं। गति के आधार पर संधियों को तीन समूहों में बांटा जा सकता है-

1. स्थिर या अचल संधि (Synarthrosis) - जिस संधि में गति सम्भव नहीं हो, उसे अचल संधि कहते है। ऐसी संधि में अस्थियाँ तंतुमय संयोजी ऊतक द्वारा अत्यधिक दृढ़तापूर्वक जुड़ी रहती है। अस्थियाँ के मध्य कोई अवकाश या स्थान नहीं रहता है। उदाहरणार्थ- करोटि की अस्थियों के मध्य उपस्थित सीवन (Sutures) (चित्र 30.10)।

2. आंशिक चल संधि (Amphiarthrosis) -यह एक दृढ़ संधि होती है लेकिन तनाव या ऐंठन के कारण इसमें सीमित गति संभव हो जाती है। ऐसी संधियों में अस्थियों के किनारे तंतुमय उपास्थि द्वारा जुड़े रहते है। अस्थियों के मध्य ऐसे जोड़ को **संधान** (Symphysis) भी कहते है। जघन संधान (Pubic symphsis), कशेरुकों की संधियाँ, दंतिकास्थियों के मध्य संधि (Mandibular symbhysis) आदि इस प्रकार की संधि के उदाहरण है (चित्र 30.10 (ब))। इसके उप प्रकार निम्न है।-



चित्र 30.10 : संधियों के प्रकार

(i) धुराग्र संधि (Pivot Joint) -जैसे शीर्षधर (एटलस) एवं एक्सिस(अक्ष) कशेरुकों के मध्य संधि। इसमें पार्श्व गति संभव है।

(ii) विसर्पी संधि (Gliding Joint) - जैसे कशेरुकों की संधि, कलाई की संधि, टखने की संधि। इसमें चपटे संधि तल होते है। अस्थियाँ एक दूसरे पर विसर्पण (Glide) करती है।

3. चल संधि (Synovial joint or Diarthrosis) - इस संधि द्वारा जुड़ी अस्थियाँ एक या अधिक दिशाओं में स्वतंत्रतापूर्वक गति करती हैं। अस्थि की संधिकारी सतह काचाभ उपास्थि की अत्यन्त चिकनी परत द्वारा आच्छादित रहती है। उपास्थि गति करते समय अस्थियों के मध्य घर्षण को कम करती है। ऐसी संधि में जुड़ने वाली अस्थियों के मध्य अवकाश या स्थान पाया जाता है, जिसे **संधि कोटर** (Synovial cavity) कहा जाता है। अस्थियाँ परस्पर कई स्नायुओं द्वारा जुड़ी रहती है। स्नायु मिलकर संधि के चारों और एक दृढ़ तंतुमय

संम्पुट बना लेते है। सम्पुट कोशिकीय संधि झिल्ली (Synovial membrane) द्वारा आस्तरित रहता है। यह झिल्ली म्यूसिन युक्त संधि तरल (Synovial fluid) का स्राव करती है। यह तरल काचाभ उपास्थि को पोषण तथा संधि को स्नेहन (Lubrication) प्रदान करता है (चित्र 30.10)। इस संधि के कुछ उप प्रकार निम्न है-

(i) कन्दुक खल्लिका संधि (Ball and Socket Joint) - जैसे स्कन्ध संधि(Shoulder Joint) एवं श्रोणि संधि (Hip Joint)। इसमें कई दिशाओं में गति संभव है।

(ii) कब्जा संधि (Hinge Joint) - जैसे कोहनी की संधि (Elbow Joint), जानुफलक या घुटने की संधि (Knee Joint), अंगुलियों की संधि, अनुकपाल अस्थिकंद एवं एटलस की संधि। इस संधि में एक ही तल में गति संभव है।

(iii) दीर्घवृतज संधि (Ellipsoidal Joint) -जैसे मनुष्य की बहि: प्रकोष्ठिका (Radius) एवं मणिबंध (Carpus) की संधि। इसमें दो तलों में गति संभव है।

पेशियाँ
(Muscles)

पेशियों द्वारा गति प्राणियों का प्रमुख लक्षण है। गमन के अतिरिक्त पाचन क्रिया, श्वसन क्रिया, उत्सर्जन क्रिया, परिसंचरण तथा प्रजनन क्रियाओं में विभिन्न प्रकार की गतियों में पेशियाँ सहायक होती है। इसीलिए पेशी संकुचन प्राणी जीवन का एक मुख्य कार्य है।

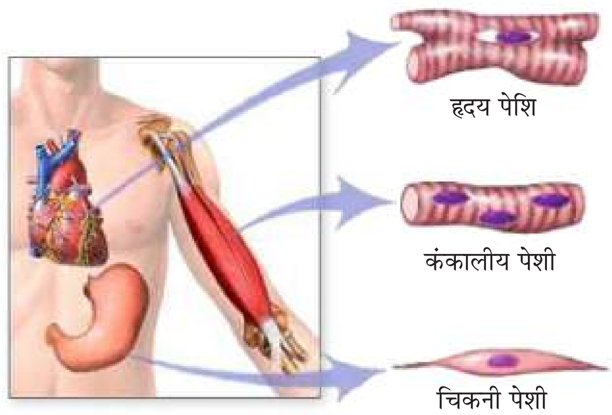
पेशी संकुचन की कार्यिकी को समझने के लिए पेशी की संरचना का ज्ञान होना आवश्यक है। पेशी ऊतक की कोशिकाएँ लम्बी होती हैं जिन्हें पेशी- तन्तु (Muscle fibre) कहते है। यह पेशी तन्तु एक दूसरे के समीप स्थित होते हैं तथा इनके मध्य आधात्री की मात्रा कम होती है। ऊतकीय तथा कार्यिकी विभिन्नताओं के अनुसार पेशियाँ तीन प्रकार की होती है-

