അധ്യായം 20

ചലനവും സഞ്ചാരവും

(Locomotion and Movement)

20.1 വിവിധതരം ചലനങ്ങൾ

20.2 പേശി

20.3 അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ

20.4 സന്ധികൾ

20.5 പേശിയുടെയും അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുടെയും തകരാറുകൾ

ജീവജാലങ്ങളുടെ സുപ്രധാനമായ സവിശേഷതയാണ് ചലനം. സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള ചലനങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. *അമീബ* പോലുള്ള ഏകകോശജീവികളിലെ ജീവദ്രവ്യപ്രവാഹം (Streaming of Protoplasm) ഒരു ലളിതമായ ചലനരീതിയാണ്. വിവിധതരം ജീവജാലങ്ങളിൽ സീലിയ, ഫ്ളജല്ല, ടെൻഡക്കിളുകൾ എന്നിവയും ചലിപ്പിക്കുന്നു. മനുഷ്യർക്ക് ചലിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ് കൈകാലുകൾ, താടിയെല്ലുകൾ, കൺപോളകൾ, നാക്ക് മുതലായവ. ചില ചലനങ്ങൾ ജീവികളുടെ സ്ഥാനം മാറുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. അത്തരം ഇച്ഛാനുസരണമുള്ള ചലനങ്ങൾ **സഞ്ചാരം (Locomotion)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. നടത്തം, ഓട്ടം, കയറ്റം, പറക്കൽ, നീന്തൽ മുതലായവ വിവിധതരത്തിലുള്ള സഞ്ചാരചലനങ്ങളാണ്. മറ്റ് ചലനങ്ങൾ സാധ്യമാക്കുന്ന അവയവങ്ങളിൽ നിന്ന് സഞ്ചാര അവയവങ്ങൾക്ക് ഘടനാപരമായി മാറ്റം ഉണ്ടാകണമെന്നില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് *പാരമീസിയ*ത്തിൽ കോശഗ്രസനിയിലൂടെ (Cytopharynx) ആഹാരപദാർഥങ്ങളെ കടത്തിവിടാൻ സഹായിക്കുന്നതുപോലെതന്നെ *പാരമീസിയ*ത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തിനും സീലിയ സഹായിക്കുന്നു. ഹൈഡ്രയിൽ ടെൻഡക്കിളുകളാണ് ഇരപിടിക്കാനും സഞ്ചാരത്തിനും സഹായിക്കുന്നത്. സഞ്ചരിക്കുന്നതിനും ശരീരനിലയിൽ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്നതിനും നമ്മൾ കൈകാലുകൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് ചലനവും സഞ്ചാരവും വേർതിരിച്ച് പഠിക്കേണ്ടതല്ലെന്ന് മനസ്സിലായല്ലോ. എല്ലാ സഞ്ചാരങ്ങളും ചലനങ്ങളാണ് എന്നാൽ എല്ലാ ചലനങ്ങളും സഞ്ചാരങ്ങളല്ല എന്ന പ്രസ്താവനയിലൂടെ ചലനവും സഞ്ചാരവും തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കാം.

ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്കും സാഹചര്യത്തിനുമനുസരിച്ച് ജന്തുക്കളുടെ സഞ്ചാരരീതികൾ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ആഹാരം, അഭയം, ഇണ,

ഇണചേരാനുള്ള ഇടം, അനുകൂലമായ കാലാവസ്ഥ എന്നിവ കണ്ടെത്തുന്നതിനും ശത്രുക്കൾ/ഇരിപിടിയന്മാർ എന്നിവരിൽ നിന്ന് രക്ഷനേടുന്നതിനുമാണ് സാധാരണയായി ജീവികൾ സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

20.1 വിവിധതരം ചലനങ്ങൾ

മനുഷ്യശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ മൂന്ന് പ്രധാന ചലനങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. അമീബിക, സീലിയറി, പേശീചലനങ്ങൾ എന്നിവ.

നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ചില പ്രത്യേകതരം കോശങ്ങളായ ബൃഹത്ഭോജികോശങ്ങൾ (Macrophages), രക്തത്തിലെ ശ്വേതരക്താണുക്കൾ (Leucocytes) എന്നിവ അമീബിക ചലനരീതി (Amoeboid movement) പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. അമീബയിൽ സംഭവിക്കുന്നതുപോലെ ജീവദ്രവ്യപ്രവാഹം മൂലം രൂപംകൊള്ളുന്ന കപടപാദങ്ങൾ (Pseudopodia) വഴിയാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. സൂക്ഷ്മതന്തുക്കൾ (Microfilaments) പോലെയുള്ള കോശാസ്ഥി ഘടകങ്ങളും (Cytoskeletal elements) അമീബിക ചലനത്തിന് സഹായകമാകുന്നു.

സീലിയകളോടുകൂടിയ ആവരണകലയാൽ പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്ന നമ്മുടെ ആന്തരിക നളികാവയവങ്ങളിൽ (Internal tubular organs) സീലിയറി ചലനങ്ങൾ പ്രകടമാകുന്നു. ശ്വസനിയിലുള്ള സീലിയയുടെ ഏകോപന ചലനങ്ങൾ അന്തരീക്ഷ വായുവിനോടൊപ്പം ശ്വസിക്കുന്ന പൊടിപടലങ്ങളും അന്യവസ്തുക്കളും പുറന്തള്ളുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. സ്ത്രീയുടെ പ്രത്യുൽപ്പാദന നാളിയിലൂടെയുള്ള അണ്ഡത്തിന്റെ സഞ്ചാരം സുഗമമാക്കുന്നത് സീലിയറി ചലനമാണ്.

നമ്മുടെ കൈകാലുകൾ, താടിയെല്ലുകൾ നാക്ക് തുടങ്ങിയവയുടെ ചലനത്തിന് പേശീചലനം ആവശ്യമാണ്. പേശികളുടെ സങ്കോചിക്കാനുള്ള കഴിവാണ് മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള അനവധി ബഹുകോശജീവികളിൽ സഞ്ചാരത്തിനും മറ്റ് ചലനങ്ങൾക്കും സഹായകമാകുന്നത്. പേശീവ്യവസ്ഥ, അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ, നാഡീവ്യവസ്ഥ എന്നിവയുടെ ഏകോപിതമായ പ്രവർത്തനം മൂലമാണ് സഞ്ചാരം സാധ്യമാകുന്നത്. വിവിധതരം പേശികൾ, അവയുടെ ഘടന, സങ്കോചക സംവിധാനം, അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുടെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ഈ അധ്യായത്തിൽ നമുക്ക് പഠിക്കാം.

20.2 പേശി

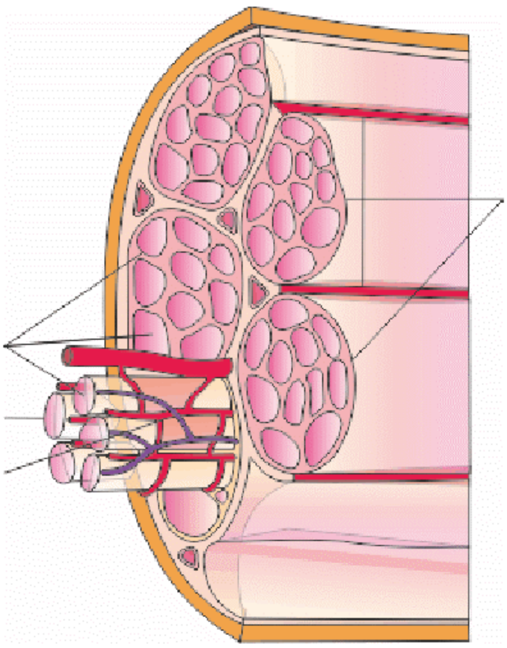
സീലിയ, ഫ്ളജല്ല എന്നിവ കോശസ്തരത്തിന്റെ വെളിയിലേക്കുള്ള വളർച്ചകളാണെന്ന് അധ്യായം - 8 ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചല്ലോ. പുംബീജങ്ങളെ നീന്താൻ സഹായിക്കുന്നതും സ്പോഞ്ചുകളിലെ നീർച്ചാൽ വ്യവസ്ഥയിൽ ജലപ്രവാഹം നിലനിർത്തുന്നതും നീന്തുന്നതും *യൂഗ്ലീന* പോലെയുള്ള പ്രോട്ടോസോവകൾ സഞ്ചരിക്കുന്നതും **ഫ്ളജല്ലകളുടെ ചലനം കൊണ്ടാണ് (Flagellar movement).**

ഭ്രൂണമധ്യപാളിയിൽ നിന്ന് ഉത്ഭവിക്കുന്ന സവിശേഷ കലയാണ് പേശി. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യനിൽ ശരീരഭാരത്തിന്റെ 40–50% വും പേശീകലകളാണ്. ഉത്തേജനം, സങ്കോചം, വികാസം, ഇലാസ്തികത മുതലായ പ്രത്യേക സവിശേഷതകൾ ഇവയ്ക്കുണ്ട്. പേശീകലകളെ തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നത് അവയുടെ സ്ഥാനം, ആകൃതി, പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിയന്ത്രണരീതി എന്നിവയെ മാനദണ്ഡമാക്കിയാണ്. സ്ഥാനമനുസരിച്ച് പേശീകലകളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം: (i) അസ്ഥിപേശി (Skeletal), (ii) ആന്തരാവയവ പേശി (Visceral), (iii) ഹൃദയ പേശി (Cardiac).

