

AUTONOMNI NERVNI SISTEM

Autonomni nervni sistem (ANS) predstavlja deo perifernog nervnog sistema. Sastoji se iz tri glavna autonomna dela:

1. Simpatički nervni sistem;
2. Parasimpatički nervni sistem;
3. Enterički nervni sistem;

ANS prenosi impulse iz CNS-a do ostatka tela izuzev do skeletnih mišića. Enterički nervni sistem može da funkcioniše nezavisno od CNS-a, ali simpatički i parasimpatički nervni sistem su delovi CNS-a i bez njega ne mogu funkcionisati. ANS se najvećim delom nalazi izvan uticaja volje, a kontroliše veliki broj različitih procesa, a najvažniji su:

- kontrakcija i relaksacija glatkih mišića;
- svu egzokrinu i deo endokrine sekrecije;
- kontrola funkcije srca;
- energetske metabolizam, posebno u jetri i skeletnim mišićima;

Određen stepen autonomne kontrole postoji i u drugim tkivima i organima, uključujući bubreg, imunski sistem i somatosenzorni sistem.

Glavna razlika između autonomnih i somatskih nervnih (eferentnih) puteva je u tome što se putevi ANS-a sastoje iz dva neurona, dok se kod somatskih (motornih) puteva nalazi samo jedan neuron koji inervira odgovarajući mišić. Ta dva neurona u autonomnim nervnim putevima se nazivaju ***preganglijski*** i ***postganglijski neuron***.

Simpatički preganglijski neuroni se nalaze u intermediolateralnoj koloni torakolumbalnog dela kičmene moždine, od C₈ do L_{2/3} segmenta, dok se njihovi aksoni pružaju u sastavu spinalnih nerava do ***simpatičkih ganglija***. Postoje dve grupe ovih ganglija:

- Paravertebralni niz ganglija – nalazi se duž obe strane kičmenog stuba;
- Prevertebralne ganglije – plexus coeliacus – nalazi se u abdomenu, ispred aorte na mestu gde izlazi truncus coeliacus.

Nervna vlakna mogu u ovim ganglijama da se sinapsiraju sa postganglijskim neuronima, ali mogu i da prođu kroz ganglion i da se završe u nekom drugom ganglionu.

Postganglijski simpatički neuroni leže u simpatičkim ganglijama i njihovi aksoni se pridružuju perifernim spinalnim nervima i dolaze na taj način do ciljnih organa. Jedini izuzetak od ovakve inervacije jeste medula nadbubrežne žlezde. Naime, preganglijski, a ne postganglijski simpatički neuroni inervišu adrenalnu medulu, tj. njene hromafine ćelije koje luče adrenalin i noradrenalin. To je zbog toga što ove ćelije predstavljaju, u stvari, modifikovane postganglijske simpatičke neurone.

Parasimpatički preganglijski neuroni potiču iz dva odvojena regiona:

- *Kranijalni deo parasimpatikusa* čine parasimpatička jedra kranijalnih nerava, i to:
 1. n. oculomotoriusa (III) koji daje vlakna za inervaciju oka;
 2. n. facialis (VII) – vlakna za submandibularne i submaksilarne pljuvačne žlezde;
 3. n. glossopharyngeusa (IX) – vlakna za parotidnu pljuvačnu žlezdu i farinks;
 4. n. vagusa (X) – vlakna za većinu abdominalnih i torakalnih organa;
- *Sakralni deo parasimpatikusa* koji potiče iz sakralnog dela kičmene moždine i putem nn. erigentes daje vlakna za karlične organe.

Za razliku od simpatičkog sistema, parasimpatički postganglijski neuroni se nalaze u samom zidu ciljnih organa ili u diskretnim ganglijama vrlo blizu njih, i vrlo su kratka, dok su kod simpatičkog sistema preganglijska vlakna kratka, a postganglijska dugačka.

