પ્રકરણ 20

પ્રચલન અને હલનચલન (Locomotion and Movement)

20.1 હલનચલનના પ્રકારો
20.2 સ્નાયુ
20.3 કંકાલતંત્ર
20.4 સાંધાઓ
20.5 સ્નાયુ અને કંકાલતંત્રની અનિયમિતતાઓ

હલનચલન સજીવોનું એક અગત્યનું લક્ષણ છે. પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ ઘણા બધા પ્રકારના હલનચલન દર્શાવે છે. અમીબા જેવા એકકોષીય સજીવોમાં જીવરસનું પરિભ્રમણ સરળ પ્રકારનું હલનચલન છે. પક્ષ્મો, કશા અને સૂત્રાંગોનું હલનચલન ઘણા સજીવોમાં જોવા મળે છે. મનુષ્ય ઉપાંગો, જડબાં, આંખનાં પોપચાં, જીભ વગેરેને હલાવે છે. કેટલાક હલનચલન તેમના જગ્યા અથવા સ્થાનમાં ફેરફાર કરાવે છે. આ સ્વૈચ્છિક હલનચલનને **પ્રચલન** કહે છે. ચાલવું, દોડવું, ચઢવું, ઊડવું, તરવું એ પ્રચલનરૂપ હલનચલનના કેટલાક સ્વરૂપો છે. પ્રચલન રચનાઓ બીજા પ્રકારના હલનચલનથી જુદી હોવી જરૂરી નથી. ઉદાહરણ તરીકે પેરામીશિયમમાં પક્ષ્મો, કોષ કંઠનળી દ્વારા ખોરાકના હલનચલનમાં અને પ્રચલનમાં પણ મદદ કરે છે. હાઇડ્રા તેમના સૂત્રાંગોનો ઉપયોગ તેમના શિકારને પકડવા અને પ્રચલનમાં પણ કરે છે. આપણે ઉપાંગોનો ઉપયોગ શરીરની સ્થિતિ બદલવામાં અને પ્રચલનમાં કરીએ છીએ. ઉપરોક્ત અવલોકનો દર્શાવે છે કે હલનચલન અને પ્રચલનનો અભ્યાસ અલગ અલગ ન થઈ શકે. આથી એમ કહી શકાય કે બધા પ્રચલન એ હલનચલન છે પરંતુ બધા હલનચલન પ્રચલન નથી.

પ્રાણીઓમાં પ્રચલનની પદ્ધતિઓ તેમના નિવાસસ્થાન અને પરિસ્થિતિની જરૂરિયાત પ્રમાણે બદલાય છે. આમ પ્રચલન એ ખોરાક, આશ્રયસ્થાન, સાથી, યોગ્ય પ્રજનન સ્થળ, સાનુકૂળ આબોહવાકીય પરિસ્થિતિની શોધ અથવા દુશ્મનો / ભક્ષકોથી બચવા માટે થાય છે.

20.1 હલનચલનના પ્રકારો (Types of Movement)

માનવશરીરના કોષો મુખ્ય ત્રણ પ્રકારના હલનચલન દર્શાવે છે. જેવા કે અમીબીય, પક્ષ્મલ અને સ્નાયુલ.

આપણા શરીરમાં આવેલ વિશિષ્ટ કોષો જેવા કે ભક્ષક કોષો (બૃહદ્ કોષો (Macrophages)) અને રૂધિરમાંના શ્વેતકણો અમીબીય હલનચલન દર્શાવે છે. તે જીવરસીય પરિભ્રમણ (અમીબામાં) દ્વારા નિર્માણ પામતા ખોટાપગોને કારણે છે. કોષીય કંકાલના ઘટકો જેવા કે સૂક્ષ્મતંતુઓ પણ અમીબીય હલનચલનમાં સંકળાયેલ છે.

તમે પ્રકરણ 8માં પક્ષ્મ અને કશા, જે કોષરસપટલનો બર્હિરુદભેદ છે તે ભણી ચૂક્યા છો. કશા હલનચલન (Flagellar movement) શુક્રકોષના તરવામાં, વાદળીઓના નલિકાતંત્રમાં પાણીના પ્રવાહની જાળવણી અને યુગ્લીના જેવા પ્રજીવના પ્રચલનમાં મદદ કરે છે. શુક્રકોષના તરવામાં પક્ષ્મલ હલનચલન આપણા નલિકામય આંતરિક અંગોમાં થાય છે કે જે અંદરની સપાટી ઉપર પક્ષ્મલ અધિચ્છદીય પેશીથી આવૃત્ત છે. શ્વાસનળીમાં આવેલા પક્ષ્મોનું સંકલિત હલનચલન એ ધૂળના રજકણો અને કેટલાક બાહ્ય પદાર્થો જે વાતાવરણની હવા સાથે દાખલ થાય છે તેને દૂર કરવામાં મદદ કરે છે. પક્ષ્મલ હલનચલન દ્વારા માદા પ્રજનનતંત્રમાં અંડકોષના વહનને પણ સાનુકૂળતા પૂરી પાડે છે.

આપણા ઉપાંગો, જીભ, જડબા વગેરેના હલનચલન માટે સ્નાયુનું હલનચલન જરૂરી છે. સ્નાયુઓના સંકોચનનો ગુણધર્મ અસરકારક રીતે, માનવમાં તથા મોટા ભાગના બહુકોષી સજીવો દ્વારા થતા પ્રચલન અને અન્ય હલનચલનોમાં ઉપયોગી છે. આ પ્રકારના પ્રચલનમાં સ્નાયુઓનું કંકાલતંત્રનું અને ચેતાતંત્રનો પારસ્પરિક સહયોગની ક્રિયાઓ જરૂરી છે. આ પ્રકરણમાં તમે સ્નાયુના પ્રકાર, તેની રચના, તેમના સંકોચનની કાર્યપદ્ધતિ અને કંકાલતંત્રના મહત્ત્વ વિશે અભ્યાસ કરશો.

20.2 સ્નાયુ (Muscle)

સ્નાયુ એ મધ્યગર્ભસ્તરમાંથી ઉત્પન્ન થતી વિશિષ્ટ પેશી છે. પુખ્ત મનુષ્યમાં શરીરના કુલ વજનનો આશરે 40-50 % જેટલું સ્નાયુ દ્વારા બને છે. તેઓ વિશિષ્ટ ગુણધર્મો ધરાવે છે. જેવા કે, ઉત્તેજના, સંકોચનશીલતા, વિસ્તૃતતા અને સ્થિતિસ્થાપકતા. સ્નાયુઓને વિવિધ લક્ષણો જેવા કે, સ્થાન, દેખાવ અને કાર્યનિયમનની પ્રકૃતિને આધારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. સ્થાનને આધારે સ્નાયુ ત્રણ પ્રકારથી ઓળખવામાં આવે છે. (I) કંકાલસ્નાયુ (II) કોષ્ઠાંતર સ્નાયુ અને (III) હૃદસ્નાયુ.

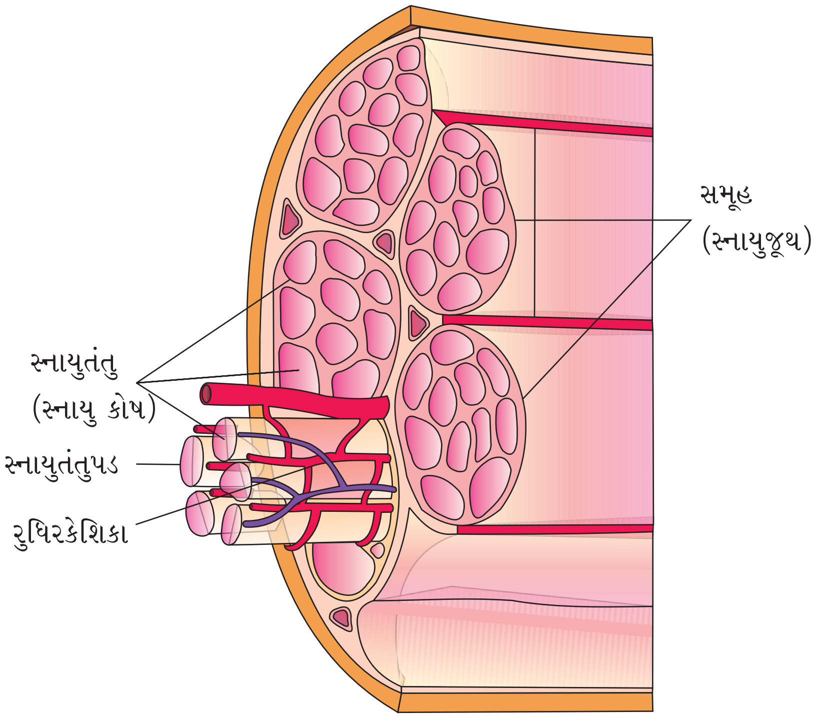
કંકાલસ્નાયુ એ શરીરના કંકાલ ઘટકો સાથે ચુસ્ત રીતે જોડાયેલા છે. સૂક્ષ્મદર્શક નીચે તેની રચના જોતા તે રેખિત દેખાય છે અને તેથી તેને **રેખિત સ્નાયુઓ** કહે છે. તેમનું કાર્ય ચેતાતંત્રના ઐચ્છિક નિયંત્રણ હેઠળ હોય છે, તેથી તેઓ ઐચ્છિક સ્નાયુઓ તરીકે પણ જાણીતા છે. તેઓ પ્રાથમિક રીતે પ્રચલન ક્રિયાઓ અને શરીરની સ્થિતિના બદલાવ સાથે સંકળાયેલ છે.

