

Homeosztázis és idegrendszer

Magatartás és homeosztázis ^{2/16}

- a hipotalamusz és a limbikus rendszer ingerlése összehangolt motoros-vegetatív-endokrin változásokat indít
- ezek a reakciók a homeosztázis fenntartására, fajfenntartásra valamint a vészhelyzetekre való megfelelő reagálásra irányulnak
- a reakciók kiegészítik a vegetatív válaszokat (homeosztázis), illetve nélkülözhetelenek az adekvát viselkedéshez
- a limbikus rendszer és a hipotalamusz felsőbb agykérgi kontrol alatt állnak - szerencsére...
- nehéz vizsgálni ezeket a folyamatokat: eleinte lézió ill. sérülések, majd ingerlés (Hess, 1930-), később elvezetés, immunhisztokémiai elemzés, lokális mikroinjekció
- mindez lehetetlen sztereotaxis nélkül - Horsley és Clark

A hipotalamusz sejtjei

3/16

- a hipotalamuszban háromféle neuron van:
 - nagysejtes neuroszekretoros - n. supraopticus, n. paraventricularis - vazopresszin (AVP), oxitocin (9 as)
 - kis sejtes neuroszekretoros - diffúzabb elhelyezkedés, axonok az eminentia medianában - CRH, TRH, GHRH, GnRH (LHRH), AVP, szomatosztatin, dopamin (PIF)
 - nem neuroszekretoros - minden egyéb, többségük peptideket, vagy azokat is használ mediátorként (AII, SP, neurotensin, CCK, opioidok, AVP, NPY, stb.) *GL, GL*
- a vér-agy gáton kapuk, vagy ablakok nyílnak (feszíttrált kapillárisok), itt lehet közvetlen anyagcserélődés a vér és az idegsejtek között
 - cirkumventrikuláris szervek
 - eminentia mediana: releasing és inhibiting faktorok
 - neurohipofízis: AVP és oxitocin
 - szubfornikális szerv (vízforgalom), organum vasculosum (keringés): rövid pályás bemenet a HT felé
 - area postrema (táplálékfelvétel): hosszú pályás bemenet a HT felé *GL*

Hipotalamikus ki-bemenet I.

4/16

- a hipotalamusz idegi és humorális úton egyaránt kaphat bemenetet, és a végrehajtás is történhet neurális és humorális úton
- ez összesen 4 kombinációt jelent
- idegi bemenet - hormonális kimenet:
 - oxitocin szekréció - szoptatáskor az emlőbimbó ingerlése, a baba látványa, sírása serkent, szorongás gátol
 - vazopresszin szekréció - a sejtek ozmoreceptorként működnek (zsugorodás - hipopolarizáció), továbbá:
 - organum vasculosum, szubfornikális szerv ozmoreceptorai
 - volumenreceptorok ingerületei
 - AII a szubfornikális szerv AIIerg sejtjeit ingerli, vetülés POA-ra
 - hányás kemoreceptor triggerzónája
 - bőr melegreceptorai serkentik, hideg receptorai csökkentik az AVP termelést (hidegben bepisilünk)
 - desztillált víz a szájban
 - alkohol gátolja az AVP termelést
 - az AVP termelés fokozódását vízfelvétel fokozódás is kísérheti - bonyolult magatartási válasz

Hipotalamikus ki-bemenet II. ^{5/16}

- **idegi és humorális bemenet - hormonális kimenet**
 - az adenohipofízis szabályozásában mindkettő jelen van: negatív visszacsatolás (hormonális bemenet), stressz állapotban CRH-AVP termelés fokozódás idegi bemenet hatására
- **idegi és humorális bemenet - idegi kimenet**
 - táplálékfelvétel szabályozása - igen bonyolult
 - sok hipotalamikus peptid, a zsírszövetek leptinje, stb. szerepel benne
 - ventromediális mag: irtásra jóízű táplálékból többet fogyaszt, intenzívebb inzulin válasz - elhízás
 - laterális hipotalamusz: irtásra megszokott táplálékot elutasítja, csak különlegesen finomat fogyaszt
 - korábban jóllakottság és éhség központnak hívták ezeket
- **idegi bemenet - idegi kimenet**
 - szívfrekvencia és keringés szabályozás reakciói, pl. tetszhalál-reakció - amigdala felől váltódnak ki, az emocionális reakciókhoz tartoznak
 - hőszabályozás és szimpatoadrenális reakció részletesen

