F7N6J4

അധ്യായം 19

വിസർജ്യവസ്തുക്കളും അവയുടെ നിർമാർജനവും

(EXCRETORY PRODUCTS AND THEIR ELIMINATION)

19.1 വിസർജനവ്യവസ്ഥ - മനുഷ്യനിൽ

19.2 മൂത്രം ഉൽപാദിപ്പിക്കൽ

19.3 നളികകളുടെ ധർമങ്ങൾ

19.4 അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുന്ന സംവിധാനം

19.5 വൃക്കാ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിയന്ത്രണം

19.6 മൂത്രവിസർജനം

19.7 വിസർജനത്തിൽ മറ്റ് അവയവങ്ങളുടെ പങ്ക്

19.8 വിസർജനവ്യവസ്ഥയുടെ തകരാറുകൾ

ഉപാപചയപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായും അമിത ഭക്ഷണഫലമായും ജന്തുക്കളിൽ ധാരാളം വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ അടിഞ്ഞുകൂടുന്നതായി നിങ്ങൾക്കറിയാം. ഇവ പ്രധാനമായും അമോണിയ, യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ്, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, ജലം, Na , K , Cl^{-}, ഫോസ്ഫേറ്റ്, സൾഫേറ്റ് എന്നിവയാണ്. ഇവ നിശ്ചിത അളവിൽ കൂടുതലാകുന്നത് ശരീരത്തിന് ഹാനികരമാണ്. ഈ പദാർഥങ്ങൾ ഭാഗികമായോ പൂർണമായോ പുറന്തള്ളപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. പ്രധാന നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങളായ അമോണിയ, യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ് തുടങ്ങിയവയെ പുറന്തള്ളുന്ന പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ഈ അധ്യായത്തിൽ പഠിക്കാം. ഇതിൽ ഏറ്റവും വിഷാംശം കൂടിയ അമോണിയയുടെ വിസർജനത്തിനായി ധാരാളം ജലം ആവശ്യമായിവരുന്നു. എന്നാൽ താരതമ്യേന വിഷാംശം കുറഞ്ഞ യൂറിക് ആസിഡിന്റെ വിസർജനത്തിന് വളരെക്കുറച്ച് ജലം മാത്രമേ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് നഷ്ടപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

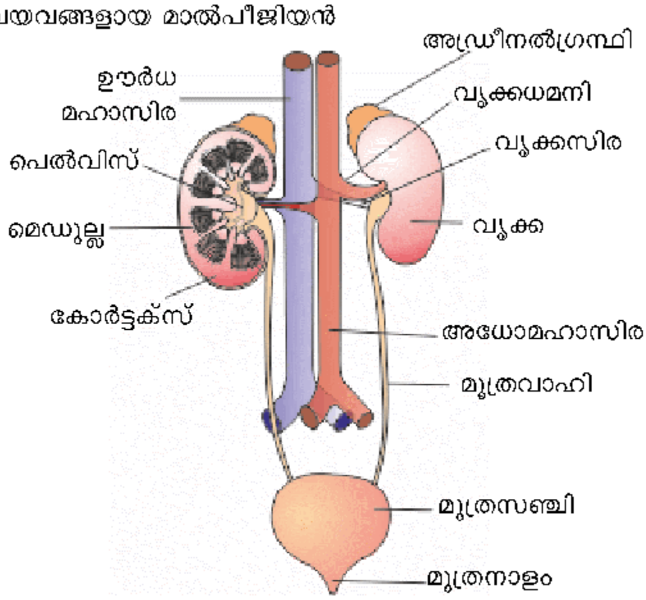
അമോണിയ വിസർജിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അമോണോടെലിസം. ധാരാളം അസ്ഥിമത്സ്യങ്ങളും ജല ഉഭയജീവികളും ജല ഷഡ്പദങ്ങളും **അമോണോടെലിക്കു (Ammonotelic)** കളാണ്. ജലത്തിൽ അതിവേഗം ലയിക്കുന്ന അമോണിയ, വ്യാപനത്തിലൂടെ അമോണിയം അയോണുകളായി ശരീരോപരിതലത്തിൽ കൂടിയോ, ചെകിളപ്പൂക്കൾ വഴിയോ (മത്സ്യങ്ങളിൽ) പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിൽ വൃക്കകൾ പ്രത്യേക പങ്ക് വഹിക്കുന്നില്ല. ജലസംരക്ഷണം ഉറപ്പുവരുത്തുന്നതിനായി നൈട്രോജനികമാലിന്യങ്ങളെ വിഷാംശം കുറഞ്ഞ യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ് മുതലായവയുടെ രൂപത്തിൽ പുറന്തള്ളുന്നതിനുള്ള അനുകൂലനമുള്ളവയാണ് കരജീവികൾ. യൂറിയ വിസർജിക്കുന്ന ജന്തുക്കളെ **യൂറിയോടെലിക (Ureotelic)** ജന്തുക്കൾ എന്ന് പറയുന്നു. സസ്തനികൾ, കരയിലെ നിരവധി

ഉഭയജീവികൾ, കടൽമത്സ്യങ്ങൾ ഇവയെല്ലാം യൂറിയോടെലിക ജന്തുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഈ ജീവികളിൽ ഉപാപചയ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അമോണിയ കരളിൽവച്ച് യൂറിയയായിമാറുന്നു. ഈ യൂറിയ രക്തത്തിലേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും വൃക്കകൾ അതിനെ അരിച്ചുമാറ്റി പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ചിലയിനം ജീവികളിൽ നിശ്ചിത വൃതിവ്യാപനത (Osmolarity) നിലനിർത്തുന്നതിനായി വൃക്കാമാട്രിക്സിൽ നേരിയ അളവിൽ യൂറിയ നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു. ഉരഗങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, കരയിലെ ഒച്ചുകൾ, ഷഡ്പദങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ജീവികളിൽ നൈട്രോജനിക വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ പരൽ രൂപത്തിലോ കുഴമ്പുരൂപത്തിലോ ഉള്ള യൂറിക് ആസിഡായി വിസർജിക്കുന്നതിനാൽ വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രമേ ജലനഷ്ടം സംഭവിക്കുന്നുള്ളു. ഇത്തരം ജീവികളെ **യൂറിക്കോടെലിക** (Uricotelic) ജീവികൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു.

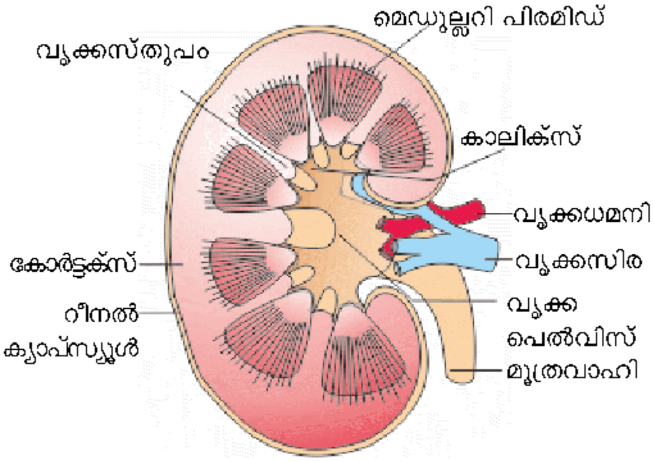
ജന്തുലോകത്തിൽ വ്യത്യസ്തതരം വിസർജനാവയവങ്ങൾ നിരീക്ഷിക്കാനാകും. അനേകം അകശേരുകികളിൽ ലഘു ഘടനയോടു കൂടിയ നളികകളായും (Simple tubular) കശേരുകികളിൽ സങ്കീർണമായ നളിക (Complex tubular) കളോടു കൂടിയ വൃക്കയുടെ രൂപത്തിലും ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ ചിലത് ഇവിടെ പ്രതിപാദിക്കുന്നു. പരന്ന വിരകൾ (Flatworms, e.g. *Planaria*), റോട്ടിഫെറുകൾ, ചില അനലിഡുകൾ, ആംഫിയോക്സസ് (Amphioxus) പോലെയുള്ള ശിരോകശേരുകികൾ എന്നിവയിലെ വിസർജനാവയവങ്ങൾ ജ്വാലാകോശങ്ങൾ (Flame cells) അഥവാ പ്രോട്ടോനെഫ്രീഡിയകളാണ്. അയോണുകളുടെയും ശരീരദ്രവങ്ങളുടെയും അളവ് നിയന്ത്രിക്കുക, അതായത് വൃതിവ്യാപന നിയന്ത്രണം (Osmoregulation) ആണ് പ്രോട്ടോനെഫ്രീഡിയകളുടെ പ്രാഥമിക കർത്തവ്യം. മണ്ണിരകളുടെയും മറ്റ് അനലിഡുകളുടെയും വിസർജനാവയവം നെഫ്രീഡിയയാണ്. നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനും ദ്രാവക അയോണിക സന്തുലനാവസ്ഥ പരിപാലിക്കുന്നതിനും നെഫ്രീഡിയ സഹായിക്കുന്നു. പാറ്റ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഷഡ്പദങ്ങളിൽ വിസർജനാവയവങ്ങളായ മാൽപീജിയൻ നളികകൾ നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യുന്നതിനും വൃതിവ്യാപന നിയന്ത്രണത്തിനും സഹായിക്കുന്നു. കൊഞ്ചുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ക്രസ്റ്റേഷ്യനുകളിലെ വിസർജനാവയവങ്ങളാണ് ആന്റിനൽ ഗ്രന്ഥികൾ അഥവാ ഹരിതഗ്രന്ഥികൾ (Antennal or Green glands).

