

Hjernestammen (truncus encephali)¹:

Den afgiver 3. til 12. kranienerve og fungerer som transportvej for udvekslingen af neural information mellem cerebrum, cerebellum og medulla spinalis². Denne information undergår en omfattende bearbejdning og integration i hjernestammens formatio reticularis, hvorved hjernestammen får stor betydning for motorik samt ligevægts- og stillingsreflekser, ligesom en betydelig sensorisk og autonom modulation foregår via hjernestammen.

Endvidere rummer hjernestammen nervecellegrupper, der innerverer resten af CNS med monoaminerge neurotransmittere³, som har stor betydning for vores psykiske og motoriske velbefindende.

medulla oblongata løber igennem foramen magnum

Hjernestammens overfladeanatomi: Hjernestammen udgøres af mesencephalon, pons og medulla oblongata.

Mesencephalon er lokaliseret mest rostralt og går opadtil i diencephalon, mens den kaudalt går over i pons, som dorsalt er tæt sammenknyttet med cerebellum via pedunculus cerebellaris medius. Pons går nedadtil over i medulla oblongata, som kaudalt via foramen magnum er sammenhængende med rygmarven.

• Overfladen af medulla oblongata har mange fællestræk med rygmarven, idet man fortil kan identificere en fissura mediana anterior i midtlinjen omgivet på hver side af en sulcus anterolateralis⁴. Endvidere finder man bagtil i den nederste del af medulla oblongata en sulcus medianus posterior, som på hver side er omgivet af en sulcus intermedius posterior og en sulcus posterolateralis⁵.

Fissura mediana anterior og sulcus anterolateralis afgrænser svarende til medulla oblongata pyramis medullae oblongatae, der består af descenderende nervefibre fra motorisk cortex, tractus pyramidalis, hvis fibre kaudalt i medulla oblongata krydser midtlinjen svarende til decussatio pyramidum⁶.

Tractus pyramidalis er et vigtigt fiberbunt, der forbinder storhjernens motoriske hjernebark med de somatomotoriske motorneuroner i hjernestammen og rygmarvens forhorn, hvorved viljestyrede bevægelser bliver mulige. Tractus pyramidalis rummer fibre med 2 forskellige destinationer, disse

¹ Se side 108-111 i Netter.

² Se figur 6.1, side 85 i B.

³ Dopamin, noradrenalin og serotonin.

⁴ Se figur 6.2, side 87 i B.

⁵ Se figur 6.3, side 88 i B.

⁶ Se side 108 i Netter.

tractus pyramidalis

benævnes henholdsvis kortikonukleære fibre, ^I fibrae corticonucleares, hvis de ender i ^I hjernestammen, eller kortikospinale fibre, ^{II} fibrae corticospinales, hvis de ender i ^{II} rygmarven.

I sulcus anterolateralis findes opadtil det apparente udspring af n. hypoglossus (XII), mens man lateralt herfor finder en oval udbuling, oliva, der fremkaldes af det underliggende complexus olivaris inferior, som er en karakteristisk ansamling af nerveceller, der bl.a. forsyner cerebellum med klatrefibre.

Bag oliva ligger sulcus retroolivaris, hvor man finder det apparente udspring af n. glossopharyngeus (IX), n. vagus (X) og radix cranialis n. accessorius (XI) nævnt oppefra og ned.

Bagsiden af den kaudale del af medulla oblongata er domineret af bagstrengsbanerne, fasciculus gracilis og fasciculus cuneatus, der afgrænses af sulcus medianus posterior, sulcus intermedius posterior og sulcus posterolateralis⁷. Fasciculus gracilis og fasciculus cuneatus ender opadtil i 2 knudeformede fortykkelser, tuberculi gracile og cuneatus, som respektivt rummer nucleus gracilis og nucleus cuneatus, der er sæde for 2. neuron i bagstrengs-lemniscus medialis-systemet. Dette system leder sanseinformation op til VPL i thalamus.

Den rostrale del af medulla oblongatas og hele pons' bagflade udgør gulvet i 4. ventrikel, som benævnes fossa rhomboidea. → forbinder hjernestamme med cerebellum

Fossa rhomboidea afgrænses lateralt af de 3 cerebellare pedunkler, som fører nervefibre til og fra cerebellum, og nedadtil af tuberculum gracile og tuberculum cuneatum.