કોષ્ઠાંતર સ્નાયુઓ શરીરમાંના અંતઃસ્થ અંગોના પોલાણની અંદરની દીવાલમાં સ્થાન પામેલા છે. જેવા કે પાચનમાર્ગ, પ્રજનનમાર્ગ વગેરે. તેઓ કોઈ રેખિત રચના ધરાવતા નથી અને પ્રમાણમાં લીસા દેખાય છે. તેથી તેઓને **લીસા સ્નાયુઓ (અરેખિત સ્નાયુઓ)** કહે છે. તેમનું કાર્ય ચેતાતંત્રના ઐચ્છિક નિયંત્રણ હેઠળ હોતું નથી. તેથી તેને અનૈચ્છિક સ્નાયુઓ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે તેઓ ખોરાકનું પાચનમાર્ગમાં વહન અને જનનકોષોનું જનનમાર્ગ દ્વારા વહનમાં સહાય કરે છે.

હૃદસ્નાયુ પેશી તેના નામ પ્રમાણે હૃદયના સ્નાયુઓ છે. હૃદસ્નાયુ પેશીના નિર્માણમાં ઘણા

હૃદસ્નાયુ કોષો ભેગા મળી શાખિત રચના કરે છે. દેખાવને આધારે હૃદસ્નાયુઓ રેખિત છે. તેઓ અનૈચ્છિક પ્રકૃતિના છે. ચેતાતંત્ર તેમની ક્રિયાઓનું સીધું નિયંત્રણ કરતું નથી.

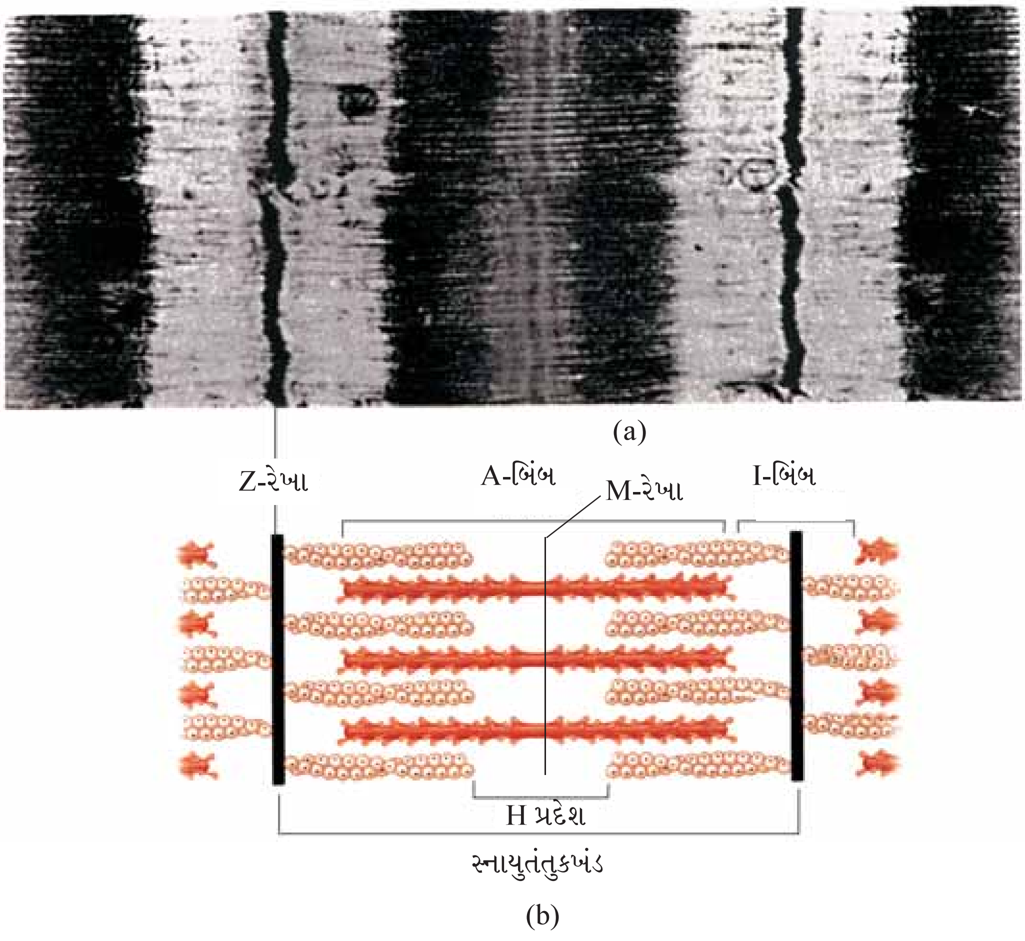
ચાલો, કંકાલસ્નાયુઓને રચના અને સંકોચન ક્રિયાવિધિ સમજવા ઉંડાણપૂર્વક તપાસીએ. આપણા શરીરના દરેક સુઆયોજિત કંકાલસ્નાયુ ઘણા **સ્નાયુજૂથ** અથવા **સમૂહ (Fascicles)** કે જે સામાન્ય કૉલેજનયુક્ત સંયોજક પેશીના સ્તર જેને **સંપુટ (Fascia)** કહે છે તેના દ્વારા ભેગા મળી બનાવે છે. દરેક સ્નાયુજૂથ ઘણા સ્નાયુતંતુઓ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.1). દરેક સ્નાયુતંતુ રસપટલ દ્વારા આવૃત્ત હોય છે. જેને **સ્નાયુતંતુપડ (Sarcolemma)** કહે છે. જે



આકૃતિ 20.1 : સ્નાયુજૂથ અને સ્નાયુતંતુઓ દર્શાવતો સ્નાયુનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

સ્નાયુરસ(Sarcoplasm)ને ઘેરે છે. સ્નાયુતંતુ એક બહુકોષકેન્દ્રીય રચના છે. કારણ કે તે ઘણા કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. સ્નાયુતંતુની અંતઃકોષરસજાળ એટલે કે સ્નાયુ- રસજાળ. કૅલ્શિયમ આયનનું સંગ્રહસ્થાન છે. સ્નાયુતંતુની લાક્ષણિકતા સ્નાયુરસમાં સમાંતર રીતે ગોઠવાયેલ મોટી સંખ્યામાં જોવા મળતા તંતુકોની(Filaments) હાજરીને કારણે હોય છે. જેને **સ્નાયુતંતુકો (Myofilaments or Myofibrils)** કહે છે. દરેક સ્નાયુતંતુકો એકાંતરે ઘેરા અને ઝાંખા બિંબ ધરાવે છે. સ્નાયુતંતુકનો ઊંડાણપૂર્વકનો અભ્યાસ તેનો રેખિત દેખાવ દર્શાવે છે. જે અગત્યના બે પ્રોટીન **ઍક્ટિન** અને **માયોસિન**ની વિતરણ પદ્ધતિને કારણે છે. ઝાંખા બિંબ ઍક્ટિન ધરાવે છે અને તેને I-બિંબ અથવા