(i) कंकालीय अथवा ऐच्छिक पेशियाँ
(Skeletal or Voluntary muscles)

ये पेशियाँ अस्थियों से टेन्डन्स द्वारा जुड़ी रहती हैं। इसीलिए इन्हें कंकाल पेशियाँ कहते हैं। इनकी पेशी कोशिका लम्बी, बेलनाकार तथा बहुकेन्द्रकी होती हैं। कंकालीय पेशी के पेशी तन्तुक (Myofibrils) में एकान्तर क्रम में हल्की तथा गहरी आड़ी पट्टियाँ पायी जाती हैं इसलिए सामान्य प्रकाश सूक्ष्मदर्शी में ये रेखित दिखलाई देती हैं। फलत: इन्हें **रेखित पेशियाँ** (Straited muscles) भी कहते है। कंकालीय पेशियाँ के कार्य पर ऐच्छिक नियंत्रण होता है, इस कारण ये ऐच्छिक पेशियाँ कहलाती हैं (चित्र 30.11 (अ))।

(ii) चिकनी अथवा अनैच्छिक पेशियाँ
(Smooth or Involuntary muscle)

ये पेशियाँ विभिन्न अंतरांगों की भित्तियों में पायी जाती हैं। इनकी पेशी कोशिकाएं तर्कुरूपी (Spindle shaped) होती है। कोशिका का बीच का भाग चौड़ा होता है जिसमें एक बड़ा केन्द्रक पाया जाता है। पेशी तन्तु या कोशिका के सिरे नुकीले होते है। केन्द्रक के चारों ओर के कोशिकाद्रव्य(सार्कोप्लाज्म) में पेशी तन्तुक स्थित होते है। इन तन्तुक में रेखित पेशी की भाँति आड़ा रेखांकन नहीं पाया जाता है, फलत: इन्हें अरेखित पेशी (Unstriated muscles) कहते हैं। इन पेशियों के संकुचन का नियमन प्राणी की इच्छा पर निर्भर नहीं होता है अत: इन्हें अनैच्छिक पेशियाँ कहते है। अरेखित पेशी में संकुचन धीरे परन्तु काफी समय तक के लिए होता है (चित्र 30.11 (ब))।



चित्र 30.11 : विभिन्न प्रकार के पेशी तन्तु (अ) रेखित (ब) अरेखित (स) हृदय पेशी तन्तु

(iii) हृदय पेशियाँ (Cardiac muscles)

ये पेशियां हृदय की दीवार में पायी जाती है। इन पेशियों में कुछ गुण रेखित तथा कुछ अरेखित पेशियों के होते हैं। हृदय पेशियाँ रेखित तथा शाखान्वित होती है। प्रत्येक पेशी तन्तु में थोड़ी-थोड़ी दूरी पर अंतर्विष्ट बिम्ब पाये जाते हैं। इसी कारण प्रत्येक तन्तु छोटे-छोटे खण्डों में बँट जाता है। प्रत्येक खण्ड में एक केन्द्रक उपस्थित होता है। अरेखित पेशियों की भाँति ये अनैच्छिक होती है (चित्र 30.11 (स))।

कंकालीय अथवा रेखित पेशियों की प्रकार्यात्मक संरचना
(Functional architecture of skeletal or voluntary muscles)

प्रत्येक रेखित पेशी असंख्य लम्बे तथा बेलनाकार पेशी तन्तुओं (Muscle fibre) की बनी होती है। पेशी का एक पेशी तन्तु एक पेशी कोशिका होती है, जो प्रत्येक पेशी की संरचनात्मक इकाई होती है।

प्रत्येक पेशी- तन्तु संयोजी ऊतक के एक पतले आच्छद द्वारा आवरित रहता है जिसे अंत: पेशी- आच्छद (Endomysium) कहते

है। कई पेशी तन्तु मिलकर पूलों में व्यवस्थित रहते हैं, प्रत्येक पूल को पूलिका (Fascicle) कहते है। पूलिका संयोजी उतक की झिल्ली द्वारा घिरा रहता है जिसे परिपेशी आच्छद (Perimysium) कहते है। कंकालीय पेशी में ऐसे कई पूल एक साथ व्यवस्थित होकर संयोजी ऊतक के एक सामान्य आवरण द्वारा घिरे रहते है, इस बाह्य आवरण को अधि पेशी -आच्छाद (Epimysium) कहते है।

1. पेशी- तन्तु की सूक्ष्म संरचना (Structure of muscle fibre) - पेशी -तन्तु एक लम्बी पेशी कोशिका है। यह लगभग 1 से 40 मिमी लम्बी तथा 0.01 मिमी से 0.1 मिमी व्यास की होती है। यह बहु - केन्द्रकी (Multinucleate) कोशिका होती है, जो सार्कोलीमा (Sarcolemma) द्वारा आवरित रहती है। पेशी - कोशिका के अर्धतरल कोशिकाद्रव्य को पेशी - द्रव्य (Sarcoplasm) कहते हैं। पेशी-द्रव्य में असंख्य पेशी तन्तुक (Myofibrils), माइटोकोन्ड्रिया (सार्कोसोम्स) तथा सार्कोप्लाज्मिक रेटिकुलम पायी जाती है।