Enterički nervni sistem se sastoji iz neurona koji leže u samom zidu creva u vidu dva nervna plexusa – Majsnerov submukozni i Auerbachov mienterički plexus. Pretpostavlja se da u ovom sistemu ima više neurona nego u kičmenoj moždini, pa se i naziva "malim mozgom". Ovaj sistem može da funkcioniše i bez ostatka ANS-a, ali i simpatikus i parasimpatikus modifikuju funkciju ovog sistema. Ovaj sistem je mnogo složeniji od parasimpatikusa i simpatikusa jer sadrži mnogo više neurotransmitera.

Na nekim mestima, simpatikus i parasimpatikus proizvode suprotne efekte, pa se zato za njih kaže da su antagonisti (što nije sasvim tačno), međutim na nekim mestima deluje samo jedan od njih:

- znojne žlezde i većina krvnih sudova imaju samo simpatičku inervaciju;
- m. ciliaris u oku ima samo parasimpatičku inervaciju;

- bronhijalni glatki mišići imaju samo parasimpatičku inervaciju, ali imaju adrenergičke receptore (ali ne i nerve);
- male arterije i arteriole imaju samo simpatičku inervaciju, ali imaju holinergičke receptore.

Takođe, postoje mesta na kojima ova dva sistema proizvode iste efekte (pljuvačne žlezde), tako da je pogrešno misliti o simpatikusu i parasimpatikusu kao o "protivnicima". Svaki od njih ima svoju određenu funkciju i u određenom tkivu ili organu može biti manje ili više aktivan, zavisno od potreba u tom trenutku. *U svakodnevnom životu, glavna funkcija ANS-a je konstantna kontrola specifičnih funkcija organizma.*

Neurotransmiteri u ANS-u. Dva su glavna neurotransmitera koja postoje u ANS-u, i to:

- **Noradrenalin** (NorA) – deluje na noradrenergičke receptore u sklopu simpatičkog sistema; *simpatički neurotransmiter.*
- **Acetilholin** (ACh) – deluje na holinergičke receptore (muskarinske i nikotinske) u sklopu parasimpatičkog (doduše i simpatičkog, vidi dalje) sistema; *parasimpatički neurotransmiter.*

Osnovni principi neurotransmisije u ANS-u su:

- Svi preganglijski neuroni – i simpatički i parasimpatički – na svojim krajevima oslobađaju ACh;
- Parasimpatički postganglijski neuroni takođe oslobađaju ACh;
- Simpatički postganglijski neuroni oslobađaju NorA;
- Izuzetak od poslednje stavke su simpatički postganglijski neuroni za inervaciju znojnih žlezda, piloerektornih mišića kože i krvnih sudova kože koji na svojim krajevima oslobađaju ACh;

Međutim, postoje i neki drugi neurotransmiteri koji se oslobađaju zajedno sa glavnim neurotransmiterima ili nezavisno od njih, međutim njihova funkcija je uglavnom nejasna. Neki od njih su ATP, neuropeptid Y, vazoaktivni intestinalni peptid (VIP), azotni oksid (NO), supstanca P, serotonin, GABA, dopamin, itd., i svi zajedno se nazivaju *neadrenergički neholinergički neurotransmiteri (NANC).*

HOLINERGIČKA TRANSMISIJA

Holinergička transmisija predstavlja nervnu transmisiju koja se obavlja putem neurotransmitera acetilholina. To je jedini vid transmisije u parasimpatičkom sistemu, a odvija se i u svim autonomnim sinapsama (u ganglijama ANS-a) kao i na neuromišićnoj spojnici i u CNS-u.

SINTEZA I OSLOBAĐANJE ACh

ACh se sintetiše u nervnim završecima iz holina i acetyl-CoA. Holin se preuzima iz okolnog ekstraćelijskog prostora specifičnim nosačem koji se nalazi u membrani nervnog završetka, a koji koristi koncentracioni gradijent Na^+ za transport holina (ko-transport). Koncentracija holina u plazmi i telesnim tečnostima iznosi oko $10\mu\text{mol/l}$, a u blizini nervnih završetaka raste do 1mmol/l , gde nastaje iz ACh koga razgrađuje **acetilholinesteraza** (ACE). Više od 50% ovako nastalog holina biva preuzeto u nervni završetak.