ശരീരത്തിലെ അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുമായി ചേർന്നു കാണപ്പെടുന്ന പേശികളാണ് **അസ്ഥിപേശികൾ**. സൂക്ഷ്മദർശിനിയുടെ സഹായത്താൽ പരിശോധിക്കുമ്പോൾ ഈ പേശീകലയിൽ കുറുകെവരകൾ (രേഖാങ്കിതം) കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇവയെ **രേഖാങ്കിതപേശി (Straited muscle)** എന്നുപറയുന്നു. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഐശ്ചിക നിയന്ത്രണത്തിൻ കീഴിലായതിനാൽ, ഇവ ഐശ്ചികപേശികൾ (Voluntary muscles) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഇവ പ്രധാനമായും സഞ്ചാരത്തിനും ശരീരനിലയിൽ മാറ്റങ്ങൾ (Changes of body postures) വരുത്തുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

ശരീരത്തിലെ പൊള്ളയായ ആന്തരികാവയവങ്ങളായ അന്നപഥം, പ്രത്യുൽപ്പാദനനാളി തുടങ്ങിയവയുടെ ആന്തരഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പേശികളാണ് **ആന്തരാവയവപേശികൾ.** സൂക്ഷ്മദർശിനിയിലൂടെ പരിശോധിച്ചാൽ ഇവയിൽ വരകൾ കാണപ്പെടാത്തതിനാലും ഇവ മിനുസമുള്ള ഉപരിതലത്തോട് കൂടിയവ ആയതിനാലും **മിനുസപേശികൾ (Smooth muscles)**, **രേഖാശൂന്യപേശികൾ (Nonstraited muscles)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീവ്യവസ്ഥയുടെ ഐശ്ചിക നിയന്ത്രണത്തിൻ കീഴിലല്ലാത്തതിനാൽ ഇവ അനൈശ്ചികപേശികൾ (Involuntary muscles) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണമായി, അന്നപഥത്തിലൂടെയുള്ള ആഹാരത്തിന്റെ സഞ്ചാരവും ജനനേന്ദ്രിയനാളിയിലൂടെയുള്ള ബീജകോശങ്ങളുടെ സഞ്ചാരവും ഇവയുടെ സഹായത്താലാണ് സാധ്യമാകുന്നത്.

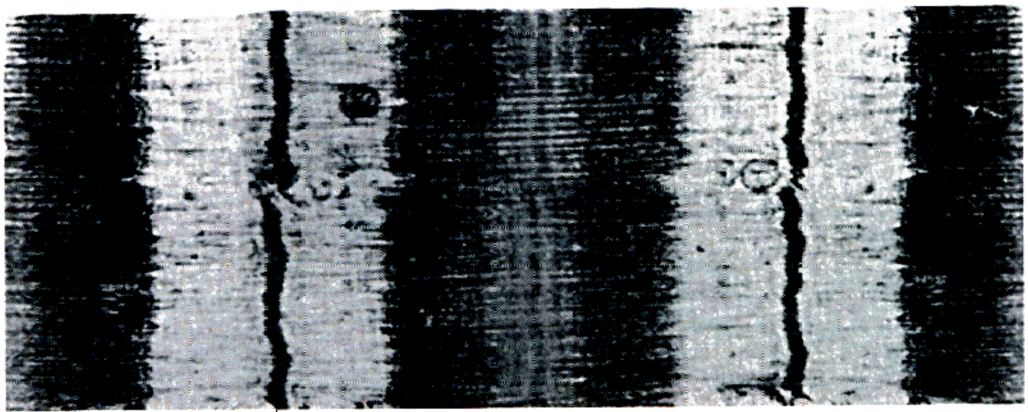
പേരു പോലെതന്നെ ഹൃദയഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പേശികളാണ് **ഹൃദയപേശികൾ.** ധാരാളം ഹൃദയപേശീകോശങ്ങൾ ചേർന്ന് ഹൃദയപേശി രൂപംകൊള്ളുന്നു. കാഴ്ചയിൽ ഹൃദയപേശികൾ രേഖാങ്കിതപേശികളാണ്. ഇവയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നാഡീവ്യവസ്ഥ നേരിട്ടല്ല നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഇവ അനൈശ്ചിക പേശികളാണ്.



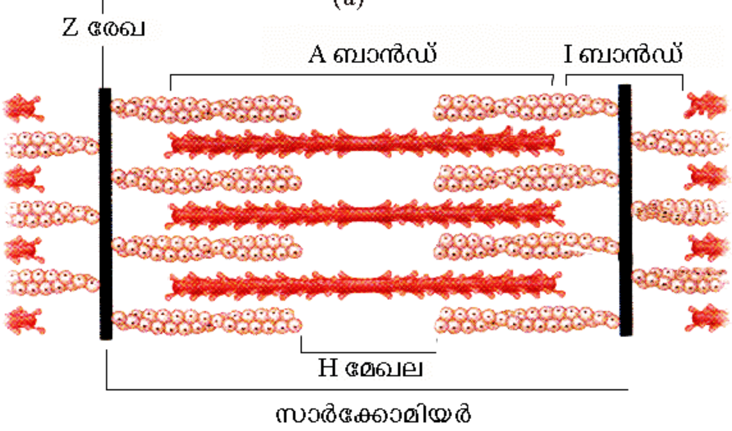
ചിത്രം 20.1 പേശീവ്യൂഹത്തെയും പേശീതന്തുക്കളെയും കാണിക്കുന്ന പേശിയുടെ നെടുകയുള്ള ഛേദം - രേഖാചിത്രം

അസ്ഥിപേശികളുടെ ഘടനയും സങ്കോചസംവിധാനവും മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് അവ വിശദമായി പരിശോധിക്കാം. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഓരോ അസ്ഥിപേശിയും ഉണ്ടാക്കിയിരിക്കുന്നത് അനേകം **പേശീവ്യൂഹങ്ങൾ (Muscle bundles)** അഥവാ **പേശീസഞ്ചയങ്ങൾ (Fascicles)** കൊണ്ടാണ്. ഇവ **ഫാസിയ (Fascia)** കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഫാസിയ കൊളാജൻതന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സംയോജകകലയുടെ പാളിയാൽ ഒന്നിച്ചുചേർത്തിരിക്കുന്നു. ഓരോ പേശീവ്യൂഹത്തിലും അനേകം പേശീതന്തുക്കൾ (Muscle fibres) കാണപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 20.1). ഓരോ പേശീതന്തുവും പ്ലാസ്മാസ്തരം കൊണ്ട് ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നു. ഇതിനെ പേശീകോശസ്തരം (Sarcolemma) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പേശീകോശസ്തരത്തിനുള്ളിൽ പേശീകോശദ്രവ്യം (Sarcoplasm) കാണപ്പെടുന്നു. പേശീകോശദ്രവ്യത്തിൽ ധാരാളം മർമങ്ങൾ ഉള്ളതിനാൽ പേശീകോശദ്രവ്യം ബഹുമർമത (Syncitium) സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. പേശീതന്തുവിലെ അന്തർദ്രവ്യജാലികയെ പേശീദ്രവ്യജാലിക (Sarcoplasmic reticulum) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് കാൽസ്യം അയോണുകളുടെ ശേഖരണകേന്ദ്രമാണ്. പേശീകോശദ്രവ്യത്തിൽ സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന അനേകം തന്തുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ മയോഫിലമെന്റുകൾ അഥവാ **മയോഫൈബ്രിലുകൾ** (Myofibrils) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത് പേശീകോശത്തിന്റെ ഒരു സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ്. ഓരോ മയോഫൈബ്രിലിലും ഇടവിട്ടുള്ള രീതിയിൽ ഇരുണ്ടതും (Dark band) തെളിഞ്ഞതുമായ (Light band) ഭാഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ഇങ്ങനെ രേഖാങ്കിതമായി കാണപ്പെടുന്നത് **ആക്ടിൻ, മയോസിൻ** എന്ന രണ്ട് സുപ്രധാന മാംസ്യങ്ങളുടെ ക്രമീകരണ രീതിമൂലമാണ്. ഇളംനിറത്തിലുള്ള തെളിഞ്ഞവയിൽ ഒരേതരത്തിൽ

ആക്ടിൻ നാരുകൾ മാത്രം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ അവയെ I - ബാൻഡ് (Isotropic ബാൻഡ്) എന്നും ഇരുണ്ടനിറത്തിലുള്ള ബാൻഡിൽ ആക്ടിൻ തന്തുക്കൾക്ക് പുറമേ മയോസിൻ തന്തുക്കൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ അതിനെ A- ബാൻഡ് (Anisotropic band) എന്നും പറയുന്നു. ദണ്ഡ് ആകൃതിയിലുള്ള ഈ മാംസ്യനാരുകൾ അന്യോന്യവും മയോഫൈബ്രിലുകളുടെ തിരശ്ചീന അക്ഷത്തിനും സമാന്തരമായാണ് ക്രമീകരിച്ചിട്ടുള്ളത്. മയോസിൻ നാരുകളുമായി താരതമ്യപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ആക്ടിൻ നാരുകൾ തീരെ കനംകുറഞ്ഞവയാണ്. അതുകൊണ്ട് ഇവയെ യഥാക്രമം കനംകൂടിയതും കനംകുറഞ്ഞതുമായ നാരുകളെന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഓരോ 'I' ബാൻഡിന്റെയും മധ്യത്തെ ഖണ്ഡിച്ചുകൊണ്ട് ഇലാസ്തിക സ്വഭാവമുള്ള 'Z' രേഖ കാണപ്പെടുന്നു. കനംകുറഞ്ഞ ആക്ടിൻ നാരുകളെ 'Z' രേഖയുമായി ദൃഢമായി ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 'A' ബാൻഡിലെ കനംകൂടിയ മയോസിൻ നാരുകളും ബാൻഡിന്റെ മധ്യത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന കനം കുറഞ്ഞ സ്തരമായ 'M' രേഖയിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മയോഫൈബ്രിലുകളിലുടനീളം 'A' ബാൻഡുകളും 'I' ബാൻഡുകളും ഒന്നിടവിട്ട രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. തുടർച്ചയായുള്ള രണ്ട് 'Z' രേഖകളുടെ ഇടയിലുള്ള മയോ