प्रत्येक पेशी तन्तुक का व्यास 1-2 माइक्रान होता है। पेशी-तन्तुक में एकान्तर क्रम में हल्की तथा गहरी आड़ी पट्टियां पायी जाती है। गहरी पट्टियों को **विषम दैशिक** (Anisotropic) या **ए-पट्टियाँ** (A-bands) तथा हल्की पट्टियों को **समदैशिक** (Isotropic) या **आई-पट्टियाँ** (I-bands) कहते है। प्रत्येक **आई-पट्टी** में एक पतली गहरी **जेड-रेखा** (Z-line) पायी जाती है। ए-पट्टी का मध्यवर्ती भाग अपेक्षाकृत कम गहरा होता है। इस भाग को **एच क्षेत्र** (H-Zone) कहते है। एक बहुत ही पतली **एम-रेखा** (M-Line) एच क्षेत्र के मध्य स्थित होती है। जेड रेखाओं के बीच के प्रत्येक भाग को **सार्कोमियर** (Sarcomere) कहते है।वास्तव में सोर्कोमियर ही पेशी तन्तुओं की सबसे छोटी कार्यिकी इकाई है या संकुचनशीलता की इकाई है।

इलेक्ट्रान सूक्ष्मदर्शीय अध्ययन से ज्ञात होता है कि प्रत्येक पेशी तन्तुक में दो प्रकार के मायोफिलामेंट पाये जाते है। ये मायोफिलामेंट अनुदैर्ध्य रूप में व्यवस्थित होते हैं।

1. प्राथमिक अथवा मोटे मायोफिलामेंट (Primary or Thick myofilament) - यह मायोसिन नामक प्रोटीन के बने होते हैं। इनका व्यास लगभग 100 Å होता है। यह मार्योफिलामेंट ए-पट्टी पर ही स्थित होता है।

2. द्वितीयक अथवा पतले मायोफिलामेंट (Secondary or Thin myofilament) - यह एक्टिन के बने होते है। इनका व्यास लगभग 50 Å होता है। यह मायोफिलामेंट जेड रेखा से एच-क्षेत्र के किनारे तक फैल रहते है।

2. संकुचनशील तंत्र की आण्विक संरचना - (Molecular Organization of the Contractile System) - संकुचन प्रक्रिया के लिये सहायक पेशी तन्तु की आण्विक संरचना में तीन प्रकार के प्रोटीन पाये जाते है-

1. बल जनक प्रोटीन (Force Generating Protein)
   (a) मायोसिन (Myosin)
   (b) ऐक्टिन (Actin)
2. नियंत्रक प्रोटीन (Regulatory Protein)
   (a) ट्रोपोमायोसिन (Tropomyosin)
   (b) ट्रोपोनिन (Troponin)
3. संरचनात्मक प्रोटीन (Structural Protein)
   (a) α- एक्टिनिन
   (b) M-डिस्क प्रोटीन
   (c) C- प्रोटीन

(i) मायोसिन - मायोसिन प्राथमिक तथा मोटे मायोफिलामेंट का निर्माण करता है। पूरे तन्तुक के प्रोटीन का लगभग आधा भाग मायोसिन का बना होता है। इसका अणुभार 500,000 होता है। यह एक अल्फा कुण्डलित (α-helix) प्रोटीन है।

(ii) एक्टिन- इसका अणुभार 42000 होता है। एक्टिन दो अवस्थाओं में मिलता है। गोलाकार एक्टिन-**जी एक्टिन** (G-Actin) की कई इकाइयाँ मिलकर एक श्रृंखला जैसे रचना तन्तु एक्टिन **एफ एक्टिन** (F-Actin) बनाती है। पेशी तन्तु में ऐक्टिन हमेशा एफ-एक्टिन के रूप में पाया जाता है जो जी-एक्टिन के बहुलीकरण से बनता है। यह दो कुण्डलित लड़ों (Strands) के रूप में होता है जो आपस में लिपटी रहती हैं।

(iii) ट्रोपोमायोसिन- इसका अणुभार 64000 होता है। यह लम्बी (लगभग 400 Å) तथा दो अल्फा-कुण्डलिनी (α helix) इकाइयों की बनी होती है। प्रत्येक ट्रोपोमायोसिन का अणु जी-एक्टिन के सात एकक तक फैला रहता है।

(iv) ट्रोपोनिन - ट्रोपोमायोसिन से जुड़ी हुयी दूसरी प्रोटीन ट्रोपोनिन होती है। यह तीन प्रकार के घटकों से मिलकर बनती है-

(a) ट्रोपोनिन-सी -(Troponin-C) -इसका अणुभार 17000 होता है। इस प्रोटीन से कैल्शियम आयन बंध बनाते है।

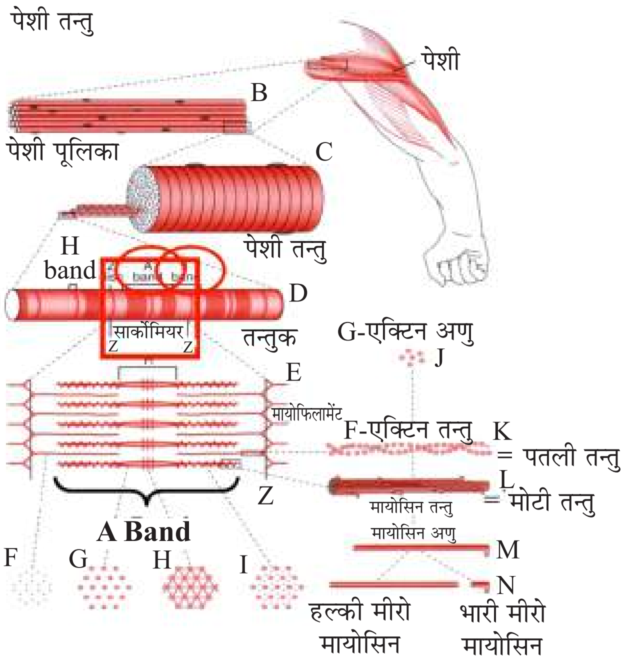
(b) ट्रोपोनिन-आई -(Troponin-I) - इसका अणुभार 22000-240000 होता है। यह मायोसिन तथा एफ एक्टिन के बन्धन के लिये निरोधक (Inhibitor) का कार्य करती है।