Pod dejstvom citosolnog enzima holin-acetiltransferaze, iz holina i acetyl-CoA se sintetiše ACh. Kontrolni korak u sintezi ACh predstavlja transport holina u nervni završetak.

Najveći deo sintetisanog ACh se transportuje u sinaptičke vezikule pomoću specifičnog transportera koji koristi koncentracioni gradijent H^+ za transport ACh (kontratranspot). Koncentracija ACh u sinaptičkim vezikulama iznosi oko 100mmol/l , a u jednoj sinaptičkoj vezikuli ima oko 10000 molekula ACh.

Nakon dolaska akcionog potencijala i ulaska jona Ca^{2+} , dolazi do egzocitoze sinaptičkih vezikula i oslobađanja ACh u sinaptičku pukotinu (otprilike 300 vezikula se oslobodi sa jednim nervnim impulsom na neuromišićnoj spojnici, tj. oko 3 miliona molekula ACh). Oko 2 miliona molekula dolazi do receptora na postsinaptičkoj membrani, dok ostatak biva hidrolizovan pod dejstvom ACE. ACh ostaje vezan oko 2ms za receptore i nakon toga biva rapidno hidrolizovan acetilnolinesterazom. (Svi ovi događaji važe za neuromišićnu spojnicu)

Postoje dve forme **holinesteraze**:

- 1) *Acetilholinesteraza* – nalazi se vezana za proteoglikane sinaptičke pukotine i strogo je specifična za ACh; takođe postoji u maloj koncentraciji u citosolu nervnih završetaka, kao i u eritrocitima (nepoznata funkcija);

- 2) *Butirilholinesteraza* – nalazi se u mnogim tkivima: jetra, koža, mozak, GIT, plazma; nije specifična samo za ACh već može da hidrolizuje i druge estre holina.

Acetilholin deluje na holinergičke receptore i na taj način proizvodi svoje efekte. Postoje dve glavne grupe **ACETILHOLINSKIH RECEPTORA**.

- 1) Nikotinski receptori;
- 2) Muskarinski receptori;

NIKOTINSKI RECEPTORI

Postoje tri tipa nikotinskih receptora:

- 1) Mišićni tip – nalazi se na neuromišićnoj spojnici;
- 2) Ganglijski tip – nalazi se u autonomnim ganglijama na postganglijskim neuronima;
- 3) CNS tip – nalazi se u mozgu;

Svi nikotinski receptori su po strukturi pentameri, tj. sastoje se iz pet subjedinica, a po funkciji su ligand zavisni jonski kanali. Postoji pet vrsta subjedinica koje izgrađuju ove receptore i to:

1. α subjedinice – ima ih devet različitih tipova;
2. β subjedinice – četiri tipa;
3. γ – jedan tip;
4. δ – jedan tip;
5. ϵ – jedan tip;

Mišićni tip receptora je izgrađen po tipu $(\alpha_1)_2\beta_1\gamma\epsilon$, ganglionski $(\alpha_3)_2(\beta_4)_3$, dok su CNS receptori različiti po strukturi. Ovih pet subjedinica izgrađuje centralnu poru koja predstavlja jonski kanal, dok se vezujuće mesto za ACh nalazi na α subjedinicama, i potrebno je da se za oba mesta veže ACh da bi se jonski kanal otvorio.

Otvaranje ovih kanala dovodi do ulaska katjona, pre svega Na^+ i u manjoj meri K^+ i Ca^{2+} , što znači da su svi ovi receptori **ekscitatorni**.

MUSKARINSKI RECEPTORI

Muskarinski receptori se uglavnom nalaze u ciljnim tkivima i organima, kao i u CNS-u i u manjoj meri u ganglionima. Svi muskarinski receptori su receptori vezani za G protein, tj. njihova aktivacija dovodi do povećanog ili smanjenog stvaranja nekog sekundarnog glasnika (cAMP, IP_3 , DAG). Postoji pet (za sada) različitih tipova ovih receptora:

1) **M₁** – *nervni* – nalaze se u CNS-u, želudačnim žlezdama i ganglijama ANS-a. Dovode do aktivacije fosfolipaze C i povećanja koncentracije IP₃, a time do povećanog ulaska Ca²⁺ i smanjene sprovodljivosti za K⁺, a time do depolarizacije. Ekscitatorni su, tj. dovode do ekscitacije CNS-a i povećanog lučenja želudačne kiseline.