19.1 വിസർജനവ്യവസ്ഥ - മനുഷ്യനിൽ

ഒരുജോഡിവൃക്കകൾ, ഒരുജോഡി മൂത്രവാഹികൾ, മൂത്രസഞ്ചി, മൂത്രനാളം എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മനുഷ്യ വിസർജനവ്യവസ്ഥ (ചിത്രം 19.1). ചുവന്ന തവിട്ട് നിറത്തിൽ പയർമണിയുടെ ആകൃതിയിലുള്ള വൃക്കകൾ അവസാനത്തെ തൊറാസിക് കശേരുവിനും മൂന്നാമത്തെ ലംബാർ കശേരുവിനും ഇടയിലായി ഉദരാശയത്തിൽ പുറംഭാഗത്ത് അകഭിത്തി

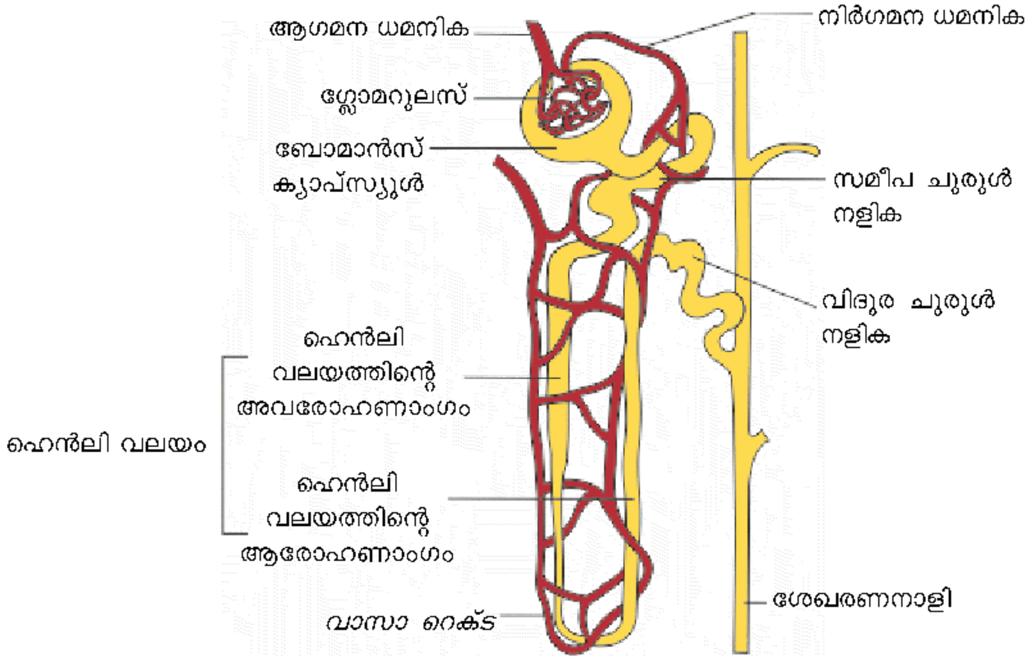


ചിത്രം 19.1 മനുഷ്യനിലെ വിസർജന വ്യവസ്ഥ



ചിത്രം 19.2 വൃക്കയുടെ നെടുകെയുള്ള ഛേദം

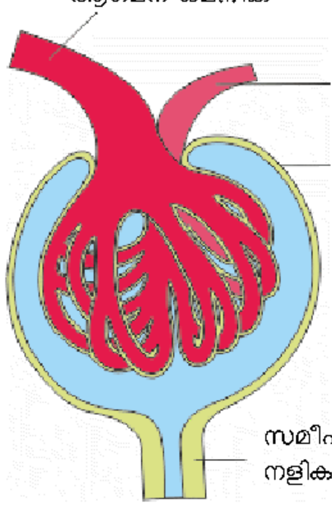
യോടു ചേർന്ന് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരാളുടെ വൃക്കയ്ക്ക് ഏകദേശം 120–170 ഗ്രാം ഭാരവും, 10–12 സെന്റീമീറ്റർ നീളവും, 5–7 സെന്റീമീറ്റർ വീതിയും, 2–3 സെന്റീമീറ്റർ കനവുമാണ് ഉള്ളത്. വൃക്കയുടെ അവതല (Concave) രൂപത്തിലുള്ള അകവശത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തുള്ള ഇടുക്കിനെ ഹൈലം എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മൂത്രവാഹി, രക്തക്കുഴലുകൾ, നാഡികൾ എന്നിവ വൃക്കയ്ക്ക് ഉള്ളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നത് ഇതിലൂടെയാണ്. ഹൈലത്തിന് ഉള്ളിലായി ചോർപ്പിന്റെ ആകൃതിയിൽ വീതി കൂടിയ ഭാഗത്തെ റീനൽ പെൽവിസ് എന്നു വിളിക്കുന്നു. റീനൽ പെൽവിസിൽ നിന്നു മുഴച്ച് നിൽക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളെ കാലിക്സുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഓരോ വൃക്കയും ദൃഢതയുള്ള ഒരാവരണത്താൽ പൊതിഞ്ഞിരിക്കുന്നു. വൃക്കയുടെ ഉൾവശം രണ്ടു മേഖലകളായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യഭാഗത്തെ കോർട്ടക്സ് എന്നും ആന്തരഭാഗത്തെ മെഡുല്ല എന്നും വിളിക്കുന്നു. കാലിക്സിലേക്ക് ഉന്തി നിൽക്കുന്ന കോൺ ആകൃതിയിലുള്ള ഭാഗങ്ങളെ മെഡുല്ലറി പിരമിഡുകൾ (Medullary pyramids) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത്തരം മെഡുല്ലറി



ചിത്രം 19.3 രക്തക്കുഴലുകൾ, നാളി, നളിക എന്നിവ കാണിക്കുന്ന നെഫ്രോണിന്റെ ചിത്രീകരണം

പിരമിഡുകളുടെ ഇടയിലേക്ക് സ്തൂപാകൃതിയിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്ന കോർട്ടക്സിന്റെ ഘടനയെ വൃക്കാസ്തൂപങ്ങൾ അഥവാ **ബർട്ടിനിയുടെ സ്തൂപങ്ങൾ (Columns of Bertini)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 19.2).

ഓരോ വൃക്കയിലും ഏകദേശം പത്ത് ലക്ഷത്തോളം സങ്കീർണഘടനയുള്ള നളികകളായ **നെഫ്രോണുകൾ** (ചിത്രം 19.3) കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയാണ് വൃക്കകളുടെ ധർമപരമായ അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ. ഓരോ നെഫ്രോണിനും ഗ്ലോമറുലസ്, വൃക്കനളിക (Renal tubule) എന്നീ രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. റീനൽ ധമനി (Renal artery) യുടെ സൂക്ഷ്മ ശാഖയായ ആഗമനധമനിക (Afferent arteriole) യിൽ നിന്ന് രൂപം കൊണ്ട ഒരു കൂട്ടം അതിസൂക്ഷ്മ ലോമികകളാണ് ഗ്ലോമറുലസ്. ഗ്ലോമറുലസിൽ നിന്നുള്ള രക്തം ദൂരേക്ക് വഹിച്ചു കൊണ്ടു പോകുന്നവയാണ് നിർഗമനധമനിക (Efferent arteriole).



ചിത്രം 19.4
മാൽപീജിയൻ ബോഡി (വൃക്കാകണം)

ഇരട്ടഭിത്തിയുള്ള കപ്പ് പോലുള്ള ഘടനയോടു കൂടിയ **ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളാണ്** വൃക്കനളികയുടെ ആരംഭ ഭാഗം. ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിനുള്ളിൽ ഗ്ലോമറുലസ് കാണപ്പെടുന്നു. ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളും ഗ്ലോമറുലസും കൂടി ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മാൽപീജിയൻ ബോഡി (Malpighian body) അഥവാ വൃക്കാകണം (Renal corpuscle) (ചിത്രം 19.4). ഈ വൃക്കനളിക ഏറെ ചുരുണ്ട നളികാജാലമായി തുടരുന്നു. ഇതിനെ **സമീപ ചുരുൾ നളിക (Proximal Convoluted Tubule, PCT)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹെയർപ്പിന്നിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള **ഹെൻലി വലയം (Henle's loop)** ആണ് വൃക്കനളികയുടെ അടുത്തഭാഗം. ഇതിന് ഒരു അവരോഹണാംഗവും (Discending limb) ഒരു ആരോഹണാംഗവും (Ascending limb) ഉണ്ട്. ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗത്തെ തുടർന്ന് വളരെയധികം ചുരുണ്ട വൃക്കനളികയുടെ അടുത്ത ഭാഗമായ **വിദൂര ചുരുൾനളിക (Distal Convoluted Tubule / DCT)** കാണപ്പെടുന്നു. അനേകം നെഫ്രോണുകളുടെ വിദൂര ചുരുൾനളികകൾ വന്ന് ചേരുന്ന നീണ്ടു നിവർന്ന കുഴലാണ് **ശേഖരണനാളി (Collecting duct).** ധാരാളം ശേഖരണനാളികൾ കൂടിച്ചേർന്ന് കാലിക്സിലുള്ള മെഡുല്ലറി പിരമിഡിലൂടെ റീനൽ പെൽവിസിലേക്ക് തുറക്കുന്നു.