I midtlinjen af fossa rhomboidea løber sulcus medianus, mens man lateralt herfor finder sulcus limitans. Ligeledes deles fossa rhomboidea i en øvre og nedre halvdel af transverselt forløbende fibre, striae medullares ventriculi quarti, og man kan herved opdele fossa rhomboidea i et øvre og nedre, medialt og lateralt område. I det nedre mediale område finder man 2 prominenser, som medialt fra benævnes trigonum n. hypoglossi⁸ og trigonum n. vagi⁹, mens man i det øvre mediale område finder colliculus facialis¹⁰, og rostrilateralt herfor locus caeruleus svarende til en rigelig forekomst af underliggende noradrenerge nervecellelegemer. Området lateralt for sulcus limitans benævnes area vestibularis og dækker de underliggende vestibulære og kokleære kerner.

Fossa rhomboidea afgrænses opadtil af tectum, som domineres af 2 parrede prominenser benævnt colliculi inferiores¹¹ og colliculi superiores¹².

⁷ Se side 109 i Netter.

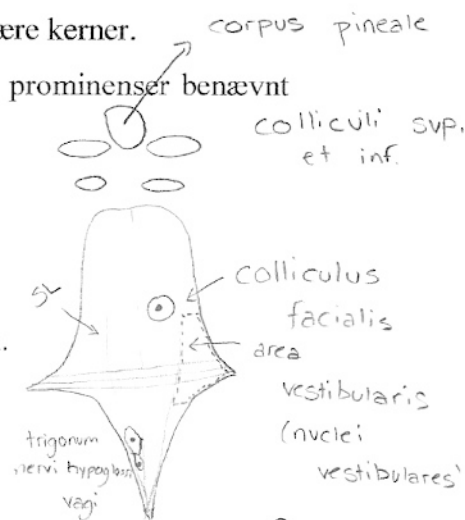
⁸ Svarende til den underliggende somatomotoriske hypoglossuskjerne.

⁹ Svarende til vagus' visceromotoriske kerne.

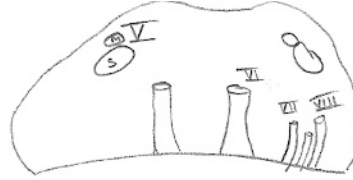
¹⁰ Svarende til det sted, hvor somatomotoriske facialisfibre krydser rundt om abducenskernen.

¹¹ Relateret til de centrale hørebaner.

¹² Relateret til det visuelle system.



Hovedspørgsmål: Hjernestammen.



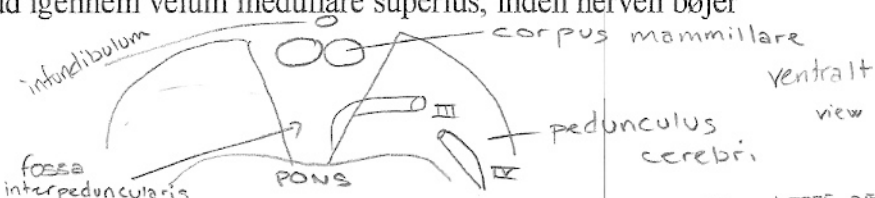
ventralt view

Le Gjerum.

●Pons har i modsætning til medulla oblongata en glat ventral flade, og svarende til overgangen mellem disse to strukturer bemærker man det apparente udspring af n. abducens (VI) tæt på midtlinjen, mens udspringet af n. facialis (VII) og dens n. intermedius (VIII) samt n. vestibulocochlearis (VIII) ligger lateralt herfor svarende til den cerebellopontine vinkel. Mere rostralt svarende til afgangen af pedunculus cerebellaris medius finder man det apparente udspring af n. trigeminus (V), som er opdelt i en mindre motoriske (Vm) og en større sensorisk rod (Vs).

●Opadtil går pons over i mesencephalon, hvis ventrale overflade er kendetegnet ved fossa interpeduncularis, hvor n. oculomotorius (III) træder ud. Fossa interpeduncularis omgives på hver side af crus cerebri¹³, som dannes af tractus pyramidalis og tractus corticopontinus, der løber fra hjernebarken ned mod hjernestammen og rygmarven.