આઈસોટ્રૉપિક બિંબ કહે છે. જ્યારે ઘેરા બિંબને A-બિંબ અથવા એનઆઈસોટ્રૉપિક બિંબ કહે છે. જે માયોસિન ધરાવે છે. બંને પ્રોટીન સ્નાયુતંતુકોમાં સળિયાની જેમ એકબીજાને સમાંતર અને સ્નાયુ તંતુકોના લંબઅક્ષે પણ ગોઠવાયેલ હોય છે. ઍક્ટિન તંતુકો માયોસિન તંતુકોની તુલનામાં પાતળા હોય છે. તેથી સામાન્ય રીતે તેમને અનુક્રમે પાતળા અને જાડા તંતુઓ કહે છે. દરેક I-બિંબની મધ્યમાં સ્થિતિસ્થાપક તંતુ જેને Z-રેખા કહે છે, જે તેને બે ભાગોમાં વિભાજિત કરે છે. પાતળા તંતુકો Z-રેખા સાથે જોડાયેલા હોય છે. A-બિંબમાંના જાડા તંતુકો આ બિંબના મધ્યમાં પાતળા તંતુમય પટલ વડે જોડાય છે જેને M-રેખા કહે છે. A અને I-બિંબ સ્નાયુતંતુકોની લંબાઈમાં એકાંતરે ગોઠવાયેલા હોય છે. સ્નાયુતંતુકની બે ક્રમિક Z-રેખા વચ્ચેનો ભાગ સંકોચનનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. જેને સ્નાયુતંતુકખંડ (Sarcomere) કહે છે (આકૃતિ 20.2) વિશ્રામી અવસ્થામાં જાડા તંતુકોની બંને બાજુએ આવેલ પાતળા તંતુકોના છેડા વડે જાડા તંતુકોના મધ્ય ભાગને છોડી અંશતઃ આચ્છાદન પામે છે. જેથી જાડા તંતુનો મધ્યભાગ કે જે પાતળા તંતુઓ વડે આચ્છાદન પામતો નથી તેને H-વિસ્તાર કહે છે.

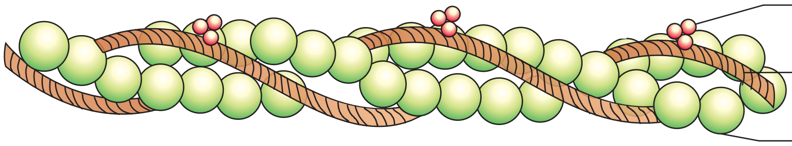


આકૃતિ 20.2 : રેખાકૃતિ રજૂઆત (a) સ્નાયુતંતુકખંડ દર્શાવતી સ્નાયુતંતુની અંતઃસ્થરચના (b) સ્નાયુતંતુકખંડ

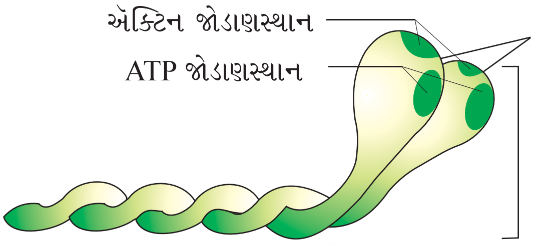
20.2.1 સંકોચનશીલ પ્રોટીનની રચના (Structure of Contractile Proteins)

દરેક ઍક્ટિન (પાતળા) તંતુકો બે 'F' (Filamentous) ઍક્ટિન એકબીજા સાથે કુંતલાકારે વીંટળાઈને બને છે. દરેક 'F' ઍક્ટિન, એકલઅણુ (Monomeric) 'G' (ગોળાકાર) ઍક્ટિનના બહુ અણુ (બહુલક) છે. બે અન્ય પ્રોટીનના તંતુકો, ટ્રોપોમાયોસિન પણ 'F' ઍક્ટિનની સમગ્ર લંબાઈની નજદીકથી પસાર થાય છે. જટિલ પ્રોટીન ટ્રોપોનીન, ટ્રોપોમાયોસિનના નિયત અંતરાલે વિતરણ પામેલા હોય છે. વિશ્રામી અવસ્થામાં ટ્રોપોનીનનો એક ઉપએકમ ઍક્ટિન તંતુકો ઉપરના સક્રિય માયોસિન જોડાણ સ્થાનને ઢાંકેલો રાખે છે (આકૃતિ 20.3 (a)).

દરેક માયોસિન (જાડો) તંતુક પણ બહુલીકૃત (બહુલક) પ્રોટીન છે. ઘણા એકલ પ્રોટીનો જેને મેરોમાયોસિન કહે છે. તેના દ્વારા એક જાડો તંતુક બને છે (આકૃતિ 20.3(b)). દરેક મેરોમાયોસિનને બે અગત્યના ભાગો હોય છે, ટૂંકા હસ્ત સાથેનું ગોળાકાર શીર્ષ અને પૂંછડી, અગ્રભાગને ભારે (Heavy) મેરોમાયોસિન (HMM) અને પાછળના ભાગને હલકું (Light) મેરોમાયોસિન (LMM) કહે છે. HMM ઘટક અર્થાત્ શીર્ષ અને ટૂંકી ભુજા (હસ્ત) જે એકબીજા સાથે એક નિયત અંતરે અને ખૂણે બહુલીકૃત માયોસિન તંતુ ઉપર બહારની તરફ ઉપસેલ હોય છે જે ભુજાની ચોકડી (Cross arm) તરીકે ઓળખાય છે. ગોળાકાર શીર્ષ એ સક્રિય ATPase ઉત્સેચક છે અને ATPનું જોડાણ સ્થાન ધરાવે છે અને ઍક્ટિન માટેનું સક્રિય સ્થાન છે.



(a)



(b)

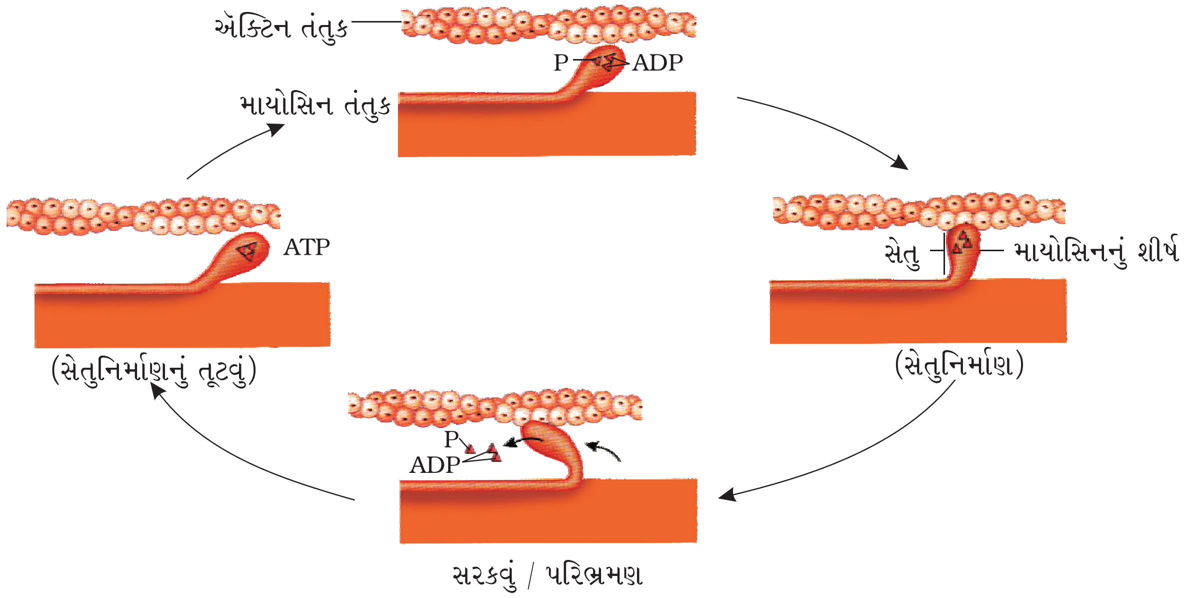
આકૃતિ 20.3 : (a) ઍક્ટિન (પાતળા) તંતુક (b) માયોસિન એકલઅણુ (મેરોમાયોસિન)

20.2.2 સ્નાયુસંકોચનની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Muscle Contraction)

સ્નાયુસંકોચનની ક્રિયાવિધિ સારી રીતે સરકતા તંતુકવાદ દ્વારા સમજાવી શકાય છે. જેના અનુસાર સ્નાયુતંતુનું સંકોચન પાતળા તંતુકોનું, જાડા તંતુકો ઉપર સરકવાને લીધે થાય છે.