A hőszabályozás I. ^{6/16}

- az anyagcsere hőtermeléssel jár, meleg környezetben bőrön át is hőfelvétel folyik
- homoioterm állatoknak szabályozni kell a testhőmérsékletet
- nyugalomban az agy, szív, a zsigerek és az izom a legnagyobb termelők, izommunka alatt az izom
- a hő 85%-a a bőrön át, 15%-a a tüdőn át távozik, a hőszállítást a vér végzi
- maghőmérséklet: belső szervek hőmérséklete, de más és más - szívben áramló vér jó lenne, de nehéz mérni
- reggel, ébredés után, nyugalomban 37,5°-nak tekintjük, napi ingadozása 1°, csúcs kora délután, minimum hajnalban
- környékhőmérséklet: bőr és bőralatti kötőszövet, de hol?

Hőtermelés az egyes szervekben

érterület	testtömeg %	perctérfogat %	O ₂ fogyasztás %	hőtermelés %	hőmérséklet változás véna - artéria
agy	2	13,6	24,0	25,2	0,39
szív	0,5	4,5	14,0	14,8	0,68
vese	0,5	21,8	5,6	6,0	0,06
zsigerek		27,3	24,0	25,2	0,19
bőr		9,0	4,0	4,3	-
izomzat	40-50	18,2	24,0	25,2	-

A hőszabályozás II.

- a maghőmérsékletet a szájüregben vagy végbélben való méréssel lehet jól megbecsülni, hónaalj csak közelítő érték
- minimális hőtermelés és hőleadás termoneutrális környezetben: ruhástul 21-23°, meztelenül 27-30°
- a szabályozás negatív visszacsatoláson alapul, a szabályozás a „hibajel”, vagy a környezeti hőmérséklet („előrejelzés”) alapján kapcsol
- elülső hipotalamuszban meleg-, és hideg-érzékeny neuronok - a maghőmérsékletet jelzik
- további receptorok pl. a gerincvelőben és a májban
- a hőre érzékeny neuronok aktivitását a bőrből jövő ingerület befolyásolja - ingerlésre hővesztés, lézióra hipertermia - „hűtő központ”

A hőszabályozás III.

9/16

- a hátsó hipotalamusz ingerlése a bőrerek szűkülésével, didergéssel jár, lézió után hideg környezetben lehűlés - „fűtő központ”
- egyes állatokban hidegre T3/T4 termelés
- barna zsírszövet kisgyermekekben és állatokban a két lapocka között - melegítés, pl. hibernáció után
- három szabályozási zóna van a hőmérséklettől függően:
 - 31-34° - vazomotor szabályozási zóna - párolgás, sugárzás elegendő, keringés szabályoz
 - 34° felett vazomotor-szudomotor zóna: csak a párolgás marad (levegő melegebb a bőrnél), maximális értágulat a bőrben szimpatikus tónus megszűnik, verejtékmirigyek aktivitása miatt bradikinin tágít
 - hidegben - anyagcsere szabályozás zónája: maximális érszűkület is kevés, hőtermelés
- mindezt magatartási reakciók egészítik ki