N. trochlearis (IV) afgår fra mesencephalon i niveau med colliculus inferior og løber herefter dorsalt og krydser midtlinjen for at træde ud igennem velum medullare superius, inden nerven bøjer ventralt rundt om pedunculus cerebri.



Hjernestammens indre struktur¹⁴:

●Tværsnit gennem den nedre del af medulla oblongata rostralt for decussatio pyramidum¹⁵: Bagstrengskernerne, nucleus cuneatus og nucleus gracilis afgiver 2. nervefiber i bagstrengslemniscus medialis-systemet, som leder sanseinformation om tryk, berøring og proprioception videre til VPL i thalamus. Disse nervefibre krydser midtlinjen, decussatio lemnisci medialis, foran canalis centralis og danner dernæst lemniscus medialis, som kommer til at ligge dorsalt i tractus pyramidalis i den rostrale del af medulla oblongata¹⁶. Lateralt for disse fibre finder man tractus spinalis n. trigemini og nucleus spinalis n. trigemini, der kan betragtes som en fortsættelse af rygmarvens substantia gelatinosa. Nucleus spinalis n. trigemini er en af n. trigeminus' 3 sensoriske kerne og er ansvarlig for modtagelsen af sanseindtryk vedrørende smerte og temperatur fra ansigtet.



●Tværsnit gennem den øvre del af medulla oblongata¹⁵: Dorsalt ses gulvet af 4. ventrikel (fossa rhomboidea), som ligger i tæt relation til den somatomotoriske nucleus n. hypoglossi (XII), den visceromotoriske nuclei tractus solitarii og deres tractus solitarius (VII, IX og X) samt de somatosensoriske vestibulære kerner, nuclei vestibulares (VIII).

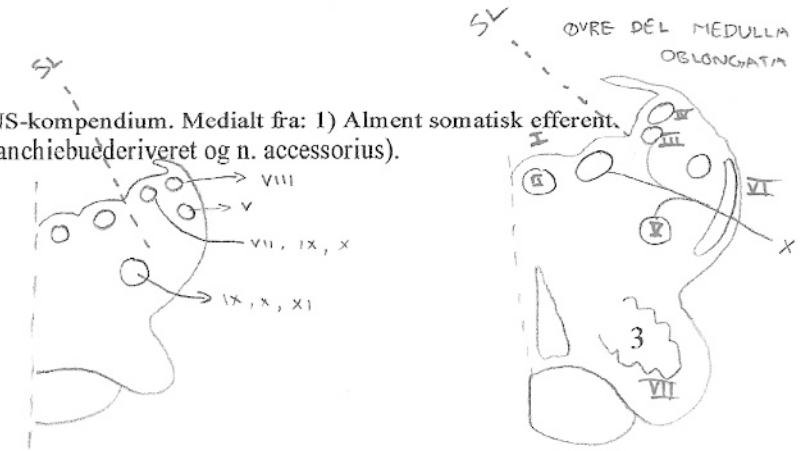
S. 300 I

¹³ Pedunculus cerebri.

¹⁴ Se side 5-8 i "Beskrivelse af de 7 snits grå substans" i CNS-kompendium. Medialt fra: 1) Alment somatisk efferent, 2) Alment visceralt efferent, 3) Speciel visceral efferent (branchiebuederiveret og n. accessorius).

¹⁵ Se figur 6.5, side 90 i B.

¹⁶ Se figur 6.6, side 91 i B.



Forberedelse til eksamen på 3. semester.

Den somatomotoriske nucleus ambiguus (IX, X og XI) har derimod en mere dybtliggende position i den rostrale del af medulla oblongata. Nucleus ambiguus forsyner n. glossopharyngeus (IX) og n. vagus (X) med somatomotoriske nervetråde til svælgmuskulaturen samt bidrager med somatomotoriske fibre til n. accessorius (XI)¹⁷.

Lateralt i medulla oblongata ses tractus spinocerebellaris anterior og posterior, som fører nervefibre fra rygmarven til cerebellum, hvorved den får værdifuld information om kroppens stilling og motoriske tilstand.