(a)



(b)

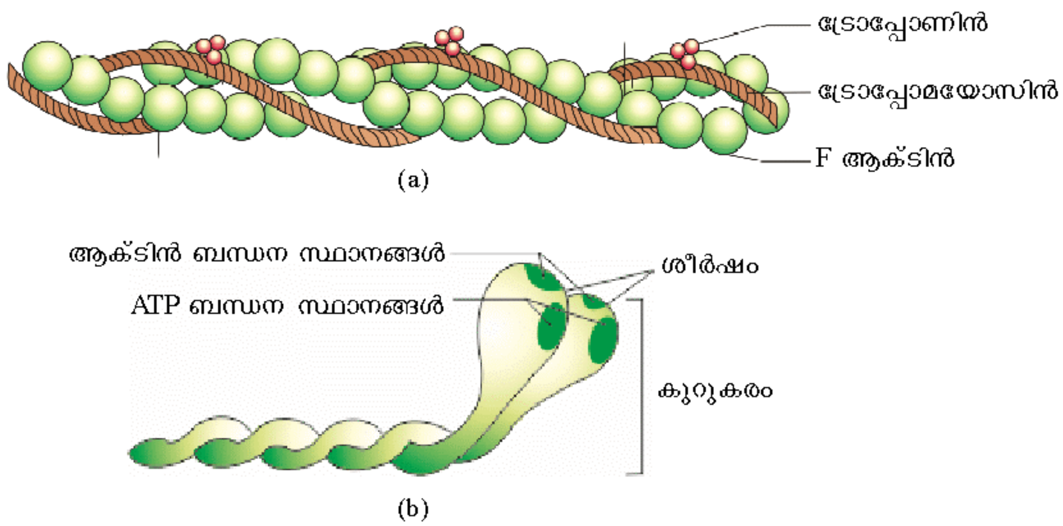
ചിത്രം 20.2 (a) പേശീതന്തുവിന്റെ ആന്തരഘടന കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം (b) സാർകോമിയർ

ഫൈബ്രിലിന്റെ ഭാഗത്തെ അടിസ്ഥാന സങ്കോച യൂണിറ്റായ **സാർകോമിയർ** എന്ന് പറയുന്നു (ചിത്രം 20.2). വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ പേശികളിലെ ഓരോ സാർകോമിയറിലും മയോസിൻ നാരുകളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും ആക്ടിൻ നാരുകളുടെ അരികുകൾ കടന്നുനിൽക്കുന്നു. ഇതിൽ മയോസിൻ നാരുകൾ മാത്രം കാണപ്പെടുന്ന മധ്യഭാഗത്തെ 'H' മേഖല എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

20.2.1 സങ്കോചക മാംസ്യങ്ങളുടെ ഘടന (Structure of Contractile Proteins)

ഓരോ ആക്ടിൻ നാരും ചുറ്റുഗോവണിപോലെ പരസ്പരം ചുറ്റിപ്പിണഞ്ഞുകിടക്കുന്ന രണ്ട് 'F' ആക്ടിൻ തന്തുക്കൾ (Filamentous actins) ചേർന്നാണ് നിർമിച്ചിട്ടുള്ളത്. ഓരോ 'F' ആക്ടിനും മോണോമെറുകളായ 'G' (Globular) ആക്ടിന്റെ പോളിമെറുകളാണ്. മറ്റൊരു മാംസ്യമായ ട്രോപ്പോമയോസിന്റെ രണ്ട് തന്തുക്കളും F ആക്ടിനോട് ചേർന്ന് ഉടനീളം കാണപ്പെടുന്നു. ട്രോപ്പോമയോസിനിൽ കൃത്യമായ ഇടവേളകളിൽ മറ്റൊരു സങ്കീർണ മാംസ്യമായ ട്രോപ്പോണിൻ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നു. വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ ട്രോപ്പോണിന്റെ ഒരു ഉപഘടകം ആക്ടിൻ നാരിൽ മയോസിൻ വന്ന് ബന്ധിക്കപ്പെടേണ്ട സക്രിയ സ്ഥാനത്തെ മറയ്ക്കുന്നു (ചിത്രം 20.3a).

ഓരോ മയോസിൻ നാരും പോളിമറുകളായ മാംസ്യമാണ്. അനവധി മോണോമെറിക് മാംസ്യങ്ങളായ മീറോമയോസിനുകൾ (ചിത്രം 20.3b) ചേർന്നതാണ് ഈ കനംകൂടിയ മയോസിൻ നാര്. ഓരോ മീറോമയോസിനും രണ്ട് പ്രധാന ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. നീളംകുറഞ്ഞ കഴുത്തോടു കൂടിയ (Short arm) ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ശീർഷവും തുടർന്ന് നീളം കൂടിയ ഒരു വാലും. ഇതിൽ ആദ്യത്തേതിനെ ഹെവി മീറോമയോസിൻ (Heavy meromyosin /HMM) എന്നും ശേഷമുള്ളതിനെ ലൈറ്റ് മീറോമയോസിൻ (Light meromyosin /LMM) എന്നും വിളിക്കുന്നു. HMM ന്റെ ഭാഗമായ ശീർഷവും കുറിയ കഴുത്തും പരസ്പരം കൃത്യമായ അകലത്തിലും



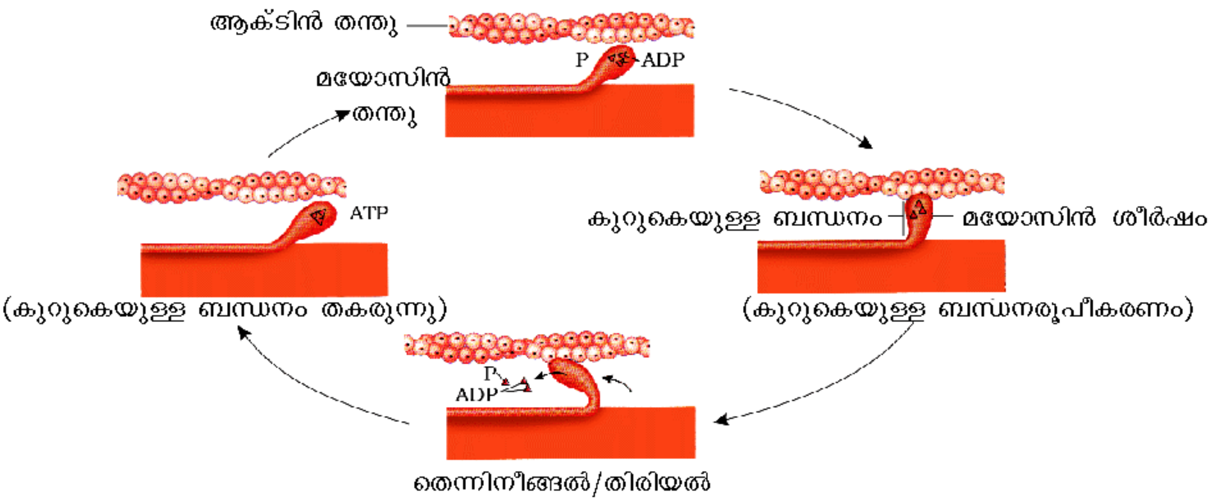
ചിത്രം 20.3 (a) ഒരു ആക്ടിൻ (കനംകുറഞ്ഞ) നാര് (b) മയോസിൻ മോണോമെർ (മീറോമയോസിൻ)

കോണളവിലും പോളിമറൈസ്ഡ് മയോസിൻ നാരിന്റെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്ന് വിലങ്ങനെ പുറത്തേക്ക് ഉന്തിനിൽക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ കുറുകരം (Cross arm) എന്നുപറയുന്നു. ഈ ഗോളാകൃത ശീർഷം ഒരു സജീവ ATPase രാസാഗ്നിയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. അതിൽ ATP യെ ബന്ധിപ്പിക്കാനുള്ള സ്ഥാനവും ആക്ടിൻ നാരിനെ ബന്ധിപ്പിക്കാനുള്ള സക്രിയ സ്ഥാനവും ഉണ്ട്.