2) **M₂** – *srčani* – nalaze se u pretkomorama i sprovodnom sistemu srca gde deluju inhibitorno na sprovođenje i nadražljivost, i u manjoj meri na snagu srčane kontrakcije. Nalaze se i u GIT-u, presinapički u CNS-u i u ganglijama ANS-a. Svoja dejstva ostvaruju inhibicijom adenilat ciklaze i na taj način inhibišu Ca²⁺ kanale, a aktiviraju K⁺ kanale. Inhibitorni su.

3) **M₃** – *žlezdani/glatkomišićni* – Nalaze se na glatkim mišićima i egzokrinim žlezdama, kao i na endotelu krvnih sudova. Dovode do kontrakcije glatkih mišića, sekrecije žlezda i oslobađanja NO iz endotela, a time i vazodilatacije krvnih sudova. Odgovorni su i za kontrakciju m. ciliarisa u oku. Dejstva ostvaruju slično M₁ receptorima.

4) **M₄** – Nalaze se u CNS-u, dejstva ostvaruju kao M₂ receptori, a funkcija im je nepoznata.

5) **M₅** – Nalaze se u CNS-u, dejstva ostvaruju kao M₃ receptori, a funkcija im je nepoznata.

FUNKCIJA PARASIMPATIČKOG SISTEMA

Aktivacija holinergičkih receptora dovodi do sledećih efekata u organizmu:

- **Kardiovaskularni efekti:** Usporenje srčanog rada i malo smanjenje minutnog volumena koje nastaje usled malog smanjenja snage kontrakcije srčanog mišića u pretkomorama. Javlja se i generalizovana vazodilatacija (usled oslobađanja NO), što zajedno prouzrokuje oštar pad arterijskog krvnog pritiska ;

- **Glatki mišići:** Svi glatki mišići osim vaskularnog se kontrahuju u odgovoru na stimulaciju holinergičkih receptora, što dovodi do ubrzane peristaltike u GIT-u, bronhokonstrikcije, podsticanja mokrenja, itd. (napomena: kada se ukloni endotel sa krvnih sudova i vaskularni glatki mišić se kontrahuje jer nema NO; znači efekat NO predomina);

- **Egzokrine žlezde:** U svim žlezdama se stimuliše sekrecija;

- **Oko:** Akomodacija i mioza (suženje zenice); to dovodi do smanjenja intraokularnog pritiska;

- **Centralni efekti:** tremor, hipotermija, poboljšana lokomocija i kognicija (pamćenje, mišljenje, učenje);

ADRENERGIČKA TRANSMISIJA

Adrenergička transmisija predstavlja nervnu transmisiju koja se odvija putem **kateholamina**. Ovakav vid transmisije se odvija na postganglijskim neuronima simpatičkog sistema, dok se na preganglijskim završecima odvija holinergička transmisija. Takođe, ovakav vid transmisije se odvija i u CNS-u.

Kateholamini su jedinjenja koja sadrže katehol (aromatični prsten sa dve hidroksilne grupe) i aaminski bočni lanac razlišite dužine. Najvažniji su:

- 1) **noradrenalin (norepinefrin)** – oslobađa se na krajevima simpatičkih nervih završetaka i u CNS-u, a izlučuje ga i medula nadbubrežne žlezde;
- 2) **adrenalin (epinefrin)** – hormon koji sekretuje medula nadbubrežne žlezde; takođe je i neurotransmiter u CNS-u;
- 3) **dopamin** – neurotransmiter u CNS-u i u pojedinim organima na periferiji. Nije toliko važan za ANS, iako ima neke efekte.

Kada se kaže adrenergička transmisija, obično se misli na noradrenalin (NorA) kao neurotransmiter.