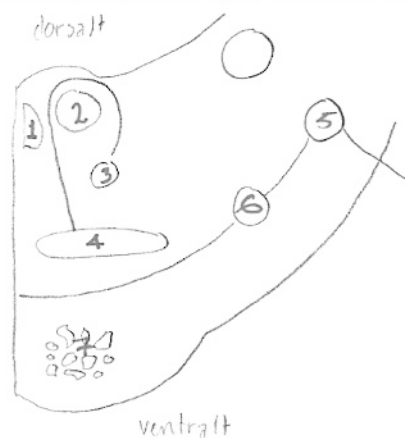
Lige medialt herfor ses tractus spinothalamicus, som fører information om smerte og temperatur fra kroppen op til VPL i thalamus.

Ventralt i den rostrale medulla oblongata finder man lateralt for tractus pyramidalis og lemniscus medialis et kernekompleks, complexus olivaris inferior, som er tæt knyttet til cerebellum. Desuden ses fasciculus longitudinalis medialis, som ligger lige ventralt for hypoglossuskernen. Dette fiberbunt løber gennem hele hjernestammen og den øvre del af den cervikale rygmarv og sammenknytter herved øjenmuskelkerne (III, IV og VI) med hinanden og med de cervikale motorneuroner, hvorved samordnede bevægelser af hoved og øjne bliver mulige.

• Tværsnit gennem den kaudale del af pons¹⁸: Den dorsale del af pons danner gulvet i 4. ventrikel, fossa rhomboidea. Svarende hertil finder man nævnt medialt fra først fortsættelsen af fasciculus longitudinalis medialis samt de somatomotoriske kranienervekerner for n. abducens (VI), nucleus n. abducentis, og n. facialis (VII), nucleus n. facialis, fulgt af de visceromotoriske nuclei salivatorii (nucleus salivatorius superior (VII) og nucleus salivatorius inferior (IX)) samt fortsættelsen af de viscerosensoriske nuclei tractus solitarii og deres tractus solitarius (VII, IX og X), mens man længst lateralt ser de somatosensoriske vestibulære og kokleære kerner (VIII).

Centralt i pons findes de ascenderende sensoriske nervefiberbaner, lemniscus medialis, og lateralt herfor tractus spinothalamicus. Lige foran disse baner bemærker man krydsningen af de centrale hørebaner, som udgår fra de kokleære kerner, nuclei cochleares, og enten direkte eller via nucleus olivaris superior krydser hen over midtlinjen, hvorved de danner corpus trapezoideum, for dernæst at fortsætte rostralt op mod colliculus inferior som lemniscus lateralis.

Ventralt er pons i hele sit forløb domineret af tværgående fibre, som udgår fra nuclei pontis, og løber ud mod cerebellum, hvorved pedunculus cerebellaris medius dannes. Det ventrale område



¹⁷ Innerverer m. trapezius og m. sternocleidomastoideus.

¹⁸ Se figur 6.7, side 92 i B.

gennemløbes ligeledes longitudinelt af den ⁷ descenderende motoriske tractus pyramidalis samt tractus corticopontinus¹⁹, som begge her er opsplittet i mindre fasikler.

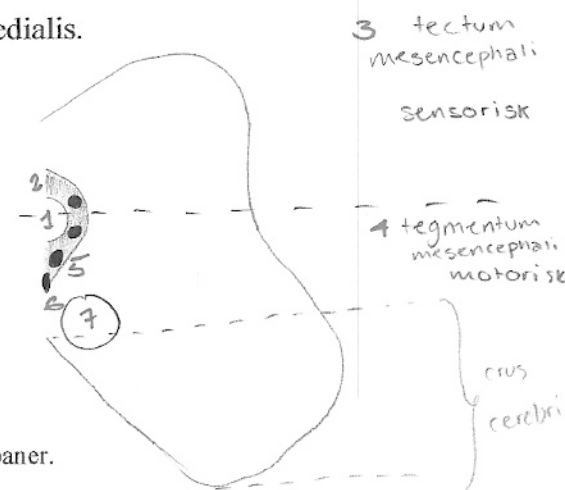
• Tværsnit gennem den midterste del af pons²⁰: Fortsættelsen af de longitudinelle fiberbaner ses i den nedre del pons, dvs. de sensoriske lemniscus medialis, lemniscus lateralis og tractus spinothalamicus samt de motoriske tractus pyramidalis, tractus corticopontinus og fasciculus longitudinalis medialis (FLM)²¹. Endvidere finder man lateralt den somatomotoriske kranienervkerne nucleus motorius n. trigemini (V)²², samt lateralt herfor den somatosensoriske nucleus pontinus n. trigemini (V)²³.