(c) ट्रोपोनिन-टी -(Troponin-T) - इसका अणुभार 370000-400000 होता है। यह ट्रोपोमायोसिन से जुड़ी रहती है।

(v) सी-प्रोटीन -(C-protein) - यह प्रोटीन ए-पट्टी में

मायोसिन मायोफिलामेंट के मध्य भाग में पाया जाता है।

(vi) एम-रेखा-प्रोटीन -(M-line protein) - एच-क्षेत्र (H-Zone) के माध्य भाग में स्थित एम-रेखा इसी प्रोटीन की बनी होती है। इसका मुख्य कार्य मायोसिन मायोफिलामेंटों को अपने स्थान पर बनाये रखना है।



चित्र 30.12 कंकालिय पेशी की स्थूल से आण्विक स्तर तक की संगठनात्मक संरचना

चित्र में A से N तक विभिन्न संरचनाओं को दिखाया गया है। F, G, H, I उस स्तर का काट है।

3. सारकोट्यूबुलर तंत्र -(Sarcotubular system) - यह निम्नलिखित संरचनाओं से मिलकर बनता है जो पेशीद्रव्य या सारकोप्लाज्मा में स्थित होती है।

1. टी-तंत्र (T-System)

2. पेशीद्रव्य जालिका (Sarcoplasmic reticulum)

(i) टी-तंत्र (T-System) - इस तंत्र में अनुप्रस्थ नलिकाएँ पायी जाती है। इन नलिकाओं का सीधा संबंध सार्कोलीमा से होता है।

(ii) पेशीद्रव्य जालिका (Sarcoplasmic reticulum) -प्रत्येक मायोफिलामेंट के चारों ओर चिकनी अंत प्रर्द्रव्यी जालिका रूपान्तरित होकर पेशीद्रव्य जालिका बनाती है। यह मुख्यत: महीन नलिकाओं व सिस्टर्नी का बना होता है।

4. सार्कोसोम (Sarcosome) - पेशी कोशिका के माइटोकोन्ड्रिया सार्कोसोम कहलाते है। इनका आकार अन्य कोशिकाओं में माइटोकोन्ड्रिया की तुलना में बड़ा होता है।

5. तंत्रिका पेशी संधि (Neuromuscular junction) -यह संधि पेशी तथा तंन्त्रिका तन्तु के बीच एक कार्यिकीय संपर्क (physiological communication) होता है। तन्त्रिका कोशिका के एक्सान जो कंकालीन पेशी में तन्त्रिकायन (Innervate) करते है उन्हें प्रेरक तन्त्रिकोशिकाक (Motor neuron) कहते है। यह एक्सान माइलिनेटड होते है। पेशी तन्तु के समीप पहुँचने पर यह कई पतली शाखाओं में बंट जाते हैं। इन शाखाओं पर माइलिन आच्छद (Myelin sheath) नहीं होती है। ये शाखाएँ पेशी तन्तु की सार्कोलीमा में अर्न्तवलित रहती हैं। परन्तु सार्कोलीमा से पूर्णत: पृथक रहती है। एक्सान की टर्मिनल शाखाओं के सिरे घुन्डिनुमा संरचना बनाते है,जिन्हें सिनेप्टिक घुन्डियाँ (Synaptic knobs) कहते हैं। इन घुन्डियों के भीतर सिनेप्टिक आशयों में ऐसीटाईल कालीन (Acety1 choline, ACh) नामक न्यूरोट्रान्समीटर भरा रहता है। टर्मीनल एक्सान के नीचे पेशी कोशिका विशेष तौर पर रुपान्तरित होकर प्रेरक अंत्य पट्टिका (Motor end plate) बना लेती है। यहाँ सार्कोलीमा पर ACh के ग्राही (Receptors) स्थित होते है।

पेशी संकुचन की क्रिया विधि (Mechanism of Muscle Contraction)

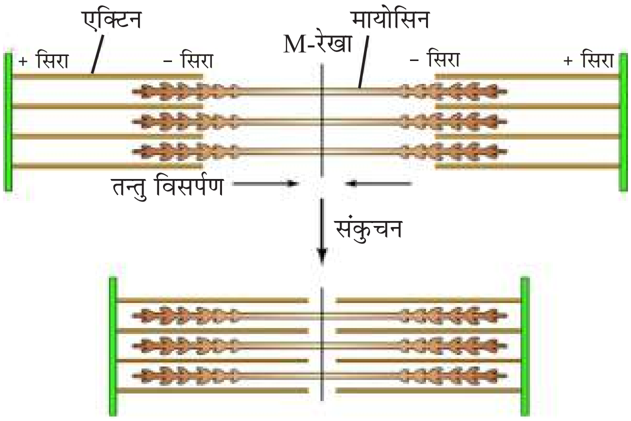
तंतु विसर्पण सिद्धान्त (Sliding Filament Theory) - पेशी संकुचन की क्रिया विधि के इस सिद्धान्त के अनुसार संकुचन के समय पतले तंतु(एक्टिन तंतु) मोटे तंतुओं (मायोसिन तंतु) पर सरकते हैं जिससे सार्कोमीयर की लम्बाई कम हो जाती है। मायोसिन तंतु अनुप्रस्थ सेतु द्वारा अपने सामने स्थित एक्टिन तंतु के साथ हुक के समान जुड़ जाते हैं। इस सेतुओं के संरुपण में परिवर्तन (सीधी अंगुली को मोड़ने के समान) होते है, जो एक्टिन तंतुओं को सार्कोमीयर के केन्द्रीय भाग की ओर खींचते हैं। इस कारण जेड-रेखाएँ एक दूसरे के समीप आ जाती है। ए-पट्टी की लम्बाई यथावत रहती है। लेकिन आई पट्टी एवं एच क्षेत्र की लम्बाई कम हो जाती है। इस प्रकार संकुचन हो जाता है। अगले चरण में मायोसिन सिर एक्टिन तंतुओं से पृथक होकर पुन: एक्टिन तंतु के अगले बिन्दु पर जुड़ता है और तंतु को खीचता है। यह क्रम कई बार दोहराया जाता है और संकुचन क्रिया के फलस्वरूप पेशी तन्तु की लम्बाई कम हो जाती है। संकुचन की समाप्ति पर एक्टिन तंतु ए-पट्टी से बाहर सरक कर पूर्व अवस्था में आ जाते है। संकुचन के समय तंतुओं की लम्बाई में कोई अंतर नहीं आता, केवल पतले तंतु मोटे तन्तुओं के सापेक्ष सरकते है।