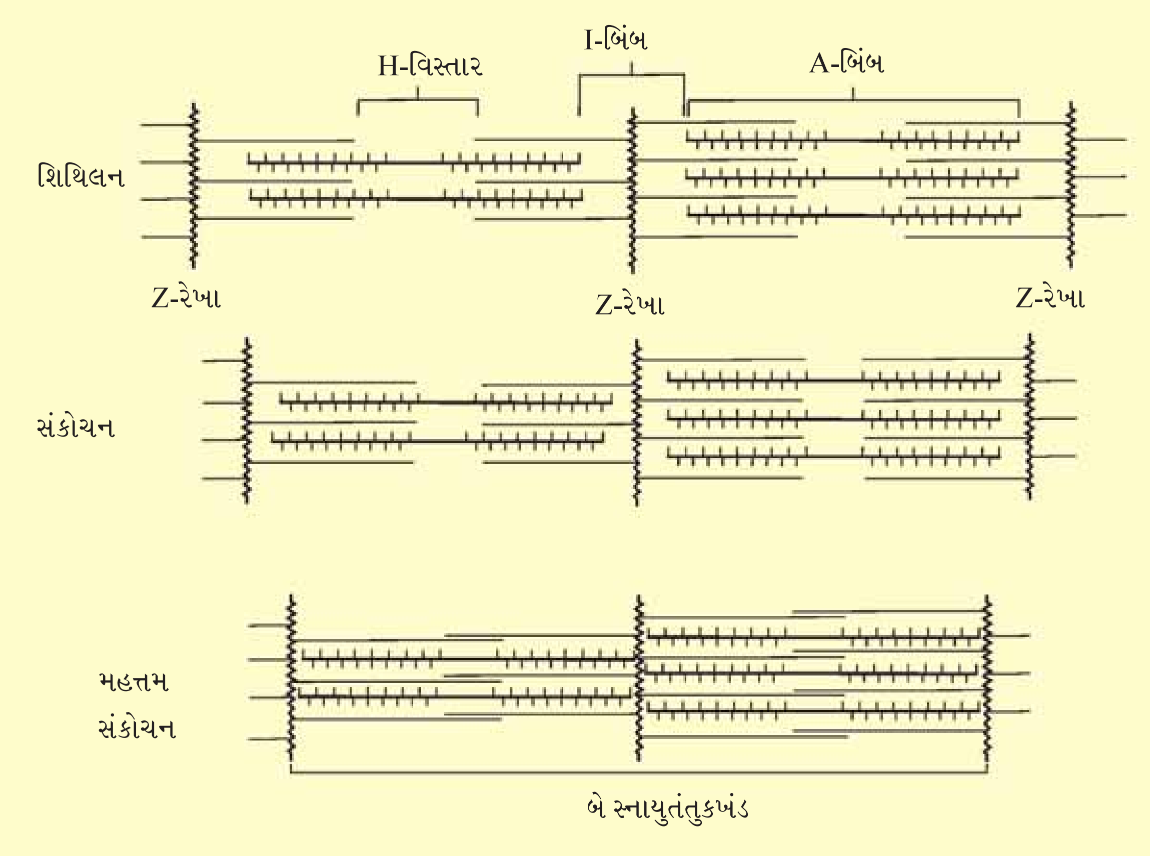
સ્નાયુ સંકોચનની શરૂઆત મધ્યસ્થ ચેતાતંત્રના પ્રેરક ચેતાકોષ દ્વારા મોકલવામાં આવતા

સંદેશાઓ દ્વારા થાય છે. પ્રેરક ચેતાકોષ, સ્નાયુ તંતુઓ સાથે જોડાઈ પ્રેરક એકમ બનાવે છે. પ્રેરક ચેતાકોષ અને સ્નાયુતંતુના ચેતાતંતુ પડ વચ્ચેના જોડાણને ચેતાસ્નાયુ સંધાન કે પ્રેરક-અંત તકતી (Motor-end Plate) કહે છે. ચેતા- સંદેશાઓ જ્યારે આ જોડાણ સ્થાને પહોંચે છે ત્યારે ન્યુરોટ્રાન્સમીટર (એસિટાઇલ કોલાઇન) મુક્ત થાય છે. જે સ્નાયુતંતુપડમાં સક્રિય ક્લાવીજસ્થિતિમાનનું નિર્માણ કરે છે. જે સ્નાયુતંતુ દ્વારા ફેલાય છે અને તેને લીધે સ્નાયુરસમાં કૅલ્શિયમ આયનો મુક્ત થાય છે. Ca^{++}ના સ્તરમાં થતો વધારો, કૅલ્શિયમ એ ઍક્ટિન તંતુકો ઉપરના ટ્રોપોનીનના ઉપ-એકમ સાથે જોડાણ પામે છે અને તેને લીધે માયોસિનના સક્રિય સ્થાનેથી ઢાંકણ(Masking)ને દૂર કરે છે. જેથી તે ભાગ માયોસિનના જોડાણ માટે ખુલ્લો થાય છે. ATPના જળવિભાજન દ્વારા પ્રાપ્ત શક્તિનો ઉપયોગ કરી માયોસિન તંતુકના શીર્ષ ઍક્ટિનના ખુલ્લા સક્રિય સ્થાનો



આકૃતિ 20.4 : સેતુનિર્માણ, શીર્ષનું પરિભ્રમણ અને સેતુનિર્માણનું તૂટવાના તબક્કા

સાથે સેતુનિર્માણ માટે જોડાય છે (આકૃતિ 20.4). આ બંધથી જોડાયેલ ઍક્ટિન તંતુઓ 'A' બિંબના કેન્દ્ર તરફ ખસે છે. આ ઍક્ટિન સાથે જોડાયેલ 'Z'-રેખા પણ અંદરની તરફ ખેંચાય છે. જેનાથી સ્નાયુતંતુકખંડ ટૂંકો થાય છે, એટલે કે સંકોચન થાય છે. ઉપરોક્ત તબક્કાથી એ સ્પષ્ટ છે કે સ્નાયુના ટૂંકા થવાના સમયે એટલે કે સંકોચન થવાથી 'I'-બિંબ ટૂંકો થાય છે, જ્યારે 'A'-બિંબ તેની લંબાઈને જાળવી રાખે છે (આકૃતિ 20.5). માયોસિન, ADP અને P*i* મુક્ત કરે છે જે વિશ્રામી સ્થિતિમાં પરત જાય છે. નવો ATP જોડાય છે અને સેતુનિર્માણ તૂટે છે (આકૃતિ 20.4). ATP માયોસિનના શીર્ષ દ્વારા ફરી જળવિભાજન પામે છે અને સેતુનિર્માણ અને તૂટવાનું ચક્ર પુનરાવર્તિત થયા કરે છે. જેને પરિણામે સરકવાનું આગળ ચાલે છે. પ્રક્રિયા ત્યાં સુધી ચાલું રહે છે. જ્યાં સુધી Ca++ આયનો સ્નાયુરસની સિર્સ્ટની (અંતઃ સ્નાયુ રસજાળ)માં પાછા ન