• Tværsnit gennem mesencephalon i niveau med colliculus superior²⁴. Ventrikelsystemets aqueductus cerebri, som sammenknytter hjernestammens 4. ventrikel med den diencefale 3. ventrikel ses. Omkring aqueductus cerebri findes et celletæt område, PAG²⁵, som bl.a. via fiberforbindelser til rygmarvens baghorn deltager i hæmningen af indkommende smerteimpulser.

Mesencephalon inddeles i midtlinjen i en højre og en venstre pedunculus cerebri. Hver pedunkel kan yderligere ved et plan vinkelret på midtlinjen gennem aqueductus cerebri adskilles i en dorsal del, tectum mesencephali, som hovedsageligt varetager sensoriske funktioner, mens den ventrale del inddeles i et samlet tegmentum mesencephali og 2 crus cerebri, der primært indeholder en række vigtige motoriske strukturer.

Tectum mesencephali er sæde for colliculi superior og inferior²⁶, ligesom man her i den periakvæduktelle grå substans finder den somatosensoriske nucleus mesencephalicus n. trigemini, der modtager proprioceptive input fra n. trigeminus.

I tegmentum mesencephali finder man de somatomotoriske kranienervkerner for n. trochlearis, nucleus n. trochlearis (IV), og n. oculomotorius, nucleus n. oculomotorii (III), samt sidstnævntes visceromotoriske kerne, nucleus Edinger-Westphalii (IIIew). Endvidere ses den tætte relation mellem fasciculus longitudinalis medialis (FLM) og nucleus n. oculomotorii samt lokalisationen af de ascenderende sensoriske tractus spinothalamicus og lemniscus medialis.



¹⁹ Fører fibre til nuclei pontis.

²⁰ Se figur 6.8, side 93 i B.

²¹ Ansvarlig for samordningen af vores øjenbevægelser.

²² Ansvarlig for innervationen af tyggemusklene.

²³ Modtager sanseindtryk fra ansigtets relateret til tryk og berøring.

²⁴ Se figur 6.9, side 94 i B.

²⁵ Den periakvæduktelle grå substans.

²⁶ Vigtige centre i relation til henholdsvis det visuelle system og de centrale hørebaner.

7

Ventrolateralt for nucleus n. oculomotorii ligger **nucleus ruber**, som modtager efferente fibre fra cerebellum og formidler information videre til hjernestammen og rygmærven via den descenderende centrale motoriske bane, tractus rubrospinalis.

Ventralt for nucleus ruber ligger svarende til basis af crus cerebri et pigmenteret område, substantia nigra. Dette område indeholder nerveceller, der bruger dopamin som neurotransmitter²⁷. Området medialt for substantia nigra benævnes area tegmentalis ventralis og rummer ligeledes dopaminerge celler, som er af stor betydning for vores psykiske velbefindende.

De 2 crus cerebri indeholder talrige descenderende fibre fra hjernebarken, som er på vej ned mod hjernestammen og rygmærven. Her findes tractus pyramidalis, som sammenknytter de øvre motorneuroner i motorisk cortex med de nedre motorneuroner i rygmærven og hjernestammen. På begge sider af tractus pyramidalis i crus cerebri findes talrige descenderende fibre, tractus corticopontinus, til pons' nuclei pontis, som udgør første led i den transmissionskæde, hvorved hjernebarken kan påvirke aktiviteten i cerebellum.

Karforsyning²⁸: A. vertebralis fra a. subclavia løber i foramen transversarium. Fra foramen transversarium atlantis løber arterien bagom massa lateralis og perforerer membrana atlantooccipitalis posterior. I cavum cranii afgiver den a. spinalis posterior og a. spinalis anterior til hjernestammen.