നെഫ്രോണിന്റെ മാൽപീജിയൻ കോർപസൽ, PCT, DCT എന്നിവ വൃക്കയുടെ ബാഹ്യ കോർട്ടിക്കൽ ഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഹെൻലി വലയം മെഡുല്ലയിൽ നിമഗ്നമായിരിക്കുന്നു. ഭൂരിഭാഗം നെഫ്രോണുകളിലും ഹെൻലി വലയം വളരെ നീളം കുറഞ്ഞതും മെഡുല്ലയിലേക്ക് വളരെക്കുറച്ച് മാത്രം വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നതുമായ രീതിയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം നെഫ്രോണുകളാണ് കോർട്ടിക്കൽ നെഫ്രോണുകൾ. എന്നാൽ ചില നെഫ്രോണുകളിൽ ഹെൻലി വലയം വളരെ നീളമുള്ളതും മെഡുല്ലയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങി കാണപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവയാണ് ജക്സ്റ്റാ മെഡുല്ലറി നെഫ്രോണുകൾ.

ഗ്ലോമറുലസ്സിൽ നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന നിർഗമനധമനിക വൃക്കനളികയ്ക്ക് ചുറ്റും

അതിസൂക്ഷ്മ ലോമികജാലമായി രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവയാണ് ബാഹ്യനളികാലോമികകൾ (Peritubular capillaries). ഈ ലോമികജാലത്തിലെ വളരെ നേർത്ത ഒരു രക്തക്കുഴൽ ഹെൻലി വലയത്തിന് സമാന്തരമായി നീങ്ങി, 'U'ആകൃതിയിലുള്ള *വാസാ റെക്സ (Vasa recta)* ആയി മാറുന്നു. കോർട്ടിക്കൽ നെഫ്രോണുകളിൽ *വാസാ റെക്സാ* കാണപ്പെടാതിരിക്കുകയോ വളരെ ചുരുങ്ങിയതായി കാണപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നു.

19.2 മൂത്രം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കൽ

നെഫ്രോണിന്റെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങളിൽ മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളായി നടക്കുന്ന സങ്കീർണമായ പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് മൂത്രം ഉണ്ടാകുന്നത്. ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ (Glomerular filtration), പുനരാഗിരണം (Reabsorption), സ്രവണം (Secretion) എന്നിവയാണ് ഈ പ്രക്രിയകൾ.

രക്തത്തിന്റെ സൂക്ഷ്മ അരിക്കൽ എന്ന പ്രക്രിയയാണ് മൂത്രം ഉണ്ടാകുന്നതിന്റെ ആദ്യഘട്ടം. ഇത് ഗ്ലോമറുലസ്സിൽവച്ച് നിർവഹിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ ഇതിനെ **ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ (Glomerular filtration)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഒരു മിനിറ്റിൽ ശരാശരി 1100–1200 മില്ലിലിറ്റർ രക്തം വൃക്കകൾ അരിച്ചു മാറ്റുന്നു. ഇത് ഹൃദയത്തിന്റെ ഓരോ വെൻട്രിക്കിളും ഒരു മിനിറ്റിൽ പമ്പ് ചെയ്യുന്ന രക്തത്തിന്റെ ഏകദേശം അഞ്ചിലൊന്ന് $\left(1/5\right)$ ഭാഗമാണ്. ഗ്ലോമറുലസ്സിലെ രക്തലോമികകളിലെ രക്തമർദം മൂലം രക്തത്തിന്റെ അരിക്കൽ പ്രക്രിയ സാധ്യമാകുന്നു. ഗ്ലോമറുലാർ രക്തക്കുഴലുകളുടെ ആന്തരപാളി (Endothelium of glomerular bloodvessels), ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിന്റെ ആവരണകല, ഇവയ്ക്ക് രണ്ടിനും ഇടയിലുള്ള അടിസ്ഥാനസ്തരം (Basement membrane) എന്നീ മൂന്ന് പാളികളിലൂടെയാണ് രക്തത്തിന്റെ അരിക്കൽ പ്രക്രിയ നടക്കുന്നത്. ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിലെ ആവരണകലാകോശങ്ങളായ പോഡോസൈറ്റുകൾ സങ്കീർണമായ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. തത്ഫലമായി ചില അതിസൂക്ഷ്മസ്ഥലങ്ങൾ, അരിക്കൽ വിടവുകൾ (Filtration slits) അഥവാ കുഴികൾ (Slit pores) അവശേഷിക്കുന്നു. ഈ സ്തരങ്ങളിലൂടെ രക്തം അതിസൂക്ഷ്മമായി അരിക്കപ്പെട്ട്, ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിന്റെ ഇരട്ടഭിത്തികൾക്കിടയിലുള്ള പൊള്ളയായ സ്ഥലത്ത് എത്തിച്ചേരുന്നു. പ്ലാസ്മാപ്രോട്ടീൻ ഒഴികെ പ്ലാസ്മയിൽ കാണുന്ന ഏതാണ്ട് എല്ലാ ഘടകങ്ങളും ഗ്ലോമറുലാർഫിൽട്രേറ്റിൽ കാണപ്പെടുന്നതിനാൽ ഈ പ്രക്രിയ **അതിസൂക്ഷ്മ അരിക്കൽ (Ultra filtration)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ഒരു മിനിറ്റിൽ വൃക്ക അരിച്ച് മാറ്റുന്ന അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ (Filtrate) അളവിനെ **ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ തോത് (Glomerular filtration rate / GFR)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പൂർണ ആരോഗ്യവാനായ ഒരു വ്യക്തിയുടെ ജി.എഫ്.ആർ. ഏകദേശം 125 മില്ലിലിറ്റർ/മിനിറ്റ്, അതായത് ഒരു ദിവസം 180 ലിറ്റർ ആണ്.

ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽത്തോത് നിയന്ത്രിക്കുന്നതിന് വൃക്കകളിൽ തന്നെ സംവിധാനങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെയുള്ള ഫലപ്രദമായ ഒരു സംവിധാനമാണ് ജക്സ്റ്റാഗ്ലോമറുലാർ അപ്പാരട്ടസ് (JGA). ദൂരസ്ഥ ചുരുൾ നളികയും ആഗമന ധമനികയും പരസ്പരം സമ്പർക്കത്തിൽ വരുന്ന സ്ഥാനത്ത് കോശ

ങ്ങൾക്ക് രൂപാന്തരണം സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഒരു പ്രത്യേക ഭാഗമാണ് JGA. GFR ൽ ഉണ്ടാകുന്ന കുറവ് JG കോശങ്ങളെ സജീവമാക്കുകയും അവ റെനിൻ (Renin) എന്ന രാസാഗ്നി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഗ്ലോമറുലസിലേക്കുള്ള രക്തയോട്ടത്തെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ GFR സാധാരണ നിലയിലാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