A láz

10/16

- az immunrendszer fokozott működését a maghőmérséklet növekedése kíséri
- 1°-nál nagyobb emelkedés: láz, alatta hőemelkedés
- meg nő a „kell-érték”, fokozódik a hőtermelés - vacogás, hidegrázás
- a kiváltó ok elmúlásával kiizzadás, a hőmérséklet lecsökken
- a makrofágok által kibocsátott endogén pirogének (pl. IL-1) váltják ki a hatást elsősorban
- szoros kapcsolat az alvás szabályozásával: alvásdepriváció emeli a „kell-érték”-et, fázunk
- tartós alvásdepriváció: emelkedett „kell-érték” és fokozott hőleadás - a halál oka az energiaháztartás felborulása

A vészreakció

11/16

- normális körülmények között a szimpatikus idegrendszer és a mellékvesevelő az igényeknek megfelelően változtatja NA és Adr leadását
- fenyegetettség (vizsga), sérülés, fizikai erőfeszítés, vérvesztés, erős hideg, stb. erőteljes szimpatoadrenális aktiválódást okoz - Cannon-féle vészreakció (fight or flight)
- pupilla tágul, szőr borzolódik, verejtékezés (hideg veríték), hiperglikémia és jellegzetes magatartási tünetek mutatkoznak: macskában a hát domborítása, fújás, karmolás
- a szimpatikus idegrendszer mellett a mellékvese velőállománya szerepel benne
- kromaffin sejtek, kromaffin granulomokkal, posztganglionáris sejtekkel analógok, oszlopokba rendeződve a kapillárisok körül

A mellékvesevelő működése

12/16

- kétféle sejt: adrenalin és noradrenalin termelő; emberben 80:20 % az arányuk
- tirozin - tirozinhidroxiláz: DOPA - dekarboxileződés: dopamin - dopamin- β -hidroxiláz: NA - belép a kromaffin granulumba
- a sejtek 80%-ában kilép a citoplazmába, metil csoportot kap, és adrenalinként visszalép
- a metiláló gén csak magas glükokortikoid szint mellett expresszálódik - ezért fontos az anatómiai elrendeződés
- felszabadulás csak idegi hatásra: n-ACh
- a vérben lévő Adr csak innen, a NA (több van!) nagy részt a szimpatikus végződésekből
- a hatások a szinttől, és az arányoktól is függenek, jelentős vazokonstrikcióhoz NA kell (szívbe Adr, és nem NA)
- nem jut át az agy-vér gáton!!

Adrenerg receptorok

receptor	mechanizmus	affinitás	szerv	hatás
$\alpha 1$	IP3	Adr, NA	erek szfinkterek	kontrakció
$\alpha 2$	cAMP↓	autoreceptor	neuron	gátlás
$\beta 1$	cAMP↑	Adr, NA	szív	serkentés
$\beta 2$	cAMP↑	Adr, NA	izomerek hörgők	ellazulás
$\beta 3$	cAMP↑	Adr, NA	zsírsejt	lipolízis

A vészreakció irányítása

- a laterális és hátsó hipotalamusz ingerlésével krónikus állapotokban kiválthatók a vészreakció egyes elemei, sőt a teljes reakció is
- a vegetatív és magatartási elemek pontosan olyanok a macskában, mintha kutyát látna
- az ingerlés abbahagyására azonnal megszűnik a reakció
- a hipotalamusz tartalmazza a teljes programot
- szokás „ál-düh”-nek, shame-rage nevezni, de nem igazán jó név, mert mindig célirányos a támadás, vagyis valódi a düh
- a limbikus rendszer egyes részeinek eltávolítása után spontán, vagy kellemes ingerre (simogatás) is kiváltódik a reakciósorozat