Formatio reticularis²⁹:

Hjernestammens centrale del, formatio reticularis, er et vigtigt integrativt center og er sæde for mange vigtige reflekser af stor betydning for vores motorik og overlevelse. Det er opbygget som et sammenhængende netværk af nervefibre, hvorimellem større eller mindre grupper af nerveceller ligger.

Formatio reticularis opdeles i 3 zoner:

- Et storcellet medialt retikulært område, area gigantocellularis, der primært er efferent.
- Et småcellet lateralt retikulært område, area parvocellularis, der primært er afferent.
- I hjernestammens midtlinje findes nuclei raphes, som hovedsageligt er serotonerge, og som via deres serotonerge input til resten af CNS bl.a. har betydning for vores stemningsleje³⁰.

²⁷ Tab af disse celler kan medføre Parkinsons sygdom.

²⁸ Se side 136 i Netter.

²⁹ Se figur 6.10, side 95 i B.

³⁰ Stoffer, som hæmmer "reuptake" af serotonin i den præsynaptiske bouton kan ligeledes hæve menneskets stemningsleje, lykkepiller.

Den største raphekerne, nucleus raphe dorsalis, ligger i mesencephalon lige under aqueductus mesencephali, og sender sine axoner til store områder af forhjernen, især til cortex cerebri.

De caudalt beliggende raphekerner (nuclei raphe caudales) projicerer til medulla spinalis, hvor de kan påvirke de motoriske alpha-neuroner i forhornet; elektrofysiologisk giver dette anledning til såkaldte plateaupotentialer.

Hjernestammens dopaminerge perikarya ligger primært i mesencephalons substantia nigra og i det ventrale tegmentale områder, der er beliggende mellem den venstre og den højre substantia nigra. Det ventrale tegmentale område sender axoner ud til to områder: Nucleus accumbens som er den mest ventrale del af nucleus caudatus og hele cortex cerebri. Nucleus accumbens kommunikerer med flere komponenter i det limbiske system³¹.

Caudalt for de dopaminerge neuroner i mesencephalon ligger noradrenerge (og få adrenerge) nervecellelegemer. Den største samling af noradrenerge neuroner ligger i locus coeruleus, som også projicerer til størstedelen af forhjernen uden om thalamus og til medulla spinalis. En anden større gruppe, det laterale tegmentale område i hjernestammens pontine del sender noradrenerge projektioner til amygdala og medulla spinalis.

Nerveceller fra den rostrale del af formatio reticularis er en del af det ascenderende retikulære aktiveringssystem (ARAS), som via thalamus projicerer til cortex cerebri. Den elektriske aktivitet i hjernebarken stimuleres af RAS og kan påvises med elektroencefalografi (EEG). Nervecellerne i formatio reticularis caudale del projicerer til medulla spinalis, hvor de kan påvirke både de motoriske forhornsceller og smertebanerne i baghornet.

Blandt de afferente grene til formatio reticularis finder man alle typer af sansekvaliteter repræsenteret. Sensoriske spinoreticulære tråde ender i den mediale del af medulla oblongata og pons sammen med sekundære sensoriske baner fra trigeminuskernerne og vestibulariskernerne. Kollaterale grene fra lemniscus lateralis fører høreimpulser, og fra colliculi superiores kommer der synsindtryk gennem fasciculus tectoreticularis. Andre afferente tråde kommer fra cortex cerebri, globus pallidus, cerebellum og nucleus ruber. Fasciculus telencephalicus medialis projicerer fra hjernestammen til hypothalamus, det limbiske system og basalganglierne, hvorved der kommunikerer fra hjernestammen til højere liggende regioner i CNS, uden at der sker en synaptisk afbrydelse i thalamus.

³¹ Akutte psykoser kan afhjælpes ved at blokere den dopaminerge transmission i hjernen, formentligt ved at interagere i det limbiske system.

Funktion i formatio reticularis: Vigtig centrum for reflekser, der regulerer hjerteaktion, respiration og blæretømning. Koordinationen af hjernenerverne i hjernestammen gør også formatio reticularis til reflekscentrum for tyggebevægelser, for synkning og for hoste- og nysereflekser, ligesom der findes et centrum for brækningsrefleksen. Flere af de efferente funktioner i formatio reticularis udføres af hjernenerver med parasympatiske tråde.