20.2.2 പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ പ്രവർത്തനസംവിധാനം

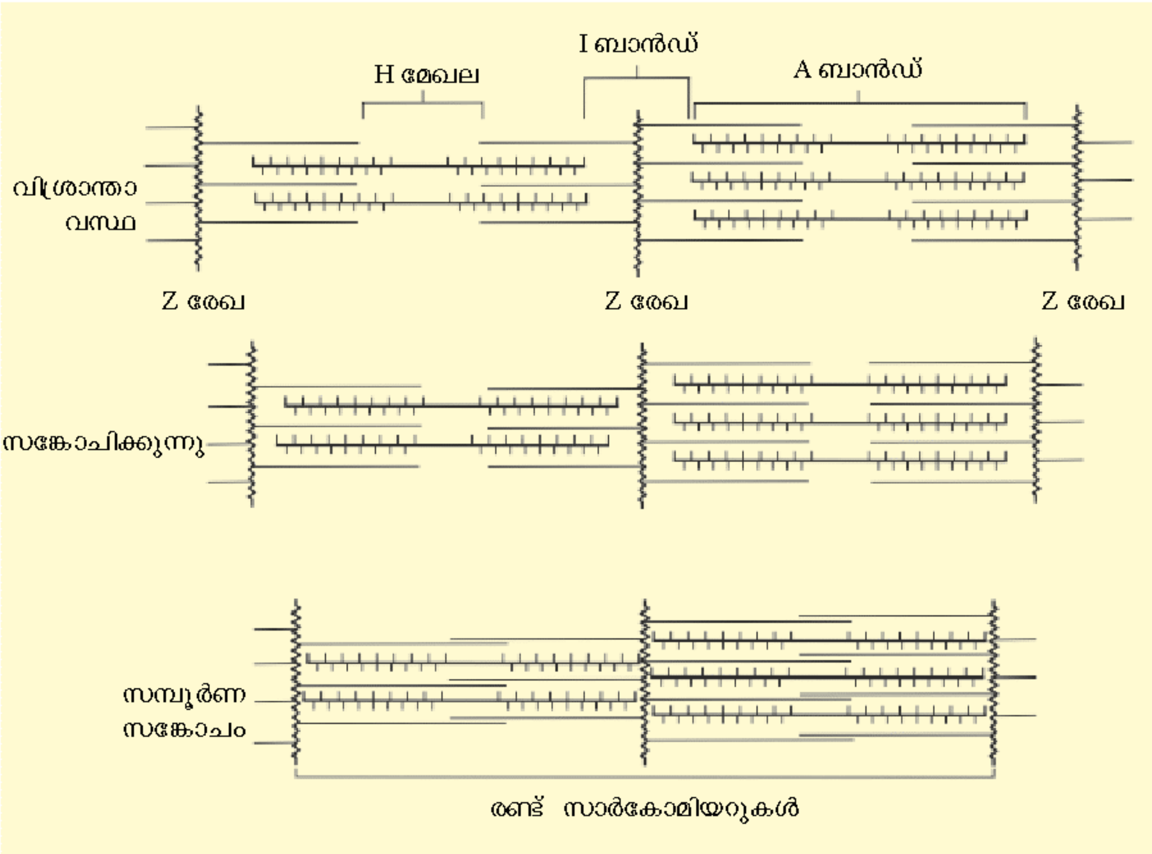
പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ പ്രവർത്തന സംവിധാനം വളരെ ഭംഗിയായി വിശദമാക്കുന്ന സിദ്ധാന്തമാണ് തന്തു തെന്നിനീങ്ങൽ സിദ്ധാന്തം (Sliding filament theory). കനംകൂടിയ നാരിന് മുകളിലൂടെ കനംകുറഞ്ഞ നാരുകൾ തെന്നി നീങ്ങുമ്പോഴാണ് പേശീതന്തുവിന്റെ സങ്കോചം സാധ്യമാകുന്നത് എന്നതാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം.

കേന്ദ്ര നാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ (CNS) നിന്നുമുള്ള ആവേഗം പ്രേരകനാഡി (Motor neuron) വഴി പേശികളിൽ എത്തുമ്പോഴാണ് പേശീസങ്കോചം ആരംഭിക്കുന്നത്. ഒരു പ്രേരകനാഡിയും അതിനോടൊപ്പമുള്ള പേശീതന്തുക്കളും (Muscle fibres) ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് ഒരു പ്രേരകഘടകം (Motor unit). ഒരു പ്രേരകനാഡിയും പേശീതന്തുവിന്റെ ആവരണമായ പേശീകോശസ്തരവും തമ്മിൽ സന്ധിക്കുന്ന സ്ഥാനത്തെ നാഡീപേശിസന്ധി (Neuromuscular junction or Motor-end plate) എന്നു പറയുന്നു. ഈ സന്ധിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ഒരു നാഡീയ ആവേഗം (Neural signal) നാഡീയപ്രേഷകമായ (Neurotransmitter) അസറ്റൈൽ കോളിൻ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. തന്മൂലം പേശീകോശസ്തരത്തിൽ ഒരു പ്രവർത്തനശേഷി (Action potential) സംജാതമാകുന്നു. ഇത് പേശീതന്തുവിലൂടെ വ്യാപിക്കുകയും തത്ഫലമായി പേശീകോശദ്രവ്യത്തിൽനിന്ന് കാൽസ്യം അയോണുകൾ മോചിതമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ കാൽസ്യം അയോണിന്റെ തോതിലുണ്ടാകുന്ന വർധന ആക്ടിൻ നാരിലെ ട്രോപ്പോണിന്റെ ഒരു ഉപഘടകവുമായി



ചിത്രം 20.3 കുറുകെയുള്ള ബന്ധനരൂപീകരണം, മയോസിൻ ശീർഷത്തിന്റെ തിരിയലും കുറുകെയുള്ള ബന്ധനത്തിന്റെ തകർച്ചയും കാണിക്കുന്ന ഘട്ടങ്ങൾ

കാൽസ്യം ബന്ധിതമാകുന്നതിന് ഇടയാകുന്നു. ഇത് ആക്ടിൻ നാരിൽ, മയോസിൻ മാംസ്യം ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടേണ്ട സക്രിയ സ്ഥാനത്തെ മറ നീക്കം ചെയ്ത് സജീവമാക്കുന്നു. ATP യുടെ ജലവിശ്ലേഷണഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് മയോസിൻ ശീർഷം ആക്ടിനിലെ വെളിവാക്കപ്പെട്ട സക്രിയസ്ഥാനത്ത് ബന്ധിക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ കുറുകെയുള്ള ബന്ധനരൂപീകരണം (Cross bridge formation) സാധ്യമാകുന്നു (ചിത്രം 20.4). അങ്ങനെ ഇതിനോട് ചേർന്നിരിക്കുന്ന ആക്ടിൻ നാരുകൾ ‘A’ ബാൻഡിന്റെ മധ്യത്തിലേക്ക് വലിച്ചടുപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ആക്ടിനുകളോട് ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ‘Z’ രേഖകളും അകത്തേക്ക് വലിച്ചടുപ്പിക്കപ്പെടുകയും അങ്ങനെ സാർക്കോമിയർ ചുരുങ്ങുന്നതിന് ഇടയാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് പേശീസങ്കോചം. മുകളിൽ പറഞ്ഞിട്ടുള്ള ഘട്ടങ്ങളിൽ നിന്ന് നമുക്ക് വ്യക്തമാകുന്നത് എന്തെന്നാൽ പേശീകോശം ചുരുങ്ങുമ്പോൾ, അതായത് സങ്കോചിക്കുമ്പോൾ, I ബാൻഡുകളുടെ നീളം കുറയുകയും എന്നാൽ A ബാൻഡുകൾ അവയുടെ നീളം നിലനിർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 20.5). ഇപ്പോൾ ADP യും Pi യും (Inorganic phosphate) സ്വതന്ത്രമാവുകയും മയോസിൻ വിശ്രമാവസ്ഥയിലാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു പുതിയ ATP ഉപയോഗപ്പെ



ചിത്രം 20.5 പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ തന്തു തെന്നിനീങ്ങൽ സിദ്ധാന്തം (കനം കുറഞ്ഞ തന്തുക്കളുടെ ചലനവും I ബാൻഡിന്റെയും H മേഖലയുടെയും ആപേക്ഷിക വലുപ്പവും)