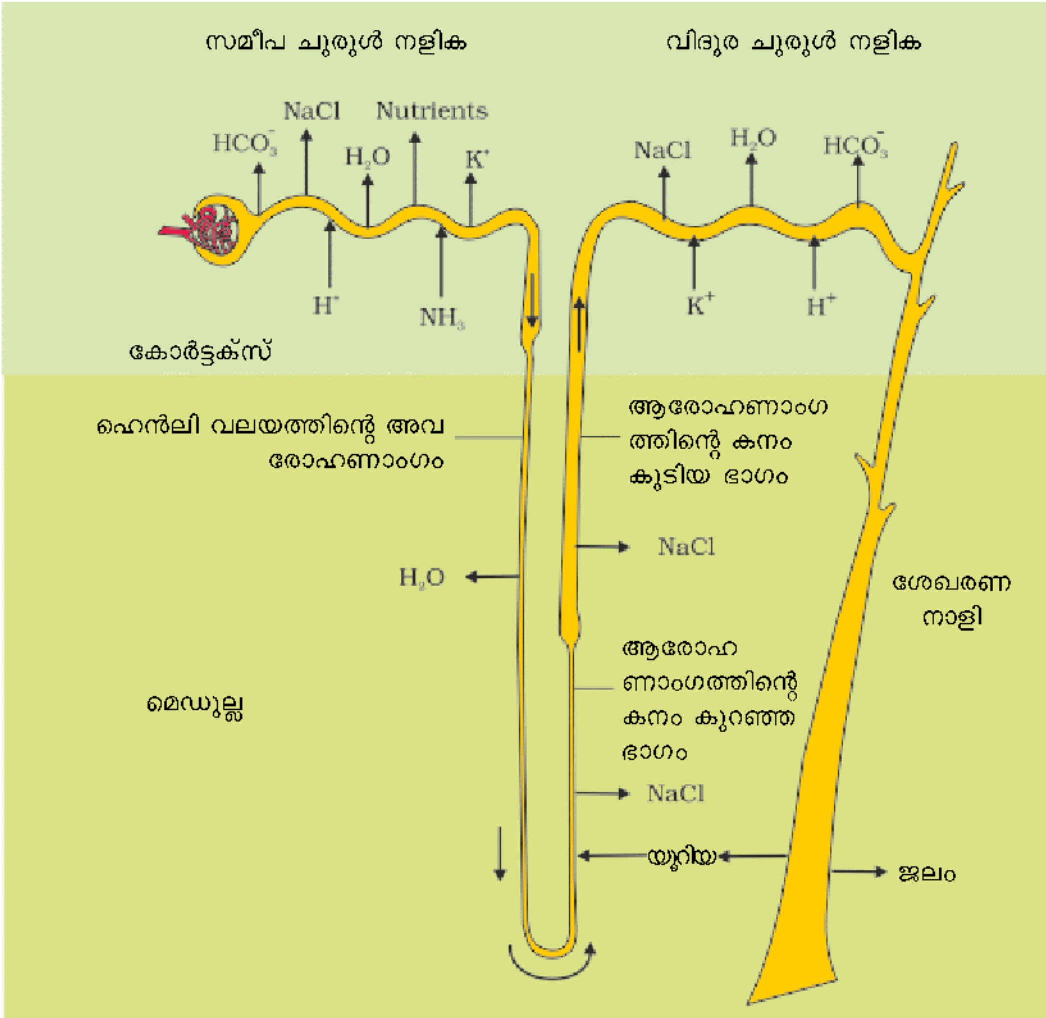
ഒരു ദിവസം രൂപപ്പെടുന്ന ഗ്ലോമറുലാർ അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ അളവും (ഒരു ദിവസം 180 ലിറ്റർ) വിസർജിക്കുന്ന മൂത്രത്തിന്റെ അളവും (1.5 ലിറ്റർ) താരതമ്യം ചെയ്താൽ ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഏതാണ്ട് 99 ശതമാനവും വൃക്കാനളികകളിൽ പുനരാഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു എന്ന് വ്യക്തമാകുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയാണ് **പുനരാഗിരണം (Reabsorption)**. നെഫ്രോണിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന നളികാ ആവരണ കോശങ്ങൾ (Tubular epithelial cells) സക്രിയ അല്ലെങ്കിൽ നിഷ്ക്രിയ സംവിധാനങ്ങൾ വഴിയാണ് ഈ പ്രക്രിയ നിർവഹിക്കുന്നത്. ഉദാഹരണമായി അവക്ഷിപ്തത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഗ്ലൂക്കോസ്, അമിനോ ആസിഡുകൾ, സോഡിയം അയോൺ മുതലായ പദാർഥങ്ങൾ സക്രിയ സംവഹനം (Active transport) വഴി പുനരാഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും നൈട്രോ ജനിക മാലിന്യങ്ങൾ നിഷ്ക്രിയ സംവഹനം (Passive transport) വഴി ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. നെഫ്രോണിന്റെ പ്രാരംഭ ഭാഗങ്ങളിൽ ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണവും നിഷ്ക്രിയമായി നടക്കുന്നു (ചിത്രം 19.5).

മൂത്രം രൂപപ്പെടുമ്പോൾ വൃക്കാനളികാകോശങ്ങൾ H^-, K^+, അമോണിയ എന്നീ പദാർഥങ്ങളെ അവക്ഷിപ്തത്തിലേക്ക് സ്രവിക്കുന്നു. മൂത്രം രൂപപ്പെടുന്നതിന്റെ ഒരു സുപ്രധാന ഘട്ടമായ നളികാസ്രവണത്തിലൂടെ ശരീരദ്രവങ്ങളുടെ അയോണിക, അമ്ല-ക്ഷാര സന്തുലനാവസ്ഥ പരിപാലിക്കപ്പെടുന്നു.

19.3 നളികകളുടെ ധർമങ്ങൾ

സമീപ ചുരുൾ നളിക (PCT) : PCT യുടെ അകത്തെ പാളിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലളിതമായ ക്യൂബോയിഡൽ ബ്രഷ് ബോർഡർ ആവരണകല ഉപരിതലവിസ്തീർണം വർധിപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ പുനരാഗിരണത്തിന്റെ തോത് കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏകദേശം എല്ലാ അത്യാവശ്യ പോഷകഘടകങ്ങളും, 70-80 ശതമാനം ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ, ജലം എന്നിവ ഈ ഭാഗം പുനരാഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകൾ, അമോണിയ, പൊട്ടാസ്യം അയോണുകൾ എന്നിവയെ മാത്രം അവക്ഷിപ്തത്തിലേക്ക് സ്രവിപ്പിക്കുക വഴിയും HCO_3^- നെ അവക്ഷിപ്തത്തിൽ നിന്ന് ആഗിരണം ചെയ്യുക വഴിയും PCT ശരീരദ്രവങ്ങളുടെ pH ഉം അയോണിക സന്തുലിനാവസ്ഥയും പരിപാലിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു.

ഹെൻലി വലയം : ഇതിന്റെ ആരോഹണാംഗത്തിൽ പുനരാഗിരണം വളരെ കുറവാണ്. എന്നിരുന്നാലും മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യൽ ദ്രവത്തിന്റെ (Medullary interstitial fluid) ഉയർന്ന വൃതിവ്യാപനത നിലനിർത്തുന്നതിൽ ഈ ഭാഗം ഒരു സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഹെൻലി വലയത്തിന്റെ അവരോഹണാംഗം ജലത്തെ യഥേഷ്ടം കടത്തിവിടുകയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളെ കടത്തിവിടാതി



ചിത്രം 19.5 നെഫ്രോണിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ പ്രധാന പദാർഥങ്ങളുടെ പുനരാഗിരണവും സ്രവണവും കാണിക്കുന്ന ചിത്രം (അമ്പ് അടയാളം പദാർഥങ്ങളുടെ ചലനദിശ സൂചിപ്പിക്കുന്നു)

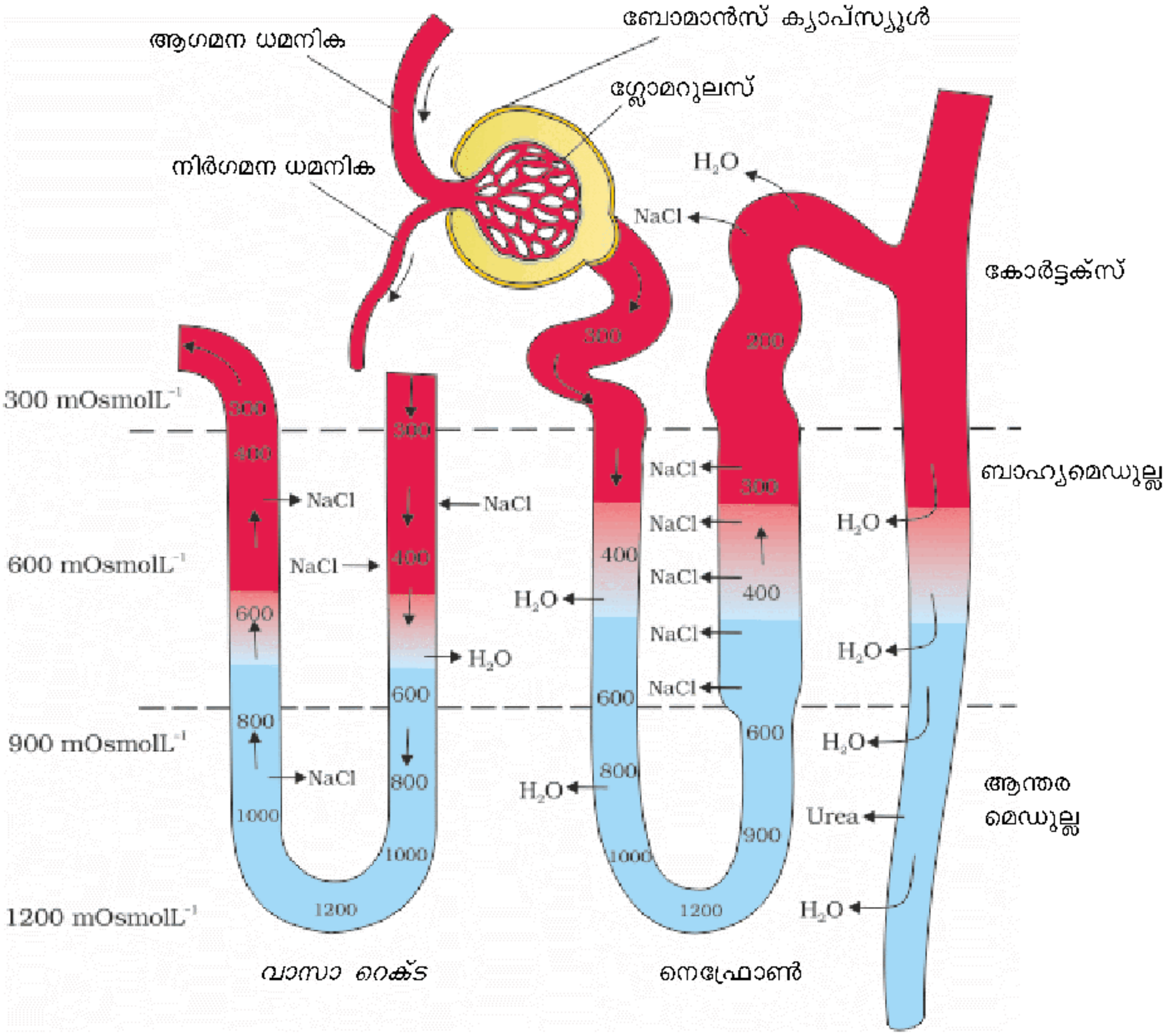
രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് അവക്ഷിപ്തം താഴേക്ക് ഒഴുകി വരുമ്പോൾ അതിന്റെ ഗാഢത കൂട്ടുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗം ജലത്തിനെ കടത്തിവിടാതിരിക്കുകയും ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളെ സ്ക്രിയമായും നിഷ്ക്രിയമായും കടത്തിവിടുകയും ചെയ്യുന്നു. ആയതിനാൽ, ഗാഢത കൂടിയ അവക്ഷിപ്തം ആരോഹണാംഗത്തിലൂടെ മുകളിലേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ മെഡുല്ലറി ദ്രവത്തിലേക്ക് കടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഗാഢത കുറഞ്ഞ് നേർത്തതായി മാറുന്നു.