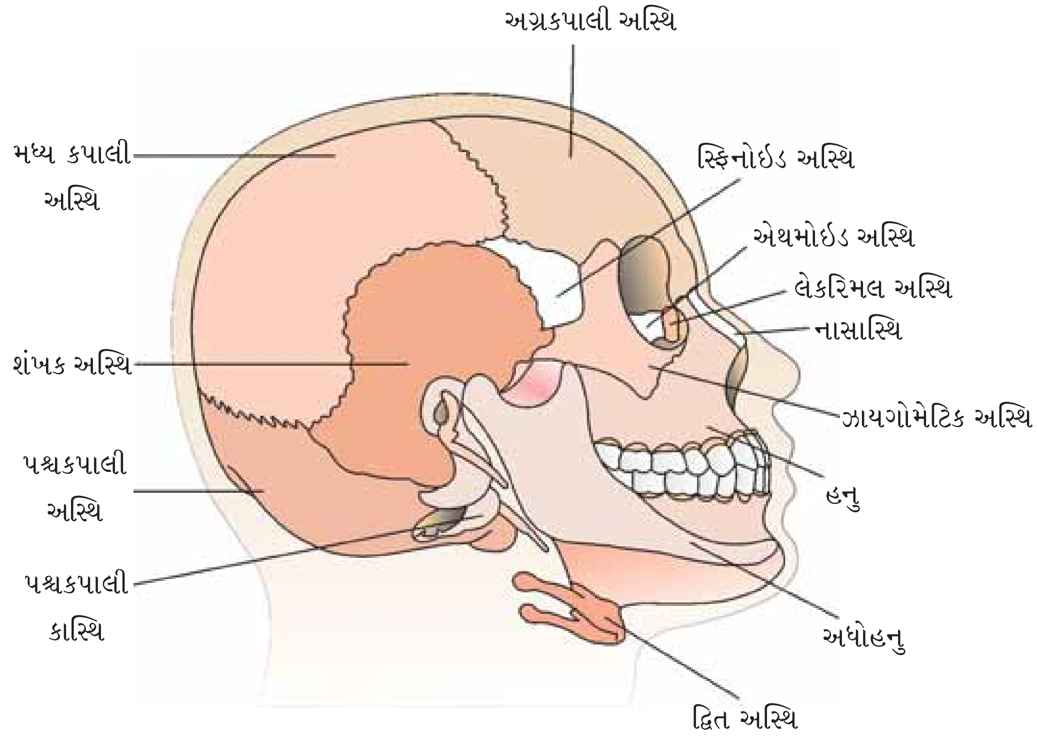
આકૃતિ 20.5 : સ્નાયુસંકોચનનો સરકતા તંતુકવાદ (પાતળા તંતુનું હલનચલન અને I-બિંબ અને H-બિંબનું સાપેક્ષ કદ)

ફરે, તેને પરિણામે ઍક્ટિન તંતુઓ ઢંકાય છે. આ 'Z' રેખાઓનું પોતાના મૂળસ્થાને પરત ફરવાનું કારણ છે. એટલે કે શિથિલન થાય છે. વિવિધ સ્નાયુઓમાં આ પ્રક્રિયાનો સમય ભિન્ન હોય છે. સ્નાયુઓની પુનરાવર્તિત સક્રિયતા, તેમાં ગ્લાયકોજનના અજારક વિઘટનને કારણે ઉત્પન્ન થતા લેક્ટિક ઍસિડના એકઠા થવા (ભરાવા) તરફ દોરી જાય છે, જેને કારણે થાક લાગે છે. સ્નાયુઓ લાલ રંગના ઑક્સિજનનો સંગ્રહ કરતા રંજક કણો ધરાવે છે. જેને માયોગ્લોબિન કહે છે. માયોગ્લોબિન કેટલાક સ્નાયુઓમાં વધુ જોવા મળે છે. જે તેને લાલાશ પડતો દેખાવ આપે છે. આ સ્નાયુઓને લાલ તંતુઓ (Red Fibres) કહે છે. આ સ્નાયુઓ ઘણા કણાભસૂત્રો પણ ધરાવે છે. જે ATPના ઉત્પાદન માટે તેમાં સંગ્રહ પામેલ મોટા જથ્થામાં O_2ને વાપરે છે. આ સ્નાયુઓને તેથી જારક સ્નાયુઓ પણ કહે છે. બીજી બાજુ કેટલાક સ્નાયુઓ ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં માયોગ્લોબિન ધરાવે છે અને તેથી તે ઝાંખા અથવા સફેદ દેખાય છે. આ સફેદ (શ્વેત) તંતુઓ છે કણાભસૂત્રની સંખ્યા પણ તેમાં ઓછી હોય છે. પરંતુ સ્નાયુરસ જાળ વધુ હોય છે. તેઓ શક્તિ માટે અજારક પ્રક્રિયા ઉપર નિર્ભર છે.

20.3 કંકાલતંત્ર (Skeletal System)

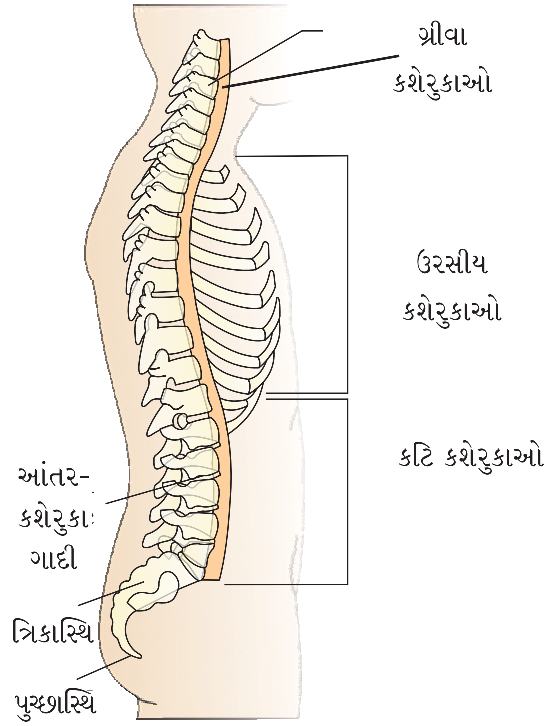
કંકાલતંત્ર અસ્થિઓ અને થોડાક કાસ્થિઓના માળખાનું બનેલું છે. આ તંત્ર શરીર દ્વારા થતા હલનચલનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. જડબાના અસ્થિઓ વગર ચાવવું અને ઉપાંગોના અસ્થિઓ વિના ચાલવું અકલ્પ્ય છે. અસ્થિ અને કાસ્થિ વિશિષ્ટ સંયોજક પેશીઓ છે. પહેલામાં (અસ્થિ) કેલ્શિયમ ક્ષારો હોવાથી તેમાં ખૂબ જ સખત આધારક હોય છે અને પછીમાં (કાસ્થિ) કોન્ડ્રોઈટિન ક્ષારો (કાસ્થિજન્ય) હોવાના કારણે સહેજ મૃદુ આધારક હોય છે. મનુષ્યમાં, આ તંત્ર 206 અસ્થિઓ અને કેટલાક કાસ્થિઓનું બનેલું છે. તેને મુખ્ય બે ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે. - અક્ષીય કંકાલ અને ઉપાંગીય કંકાલ.

અક્ષીય કંકાલમાં 80 અસ્થિઓ હોય છે. જે શરીરના મુખ્ય અક્ષ પર આવેલી હોય છે. ખોપરી, કરોડસ્તંભ, ઉરોસ્થિ અને પાંસળીઓ અક્ષીય કંકાલ બનાવે છે. **ખોપરી** (આકૃતિ 20.6) બે પ્રકારના અસ્થિઓના સમૂહથી બનેલી હોય છે. - મસ્તકના અસ્થિઓ અને ચહેરાના અસ્થિઓ, જે 22 અસ્થિઓ છે.