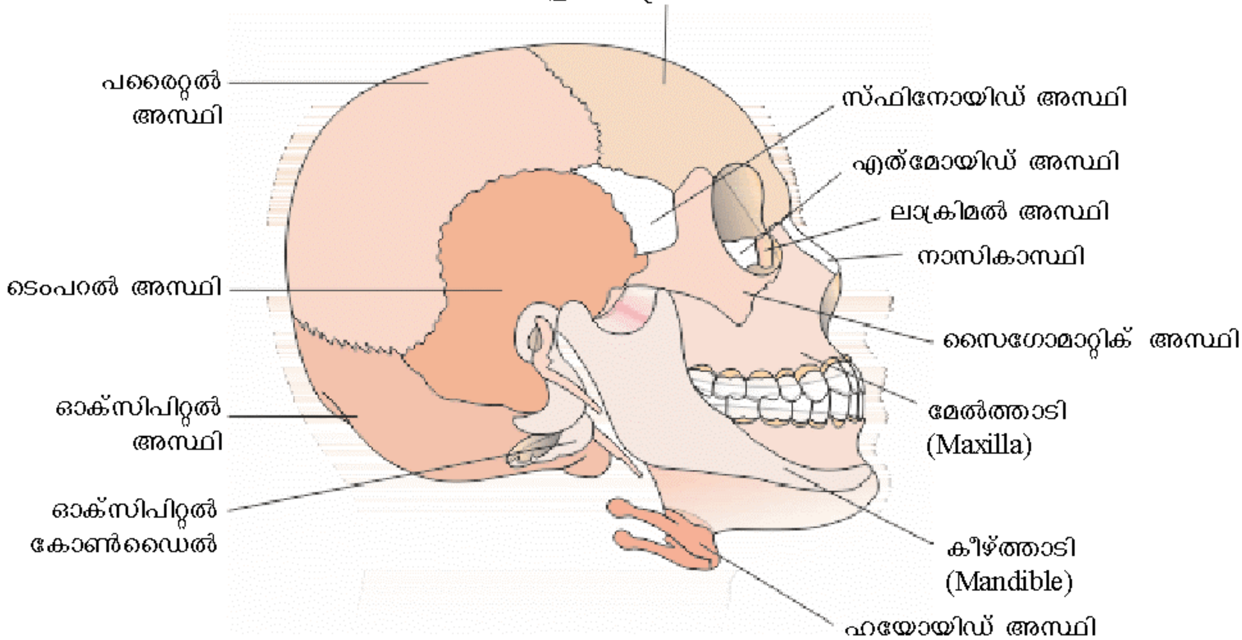
ടുത്തിക്കൊണ്ട് കുറുകെയുള്ള ബന്ധനം തകരുന്നു (ചിത്രം 20.4) എന്നാണ്. വീണ്ടും മയോസിൻ ശീർഷത്താൽ ATP യുടെ ജലവിശ്ലേഷണം നടക്കുകയും കുറുകെയുള്ള ബന്ധനരൂപീകരണം, തകർച്ച എന്ന ചക്രം ആവർത്തിക്കുകയും അടുത്ത തെന്നിനീങ്ങലിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കാൽസ്യം അയോണുകൾ പേശീദ്രവ്യജാലികയുടെ സ്തരസഞ്ചിയിലേക്ക് (Cisternae) തിരികെ പമ്പ് ചെയ്യുന്നതുവരെ ഈ പ്രക്രിയ തുടരുകയും തത്ഫലമായി ആക്ടിൻ നാരുകൾ മൂടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് 'Z' രേഖകളെ അവയുടെ പൂർവസ്ഥിതിയിലേക്ക് കൊണ്ടുവരുന്നു. ഇതാണ് വിശ്രമാവസ്ഥ. ഈ പ്രതികരണത്തിന് തന്തുക്കൾ എടുക്കുന്ന സമയം വ്യത്യസ്ത പേശികളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. പേശീകോശങ്ങളുടെ വിശ്രമമില്ലാത്ത പ്രവർത്തനം, അതായത് തുടർച്ചയായ സങ്കോചവികാസങ്ങൾ, ഗ്ലൈക്കോജന്റെ അവായവ വിഘടനത്തിന് (Anaerobic respiration) കാരണമാവുകയും പേശികളിൽ ലാക്ടിക് ആസിഡ് അടിഞ്ഞ് കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് പേശീക്ലമം (Muscle fatigue). പേശീകോശത്തിൽ ഓക്സിജനെ ശേഖരിച്ചുവയ്ക്കുന്ന ചുവന്ന നിറത്തിലുള്ള വർണവസ്തുവായ മയോഗ്ലോബിൻ കാണപ്പെടുന്നു. മയോഗ്ലോബിന്റെ അളവ് കൂടുതലുള്ള പേശീകോശങ്ങൾ ചുവന്ന നിറത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ പേശീകോശങ്ങളെ അരുണ തന്തുക്കൾ (Red fibres) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ പേശീകോശങ്ങളിൽ ധാരാളം മൈറ്റോകോൺഡ്രിയകളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയിൽ കൂടിയ അളവിൽ സംഭരിച്ചുവച്ചിട്ടുള്ള ഓക്സിജനെ ATP നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കാൻ സാധിക്കും. അതുകൊണ്ട് ഈ പേശീകോശങ്ങളെ വായുപേശികൾ (Aerobic muscles) എന്നും പറയുന്നു. എന്നാൽ ചില പേശീകോശങ്ങൾ വളരെക്കുറഞ്ഞ തോതിൽ മയോഗ്ലോബിൻ ഉള്ളവയാണ്. അതുകൊണ്ട് അവ വെള്ളനിറത്തിലോ ഇളംനിറത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ശ്വേതതന്തുക്കൾ (White fibres) എന്നു പറയുന്നു. അവയിൽ മൈറ്റോകോൺഡ്രിയയുടെ എണ്ണം വളരെക്കുറവാണ്. എന്നാൽ പേശീദ്രവ്യജാലികയുടെ തോത് കൂടുതലും ആണ്. ഊർജത്തിനായി ഇവ അവായവ പ്രക്രിയയെ ആശ്രയിക്കുന്നു.

20.3 അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ

അസ്ഥികളും കുറച്ച് തരുണാസ്ഥികളും അടങ്ങുന്ന ചട്ടക്കൂടാണ് അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ. ശരീര ചലനങ്ങളിൽ ഈ വ്യവസ്ഥ ഒരു പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. താടിയെല്ലുകളില്ലാതെ ആഹാരം ചവച്ചരയ്ക്കുന്നതും അസ്ഥികളില്ലാത്ത കാലുകൾ ഉപയോഗിച്ച് നടക്കുന്നതും ഒന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ചു നോക്കൂ. അസ്ഥിയും (Bone) തരുണാസ്ഥിയും(Cartilage) സവിശേഷമായ യോജകകലകളാണ് (Connective tissues). കാൽസ്യം ലവണങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതിനാൽ അസ്ഥികൾക്ക് വളരെ കട്ടികൂടിയ മാട്രിക്സ് ആണ് ഉള്ളത്. എന്നാൽ കോൺഡ്രോയിറ്റിൻ (Chondroitin) ലവണങ്ങൾ തരുണാസ്ഥികൾക്ക് ഒരു വഴക്കമുള്ള മാട്രിക്സ് പ്രദാനംചെയ്യുന്നു. ചെറുതും വലുതുമായ 206 അസ്ഥികളും കുറച്ച് തരുണാസ്ഥികളും ചേർന്നതാണ് മനുഷ്യനിലെ അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ : അസ്ഥികളുടെ സ്ഥാനമനുസരിച്ച് മനുഷ്യാസ്ഥികൂ

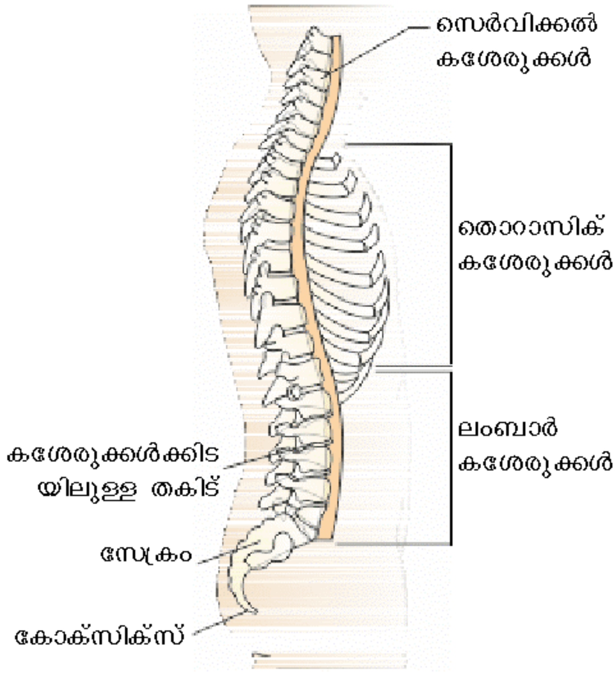
ടത്തെ അക്ഷാസ്ഥികൂടം (Axial skeleton) അനുബന്ധാസ്ഥികൂടം (Appendicular skeleton) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം.

ശരീരത്തിലെ പ്രധാന അക്ഷത്തിൽ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്ന 80 അസ്ഥികൾ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് **അക്ഷാസ്ഥികൂടം.** തലയോട് (Skull), നട്ടെല്ല് (Vertebral column), മാറെല്ല് (Sternum), വാരിയെല്ല് (Ribs) ഇവ ചേർന്നതാണ് അക്ഷാസ്ഥികൂടം. രണ്ട് വിഭാഗം അസ്ഥികൾ ചേർന്നതാണ് **തലയോട്–** കപാലവും(Cranium) മുഖാസ്ഥികളും (Facial bones) കൂടി ആകെ 22 അസ്ഥികളാണ് (ചിത്രം 20.6). കപാലത്തിൽ അസ്ഥികൾ 8 എണ്ണമാണ്. അവ മസ്തിഷ്ക്കത്തെ പൊതിയുന്ന കാഠിന്യമുള്ള ബാഹ്യസംരക്ഷണ ആവരണമായി നിലകൊള്ളുന്നു. മുഖഭാഗം 14 അസ്ഥിഘടകങ്ങൾകൊണ്ട് നിർമിതമായിരിക്കുന്നു. ഇത് തലയോടിന്റെ മുൻഭാഗമായി വർത്തിക്കുന്നു. വദനഗഹ്വരത്തിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹയോയിഡ് (Hyoid) എന്നു വിളിക്കുന്ന 'U' ആകൃതിയിലുള്ള ഏക അസ്ഥിയും തലയോടിന്റെ ഭാഗമാണ്. ഓരോ മധ്യകർണവും മൂന്ന് ചെറിയ അസ്ഥികൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു– മാലിയസ്, ഇൻകസ്, സ്റ്റേപിസ്. ഇവ ഒരുമിച്ച് **കർണാസ്ഥികൾ** (Ear ossicles)എന്നറിയപ്പെടുന്നു. തലയോടിനെ നട്ടെല്ലിന്റെ മുകൾഭാഗവുമായി രണ്ട് ഓക്സിപിറ്റൽ കോൺഡൈലുകളുടെ സഹായത്താൽ യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു (Dicondylic skull).