संकुचन की कार्यिकी (Physiology of Muscle Conrtraction) -पेशी संकुचन एवं शिथिलन की क्रिया निम्न चार चारणों में सम्पन्न होती है-

1. उत्तेजन (Excitation) - तंत्रिका आवेग के कारण

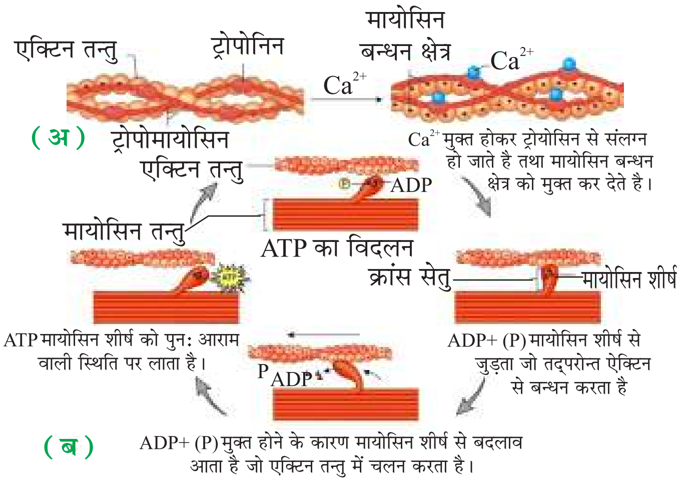
तंत्रिका पेशी संधि (Neuromuscular junction) पर तंत्रिकाक्ष (Axon) के सिरों द्वारा एक तंत्रिका प्रेशी रसायन (Neurotransmitter) एसीटिलकोलीन (Acetylcholine) मुक्त होता है। यह रसायन पेशीप्लैज्मा झिल्ली की Na^{+} के प्रति पारगम्यता को बढ़ा देता है। इस कारण Na^{+} पेशी कोशिका में प्रवेश करते हैं जिससे प्लैज्मा झिल्ली की आंतरिक सतह पर धनात्मक विभव उत्पन्न हो जाता है। (सामान्य अवस्था में पेशी प्लैज्माझिल्ली की भीतरी सतह पर ऋणात्मक विभव होता है।) यह धनात्मक विभव पूरी पेशीप्लैज्मा झिल्ली पर संचरित होकर सक्रिय विभव (Action potential) उत्पन्न करता है जिसे पेशी कोशिका की उत्तेजन अवस्था कहते है।

2. उत्तेजन संकुचन युग्मन (Excitation -Contraction Coupling) – यह वह क्रिया प्रणाली है जिससे सक्रिय विभव पेशी कोशिका में संकुचन प्रेरित करता है। पेशीप्लैज्मा झिल्ली से सक्रिय विभव पेशीप्रद्रव्य के अंदर टी–नलिका तंत्र द्वारा तेजी से संचरित होता है। इस विभव के कारण पेशीप्रद्रव्यी जालिका में से Ca^{++} मुक्त होकर ट्रोपोनिन–सी से संलग्न हो जाते हैं (चित्र 30.14 (अ))। फलस्वरूप ट्रोपोनिन अणु में ऐसे संरुपणी (Configurational) परिवर्तन होते हैं जिनके कारण एक्टिन के सक्रिय स्थल पर उपस्थित ट्रोपोमायोसिन एवं ट्रोपोनिन दोनों वहाँ से हट जाते है। जैसे ही सक्रिय स्थल मुक्त होते हैं, मायोसिन तंतु के अनुप्रस्थ सेतु इनसे जुड़ जाते हैं और संकुचन प्रक्रिया प्रारम्भ हो जाती है।



चित्र 30.13 तंतु विसर्पण क्रिया

3. संकुचन (Contraction) – संकुचन तंतु विसर्पण विधि द्वारा होता है, जो एक्टिन तंतु व मायोसिन अनुप्रस्थ सेतु के जुड़ने के साथ ही प्रारम्भ हो जाता है। एक्टिन तंतु के सक्रिय स्थल से जुड़ने के ठीक पहले अनुप्रस्थ सेतु का सिर एक अणु ATP से जुड़ता है। मायोसिन सिर के एटीपीएस (ATPase) द्वारा ATP का ADP^{+} Pi में विदलन हो जाता है (चित्र 30.14 (ब))। ADP^{+} Pi सिर से ही संलग्न रहते है। इसके बाद मायोसिन का सिर एक्टिन तंतु के सक्रिय स्थल से जुड़ता है। सिर एवं सक्रिय स्थल के बंधन के कारण सिर में संरूपण परितर्वन होते हैं। इस कारण सिर में झुकाव (सीधी अंगुली के मुड़ने के समान) उत्पन्न होता है और एक्टिन तंतु सार्कोमीयर के केन्द्र (एच क्षेत्र में) की ओर खींचा जाता है। इसके लिए ATP के विदलन से प्राप्त ऊर्जा काम आती है। सिर के झुकाव के कारण इससे जुड़े ADP^{+}Pi भी मुक्त हो जाते हैं। इसके मुक्त होते ही नया ATP अणु सिर से जुड़ जाता है। ATP जुड़ने से सिर एक्टिन से पृथक हो जाता है। पुन: ATP का विदलन होता है। मायोसिन सिर एक नये सक्रिय स्थल पर जुड़ता है और उपरोक्त प्रक्रिया दोहरायी जाती है। अनुप्रस्थ सेतु के सिर की पुनरावर्तित क्रिया (Repeated activity) के फलस्वरूप एक्टिन तंतु सरकते है एवं संकुचन हो जाता है। संकुचन में अनेक तंतुक एवं अनुप्रस्थ सेतु भाग लेते है। जब तक Ca^{++} ट्रोपोनिन से संलग्न रहते है, पेशी तन्तु में संकुचन जारी रहता है।