വിദൂര ചുരുൾ നളിക (DCT) : Na^+, ജലം എന്നിവയുടെ സോപാധികമായ പുനരാഗിരണം ഈ ഭാഗത്ത് നടക്കുന്നു. രക്തത്തിലെ സോഡിയം-പൊട്ടാസ്യം സന്തുലനാവസ്ഥ, pH എന്നിവ പരിപാലിക്കുന്നതിൽ DCT സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. HCO_3^- നെ പുനരാഗിരണം ചെയ്യുക വഴിയും ഹൈഡ്രജൻ, പൊട്ടാസ്യം അയോണുകൾ, അമോണിയ എന്നിവയെ മാത്രം സ്രവിക്കുന്നതു വഴിയുമാണ് DCT ഇത് സാധ്യമാക്കുന്നത്.

ശേഖരണനാളി : വൃക്കയുടെ ബാഹ്യകോർട്ടക്സ് മുതൽ ആന്തരിക മെഡുല്ല യുടെ ഉൾഭാഗം വരെ ഈ നീണ്ട നാളി വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. ഗാഢത കൂടിയ മൂത്രം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനായി ഈ ഭാഗത്ത് വളരെ ഉയർന്ന തോതിൽ ജലം പുന രാഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലേക്ക് ചെറിയതോതിൽ യൂറിയ കടത്തി വിട്ട് ഈ ഭാഗം വൃതിവ്യാപനത കാത്തുസൂക്ഷിക്കുന്നു. H^+, K^+ അയോണുകളെ മാത്രം തിരഞ്ഞെടുത്ത് സ്രവിക്കുന്നതിലൂടെ രക്തത്തിലെ pH ഉം അയോണുകളുടെ തുലനാവസ്ഥയും പാലിക്കുന്നതിൽ ഇത് ഒരു സുപ്ര ധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു (ചിത്രം 19.5).

19.4 അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുന്ന സംവിധാനം

സസ്തനികൾക്ക് ഗാഢത കൂടിയ മൂത്രം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാനുള്ള കഴിവുണ്ട്. ഹെൻലി വലയവും *വാസാ റെക്ടയുമാണ്* ഇതിൽ സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നത്. ഹെൻലി



ചിത്രം 19.6 നെഫ്രോണും *വാസാ റെക്ടയും* വിരുദ്ധ പ്രവാഹ സംവിധാനം കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം

വലയത്തിന്റെ രണ്ട് അംഗങ്ങളിലൂടെയുമുള്ള അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ പ്രവാഹം വിപരീത ദിശയിലായതിനാൽ ഇത് ഒരു വിരുദ്ധ പ്രവാഹം (Counter current) സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അതുപോലെ *വാസാ റെക്ട*യുടെ രണ്ട് ഭാഗങ്ങളിലൂടെയുള്ള രക്തത്തിന്റെ ഒഴുക്കും വിരുദ്ധപ്രവാഹരീതിയിലാണ്. ഹെൻലി വലയവും *വാസാ റെക്ട*യും തമ്മിലുള്ള സാമീപ്യവും അവയിലെ വിരുദ്ധപ്രവാഹവും ആന്തരിക മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിൽ ഉയർന്ന വൃതിവ്യാപനത പരിപാലിക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. അതായത് കോർട്ടക്സിലെ 300mOSmoL^{-1} ൽ നിന്നും ആന്തരമെഡുല്ലയിലെ 1200mOSmoL^{-1} വരെ. NaCl ഉം യൂറിയയുമാണ് ഈ അളവിലെ വ്യത്യാസത്തിന് കാരണം. ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗത്തിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന NaCl, *വാസാ റെക്ട*യിലെ അവരോഹണാംഗവുമായി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. *വാസാ റെക്ട*യുടെ ആരോഹണാംഗം വഴി NaCl ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലേക്ക് തിരിച്ചു വരുന്നു. അതുപോലെ ഹെൻലി വലയത്തിലെ ആരോഹണാംഗത്തിലെ കനംകുറഞ്ഞ ഭാഗത്തേക്ക് യൂറിയ ചെറിയ തോതിൽ പ്രവേശിക്കുകയും ശേഖരണ നാളിവഴി അവ ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലേക്ക് തിരികെ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഹെൻലി വലയത്തിന്റെയും *വാസാ റെക്ട*യുടെയും പ്രത്യേക ക്രമീകരണം വഴി സാധ്യമാകുന്ന പദാർഥങ്ങളുടെ മേൽപറഞ്ഞ രീതിയിലുള്ള സഞ്ചാരത്തെ **വിരുദ്ധപ്രവാഹസംവിധാനം (Counter current mechanism)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 19.6). ഈ സംവിധാനം മെഡുല്ലറി ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലെ ഗാഢതാവ്യത്യാസം പരിപാലിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിലെ ഈ വ്യത്യാസം ശേഖരണനാളിയിൽ നിന്ന് ജലത്തിന്റെ എളുപ്പത്തിലുള്ള ഒഴുക്കിനെ സഹായിക്കുന്നു. തന്മൂലം അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ (മൂത്രം) ഗാഢത വർധിക്കുന്നു. പ്രാരംഭത്തിലുണ്ടായ അവക്ഷിപ്തത്തെക്കാൾ ഏതാണ്ട് നാല് മടങ്ങ് ഗാഢത കൂടിയ മൂത്രം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്നതിന് മനുഷ്യവൃക്കകൾക്ക് സാധിക്കും.

19.5 വൃക്കാപ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിയന്ത്രണം

ഹൈപ്പോതലാമസ്, JGA, ഒരു പരിധിവരെ ഹൃദയം എന്നീ അവയവങ്ങൾ ഉൾപ്പെട്ട ഹോർമോണൽ പ്രതികരണ സംവിധാനങ്ങളാണ് വൃക്കയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ കാര്യക്ഷമമായി നിരീക്ഷിക്കുകയും നിയന്ത്രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത്.

ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അളവ്, രക്തത്തിന്റെ അളവ്, അയോണുകളുടെ ഗാഢത തുടങ്ങിയവയിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ ശരീരത്തിലെ വൃതിവ്യാപനഗ്രാഹികളെ (Osmoreceptors) ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. ശരീരത്തിൽ നിന്ന് അമിതമായ ദ്രവനഷ്ടം ഉണ്ടാകുമ്പോൾ ഈ ഗ്രാഹികൾ സജീവമായി ഹൈപ്പോതലാമസിനെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുന്നു. തന്മൂലം ന്യൂറോ ഹൈപ്പോഫൈസിസിൽ നിന്ന് ആന്റി ഡൈയൂറെറ്റിക് ഹോർമോൺ (ADH) അഥവാ വാസോപ്രസിൻ സ്രവിക്കുന്നു. വൃക്കാനളികയുടെ അന്തിമഭാഗങ്ങളിൽനിന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണം ADH സുഗമമാക്കുകയും അങ്ങനെ മൂത്രവർധനം (Diuresis) തടയുകയും ചെയ്യുന്നു. ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അളവിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് വൃതിവ്യാപനഗ്രാഹികളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ നിർത്തലാക്കി ADH നെ സ്രവിക്കുന്നത് ശമിപ്പിച്ചു കൊണ്ട് പ്രതികരണ സംവിധാനം പൂർണമാക്കുന്നു. രക്തക്കുഴലുകളെ സങ്കോചിപ്പിക്കാനുള്ള ADHന്റെ കഴിവും വൃക്കാപ്രവർത്തനങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കാറുണ്ട്. ഇത് രക്തമർദം കൂടുന്ന

തിന് കാരണമാകുന്നു. രക്തമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന വർധനവ് ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തപ്രവാഹം വർധിപ്പിക്കുകയും അങ്ങനെ GFR കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു.

വളരെ സങ്കീർണമായ നിയന്ത്രണ ചുമതലയാണ് JGA വഹിക്കുന്നത്. ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തപ്രവാഹം/ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തമർദം/GFR/ ഇവയിൽ ഏതിലെങ്കിലും ഉള്ള കുറവ് JG കോശങ്ങളെ ഉത്തേജിപ്പിക്കുകയും **റെനിൻ** പുറപ്പെടുവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് രക്തത്തിലെ ആൻജിയോടെൻസിനോജനെ ആൻജിയോ ടെൻസിൻ I ഉം പിന്നീട് അതിനെ ആൻജിയോടെൻസിൻ II ഉം ആക്കി മാറ്റുന്നു. ആൻജിയോടെൻസിൻ II വളരെ ശക്തിയേറിയ ഒരു കുഴൽസങ്കോചിനി (Vasoconstrictor) ആയതിനാൽ, അത് ഗ്ലോമറുലസിലെ രക്തമർദം കൂട്ടുകയും അങ്ങനെ GFR കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ ആൻജിയോടെൻസിൻ II, അഡ്രിനൽ കോർട്ടക്സിനെ ഉത്തേജിപ്പിച്ച് ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ആൽഡോസ്റ്റിറോൺ, നളികയുടെ വിദൂരഭാഗത്തു നിന്നുമുള്ള Na , ജലം എന്നിവയുടെ പുനരാഗിരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഇത് രക്തമർദം കൂട്ടുന്നതിനും അങ്ങനെ GFR വർധിക്കുന്നതിലേക്കും നയിക്കുന്നു. ഈ സങ്കീർണ സംവിധാനം പൊതുവായി **റെനിൻ-ആൻജിയോടെൻസിൻ** സംവിധാനം എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു.

ഹൃദയത്തിലെ ഏട്രിയത്തിലേക്കുള്ള രക്തപ്രവാഹം കൂടുമ്പോൾ, ഹൃദയം ഏട്രിയൽ നാട്രിയൂറെറ്റിക് ഘടകം (Atrial Natriuretic Factor -ANF) പുറപ്പെടുവിക്കുന്നു. ANF രക്തക്കുഴൽ വികാസത്തിന് (Vasodilation) കാരണമാകുന്നു. തത്ഫലമായി രക്തമർദം കുറയുന്നു. അതിനാൽ ANF സംവിധാനം, റെനിൻ-ആൻജിയോടെൻസിൻ സംവിധാനത്തിന്റെ പരിശോധനാസംവിധാനമായി വർത്തിക്കുന്നു.

19.6 മൂത്രവിസർജനം (Micturition)

നെഫ്രോണുകളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന മൂത്രം അവസാനം മൂത്രസഞ്ചിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. കേന്ദ്ര നാഡീവ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ഇച്ഛാനുസൃതമായിട്ടുള്ള സന്ദേശം കിട്ടുന്നതുവരെ മൂത്രം, മൂത്രസഞ്ചിയിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്നു. മൂത്രം നിറയുന്നതു മൂലം മൂത്രസഞ്ചിയിലുണ്ടാകുന്ന വലിവ് ഈ നാഡീയ സന്ദേശത്തിന്റെ ആരംഭത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഇതിനു പ്രതികരണമായി മൂത്രസഞ്ചിയുടെ (Urinary bladder) ഭിത്തിയിലുള്ള വലിയുന്ന ഗ്രാഹികൾ (Stretch receptors) കേന്ദ്രനാഡീവ്യവസ്ഥയിലേക്ക് (CNS) ആവേഗങ്ങൾ അയയ്ക്കുന്നു. CNS അയക്കുന്ന പ്രേരകസന്ദേശങ്ങൾ മൂത്രസഞ്ചിയിലുള്ള മൃദുപേശികളുടെ സങ്കോചത്തിനു തുടക്കം കുറിക്കുന്നു. തത്സമയം മൂത്രനാളിയിലെ അടപ്പുപേശികൾ (Urethral sphincter) അയയുകയും മൂത്രത്തിന്റെ വിസർജനം സാധ്യമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ മൂത്ര വിസർജനം (Micturition) എന്നു പറയുന്നു. ഇതിന് കാരണമാകുന്ന നാഡീയ സംവിധാനങ്ങൾ മൂത്രവിസർജന റിഫ്ളക്സ് (Micturition reflex) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. പ്രായപൂർത്തിയായ ഒരു മനുഷ്യൻ ശരാശരി 1-1.5 ലിറ്റർ മൂത്രം ഒരു ദിവസം വിസർജിക്കുന്നു. നേരിയ അമ്ലതയും (pH-6.0) പ്രത്യേകതരം ഗന്ധവും ഉള്ള ഇളംമഞ്ഞനിറത്തിലുള്ള ദ്രാവകമാണ് മൂത്രം. ശരാശരി 25-30 ഗ്രാം യൂറിയ മനുഷ്യൻ ഒരു ദിവസം വിസർജിക്കുന്നു. മൂത്രത്തിന്റെ സവിശേഷതകളെ ബാധിക്കുന്ന വിവിധ അവസ്ഥകൾ ഉണ്ട്. നിരവധി ഉപാപചയത്തകരാറുകൾ, വൃക്കക

ളുടെ ക്രമരഹിത പ്രവർത്തനം എന്നിവ കണ്ടെത്തുന്നതിന് മൂത്രത്തിന്റെ പരിശോധന സഹായിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി മൂത്രത്തിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെയും (Glycosuria) കീറ്റോൺ വസ്തുക്കളുടെയും (Ketonuria) സാന്നിധ്യം പ്രമേഹത്തെ (Diabetes mellitus) സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

19.7 വിസർജനത്തിൽ മറ്റ് അവയവങ്ങളുടെ പങ്ക്

വൃക്കകളെ കൂടാതെ ശ്വാസകോശം, കരൾ, ത്വക്ക് മുതലായ അവയവങ്ങളും വിസർജ്യങ്ങളെ പുറന്തള്ളുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു.

ദിവസവും വളരെ ഉയർന്ന തോതിൽ CO_2 ഉം (ഏകദേശം 200 മില്ലി ലിറ്റർ/മിനിറ്റ്) ഗണ്യമായ അളവിൽ ജലവും നമ്മുടെ ശ്വാസകോശം പുറന്തള്ളുന്നു. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഗ്രന്ഥിയായ കരൾ, പിത്തരസം അടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങളായ ബിലിറൂബീൻ, ബിലിവെർഡിൻ, കൊളസ്റ്റെറോൾ, ശോഷണം സംഭവിച്ച സ്റ്റീറോയ്ഡ് ഹോർമോണുകൾ, വിറ്റാമിനുകൾ, മരുന്നുകൾ തുടങ്ങിയവ സ്രവിക്കുന്നു. ഇതിലെ ഒട്ടുമിക്ക പദാർഥങ്ങളും ദഹനാവശിഷ്ടങ്ങൾക്കൊപ്പം അന്തിമമായി പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നു.

ത്വക്കിലുള്ള വിയർപ്പ്ഗ്രന്ഥിയും സ്നേഹഗ്രന്ഥിയും ചില പദാർഥങ്ങളെ അവയുടെ സ്രവങ്ങളിലൂടെ പുറന്തള്ളുന്നു. വിയർപ്പ് ഗ്രന്ഥി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന വിയർപ്പ് NaCl, കുറഞ്ഞ അളവിൽ യൂറിയ, ലാക്ടിക് ആസിഡ് എന്നിവ അടങ്ങിയ ദ്രാവകമാണ്. വിയർപ്പിന്റെ പ്രാഥമികധർമം ശരീരോപരിതലം തണുപ്പിക്കുക എന്നതാണെങ്കിലും മുകളിൽ പരാമർശിച്ചിട്ടുള്ള ചിലയിനം മാലിന്യങ്ങളുടെ വിസർജനത്തിന് വിയർപ്പ് സഹായിക്കുന്നു. സ്നേഹഗ്രന്ഥി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന സ്നേഹകം (Sebum) ചിലയിനം പദാർഥങ്ങളായ സ്റ്റിറോളുകൾ, ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ, മെഴുകുകൾ എന്നിവ ശരീരത്തിൽ നിന്ന് പുറന്തള്ളുന്നതിന് സഹായിക്കുന്നു. സ്നേഹകം ത്വക്കിന് എണ്ണമയമുള്ള സംരക്ഷണം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ഉമിനീരിലൂടെയും നേരിയതോതിൽ നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ പുറന്തള്ളപ്പെടുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ?