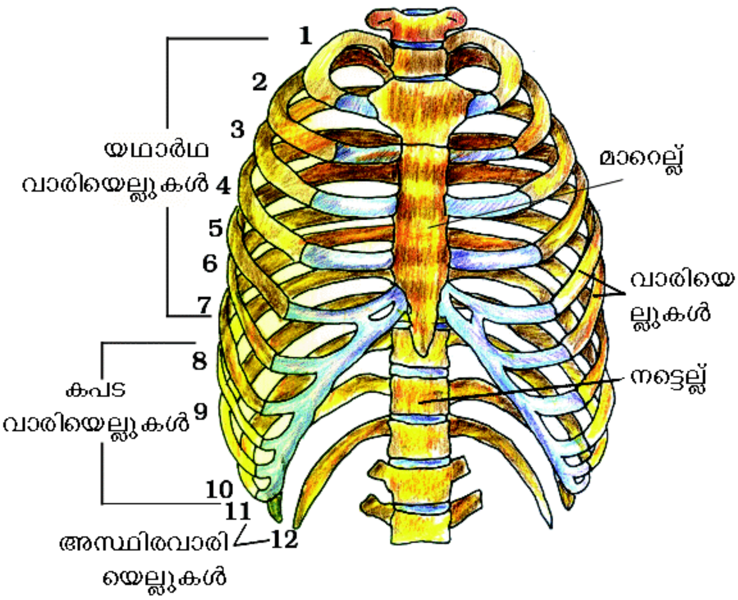


ചിത്രം 20.6 മനുഷ്യന്റെ തലയോട് – രേഖാചിത്രം

ശ്രേണീരീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന 26 കശേരുകികൾ ചേർന്നതാണ് **നട്ടെല്ല് (Vertebral column)** (ചിത്രം 20.7). ഇത് മുതുക് ഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. ഇത് തലയോടിന്റെ കീഴ്ഭാഗത്ത് നിന്ന് തുടങ്ങി ഉടൽ ഭാഗത്തിന്റെ മുഖ്യചട്ടക്കൂടായി വർത്തിക്കുന്നു. ഓരോ കശേരുവിന്റെയും മധ്യത്തിലെ പൊള്ളയായ ഭാഗമാണ് സുഷുമ്നാനാളി (Neural canal). ഇതിലൂടെ സുഷുമ്നാനാഡി (Spinal cord) കടന്നു



ചിത്രം 20.7 നട്ടെല്ല് (വലത് വശത്തിന്റെ കാഴ്ച)



ചിത്രം 20.8 വാരിയെല്ലുകളും വാരിയെല്ലിൻ കൂടും

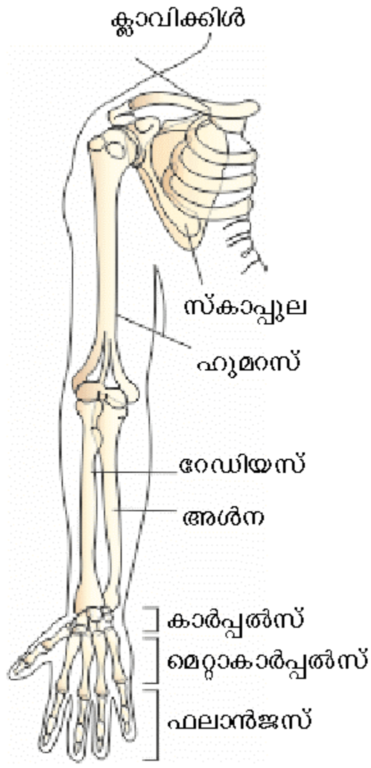
പോകുന്നു. ഒന്നാമത്തെ കശേരുവായ അറ്റ്ലസ്, ഓക്സിപിറ്റൽ കോൺഡൈലുകളുമായി സംയോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. തലയോടിൽ നിന്ന് തുടങ്ങുന്ന നട്ടെല്ല് അഞ്ചായി വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. സെർവിക്കൽ അഥവാ കണ്ഠകശേരുക്കൾ (7), തൊറാസിക് അഥവാ ഔരസകശേരുക്കൾ (12), ലംബാർ (5), സേക്രൽ (1- ഒന്നിലധികം കശേരുക്കൾ യോജിച്ചുണ്ടായവ), കോക്സീജിയൽ (1 - ഒന്നിലധികം കശേരുക്കൾ യോജിച്ചുണ്ടായവ). മനുഷ്യനുൾപ്പെടെ ഒട്ടുമിക്ക സസ്തനികളിലും സെർവിക്കൽ കശേരുക്കളുടെ എണ്ണം 7 ആണ്. നട്ടെല്ല് സുഷുമ്നാ നാഡിയെ സംരക്ഷിക്കുകയും, ശിരസ്സ് താങ്ങിനിർത്തുകയും, വാരിയെല്ലുകളെയും മുതുകിലെ പേശീകൂട്ടങ്ങളെയും ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഭാഗമായി വർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. നെഞ്ചിൽ അകഭാഗത്ത് മധ്യരേഖയിൽ കാണപ്പെടുന്ന പരന്ന അസ്ഥിയാണ് **മാറെല്ല്** (Sternum).

ആകെ 12 ജോഡി **വാരിയെല്ലുകൾ** ഉണ്ട്. കനം കുറഞ്ഞ പരന്ന അസ്ഥിയായ ഓരോ വാരിയെല്ലും പുറംഭാഗത്ത് നട്ടെല്ലിനോടും അകഭാഗത്ത് മാറെല്ലിനോടും യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇതിന് മുതുകുവശത്ത് നട്ടെല്ലുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രതലങ്ങൾ ഉണ്ട്. അതുകൊണ്ട് ഇതിനെ ബൈസെഫാലിക് (Bicephalic) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ആദ്യത്തെ 7 ജോഡി വാരിയല്ലുകളെ യഥാർഥ വാരിയെല്ലുകൾ (True ribs) എന്ന് പറയുന്നു. ഇവയെ മുതുകുഭാഗത്ത് തൊറാസിക് കശേരുക്കളോടും അകഭാഗത്ത് ഹയാലിൻ തരുണാസ്ഥിയുടെ സഹായത്താൽ മാറെല്ലിനോടും യോജിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. 8, 9, 10 എന്നീ ജോഡി വാരിയെല്ലുകൾ മാറെല്ലിനോട് നേരിട്ട് യോജിക്കാതെ ഹയാലിൻ തരുണാസ്ഥി വഴി 7-ാമത്തെ ജോഡിവാരിയെല്ലുമായി യോജിക്കുന്നു. ഇവയെ വെർട്ടിബ്രോ കോൺട്രൽ വാരിയെല്ലുകൾ (കപട വാരിയെല്ലുകൾ) (False ribs) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അവസാനത്തെ രണ്ട് ജോഡി വാരിയെല്ലുകൾ (11 ഉം 12 ഉം) അകഭാഗവുമായി

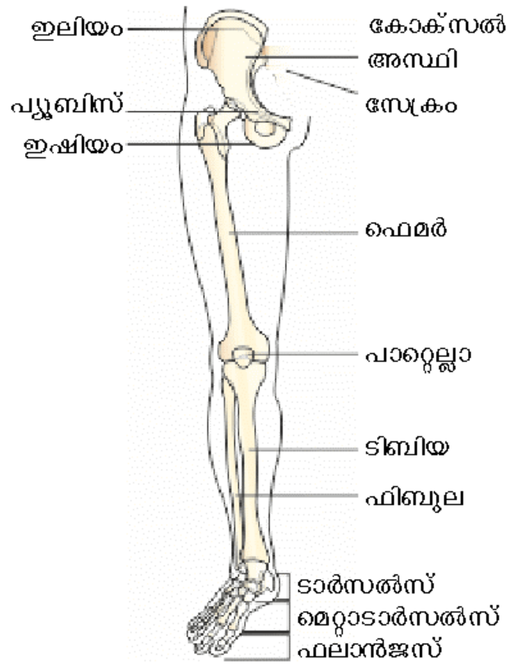
യോജിച്ചിട്ടില്ലാത്തതിനാൽ അവയെ അസ്ഥിരവാരിയെല്ലുകൾ (Floating ribs) എന്നു പറയുന്നു. തൊറാസിക് കശേരുക്കൾ, വാരിയെല്ലുകൾ, മാറെല്ല് എന്നിവ ഒത്തുചേർന്നതാണ് വാരിയെല്ലിൻ കൂട് (Rib cage) (ചിത്രം 20.8).

കൈകാലുകളിലെ അസ്ഥികളും അവയുടെ വലയങ്ങളും (Girdles) ചേർന്നതാണ് **അനുബന്ധാസ്ഥികൂടം**. ഒരു കൈ/കാൽ 30 അസ്ഥികൾ ചേർന്നതാണ്. കൈയിലെ (മുൻകാലിലെ) അസ്ഥികൾ ഹുമറസ്, റേഡിയസ്, അൾന, കാർപ്പൽസ് (മണിബന്ധ അസ്ഥികൾ-8 എണ്ണം), മെറ്റാകാർപ്പൽസ് (കൈപ്പത്തിയിലെ അസ്ഥികൾ - 5 എണ്ണം), ഫലാൻജസ് (കൈവിരലുകളിലെ അസ്ഥികൾ-14 എണ്ണം) എന്നിവയാണ് (ചിത്രം 20.9). ഫെമർ (തുടയെല്ല്-ഏറ്റവും നീളം കൂടിയ അസ്ഥി), ടിബിയ, ഫിബുല, ടാർസൽസ് (കണങ്കാലിലെ അസ്ഥികൾ-7 എണ്ണം), മെറ്റാടാർസൽസ് (5 എണ്ണം), ഫലാൻജസ് (കാൽവിരലുകളിലെ അസ്ഥികൾ-14 എണ്ണം) ഇവയാണ് കാലുകളിലെ (പിൻകാൽ) അസ്ഥികൾ (ചിത്രം 20.10). ഒരു കപ്പിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള അസ്ഥിയായ പാറ്റെല്ലാ മുട്ടിന്റെ അകഭാഗത്തെ പൊതിഞ്ഞ് കാണപ്പെടുന്നു (കാൽമുട്ട് ചിരട്ട- Kneecap).