चित्र 30.14 संकुचन क्रिया

4. शिथिलन (Relaxation) – जब तंत्रिका आवेग द्वारा होने वाला पेशी का उत्तेजन समाप्त हो जाता है तब Ca^{++} पेशी प्रद्रव्यी जालिका में भेजे जाते है। फलस्वरूप ट्रोपोनिन–सी Ca^{++} से मुक्त हो जाती है और एक्टिन तंतु के सक्रिय स्थल अवरूद्ध हो जाते है। एक्टिन व मायोसिन तंतुओं का जुड़ना बंद हो जाता है। तंतु अपनी सामान्य अवस्था में आ जाते हैं तथा पेशी का शिथिलन हो जाता है।

संकुचन के लिए ऊर्जा स्त्रोत (Energy source for contraction) –पेशी संकुचन के लिए ऊर्जा ATP द्वारा मिलती है। संकुचन के समय उत्पन्न ADP का पुन: ATP में परिवर्तन **क्रिएटिन फॉस्फेट** द्वारा तुरन्त हो जाता है। पेशी में ATP का निर्माण संचित ग्लाइकोजन व प्राप्त होने वाले ग्लूकोस एवं वसीय अम्लों के ऑक्सीकरण द्वारा होता है। लाल पेशियों में मायोग्लोबिन ऑक्सीजन का भंडारण कर सकती है जो ATP निर्माण में काम आती है। अनॉक्सी

अवस्था में अधिक समय तक संकुचन के कारण पेशी में लैक्टिक अम्ल का संचय हो जाता है जिसके कारण पेशी में दर्द होने लगता है।

गति में पेशियों एवं अस्थियों का योगदान (Role of Muscles and Bones in Movement)– पेशीकंकाल तंत्र का प्राथमिक महत्व चलन में होता है। कशेरुकियों में बिना पेशियों के गति संभव नहीं है। अस्थियों से संलग्न पेशियाँ मशीन की तरह कार्य कर रासायनिक ऊर्जा को यौत्रिक ऊर्जा में बदलती है। पेशियों में धकेलने की क्रिया नहीं होती। पेशियाँ संकुचित होने पर केवल खिंचाव बल (Pulling force) उत्पन्न करती है। यह बल अस्थियों को खींचने में प्रयुक्त होता है। अस्थियों के खींचने के फलस्वरूप ही गति एवं चलन संभव होता है। पेशियाँ, अस्थियाँ एवं संधियाँ मिलकर उत्तोलकों के तंत्र की तरह कार्य करती है। संधियों में सापेक्ष गति होती है, जो उत्तोलक के आलम्ब (Fulcrum) का कार्य करती है। मनुष्य के पेशीकंकाल तंत्र में तीनों प्रकार के उत्तोलकों के समान कार्यप्रणाली देखी जा सकती है। उत्तोलकों की समन्वयी क्रियाओं से चलना भी संभव हो पाता है। उदाहरणार्थ – कोहनी को मोड़ने की गति के दौरान, कोहनी की संधि आलम्ब का कार्य करती है। कोहनी संधि के समीप निवेशित बाइसेप्स (Biceps) पेशी संकुचित होकर आलम्ब व भार के मध्य बल लगाती है। भुजा का दूरस्थ सिरा भार साधने का कार्य करता है।

अस्थियों की गति में कम से कम पेशियों के दो समूह सामान्यतया भाग लेते हैं। एक समूह अस्थि को एक स्थिति में लाता है तो दूसरा उसे वापस ले जाता है। इस प्रकार की पेशियों को **विरोधी** (Antagonistic) **पेशियां** कहते है। ये एक दूसरे के विरोध में लेकिन समन्वय में कार्य करती है। जैसे आकोचनी (Flexor) पेशी प्रसारिणी (Extensor) पेशी की विरोधी है। जब आकोचनी पेशी संकुचित होती है, तो प्रसारिणी विश्राम अवस्था में रहती है । भुजा की बाइसेप्स पेशी आकोचनी है जो भुजा को कोहनी संधि पर मोड़ती है तथा ट्राइसेप्स (Triceps) पेशी प्रसारिणी है, जो भुजा को कोहनी संधि पर फैलाती है। कई पेशियाँ परस्पर सहयोगी के रूप में भी कार्य करती है।

प्राणी की शारीरिक स्थिति का संतुलन भी पेशीकंकाल तंत्र द्वारा किया जाता है। इस पर तंत्रिका तंत्र का सीधा नियंत्रण होता है। अनैच्छिक पेशियाँ सम्पूर्ण प्राणी के चलन में प्रयुक्त नहीं होती । ये पदार्थों को तंत्रों के भीतर एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाने में प्रयुक्त होती है, जैसे-आहार नाल में खाद्य पदार्थों का क्रमाकुंचन द्वारा स्थानान्तरण।

अस्थियों के रोग (Disorders of Bones)

1. संधिशोध (Arthritis) - सामान्यत: इसे जोड़ों का दर्द या गठियाँ बाय कहते है। इसमें अस्थि संधियों में जकड़न व दर्द के कारण चलना-फिरना, उठना-बैठना कठिन हो जाता है। इसके तीन प्रकार प्रमुख प्रकार है–