19.8 വിസർജനവ്യവസ്ഥയുടെ തകരാറുകൾ

വൃക്കകളുടെ ക്രമരഹിതപ്രവർത്തനംമൂലം യൂറിയ രക്തത്തിൽ അടിഞ്ഞുകൂടുന്ന അവസ്ഥയുണ്ടാകുന്നു. ഇതാണ് **യുറീമിയ**. ഇത് വളരെ ഹാനികരവും വൃക്കകൾ പ്രവർത്തനരഹിതമാകുന്നതിലേക്ക് നയിക്കുന്നതുമാണ്. ഇങ്ങനെയുള്ള രോഗികളിൽ **ഹീമോഡയാലിസിസ്** എന്ന പ്രക്രിയ വഴി യൂറിയ നീക്കം ചെയ്യാം. രക്തം **കൃത്രിമവൃക്ക**യിലൂടെ കടത്തിവിട്ട് ശുദ്ധീകരിക്കുന്ന സാങ്കേതിക വിദ്യയാണ് ഹീമോഡയാലിസിസ്. ധമനിയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന രക്തത്തെ, കട്ടപിടിക്കൽ തടയുന്ന രാസവസ്തുവായ (Anticoagulant) ഹെപാരിൻ ചേർത്തതിന് ശേഷം ഡയാലിസിസിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന പ്രത്യേക യന്ത്രസംവിധാനത്തിലേക്ക് (Dialysing unit) കടത്തി വിടുന്നു. ഡയാലിസിങ് യൂണിറ്റിൽ ചുരുണ്ടിരിക്കുന്ന സെല്ലോഫെയിൻ കുഴലിന് ചുറ്റും ഡയാലിസിസിന് ഉപയോഗിക്കുന്ന ദ്രാവകം കാണപ്പെടുന്നു. നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങളില്ലാത്ത പ്ലാസ്മയുടെ അതേ നിർമാണഘടക

ങ്ങളുള്ള ദ്രാവകമാണ് ഡയാലിസിസ് ദ്രാവകം. സെല്ലോഫെയിൻ കുഴലിലെ സുഷിരങ്ങളുള്ള സെല്ലോഫെയ്ൻ സ്തരം ഗാഢതാ വ്യത്യാസത്തിനനുസരിച്ച് തന്മാത്രകളെ കടത്തി വിടുന്നു. ഡയാലിസിസ് ദ്രാവകത്തിൽ നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ ഇല്ലാത്തതിനാൽ ഈ പദാർഥങ്ങൾ വളരെ സ്വതന്ത്രമായി പുറത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും, അതുവഴി രക്തം ശുദ്ധീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ശുദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ട രക്തത്തിൽ ആന്റി-ഹെപാരിൻ ചേർത്തതിനുശേഷം സിരകളിലൂടെ ശരീരത്തിലേക്ക് തിരികെ കടത്തിവിടുന്നു. ലോകത്തിലെമ്പാടുമുള്ള ആയിരക്കണക്കിന് യൂറീമിയ രോഗികൾക്ക് ഈ മാർഗം ഒരു അനുഗ്രഹമാണ്.

രണ്ടു വൃക്കകളും പൂർണമായി തകരാറിലാവുമ്പോൾ **വൃക്കമാറ്റിവയ്ക്കൽ** മാത്രമാണ് പരിഹാരമാർഗം. ആതിഥേയന്റെ രോഗപ്രതിരോധ സംവിധാനം, മാറ്റിവയ്ക്കപ്പെട്ട വൃക്കയെ തിരസ്ക്കരിക്കാനുള്ള സാധ്യത ഉണ്ട്. ഈ സാദ്ധ്യത കുറയ്ക്കുന്നതിനായി പ്രവർത്തനനിരതമായ വൃക്കയുടെ ദാതാവ് ഏറ്റവും അടുത്ത ബന്ധു തന്നെയാകുന്നതാണ് ഉത്തമം. ആധുനിക വൈദ്യശാസ്ത്ര നടപടികൾ ഇത്തരം സങ്കീർണമായ സാങ്കേതികവിദ്യകളുടെ വിജയനിരക്ക് വർധിപ്പിക്കുന്നു.

വൃക്കയിലെ പരലുകൾ (Renal calculi)

വൃക്കയ്ക്കുള്ളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന കല്ല് അല്ലെങ്കിൽ പരൽ രൂപത്തിലുള്ള ലവണങ്ങളുടെ അലേയമായ കൂട്ടം (ഓക്സലേറ്റുകൾ മുതലായവ) ആണ്.

ഗ്ലോമറുലോനെഫ്രൈറ്റിസ്

വൃക്കയുടെ ഗ്ലോമറുലസുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നീർവീക്കം.

സംഗ്രഹം

ശരീരത്തിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്ന നൈട്രജൻ അടങ്ങിയ പദാർഥങ്ങൾ, അയോണുകൾ, CO_2 ജലം എന്നിവയെ പുറന്തള്ളേണ്ടതുണ്ട്. വിവിധതരം ജീവികളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങളുടെ സ്വഭാവവും അവയുടെ വിസർജനവും വ്യത്യസ്തതരത്തിലാണ്. ഇത് പ്രധാനമായും അവ ജീവിക്കുന്ന ചുറ്റുപാടിനെ (ജലത്തിന്റെ ലഭ്യതയെ) ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അമോണിയ, യൂറിയ, യൂറിക് ആസിഡ് എന്നിവയാണ് പ്രധാന നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ.

പ്രോട്ടോനെഫ്രീഡിയ, നെഫ്രീഡിയ, മാൽപീജിയൻ നളികകൾ, ഗ്രീൻ ഗ്ലാൻഡുകൾ, വൃക്കകൾ എന്നിവയാണ് ജന്തുക്കളിലെ സാധാരണ വിസർജനാവയവങ്ങൾ. ഇവ നൈട്രോജനിക മാലിന്യങ്ങൾ പുറന്തള്ളുന്നതിനോടൊപ്പം ശരീരദ്രവത്തിന്റെ അയോണിക, ആസിഡ്- ബേസ് സന്തുലനാവസ്ഥ പരിപാലിക്കുന്നതിനും സഹായിക്കുന്നു.

ഒരു ജോഡി വൃക്കകൾ, ഒരു ജോഡി മൂത്രവാഹികൾ, മൂത്രസഞ്ചി, മൂത്രനാളം എന്നിവ ഉൾപ്പെട്ടതാണ് മനുഷ്യനിലെ വിസർജനവ്യവസ്ഥ. ഓരോ വൃക്കയുടെയും ഉൾവശത്ത് ഏതാണ്ട് പത്ത് ലക്ഷത്തോളം നളികാ ഘടനയോടുകൂടിയ നെഫ്രോണുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. നെഫ്രോണുകളാണ് വൃക്കകളുടെ ഘടനാപരമായ അടിസ്ഥാനഘടകം. ഓരോ നെഫ്രോണിനും രണ്ട് ഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ട് - ഗ്ലോമറുലസ്, വൃക്കാനാളിക എന്നിവ. റീനൽ

ധമനിയുടെ സൂക്ഷ്മശാഖയായ ആഗമനധമനികകളിൽ നിന്ന് രൂപംകൊണ്ട ഒരു കൂട്ടം ലോമികകളാണ് ഗ്ലോമറുലസ്. ഇരട്ടഭിത്തിയുള്ള കപ്പ് പോലുള്ള ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളാണ് വൃക്കാനളികയുടെ ആരംഭഭാഗം. അത് പിന്നീട് സമീപ ചുരുൾനളിക (PCT), ഹെൻലിവലയം (HL), വിദൂര ചുരുൾ നളിക (DCT) എന്നിങ്ങനെ വേർതിരിയുന്നു. ധാരാളം നെഫ്രോണുകളുടെ DCT കൾ വന്ന് ചേരുന്നത് പൊതുവായ ഒരു ശേഖരണനാളിയിലാണ്. ധാരാളം ശേഖരണനളികകൾ ഒത്തുചേർന്ന് മെഡുല്ലറി പിരമിഡ് വഴി റീനൽ പെൽവിസിലേക്ക് തുറക്കുന്നു. ഗ്ലോമറുലസും അതിനെ വഹിക്കുന്ന ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളും കൂടി ഉൾപ്പെട്ടതാണ് വൃക്കാകണം (Malpighian body or renal corpuscle).