തോൾ വലയത്തിലും (Pectoral girdle) ശ്രോണീവലയത്തിലും (Pelvic girdle) ഉള്ള അസ്ഥികൾ യഥാക്രമം കൈകളെയും കാലുകളെയും അക്ഷാസ്ഥികൂടവുമായി ബന്ധിപ്പിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഓരോ വലയത്തിലും രണ്ട് പകുതികൾ കാണപ്പെടുന്നു. തോൾ വലയത്തിലെ ഓരോ പകുതിയിലും ക്ലാവിക്കിൾ (Clavicle), സ്കാപ്പുല (Scapula) എന്ന 2 അസ്ഥികൾ വീതമാണ് ഉള്ളത് (ചിത്രം 20.9). ത്രികോണാകൃതിയോടു കൂടിയ പരന്ന് വലുപ്പമേറിയ സ്കാപ്പുല ഉരസ്സിന്റെ പുറംഭാഗത്ത് രണ്ടാമത്തെയും ഏഴാമത്തെയും വാരിയെല്ലുകളുടെ ഇടയിലായി കാണപ്പെടുന്നു. പുറമെ അൽപ്പം ഉയർന്ന് പരന്ന് കാണപ്പെടുന്ന സ്കാപ്പുലയുടെ ഭാഗമാണ് സ്പൈൻ (Spine). ഈ പരന്ന് വികസിച്ച സംവിധാനത്തെ അംസകൂടം (Acromion) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ക്ലാവിക്കിൾ ഇതുമായി യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. അംസകൂടത്തിന് താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന കുഴിയാണ് ഗ്ലീനോയ്ഡ് ഗഹ്വരം. ഇതിലേക്ക്



ചിത്രം 20.9 വലത് തോൾവലയവും കൈയിലെ അസ്ഥികളും (മുൻഭാഗക്കാഴ്ച)



ചിത്രം 20.10 വലത് ശ്രോണീവലയവും കാലിലെ അസ്ഥികളും (മുൻഭാഗക്കാഴ്ച)

ഹുമറസിന്റെ ശീർഷം യോജിച്ച് തോൾ സന്ധി (Shoulder joint) ആയി രൂപപ്പെടുന്നു. രണ്ട് വക്രങ്ങളുള്ള നീണ്ട കനംകുറഞ്ഞ അസ്ഥിയാണ് ഓരോ ക്ലാവിക്കിളും. ഈ അസ്ഥിയെ പൊതുവായി തോളസ്ഥി (Collar bone) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

രണ്ട് കോക്സൽ അസ്ഥികൾ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് ശ്രോണീവലയം ചിത്രം (20.10). മൂന്ന് അസ്ഥികൾ ചേർന്നാണ് ഓരോ കോക്സൽ അസ്ഥിയും രൂപംകൊള്ളുന്നത്. ഇവ ഇലിയം(Ilium), ഇഷിയം(Ischium), പ്യൂബിസ് (Pubis) എന്നിവയാണ്. ഈ മൂന്ന് അസ്ഥികളും യോജിക്കുന്ന ഭാഗത്ത് അസെറ്റാബുലം എന്ന കുഴി രൂപംകൊള്ളുന്നു. ഇതിലേക്ക് തുടയെല്ലിന്റെ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള അഗ്രഭാഗം യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. ശ്രോണീവലയത്തിന്റെ രണ്ട് പകുതികളും അധോഭാഗത്ത് ഒത്തുചേർന്ന് നാര് പോലുള്ള തരുണാസ്ഥിയടങ്ങിയ പ്യൂബിക് സിംഫൈസിസ് (Pubic symphysis) ആയി മാറുന്നു.

20.4 സന്ധികൾ (Joints)

ശരീരത്തിൽ അസ്ഥിഭാഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന എല്ലാത്തരം ചലനങ്ങൾക്കും സന്ധികൾ അനിവാര്യമാണ്. സഞ്ചാര ചലനങ്ങളും ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. അസ്ഥികൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെടുന്ന ഭാഗമോ അല്ലെങ്കിൽ അസ്ഥികളും തരുണാസ്ഥികളും തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുന്ന ഭാഗമോ ആണ് സന്ധികൾ. പേശികളിൽ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ബലം ഉപയോഗിച്ച് സന്ധികളിലൂടെയാണ് ചലനം സാധ്യമാകുന്നത്. ഇവിടെ സന്ധി ഒരു ആധാരകേന്ദ്രമായി (Fulcrum) വർത്തിക്കുന്നു. ഈ സന്ധികളിലുണ്ടാകുന്ന ചലനം വിവിധഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. സന്ധികളെ ഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മൂന്ന് ആയി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായത് തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സന്ധി, തരുണാസ്ഥികളാൽ നിർമിതമായ സന്ധി, സൈനോവിയൽ സന്ധി എന്നിവയാണ് അവ.

തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സന്ധികളിൽ (Fibrous joints) ഒരു ചലനവും സാധ്യമല്ല. ഇത്തരം സന്ധികൾ തലയോടിലെ പരന്ന അസ്ഥികളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ അസ്ഥികളുടെ അഗ്രഭാഗങ്ങളെ ഇടതിങ്ങിയ തന്തുക്കൾപോലെയുള്ള യോജകകലകളാൽ തുന്നിച്ചേർത്ത് (Suture) ആണ് കപാലം രൂപം കൊള്ളുന്നത്.

തരുണാസ്ഥി സന്ധികളിൽ (Cartilaginous joints), അസ്ഥികൾ പരസ്പരം തരുണാസ്ഥികളുടെ സഹായത്താൽ ഒന്നിച്ചു ചേർന്നിരിക്കുന്നു. നട്ടെല്ലിലെ അടുത്തടുത്ത കശേരുക്കളുടെ ഇടയിലുള്ള സന്ധി ഈ മാതൃകയിലുള്ളതാണ്. ഇത് പരിമിതിമായ ചലനം അനുവദിക്കുന്നു.

സൈനോവിയൽ സന്ധികളിൽ (Synovial joints) രണ്ട് അസ്ഥികൾ പരസ്പരം ബന്ധിക്കുന്ന ഉപരിതലങ്ങളുടെ ഇടയിൽ ദ്രാവകം നിറഞ്ഞ സൈനോവിയൽ അറ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ ക്രമീകരണം ചലനം സുഗമമാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഈ സന്ധികൾ സഞ്ചാരത്തിനും മറ്റനവധി ചലനങ്ങൾക്കും സഹായിക്കുന്നു.

ഗോളരസന്ധി (Ball and socket joint) (ഹുമറസിനും തോൾ വലയത്തിനും ഇടയിൽ), വിജാഗിരി സന്ധി (Hinge joint) (മുട്ടിലെ സന്ധി/knee joint), കീല സന്ധി (Pivot joint) (അറ്റ്ലസിന്റെയും ആക്സിസിന്റെയും ഇടയിൽ), തെന്നി നീങ്ങുന്ന സന്ധി (Gliding joint) (കാർപ്പലുകളുടെ ഇടയിൽ), പര്യാണ സന്ധി (Saddle joint) (തള്ളവിരലിൽ കാർപ്പലിന്റെയും മെറ്റാകാർപ്പലിന്റെയും ഇടയിൽ) എന്നിവ ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

20.5 പേശിയുടെയും അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയുടെയും തകരാറുകൾ

മയാസ്തേനിയ ഗ്രേവിസ് (Myasthenia gravis): നാഡീപേശീ സന്ധിയെ ബാധിക്കുന്നു. ശരീരത്തിന്റെ സ്വയംപ്രതിരോധ സംവിധാനത്തിന്റെ തകരാറ് കൊണ്ടാണ് ഇത് സംഭവിക്കുന്നത്. ഈ രോഗം അസ്ഥിപേശികളുടെ ക്ലമം, ക്ഷീണം, തളർച്ച എന്നിവയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു.

പേശീക്ഷയം (Muscular distrophy) : ജനിതക അപാകതകൾ മൂലം അസ്ഥിപേശിക്ക് കാലക്രമേണയുണ്ടാകുന്ന നാശം.

ക്ഷതപാതം (Tetany): ശരീരദ്രവത്തിൽ കാൽസ്യം അയോണുകൾ കുറയുമ്പോൾ പേശികൾ വേഗത്തിലും തീക്ഷ്ണമായും സങ്കോചിക്കുന്നു (Rapid spasms).

സന്ധി വാതം (Arthritis): സന്ധികളിലുണ്ടാകുന്ന നീർവീക്കം.

അസ്ഥി ക്ഷയം (Osteoporosis): പ്രായംകൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അസ്ഥിഭാരത്തിൽ കുറവുണ്ടാവുകയും പൊട്ടാനുള്ള സാധ്യത കൂടുകയും ചെയ്യുന്ന അവസ്ഥ. ഈസ്ട്രജൻ ഹോർമോണിന്റെ അളവ് കുറയുന്നതാണ് പ്രധാന കാരണം.

രക്തവാതം (Gout): പരൽ രൂപത്തിൽ യൂറിക് ആസിഡ് അടിഞ്ഞ് കൂടുന്നതു മൂലം സന്ധികളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നീർവീക്കം.

സാംഗ്രഹം

ജീവജാലങ്ങളുടെ ഒരു സവിശേഷ സ്വഭാവമാണ് ചലനം. ജീവദ്രവ്യ പ്രവാഹം, സീലിയറി ചലനങ്ങൾ, ചിറകുകളുടെയും, കൈകാലുകളുടെയും ചലനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ ജന്തുക്കൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന ചിലതരം ചലനങ്ങളാണ്. ജീവികളുടെ സ്ഥലമാറ്റത്തിന് കാരണമാകുന്ന ഐച്ഛിക ചലനമാണ് സഞ്ചാരം. ആഹാരം, അഭയം, ഇണ, ഇണചേരാനുള്ള ഉചിതമായ ഇടം എന്നിവ കണ്ടെത്തുന്നതിനും, അനുയോജ്യമായ കാലാവസ്ഥയ്ക്കും സ്വയരക്ഷക്കും വേണ്ടിയാണ് ജീവികൾ സാധാരണയായി സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

മനുഷ്യശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ അമീബിക, സീലിയറി, പേശീചലനങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു. സഞ്ചാരത്തിനും മറ്റനവധി ചലനങ്ങൾക്കും പേശീപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഏകോപനം അത്യാവശ്യമാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിൽ മൂന്ന് തരം പേശികൾ കാണപ്പെടുന്നു. അസ്ഥിഘടകങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പേശികളാണ് അസ്ഥിപേശികൾ. അവ രേഖാങ്കിതവും ഐച്ഛിക സ്വഭാവമുള്ളവയും ആണ്. ആന്തരികാവയവങ്ങളുടെ അകഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ആന്തരാവയവപേശികൾ രേഖാങ്കിതമല്ലാത്തതും അനൈച്ഛികസ്വഭാവമുള്ളവയുമാണ്. ഹൃദയത്തിലെ പേശികളാണ് ഹൃദയപേശികൾ. അവ രേഖാങ്കിതവും, ശാഖകളുള്ളതും, അനൈച്ഛിക സ്വഭാവമുള്ളവയും ആണ്. പേശികൾ ഉത്തേജനം, സങ്കോചം, വികസനം, ഇലാസ്തികത എന്നീ സ്വഭാവ ഗുണങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു.