Az emóciók

15/16

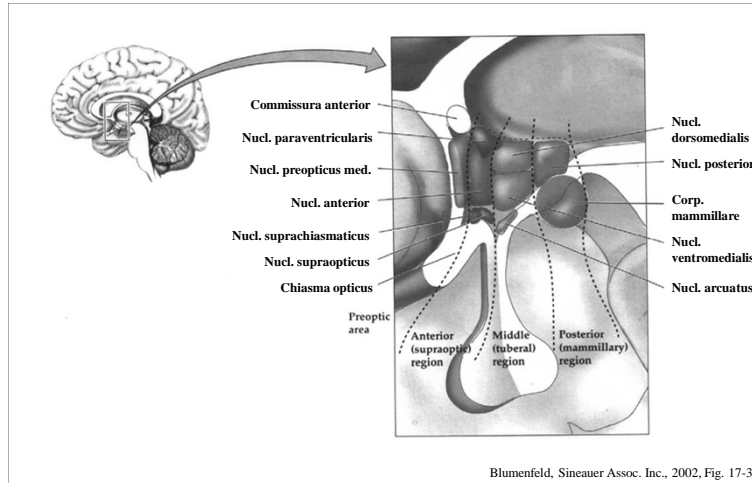
- a külső környezetre adott válaszok nem mindig sztereotípek - előzetes tapasztalatok
- az ingerek érzelmi színezetet is kapnak
- ezeket a funkciókat a limbikus rendszer látja el
- Broca nevezte el limbikus (széli) kéregnek a foramen Monroi-t körülvevő kéregrészeket: gyrus cinguli, gyrus parahippocampalis, gyrus dentatus, hippocampus
- ma ide soroljuk még az amigdalát, a szeptumot, a bazális ganglionok és a köztiagy egy részét is
- Papez szerint az emóciók székhelye, ma a tanulást is a terület funkciói közé soroljuk
- az amigdala a legfontosabb a félelmi reakciók kialakításában
- bár nem tudjuk, fél, aggódik, szorong-e az állat, a reakciók analógok az emberi reakciókkal

A félelem

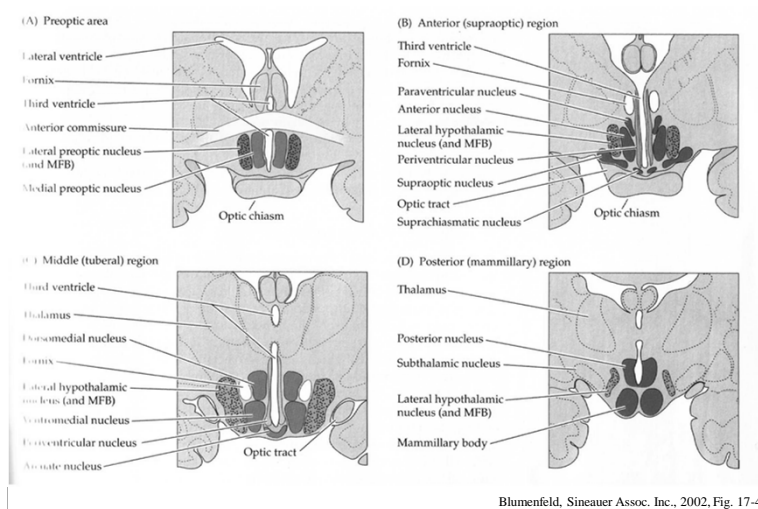
16/16

- az averzív, elhárítást kiváltó ingerek (pl. áramütés) hatására szívfrekvencia, vérnyomás, légzési frekvencia nő, emelkedik a NA, Adr, ACTH, glükokortikoid szekréció, megdermedés, vizelés, székelés következik be állatokban
- az amigdala szervezi a reakciót: fájdalmas ingerek közvetlenül, az elemzést igénylők a talamuszon és kérgen át jutnak el hozzá
- kimenet agytörzs, hipotalamusz és kéreg felé
- feltételes félelmi reakció is kiépíthető
- glutamáterg pályák szerepelnek benne, a szinapszisokon GABAerg gátló végződés (benzodiazepinek, alkohol szorongáscsökkentő)
- a szociális környezetbe illeszkedéshez igen fontos az amigdala (jutalom - büntetés elkülönítése), bár emberben nem annyira, mint majomban

A mediális hipotalamusz részei



A hipotalamusz keresztmetszete



Az agy-vér gát kapui