- Hjerteaktionen reguleres blandt andet af det arterielle blodtryk. På a. carotis interna, tæt ved delingsstedet for a. carotis communis, findes en udvidelse på arterien, sinus caroticus. Herfra sendes der informationer om blodtrykket centralt gennem n. glossopharyngeus og videre via nucleus solitarius til formatio reticularis. Hvis trykket i sinus caroticus øges, kan svaret fra formatio reticularis være at sende impulser til nucleus motorius nervi vagi, så aktiviteten i n. vagus øges, og hjertets frekvens dermed nedsættes. Fra nucleus solitarius projiceres der også interneuroner, som kan inhibere adrenerge og noradrenerge neuroner i formatio reticularis; disse neuroner projiceres til de sympatiske neuroner i lateralthornet i medulla spinalis. Derved kan aktiviteten i sinus caroticus også reducere aktiviteten i det sympatiske nervesystem.

- De centre, der regulerer respirationen, ligger i formatio reticularis i den øverste del af medulla oblongata og den nederste del af pons, omkring nucleus ambiguus og nucleus solitarius. De udgør bl.a. to selvstændige kerner kaldet nucleus respiratorii dorsalis et ventralis, der har efferente forbindelser til de forhornsceller i medulla spinalis, der innerverer åndedrætsmuskulaturen (diaphragma og intercostalmuskulaturen). Respirationssentrene modtager bl.a. afferente fibre fra glomus caroticum, der delvis er indlejret i karvæggen i nærheden af sinus caroticus. De tilhører en gruppe af receptorer, kaldet kemoreceptorer. Epithelcellerne reagerer på ændringer i blodets indhold af ilt og kuldioxid ved at sende impulser op gennem n. glossopharyngeus til nucleus solitarius og herfra videre ud i respirationssentrene i formatio reticularis. Hvis iltkoncentrationen falder, eller kuldioxidtensionen i det arterielle blod øges, vil dette resultere i, at respirationsfrekvensen stiger.

- Helt dorsalt i pons og medialt for locus coeruleus ligger reflekscentret for urinblæretømning. Centret er under indflydelse af cortex cerebri. Fra centret afgår der normalt en strøm af hæmmende impulser ned til den grå substans i den sakrale del af medulla spinalis, hvor der ligger et spinalt reflekscenter. Fra det spinale centers intermediolaterale søjle afgår parasympatiske stimulatoriske nerver til blærens detrusormuskel og fra en særlig samling neuroner i det sakrale forhorn sendes motoriske tråde til sphinctermusklen, som kan lukke for uringennemstrømningen i urethra. Fra blærens væg vil viscerele afferente impulser løbe i det spinale reflekscenter gennem nervi splanchnici og derfra videre til det pontine gennem tractus spinoreticularis. Når blæren er fyldt og

muligheden for tømning er til stede, ophører de hæmmede impulser til sakralmarven. Hvis muligheden for at tømme blæren ikke er til stede, kan forstærkede impulser fra cortex cerebri til blæretømningscentret i pons i en tid forøge de hæmmede impulser til sakralmarven.

- Formatio reticularis kontrollerer også de afferente impulser til storhjernebarken (ARAS) og er dermed ansvarlig for cortex cerebris aktivitetstilstand. Hvis den mesencephale del af formatio reticularis ødelægges, mister man bevidstheden og den elektriske aktivitet i cortex cerebri stopper, hvilket kan bestemmes med et elektroencefalogram EEG.

Klinik:

- Læsioner i hjernestammen kan resultere i krydsende symptomer: En lokaliseret læsion i hjernestammen vil ofte involvere en eller flere kranienervekerner og derfor resultere i kranienervudfald svarende til samme side som læsionen. Ofte vil en sådan læsion dog også involvere nogle af de lange ascenderende sensoriske eller descenderende motoriske baner, som kaudalt i hjernestammen krydser midtlinjen og derfor har relation til den modsatte side af kroppen. En lateral læsion i medulla oblongata som involverer tractus spinothalamicus og nucleus spinalis n. trigemini vil derfor vise sig med tab af smerte- og temperatursans i samsidig ansigtshalvdel (nucleus n. spinalis n. trigemini), mens der er tab af smerte- og temperatursans i den modsatte kropshalvdel (tractus spinothalamicus).