(i) संधिवातीय संधिशोथ (Rheumatoid Arthritis) – इस रोग में संधि झिल्ली (Synovial membrane) में सूजन आ जाती है तथा झिल्ली मोटी हो जाती है। संधि तरल का स्राव बढ़ जाता है। इसके कारण दाब बढ़ता है एवं दर्द होने लगता है। संधि का तापमान भी बढ़ जाता है । संधि झिल्ली से असामान्य कणों (Pannus) का स्राव होता है। इन कणों के जमा होने से संधि अचल हो जाती है। यह एक प्रकार का **स्वः प्रतिरक्षण** (Autoimmune) रोग है, जिसमें शरीर का प्रतिरक्षण तंत्र स्वयं के ऊतकों पर ही आक्रमण कर देता है। इस रोग का निदान संधिवातीय कारक (Rheumatoid factor) (प्रतिरक्षीग्लोब्यूलिन, lgM) की उपस्थिति एवं बढ़ी हुई रक्ताणु अवसादन दर (ESR) की जाँच द्वारा संभव है। यह रोग प्राय: अधिक आयु के व्यक्तियों में होता है तथा हाथ-पैर के जोड़ों को प्रभावित करता है। इसके उपचार के लिए दर्द निवारक दवायें, जो दर्द को कम करती है तथा फिजियोथेरेपी (Physiotherapy) एवं गर्म सेक, जो सूजन को कम करते है, लाभदायक है।

(ii) ओस्टियोआर्थाइटिस (Osteo-arthritis) – इस रोग में संधि क्षतिग्रस्त हो जाती है। इस रोग में जोड़ में सूजन नहीं आती तथा रुधिर परीक्षण परिणाम भी सामान्य आते है। यह वृद्धावस्था में होने वाला रोग है। इसके द्वारा श्रोणि संधि, जानु संधि एवं टखने की संधि ज्यादा प्रभावित होती है। संधि उपास्थि का पतली व कमजोर हो जाना, जोड़ के बीच स्थान कम रह जाना, अस्थि का क्षतिग्रस्त होना व नयी अस्थि का निर्माण हो जाना इस रोग के प्रमुख लक्षण हैं। जोड़ संकरा हो जाने से गतिशीलता कम हो जाती है तथा जोड़ दर्द करने लगता है। उपचार के लिए दर्द निवारक दवायें दी जाती है। स्थिति अधिक खराब हो जाने पर धातु एवं प्लास्टिक से बने अवयवों द्वारा संधि को प्रतिस्थापित किया जाता है।

(iii) गठिया (Gouty Arthritis) – गठिया रोग में जोड़ो पर यूरिक अम्ल के जमा हो जाने के कारण सूजन, दर्द व जकड़न होती है, इसके उपचार हेतु स्टेरॉयड व दर्दनाक दवा दी जाती है।

(iv) ओस्टियोपोरोसिस (Osteoporosis) – इस रोग का प्रमुख लक्षण है, अस्थि के द्रव्यमान(Bone mass) की क्षति यानि आधात्री (कार्बनिक भाग) एवं खनिज (कैल्शियम) दोनों की कमी हो जाती है। अस्थि पतली, कमजोर व कम प्रत्यास्थ हो जाने से इसकी मजबूती घट जाती है। इसके टूटने की प्रवृत्ति बढ़ जाती है। मामूली से गिरने पर भी अस्थि टूट सकती है। ओस्टियोपोरोसिस सम्पूर्ण कंकाल को प्रभावित करता है, लेकिन श्रोणि, कलाई एवं कशेरुकों पर इसका

दुष्प्रभाव अधिक होता है। यह रोग आयु के साथ बढ़ता है, लेकिन एस्ट्रोजन हॉर्मोन की कमी के कारण वृद्ध महिलाओं में अधिक होता है। इस रोग के कारणों में हॉर्मोनों जैसे- कैल्सिटोनिन, पैराथायरॉइड, ग्लूकोकोर्टिकॉइड।

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. कंकाल शरीर को आलम्ब प्रदान करता है। यह दो प्रकार का होता है- बाह्य कंकाल एवं अंत: कंकाल।
2. उपास्थियाँ उत्पत्ति के आधार पर काचाभ, प्रत्यास्थ एवं रेशेदार होती है।
3. अस्थियाँ उत्पत्ति के आधार पर दो प्रकार की होती है उपास्थिजात अस्थियाँ एवं कलाजात अस्थियाँ।
4. अन्त: कंकाल के दो मुख्य भाग-अक्षीय कंकाल एवं उपांगीय कंकाल होते हैं।
5. मनुष्य के कंकाल का निर्माण कुल 206 अस्थियों एवं कुछ उपास्थियों द्वारा होता है। कंकाल सुरक्षा व आलम्बन प्रदान करने के साथ ही गमन के लिए भी आवश्यक है।
6. मनुष्य में अक्षीय कंकाल का निर्माण करोटि, कशेरुक दण्ड, उरोस्थि एवं पसलियों से होता है।
7. मेखलाएँ एवं उपांगीय की अस्थियाँ अनुबंधी कंकाल बनाती है।
8. उपांगीय कंकाल में मेखलाएँ एवं अग्र तथा पश्च पाद की अस्थियाँ सम्मिलित की जाती है।
9. अंस मेखला जत्रुक एवं संयुक्त अस्थि अंसफलक अंसतुण्ड की बनी होती है।
10. श्रोणी मेखला का प्रत्येक अर्धांश श्रोणी अस्थि, आसनास्थि, जंघनास्थि एवं कंसास्थि से मिलकर बना होता है।
11. हाथ की मुख्य अस्थियाँ, प्रगंडिका, बाहि: प्रकोष्ठिका एवं अन्त: प्रकोष्ठिका, मणि बंधिका, कराभिकाएँ एवं अंगुलास्थियाँ होती है।
12. पाव की मुख्य अस्थियाँ - ऊर्विका, अन्त: बहि जंघिका, गुल्फास्थियाँ, प्रपादिकाएँ एवं अंगुलास्थियाँ होती है।
13. मनुष्य में पेशीय गति महत्वपूर्ण है। मनुष्य मे तीन प्रकार की पेशियाँ होती है-कंकाली, हृदय एवं चिकनी पेशियाँ।
14. कंकाल पेशियाँ पेशी तंतुओं से निर्मित होती है तथा इनकी क्रियात्मक इकाई को सार्कोमीयर कहते है।
15. सार्कोमीयर का निर्माण मोटे मायोसिन तंतुओं तथा पतले एक्टिन तंतुओं द्वारा होता है।
16. पेशी संकुचन की क्रियाविधि के तंतु विसर्पण सिद्धान्त के अनुसार संकुचन मोटे तंतुओं के सापेक्ष पतले तंतुओं के सरकने से होता है।
17. संधियाँ तीन प्रकार की होती है- अचल, आंशिक चल, एवं चल संधियाँ।
18. पेशियाँ, अस्थियाँ एवं संधियाँ मिलकर उत्तोलक के समान कार्य करती है जिससे गति संभव होती है।
19. आर्थ्राइटिस (जोड़ों का दर्द) एवं ऑस्टियोपोरोसिस(अस्थियों का कमजोर होना) अस्थियों के सामान्य रोग है जो अधिक आयु के व्यक्तियों में होते है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुवैकल्पिक प्रश्न