മൂന്ന് പ്രധാന പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ് മൂത്രം രൂപപ്പെടുന്നത്. അവ അരിക്കൽ (Filtration), പുനരാഗിരണം (Reabsorption), സ്രവിക്കൽ (Secretion) എന്നിവയാണ്. പ്രത്യേക തിരഞ്ഞെടുപ്പില്ലാതെ ഗ്ലോമറുലാർ രക്തലോമികകളിലെ രക്തമർദത്തിന്റെ സഹായത്താൽ ഗ്ലോമറുലസിൽ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അരിക്കൽ. ഒരു മിനിട്ടിൽ 125 മില്ലി.ലി. അവക്ഷിപ്തം (GFR) ബോമാൻസ് ക്യാപ്സ്യൂളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നതിന് ഏകദേശം 1200 മില്ലി.ലി. രക്തം ഗ്ലോമറുലസിൽ വച്ച് അരിക്കപ്പെടുന്നു. നെഫ്രോണുകളുടെ സവിശേഷ ഭാഗമായ JGA, GFR നെ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിൽ സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ഫിൽട്രേറ്റിന്റെ ഏകദേശം 99 ശതമാനം പുനരാഗിരണവും നെഫ്രോണുകളുടെ വിവിധഭാഗങ്ങളിൽ വച്ച് നടക്കുന്നു. പുനരാഗിരണത്തിന്റെയും തിരഞ്ഞെടുക്കപ്പെട്ടവയുടെ സ്രവിക്കലിന്റെയും പ്രധാന സ്ഥാനമാണ് PCT. വൃക്കാന്തർഭാഗത്തെ ഓസ്മോളാർ വ്യത്യാസം (300 $mOsmolL^{-1}$ - 1200 $mOsmolL^{-1}$) പരിപാലിക്കാൻ പ്രധാനമായി ഹെൻലി വലയം സഹായിക്കുന്നു. DCT യും ശേഖരണനാളിയും ജലത്തിന്റെയും പ്രത്യേകതരം ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളുടെയും പുനരാഗിരണത്തോത് കൂടുതലാക്കാൻ സഹായിക്കുന്നു. ഇത് വ്യതിവ്യാപന നിയന്ത്രണത്തിന് സഹായിക്കുന്നു. H^-, K^-, NH_3 ഇവയെ നളികകൾ ഫിൽട്രേറ്റിലേക്ക് സ്രവിക്കുകയും അങ്ങനെ അയോണിക സന്തുലനാവസ്ഥയും ശരീരദ്രവത്തിന്റ pH ഉം പരിപാലിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഹെൻലി വലയത്തിന്റെ രണ്ട് അംഗങ്ങൾക്കും *വാസാ റെക്ടയുടെ* (ഹെൻലി വലയത്തിന് സമാന്തരമായ രക്തലോമിക) രണ്ട് അംഗങ്ങൾക്കും ഇടയിൽ ഒരു വിരുദ്ധപ്രവാഹ സംവിധാനം വർത്തിക്കുന്നു. അവരോഹണാംഗത്തിലൂടെ താഴേക്ക് ഒഴുകുമ്പോൾ അവക്ഷിപ്തത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുകയും ഇതിനെ ആരോഹണാംഗം നേർപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളും യൂറിയയും ഈ ക്രമീകരണം മൂലം ഇന്റർസ്റ്റീഷ്യത്തിൽ തങ്ങി നിൽക്കുന്നു. ഫിൽട്രേറ്റിനെ ഏകദേശം 4 മടങ്ങ് (അതായത് 300 $mOsmo1L^{-1}$ to 1200 $mOsmo1L^{-1}$) ഗാഢത ഉള്ളതാക്കാൻ DCT യും ശേഖരണനാളിയും സഹായിക്കുന്നു. ഇത് ശരീരത്തിലെ ജലത്തിന്റെ അളവ് പരിരക്ഷിക്കുവാനുള്ള ഏറ്റവും നല്ല ഉപാധിയാണ്. മൂത്രം, മൂത്രനാളിയിലൂടെ പുറന്തള്ളുന്നതിനുള്ള ഐഛികസൂചന കേന്ദ്രനാഡീ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നതുവരെ മൂത്രം മൂത്രസഞ്ചിയിൽ ശേഖരിച്ചു വയ്ക്കുന്നു. മൂത്രനാളിയിലൂടെയുള്ള പുറന്തള്ളലാണ് മൂത്രവിസർജനം (Micturition). ത്വക്ക്, ശ്വാസകോശം, കരൾ എന്നിവയും വിസർജനത്തിന് സഹായിക്കുന്നു.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ഗ്ലോമറുലസിലൂടെയുള്ള അരിക്കൽ തോത് (GFR) നിർവചിക്കുക.
2. GFR ന്റെ സ്വയം നിയന്ത്രണസംവിധാനം വിശദീകരിക്കുക.
3. താഴെ തന്നിട്ടുള്ള പ്രസ്താവന ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുക.

   എ) മൂത്രവിസർജനം റിഫ്ളക്സിനാൽ നിർവഹിക്കപ്പെടുന്നു.

   ബി) ജലം പുറന്തള്ളി, മൂത്രത്തിന്റെ അൽപസാന്ദ്രത കുറയ്ക്കാൻ (Hypotonic) ADH സഹായിക്കുന്നു.

സി) രക്തത്തിലെ പ്ലാസ്മയിൽ നിന്ന് മാംസ്യമൊഴികെയുള്ള ദ്രവരൂപത്തിനെ ബോമാൻസ് ക്യാപ്സൂളിലേക്ക് അരിച്ചു മാറ്റുന്നു.

ഡി) മൂത്രത്തിന്റെ ഗാഢത വർധിപ്പിക്കുന്നതിൽ ഹെൻലി വലയം സുപ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

ഇ) സമീപ ചുരുൾ നളികകൾ ഗ്ലൂക്കോസിനെ സജീവമായി പുനരാഗിരണം ചെയ്യുന്നു.

4. വിരുദ്ധപ്രവാഹസംവിധാനത്തെക്കുറിച്ച് ഒരു സംക്ഷിപ്ത വിവരണം നൽകുക.

5. വിസർജനത്തിൽ കരൾ, ശ്വാസകോശം, ത്വക്ക് ഇവയുടെ പങ്ക് വിശദീകരിക്കുക.

6. മൂത്രവിസർജനം വിശദീകരിക്കുക.

7. കോളം 1 ഉം കോളം 2 ഉം ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

കോളം –1	കോളം – 2
a) അമോണോടെലിസം	i) പക്ഷികൾ
b) ബോമാൻസ് ക്യാപ്സൂൾ	ii) ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണം
c) മൂത്രവിസർജനം	iii) അസ്ഥി മത്സ്യം
d) യൂറിക്കോടെലിസം	iv) മൂത്രസഞ്ചി
e) ADH	v) വൃക്കാനളിക

8. വ്യതിവ്യാപന നിയന്ത്രണം എന്ന പദം എന്താണ് അർഥമാക്കുന്നത്?

9. കരയിലെ ജീവികൾ പൊതുവായി യൂറിയോടെലിക്ക് അല്ലെങ്കിൽ യൂറിക്കോടെലിക്ക് ആണ്, എന്നാൽ അമോണോടെലിക്ക് അല്ല. കാരണം എന്ത്?

10. വൃക്കയുടെ ധർമം നിർവഹിക്കുന്നതിൽ ജക്സ്റ്റാ ഗ്ലോമറുലാർ അപ്പാരറ്റസിനുള്ള (JGA) പ്രാധാന്യം എന്ത്?

11. താഴെ പറയുന്നവയുടെ പേര് പറയുക

എ) ജ്വാലാകോശങ്ങൾ വിസർജനാവയവമായ ഒരു കശേരുകി

ബി) മനുഷ്യവൃക്കയിൽ മെഡുല്ലറി പിരമിഡുകളുടെ ഇടയിലേക്ക് തള്ളിനിൽക്കുന്ന കോർട്ടിക്കൽ ഭാഗം

സി) ഹെൻലി വലയത്തിന് സമാന്തരമായി കടന്നുപോകുന്ന ലോമികയുടെ കെട്ട്

12. പൂരിപ്പിക്കുക.

എ) ഹെൻലി വലയത്തിന്റെ ആരോഹണാംഗം ജലത്തിന് – – – – – – – – – എന്നാൽ അവരോഹണാംഗം ജലത്തിന് – – – – (താര്യം/അതാര്യം)

ബി) നളികയുടെ വിദൂര ഭാഗത്ത് ജലത്തിന്റെ പുനരാഗിരണത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഹോർമോണാണ് – – – – – – – – –

സി) – – – – – – – – ഒഴികെ പ്ലാസ്മയിലുള്ള എല്ലാ ഘടകങ്ങളും ഡയാലിസിസിനുള്ള ദ്രാവകത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

ഡി) പ്രായപൂർത്തിയായ ആരോഗ്യമുള്ള ഒരു മനുഷ്യൻ വിസർജിക്കുന്ന യൂറിയ (ശരാശരി) – – – – – – – – – ഗ്രാം യൂറിയ/ദിവസം.