പേശികളുടെ ആന്തരികഘടകമാണ് പേശീതന്തു. ഓരോ പേശീതന്തുവിലും സമാന്തരമായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ധാരാളം മയോഫൈബ്രിലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഓരോ മയോഫൈബ്രിലിന്റെയും അടിസ്ഥാന സങ്കോച യൂണിറ്റുകളാണ് സാർക്കോമിയറുകൾ. ഇവ ശ്രേണീരീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഓരോ സാർക്കോമിയറിനും മധ്യത്തിൽ കനംകൂടിയ മയോസിൻ നാരിനാൽ നിർമിതമായ 'A'ബാൻഡും അതിന് ഇരുവശങ്ങളിലായി 'Z' രേഖ കാണപ്പെടുന്നതും കനം കുറഞ്ഞ ആക്ടിൻ തന്തുക്കളാൽ നിർമിതവുമായ രണ്ട് പകുതി 'I' ബാൻഡുകളും ഉണ്ട്. സങ്കോചിക്കാൻ കഴിവുള്ള പോളിമർ മാംസ്യങ്ങളാണ് ആക്ടിനും മയോസിനും. വിശ്രമാവസ്ഥയിൽ ആക്ടിൻ തന്തുവിൽ മയോസിൻ വന്ന് ചേരുന്ന സക്രിയസ്ഥാനം ട്രോപ്പോണിൻ എന്ന മാംസ്യത്തിനാൽ മൂടപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മയോസിൻ ശീർഷത്തിൽ ATPase എന്ന രാസാഗ്നിയും ATP ബന്ധിക്കാനുള്ള സ്ഥാനവും ആക്ടിനു വേണ്ടിയുള്ള സക്രിയസ്ഥാനവും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. പേശീതന്തുവിലേക്ക് ആവേഗങ്ങളെ പ്രേരകനാഡി വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോവുകയും തത്ഫലമായി അവിടെ പ്രവർത്തനശേഷി ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് പേശീദ്രവ്യജാലികയിൽ നിന്ന് കാൽസ്യം അയോണുകൾ സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. കാൽസ്യം അയോണുകൾ ആക്ടിൻ തന്തുവിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് മയോസിൻ ശീർഷവും ആക്ടിൻ തന്തുവും ബന്ധിതമായി കുറുകെയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ (Cross bridge) രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് ഇടയാക്കുന്നു. ഈ കുറുകെയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ ആക്ടിൻ തന്തുവിനെ വലിച്ചടുപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ ആക്ടിൻ തന്തുക്കൾ മയോസിൻ നാരുകളുടെ മുകളിലൂടെ തെന്നിമാറുകയും പേശികൾ സങ്കോചിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കാൽസ്യം അയോണുകൾ തിരികെ പേശീദ്രവ്യ ജാലികയിലേക്ക് പോവുകയും ഇത് ആക്ടിൻ തന്മാത്രയെ നിഷ്ക്രിയമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കുറുകെയുള്ള ബന്ധനങ്ങൾ തകരുകയും അങ്ങനെ പേശികൾ വിശ്രമാവസ്ഥയിലാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

പേശികളുടെ ആവർത്തിച്ചുള്ള ഉത്തേജനം പേശീക്ലമത്തിന് ഇടയാകുന്നു. പേശികളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ചുവന്ന നിറത്തിലുള്ള മയോഗ്ലോബിൻ വർണവസ്തുവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പേശി

കളെ അരുണ തന്തുക്കൾ, ശ്വേത തന്തുക്കൾ എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

അസ്ഥികളും തരുണാസ്ഥികളും ഉൾപ്പെട്ടതാണ് അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ. അസ്ഥിവ്യവസ്ഥയെ അക്ഷാസ്ഥികൂടം, അനുബന്ധാസ്ഥിക്കൂടം എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി ഭാഗിച്ചിരിക്കുന്നു. തലയോട്, നട്ടെല്ല്, വാരിയെല്ലുകൾ, മാറെല്ല് എന്നിവ ചേർന്നതാണ് അക്ഷാസ്ഥികൂടം. അനുബന്ധാസ്ഥികൂടത്തിൽ കൈകാലുകളിലെ അസ്ഥികൾ, വലയങ്ങൾ എന്നിവ ഉൾപ്പെടുന്നു. അസ്ഥികളുടെ ഇടയിൽ അല്ലെങ്കിൽ അസ്ഥികളുടെയും തരുണാസ്ഥികളുടെയും ഇടയിൽ മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള സന്ധികൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. തന്തുക്കളാൽ നിർമിതമായ സന്ധി, തരുണാസ്ഥി സന്ധി, സൈനോവിയൽ സന്ധി എന്നിവയാണ് അവ. സൈനോവിയൽ സന്ധികൾ ചലനം സുഗമമാക്കുന്നതിനാൽ സഞ്ചാരത്തിൽ സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. അസ്ഥിപേശിയുടെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സാർക്കോമിയറിന്റെ ചിത്രം വരയ്ക്കുക.
2. പേശീസങ്കോചത്തിന്റെ തന്തു തെന്നിനീങ്ങൽ സിദ്ധാന്തം നിർവചിക്കുക.
3, പേശീസങ്കോചത്തിന്റ പ്രധാനപ്പെട്ട ഘട്ടങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.
4. ശരിയോ തെറ്റോ എന്നെഴുതുക. തെറ്റായ വാക്യം തിരുത്തി എഴുതുക.
   a. കനം കുറഞ്ഞ തന്തുവിലാണ് ആക്ടിൻ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത്.
   b. രേഖാങ്കിത പേശിയുടെ H മേഖല കട്ടികൂടിയതും കട്ടികുറഞ്ഞതുമായ നാരുകളെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു.
   c. മനുഷ്യാസ്ഥികൂടത്തിൽ 206 അസ്ഥികൾ ഉണ്ട്.
   d. മനുഷ്യനിൽ 11 ജോഡി വാരിയെല്ലുകൾ കാണപ്പെടുന്നു.
   e. ശരീരത്തിന്റെ അധോഭാഗത്ത് മാറെല്ല് കാണപ്പെടുന്നു.
5. വ്യത്യാസം എഴുതുക.
   a. ആക്ടിനും മയോസിനും
   b. അരുണപേശിയും ശ്വേതപേശിയും
   c. തോൾവലയവും ശ്രോണീവലയവും
6. കോളം 1 ഉം കോളം 2 ഉം ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

കോളം 1		കോളം 2	
(a)	മൃദുലപേശി	(i)	മയോഗ്ലോബിൻ
(b)	ട്രോപ്പോമയോസിൻ	(ii)	കനംകുറഞ്ഞ നാരുകൾ
(c)	ചുവന്ന പേശി	(iii)	സ്യൂച്ചറുകൾ
(d)	തലയോട്	(iv)	അനൈച്ഛികം

7. മനുഷ്യശരീരത്തിലെ കോശങ്ങൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന വ്യത്യസ്തതരം ചലനങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?

8. അസ്ഥിപേശികളും ഹൃദയപേശികളും എങ്ങനെ വേർതിരിക്കാം?

9. താഴെ പറയുന്ന അസ്ഥികൾക്ക് ഇടയിലുള്ള സന്ധികളുടെ പേരെഴുതുക.

   a. അറ്റ്ലസ്/ആക്സിസ്

   b. തള്ളവിരലിലെ കാർപ്പൽ/മെറ്റാകാർപ്പൽ

   c. ഫാലൻജസുകളുടെ ഇടയിൽ

   d. ഫെമർ/അസെറ്റാബുലം

   e. കപാലത്തിന് ഇടയിലുള്ള അസ്ഥികൾ

   f. ശ്രോണീവലയത്തിലെ പ്യൂബിക് അസ്ഥികളുടെ ഇടയിൽ

പൂരിപ്പിക്കുക

a) ചില സസ്തനികൾ ഒഴികെ എല്ലാ സസ്തനികളിലും സെർവിക്കൽ കശേരുക്കളുടെ എണ്ണം ------------ ആണ്.

b) മനുഷ്യനിലെ ഓരോ കൈയിലെയും കൈവിരലുകളിലെ അസ്ഥികളുടെ (ഫലാൻജസ്) എണ്ണം ---------- ആണ്.

c) മയോഫൈബ്രിലിലെ കനംകുറഞ്ഞ നാരിൽ 2 'F' ആക്ടിനുകളും മറ്റ് രണ്ട് മാംസ്യങ്ങളായ ----------------ഉം ---------------- അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

d) ഒരു പേശീതന്തുവിൽ Ca^{++} ശേഖരിച്ചിരിക്കുന്നത് ----------- ൽ ആണ്.

e) --------- ഉം -------- ജോഡി വാരിയെല്ലുകളാണ് അസ്ഥിര വാരിയെല്ലുകൾ (Floating ribs)

f) മനുഷ്യനിലെ കപാലം -------- അസ്ഥികൾ ചേർന്നാണ് ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത്.