1. जन्तु का बाह्य कंकाल है-
   (अ) करोटी (ब) पसलियाँ
   (स) नखर (द) उरोस्थि।
2. अस्थि की आधात्री किस प्रोटीन की बनी होती है-
   (अ) कोन्ड्रिन (ब) ऑसीन
   (स) फाइब्रीन (द) रेटिनिन
3. कंकाल का कार्य है-
   (अ) कोमल अंगों की सुरक्षा
   (ब) मांस पेशियों को जुड़ने के लिए सतह
   (स) रक्ताणु का निर्माण
   (द) उपरोक्त सभी
4. पक्ष्माभ की आगे-पीछे दोलन गति का कारण है-
   (अ) सूक्ष्म नलिकाओं का विसर्पण
   (ब) सूक्ष्मतंतुओं का संकुचन
   (स) कोशिका भित्ति का दीर्घीकरण
   (द) स्फीति में परिवर्तन
5. तंतु विसर्पण सिद्धान्त के अनुसार पेशी संकुचन के समय पेशी की लम्बाई कम करने के लिए गति करने वाला अणु है।
   (अ) कोलेजन (ब) एक्टिन
   (स) मायोसिन (द) टाइटिन
6. कोहनी की संधि का प्रकार है-
   (अ) अचल संधि (ब) कब्जा संधि
   (स) दृढ़ संधि (द) धुराग्र संधि

7. संकुचनशील प्रोटीन है–

(अ) ट्रोपोनिन (ब) मायोसिन

(स) ट्रोपोमायोसिन (द) उपरोक्त सभी

8. मानव के पश्च पाद में अस्थियों की संख्या होती है–

(अ) 14 (ब) 24

(स) 26 (द) 30

9. पेशियां का अनॉक्सी संकुचन किसके संचयन के कारण पीड़ा दायक होता है?

(अ) कैल्शियम आयन (ब) मायोसिन

(स) लैक्टिक अम्ल (द) क्रियेटिन फॉस्फेट

10. अनुप्रस्थ सेतुओं के बंधन के लिए कौन–से आयन की उपस्थिति आवश्यक है?

(अ) कैल्शियम (ब) सोडियम

(स) लौह (द) पौटेशियम

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

1. पेशी की संरचनात्मक एवं क्रियात्मक इकाई बताइये।
2. पेशी किसके द्वारा अस्थि से जुड़ती है।
3. अस्थि से अस्थि किसके द्वारा जुड़ती है?
4. मनुष्य के त्रिक का निर्माण कितने कशेरुक करते है?
5. मनुष्य में करोटि का निर्माण कितनी अस्थियों से होता है?
6. अस्थियों में संचित प्रमुख पदार्थों के नाम दीजिये।
7. पेशी कार्य में किस प्रकार का ऊर्जा परिवर्तन होता है।

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. उपास्थिजात अस्थियाँ क्या है, समझाइये।
2. कंकाल के मुख्य कार्य लिखिए।
3. उरोस्थि पर टिप्पणी लिखिये।
4. श्रोणी मेखला का नामांकित चित्र बनाइये।
5. स्नायु एवं कंडरा में भेद लिखिये।
6. संकुचन के लिए पेशी किस प्रकार उत्तेजित होती है।
7. मनुष्य की भुजा की सभी संधियाँ अचल हो जायें तो क्या प्रभाव पड़ेगा?
8. ओस्टियोपोरोसिस किसे कहते है?
9. पेशी संकुचन के लिए ऊर्जा स्रोत क्या है?
10. यदि कंकाल पेशी को जाने वाली तंत्रिका को काट दिया जाये तो संकुचन पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

निबंधात्मक प्रश्न

1. कंकाल पेशी की विस्तृत संरचना लिखिए।
2. संधि किसे कहते है? मानव शरीर में पायी जाने वाली संधियों का वर्णन कीजिये।
3. पेशी संकुचन की क्रियाविधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
4. मनुष्य में मेखलाओं की संरचना एवं इनका महत्व दीजिये।

उत्तरमाला –1. (स) 2. (ब) 3. (द) 4. (ब) 5. (ब) 6. (ब) 7. (ब) 8. (द) 9. (स) 10. (अ)

❑❑❑