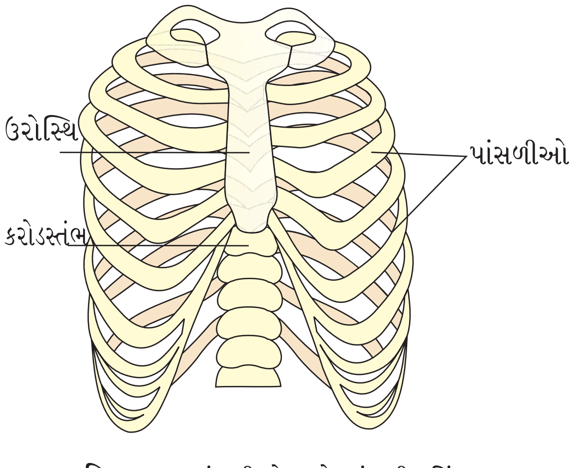


આકૃતિ 20.6 : મનુષ્યની ખોપરીની રેખાકૃતિ

મસ્તકના અસ્થિઓની સંખ્યા 8 હોય છે, જે મગજના રક્ષણ માટે સખત રક્ષણાત્મક બાહ્ય આવરણ - મસ્તક પેટી બનાવે છે. ચહેરાનો ભાગ 14 અસ્થિઓનો બનેલો હોય છે, જે ખોપરીના આગળના ભાગનું નિર્માણ કરે છે. મુખગુહાના તળિયાના ભાગમાં એક 'U'-આકારનું અસ્થિ આવેલું હોય છે, જેને હાઓઈડ (Hyoid) (દ્વિત) અસ્થિ કહે છે, તેનો પણ ખોપરીમાં જ સમાવેશ થાય છે. દરેક મધ્યકર્ણમાં ત્રણ નાના



આકૃતિ 20.7 : કરોડસ્તંભ (જમણો પાર્શ્વ દેખાવ)



આકૃતિ 20.8 : પાંસળીઓ અને પાંસળી- પિંજર

અસ્થિઓ - હથોડી, એરણ અને પેગડું આવેલા હોય છે, જેને સંયુક્ત રીતે **કર્ણાસ્થિઓ** કહે છે. ખોપરીનો ભાગ કરોડસ્તંભના અગ્રભાગ સાથે પશ્ચકપાલી કંદુક (ઓસીપીટલ કોન્ડાઈલ) (Occipital Condyles)ની મદદ વડે જોડાય છે. (Dicondylic Skull = દ્વિકંદુકીય ખોપરી)

આપણું **કરોડસ્તંભ** (આકૃતિ 20.7) 26 ક્રમિક ગોઠવાયેલ એકમોનું બનેલ છે જેને કશેરુકા કહે છે જે પૃષ્ઠ બાજુએ આવેલ છે. તે ખોપરીના તળિયેથી લંબાય છે અને ધડનું મુખ્ય માળખું બનાવે છે. દરેક કશેરુકામાં મધ્યસ્થ પોલો ભાગ (ચેતાનાલી) હોય છે, જેમાંથી કરોડરજ્જુ પસાર થાય છે. પ્રથમ કશેરુકા શિરોધર (Atlas) છે અને તે પશ્ચકપાલી કંદુક (Occipital Condyles) સાથે જોડાય છે. કરોડસ્તંભ ખોપરીના ભાગેથી શરૂ કરતાં ગ્રીવા (7), ઉરસીય (12), કટિ (5), ત્રિક (1-જોડાયેલ) અને પુચ્છાસ્થિ (1-જોડાયેલ) કશેરુકામાં ભિન્નન પામેલ હોય છે. મનુષ્ય સહિતના લગભગ તમામ સસ્તનોમાં ગ્રીવા કશેરુકા 7 હોય છે. કરોડસ્તંભ કરોડરજ્જુની રક્ષા કરે છે, શીર્ષને આધાર આપે છે અને પાંસળીઓ તથા પીઠના સ્નાયુઓનું જોડાણ કરે છે. **ઉરોસ્થિ** ઉરસના મધ્યવક્ષ ભાગે આવેલ ચપટું અસ્થિ છે.

પાંસળીઓની 12 જોડ હોય છે. દરેક પાંસળી પાતળી, ચપટી, અસ્થિ છે, જે પૃષ્ઠ બાજુએથી કરોડસ્તંભ અને વક્ષ ભાગેથી ઉરોસ્થિ સાથે જોડાયેલ હોય છે. તેના પૃષ્ઠ છેડે બે જોડાણ સ્થાનો હોય છે, જેના કારણે તેને દ્વિશિરસ્થ પણ કહે છે. પ્રથમ સાત જોડી પાંસળીઓને સાચી પાંસળીઓ કહે છે. તેઓ પૃષ્ઠ બાજુએ ઉરસીય કશેરુકાઓ સાથે અને વક્ષ બાજુએ ઉરોસ્થિ સાથે કાચવત્ કાસ્થિની મદદથી જોડાયેલ હોય છે. આઠમી, નવમી અને દસમી જોડ પાંસળીઓ ઉરોસ્થિ સાથે સીધી જોડાયેલ હોતી નથી પરંતુ સાતમી જોડી પાંસળી સાથે કાચવત્ કાસ્થિની મદદથી જોડાયેલ હોય છે, તેને ખોટી કે કૂટ (Vertebrochondral) પાંસળીઓ કહે છે. પાંસળીઓની છેલ્લી બે જોડીઓ (અગિયારમી અને બારમી) વક્ષ બાજુએથી જોડાયેલ હોતી નથી. તેથી તેમને તરતી પાંસળીઓ કહે છે. ઉરસીય કશેરુકાઓ, પાંસળીઓ અને ઉરોસ્થિ જોડાઈને પાંસળીપિંજર બનાવે છે (આકૃતિ 20.8).

ઉપાંગોના અસ્થિઓ તેમની મેખલા સાથે **ઉપાંગીય કંકાલ** બનાવે છે. પ્રત્યેક **ઉપાંગ** 30 અસ્થિઓથી બને છે. હાથના (અગ્ર ઉપાંગના) અસ્થિઓ - ભુજાસ્થિ, અરીય અને પ્રકોષ્ઠાસ્થિ, મણિબંધાસ્થિ (કાંડાના અસ્થિઓ - 8ની સંખ્યામાં), પશ્ચમણિબંધાસ્થિ (હથેળીના અસ્થિઓ - 5ની સંખ્યામાં) અને અંગુલ્યાસ્થિઓ (આંગળીઓના અસ્થિઓ - 14ની

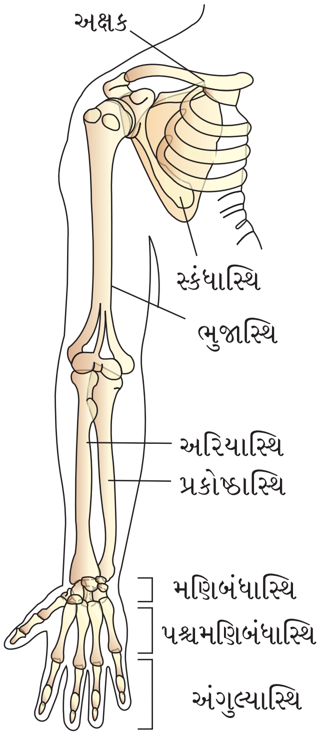
સંખ્યામાં) હોય છે (આકૃતિ 20.9). ઉરુ અસ્થિ (ઊર્વસ્થિ) (જાંઘ / સાથળનું અસ્થિ - સૌથી લાંબુ અસ્થિ), ટિબિયા અને ફિબ્યુલા, ગુલ્ફાસ્થિઓ (પગની ઘૂંટીના અસ્થિઓ - 7ની સંખ્યામાં), પશ્ચગુલ્ફાસ્થિઓ (5ની સંખ્યામાં) અને અંગુલ્યાસ્થિઓ (આંગળીઓના અસ્થિઓ - 14ની સંખ્યામાં) પ ઉપાંગના અસ્થિઓ છે (આકૃતિ 20.10). કપ આકારનું એક અસ્થિ જેને ઘૂંટણનું અસ્થિ (Patella) કહે છે, જે ઘૂંટણને વક્ષ ભાગેથી ઢાંકે છે (ઘૂંટણ ઢાંકણ).

સ્કંધમેખલા અને **નિતંબમેખલા**ના અસ્થિઓ અક્ષીય કંકાલ સાથે અનુક્રમે અગ્ર ઉપાંગ અને પશ્ચ ઉપાંગના અસ્થિઓને જોડે છે. પ્રત્યેક મેખલા બે અર્ધ ભાગોની બનેલી હોય છે. સ્કંધમેખલાનો પ્રત્યેક અડધો ભાગ અક્ષક અને સ્કંધાસ્થિ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.9). સ્કંધાસ્થિ ઉરસના પૃષ્ઠ ભાગે બીજી અને સાતમી પાંસળીઓ વચ્ચે આવેલ મોટું ત્રિકોણાકાર ચપટું અસ્થિ છે. સ્કંધાસ્થિના પૃષ્ઠ, ચપટા, ત્રિકોણાકાર ભાગમાં એક સહેજ ઉપસેલી ધાર આવેલ છે, જેને કંટક કહે છે. જે ચપટી, વિસ્તૃત રચના સ્કંધાગ્ર પ્રવર્ધરૂપે દેખાય છે. અક્ષક આની સાથે જોડાય છે. સ્કંધાગ્ર પ્રવર્ધની (Acromion) નીચે એક ખાડો હોય છે જેને સ્કંધઉલૂખલ (Glenoid cavity) કહે છે, જે ભુજાસ્થિના શીર્ષ સાથે ખભાનો સાંધો બનાવા માટે જોડાય છે. દરેક અક્ષક લાંબુ, પાતળું અસ્થિ છે, જેમાં બે વળાંક આવેલા હોય છે, જેને સામાન્ય રીતે હાંસડીનું અસ્થિ કહે છે.

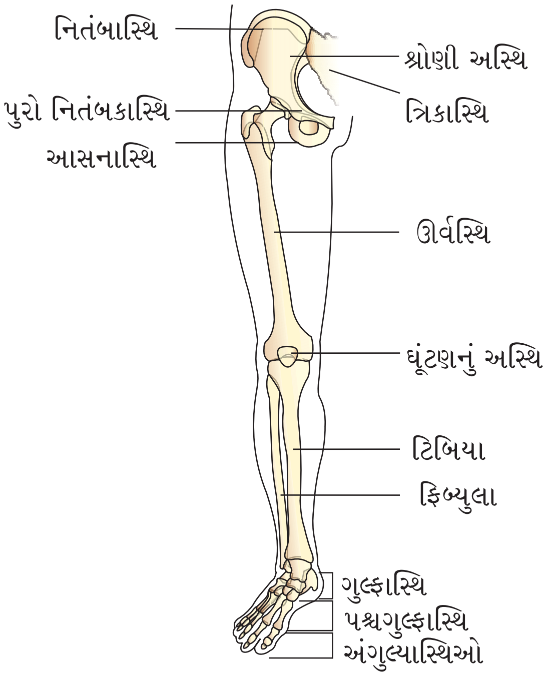
નિતંબમેખલા બે શ્રોણી અસ્થિ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.10). પ્રત્યેક શ્રોણી અસ્થિ ત્રણ અસ્થિઓના જોડાણથી બનેલ હોય છે. નિતંબાસ્થિ, આસનાસ્થિ અને પુરોનિતંબકાસ્થિ. આ અસ્થિઓના જોડાણ સ્થાને એક ગુહા (પોલાણ) આવેલી હોય છે જેને નિતંબ ઉલૂખલ (Acetabulum) કહે છે. જે ઉર્વસ્થિ (સાથળના અસ્થિ)ને જોડે છે. નિતંબમેખલાના બંને ભાગ વક્ષ બાજુએ ભેગા મળી પુરોનિતંબકાસ્થિ સંધાન બનાવે છે જે તંતુમય કાસ્થિ ધરાવે છે.

20.4 સાંધા (Joints)

સાંધાઓ શરીરના અસ્થિ ભાગો સહિતના દરેક પ્રકારના હલનચલન માટે આવશ્યક છે. પ્રચલનરૂપ હલનચલન પણ આનો અપવાદ નથી. સાંધાઓ, અસ્થિઓ અથવા અસ્થિઓ ઉપરાંત કાસ્થિઓ વચ્ચેના



આકૃતિ 20.9 : જમણી સ્કંધમેખલા અને અગ્ર ઉપાંગ (અગ્ર દેખાવ)



આકૃતિ 20.10 : જમણી નિતંબમેખલા અને પશ્ચ ઉપાંગના અસ્થિઓ (અગ્ર દેખાવ)

જોડાણ સ્થાન છે. સ્નાયુ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા બળનો ઉપયોગ સાંધાઓ દ્વારા હલનચલન કરવા માટે થાય છે. અહીં સાંધાઓ ઉચ્ચાલનના આધારબિંદુ તરીકે કાર્ય કરે છે. આ સાંધાઓની ગતિ પર જુદા જુદા પરિબળો અસર કરે છે. સાંધાઓને મુખ્ય ત્રણ બંધારણીય સ્વરૂપોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. - તંતુમય સાંધા, કાસ્થિમય સાંધા અને સાયનોવિયલ સાંધા.

તંતુમય સાંધાઓ કોઈ પણ જાતનું હલનચલન કરવા દેતા નથી. આ પ્રકારના સાંધાઓ ખોપરીના ચપટા અસ્થિઓમાં જોવા મળે છે, કે જેઓ છેડાના ભાગેથી તંતુમય સંયોજક પેશીની મદદ વડે ટાંકા(સિલાઈ)ના સ્વરૂપમાં જોડાઈને મસ્તક પેટીનું નિર્માણ કરે છે.

કાસ્થિમય સાંધાઓમાં, અસ્થિઓ કાસ્થિ વડે જોડાયેલા હોય છે. કરોડસ્તંભમાં પાસ-પાસેની કશેરુકાઓ આ રીતે જોડાયેલ હોય છે. તે મર્યાદિત હલનચલનની છૂટ આપે છે.

સાયનોવિયલ સાંધાઓમાં બે અસ્થિઓના જોડાણ સ્થાને સાયનોવિયલ ગુહામાં પ્રવાહી ભરેલું હોય છે જે તેની લાક્ષણિકતા છે. આ પ્રકારની ગોઠવણી સરળતાથી હલનચલન થવા દે છે. આ સાંધાઓ પ્રચલન અને અન્ય બીજા હલનચલનમાં મદદરૂપ છે. કંદુક-ઉલૂખલ સાંધો (ભુજાસ્થિ અને સ્કંધમેખલા વચ્ચે), મિજાગરનો સાંધો (કોણીનો સાંધો), ઉખળી સાંધો (શિરોધર અને અક્ષક કશેરુકા વચ્ચે), સરકતા સાંધા (મણિબંધાસ્થિ વચ્ચે) અને વળી શકે તેવા સાંધા (અંગુઠાના મણિબંધાસ્થિ અને પશ્ચ મણિબંધાસ્થિ વચ્ચે) વગેરે તેના ઉદાહરણો છે.

20.5 સ્નાયુ અને કંકાલતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Muscular and Skeletal System)

માયેસ્થેનીઆ ગ્રેવીસ : આ સ્વ-રોગપ્રતિકાર રોગ છે. જે ચેતા સ્નાયુસંધાનને અસર કરે છે, જેને લીધે થાક, નબળાઈ અને કંકાલસ્નાયુનો પક્ષાઘાત થાય છે.

મસ્ક્યૂલર ડિસ્ટ્રોફી (સ્નાયુમય દુર્વિકાર) : મોટા ભાગે જનીનિક ખામીઓને કારણે કંકાલ-સ્નાયુઓનો ધીરે ધીરે અપકર્ષ થાય છે.

ટીટેની : દેહજળમાં Ca^{+2}નું ઓછું પ્રમાણ થવાને કારણે ઝડપી આપોઆપ સ્નાયુઓનું સંકોચન થાય છે.

આર્થરાઈટીસ : સાંધાઓનો સોજો

ઓસ્ટીઓપોરોસીસ (અસ્થિસુષિરતા) : ઉંમર વધવા સાથે થતો રોગ છે. જેમાં અસ્થિદ્રવ્ય ઘટતું જાય છે અને અસ્થિભંગ(ફ્રેક્ચર)ની શક્યતાઓ વધે છે. ઈસ્ટ્રોજનનું ઘટતું પ્રમાણ આનું મુખ્ય કારણ છે.

ગાઉટ (સંધિવા) : યુરિક ઍસિડના સ્ફટિકો જમા થવાને કારણે સાંધાઓમાં સોજો આવે છે.

સારાંશ

હલનચલન એ સજીવોનું અનિવાર્ય લક્ષણ છે. જીવરસનું પરિભ્રમણ, પક્ષ્મલ હલનચલન, મીનપક્ષ, ઉપાંગો, પાંખો વગેરેનું હલનચલન પ્રાણીઓ દ્વારા દર્શાવવામાં આવતા કેટલાક સ્વરૂપો છે. ઐચ્છિક હલનચલન કે જેના દ્વારા પ્રાણી તેનું સ્થાન બદલે છે. તેને પ્રચલન કહે છે. પ્રાણીઓ મુખ્યત્વે ખોરાક, રહેઠાણ, સંવનન, પ્રજનન સ્થળ, સાનુકૂળ આબોહવા અથવા પોતાની જાતનો બચાવની શોધમાં પ્રચલન કરે છે.

માનવશરીરના કેટલાક કોષો અમીબીય, પક્ષ્મલ અને સ્નાયુલ હલનચલન દર્શાવે છે. પ્રચલન અને ઘણા અન્ય હલનચલન માટે સ્નાયુલ ક્રિયાઓનું સહનિયમન જરૂરી છે. આપણા શરીરમાં ત્રણ પ્રકારના સ્નાયુઓ હોય છે. કંકાલસ્નાયુઓ એ કંકાલના ઘટકો સાથે જોડાયેલ છે. તેઓ રેખિત દેખાવ અને ઐચ્છિક પ્રકૃતિના છે. કોષ્ઠાંતર સ્નાયુઓ, અંતઃસ્થ અંગોની અંદરની દીવાલમાં હોય છે. તેઓ અરેખિત અને અનૈચ્છિક છે. હૃદસ્નાયુઓ એ હૃદયના સ્નાયુઓ છે. તેઓ રેખિત, શાખિત અને અનૈચ્છિક છે. સ્નાયુઓ ઉત્તેજના, સંકોચનશીલતા, વિસ્તૃતતા અને સ્થિતિસ્થાપકતા ધરાવે છે.

સ્નાયુતંતુ, સ્નાયુનો અંતઃસ્થ રચનાકીય એકમ છે. દરેક સ્નાયુતંતુ, સમાંતર ગોઠવાયેલા સ્નાયુતંતુકો ધરાવે છે. દરેક સ્નાયુતંતુકો ઘણા શ્રેણીબદ્ધ રીતે ગોઠવાયેલા એકમો ધરાવે છે જેને સ્નાયુતંતુકખંડ કહે છે. જે ક્રિયાત્મક એકમો છે. દરેક સ્નાયુતંતુકખંડના મધ્યમાં જાડા માયોસિન તંતુકોથી બનેલ 'A'-બિંબ હોય છે અને બે અડધા 'I'-બિંબ પાતળા ઍક્ટિન તંતુકોથી બનેલા છે, તેની બંને બાજુએ 'Z'-રેખા આવેલ છે. ઍક્ટિન અને માયોસિન સંકોચનશીલ બહુલીકૃત પ્રોટીન છે. વિશ્રામની અવસ્થામાં, ઍક્ટિન તંતુક ઉપર માયોસિન માટેનું સક્રિય સ્થાન ટ્રોપોનીન (પ્રોટીન) દ્વારા ઢંકાયેલા હોય છે. માયોસિનનું શીર્ષ ATPase અને ATP જોડાણસ્થાન અને ઍક્ટિન માટેનું સક્રિય સ્થાન ધરાવે છે. પ્રેરક ચેતાકોષ સંદેશાઓને સ્નાયુતંતુ સુધી લઈ જાય છે. જે તેમાં સક્રિય ક્લાવીજ સ્થિતિમાન પેદા કરે છે. આ કારણે સ્નાયુરસજાળમાંથી Ca^{++} મુક્ત થાય છે. Ca^{++} ઍક્ટિનને સક્રિય કરે છે. જે માયોસિનના શીર્ષ સાથે જોડાઈ ત્રાંસો સેતુ બનાવે છે. આ ત્રાંસા સેતુઓ ઍક્ટિન તંતુકોને માયોસિન તંતુકો ઉપર સરકવા ધકેલે છે અને તેથી સંકોચન થાય છે. Ca^{++} ત્યારબાદ સ્નાયુ રસજાળમાં પરત ફરે છે. જે ઍક્ટિનને નિષ્ક્રિય કરે છે. ત્રાંસા સેતુઓ તૂટે છે અને સ્નાયુ શિથિલ બને છે.

સ્નાયુઓની પુનરાવર્તિત ઉત્તેજના તેમને થકવે છે. સ્નાયુઓ પ્રાથમિક રીતે લાલ રંગના માયોગ્લોબિન રંજક કણોના પ્રમાણને આધારે લાલ અને સફેદ તંતુઓમાં વર્ગીકૃત થાય છે.

આપણું કંકાલતંત્ર અસ્થિઓ અને કાસ્થિઓ ધરાવે છે. કંકાલતંત્ર અક્ષીય અને ઉપાંગીય કંકાલમાં વિભાજિત થાય છે. ખોપરી, કરોડસ્તંભ, પાંસળીઓ અને ઉરોસ્થિ અક્ષીય કંકાલ બનાવે છે. ઉપાંગીય અસ્થિઓ અને મેખલાઓ ઉપાંગીય કંકાલ બનાવે છે. ત્રણ પ્રકારના સાંધાઓનું નિર્માણ અસ્થિઓની વચ્ચે, અસ્થિ અને કાસ્થિ - તંતુઓ વચ્ચે અને કાસ્થિઓ અને સાયનોવિયલ વચ્ચે થાય છે. સાયનોવિયલ સાંધાઓ નોંધપાત્ર હલનચલન કરાવે છે અને તેથી તે પ્રચલનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. કંકાલસ્નાયુના એક સ્નાયુતંતુકખંડની જુદા જુદા ભાગો દર્શાવતી આકૃતિ દોરો.
2. સ્નાયુસંકોચનનો સરકતા તંતુક સિદ્ધાંત (વાદ) વ્યાખ્યાયિત કરો.
3. સ્નાયુસંકોચન માટેના મહત્ત્વનાં તબક્કાઓ વર્ણવો.
4. સાચું કે ખોટું લખો. જો ખોટું હોય તો વિધાન બદલીને સાચું લખો :
   (a) ઍક્ટિન પાતળા તંતુકોમાં હાજર હોય છે.
   (b) રેખિત સ્નાયુતંતુનો H-વિસ્તાર એ જાડા અને પાતળા તંતુકો દર્શાવે છે.
   (c) માનવ કંકાલમાં 206 અસ્થિઓ છે.
   (d) મનુષ્યમાં 11 જોડ પાંસળીઓ છે.
   (e) ઉરોસ્થિ શરીરની વક્ષ બાજુએ આવેલ છે.
5. તફાવત લખો :
   (a) ઍક્ટિન અને માયોસિન
   (b) લાલ અને સફેદ સ્નાયુઓ
   (c) સ્કંધ અને નિતંબમેખલા
6. યોગ્ય જોડકાં જોડો :

કૉલમ-I	**કૉલમ-II**
(a) લીસા (સરળ) સ્નાયુ	(i) માયોગ્લોબિન
(b) ટ્રોપોમાયોસિન	(ii) પાતળા તંતુકો
(c) લાલ સ્નાયુ	(iii) સિવન
(d) ખોપરી	(iv) અનૈચ્છિક

7. માનવશરીરના કોષો દ્વારા દર્શાવાતી જુદા જુદા પ્રકારના હલનચલન કયા કયા છે ?

8. તમે કંકાલસ્નાયુ અને હૃદસ્નાયુઓને કઈ રીતે ઓળખશો ?

9. નીચેનાઓ વચ્ચે કયા પ્રકારનો સાંધો છે તે જણાવો :

 (a) શિરોધર / અક્ષક

 (b) મણિબંધાસ્થિ / પશ્ચમણિબંધાસ્થિ

 (c) અંગુલ્યાસ્થિઓ વચ્ચે

 (d) ઊર્વસ્થિ / નિતંબઉલૂખલ

 (e) મસ્તિષ્કના અસ્થિઓ વચ્ચે

 (f) નિતંબમેખલાના પુરોનિતંબકાસ્થિના અસ્થિઓ વચ્ચે

10. ખાલી જગ્યા પૂરો :

 (a) બધા જ સસ્તનો(કેટલાક અપવાદ સિવાય)માં _________ ગ્રીવા કશેરુકાઓ હોય છે.

 (b) મનુષ્યમાં પ્રત્યેક ઉપાંગમાં અંગુલ્યાસ્થિઓની સંખ્યા _________ હોય છે.

 (c) સ્નાયુતંતુના પાતળા તંતુઓ 2 'F' ઍક્ટિન અને અન્ય બે પ્રોટીન ધરાવે છે જેને _________ અને _________ કહે છે.

 (d) સ્નાયુતંતુમાં Ca++ _________ માં સંચિત હોય છે.

 (e) _________ અને _________ જોડ પાંસળીઓને તરતી પાંસળીઓ કહે છે.

 (f) મનુષ્યની મસ્તક પેટી _________ અસ્થિઓનું બનેલું છે.