SINTEZA I OSLOBAĐANJE NorA

Noradrenergički neuroni na periferiji su postganglijski simpatički neuroni; njihova tela leže u simpatičkim ganglijama. Imaju duge aksone koji se ne završavaju klasičnim nervnim terminalima već serijama varikoziteta (proširenja) u vidu perli duž razgranatog nervnog završetka. Ovi varikoziteti sadrže sinaptičke vezikule u kojima se nalazi i iz kojih se oslobađa NorA i još neki transmiteri (npr. ATP ili neuropeptid Y).

Put sinteze kateholamina:

- 1) Iz aminokiseline tirozina pod dejstvom *tirozin-hidroksilaze* se sintetiše dihidroksifenilalanin (DOPA) u citosolu nervnog završetka. Ovo je selektivan enzim i kontrolni enzim u sintezi.
- 2) DOPA pod dejstvom *dopa-dekarboksilaze* prelazi u dopamin, takođe u citosolu. Ovaj enzim nije specifičan za DOPA. Dopamin prelazi u sinaptičke vezikule aktivnim transportom.
- 3) Pod dejstvom *dopamin- β -hidroksilaze* dopamin prelazi u noradrenalin. Ovaj enzim se nalazi vezan za membranu vezikula. Sinteza se ovde završava u noradrenergičkim neuronima.

- (4) Enzim *feniletanolamin-N-metiltransferaza* katališe prelaz NorA u adrenalin. Ovaj enzim se u najvećoj meri nalazi u adrenalnoj meduli, a mnogo manje i u CNS-u.

Najveći deo NorA se skladišti u sinaptičkim vezikulama u koncentraciji od 0,3 – 1 mol/l. Ovako visoka koncentracija se održava aktivnim preuzimanjem NorA iz sinaptičkog prostora posredstvom specifičnog transportera koji koristi gradijent H^+ za transport NorA. Pored NorA, vezikule sadrže i ATP u odnosu 4 molekula ATP : 1 molekul NorA, kao i protein *hromogranin* koji se oslobađaju zajedno sa noradrenalinom. Pretpostavlja se da ovi molekuli stvaraju jedan reverzibilni kompleks u vezikuli čime se smanjuje osmotski pritisak, a takođe se i sprečava curenje NorA iz vezikule u nervni završetak. ATP i sâm ima transmittersku funkciju.

Dolaskom nervnog impulsa i ulaskom jona Ca^{2+} dolazi do egzocitoze vezikula u sinaptički prostor. Samo 1 od 50 vezikula iz varikoziteta biva izbačena u odgovoru na 1 impuls (ovo je samo verovatnoća, to ne znači da varikozitet poseduje baš 50 vezikula, ima ih manje, već to znači da ne mora iz svakog varikoziteta da se oslobodi vezikula pri jednom impulsu). Jedan neuron poseduje nekoliko hiljada varikoziteta tako da jedan impuls dovodi do oslobađanja nekoliko stotina vezikula na velikoj površini. Ovo se razlikuje od holinergičke sinapse gde postoji mnogo manje varikoziteta, ali se više vezikula oslobodi. Neto efekat je isti, ali je proces na holinergičkoj sinapsi precizno lokalizovan.

Najvažniji vid regulacije oslobađanja NorA je autoinhibicija samim noradrenalinom, koji se vezuje za α_2 receptore koji se nalaze na samim presinaptičkim završecima, na taj način dovodi do smanjenja koncentracije cAMP-a i smanjenog otvaranja Ca^{2+} kanala i time inhibiše sopstveno oslobađanje. Postoje indicije da NorA može i da poveća svoje oslobađanje u određenim uslovima vezujući se za β_2 receptore (obrnuto od α_2).

UKLANJANJE I DEGRADACIJA NorA

Dejstvo oslobođenog NorA se najvećim delom prekida preuzimanjem NorA u nervni završetak. Jedan manji deo preuzimaju i okolne ćelije. Cirkulišući adrenalin i noradrenalin se uklanjaju enzimskim degradacijom pod dejstvom dva enzima:

- **monoaminoooksidaza (MAO)** – unutarćelijski (citosolni) enzim vezan za membranu mitohondrija, vrši oksidativnu deaminaciju kateholamina;

- **katehol-ortometil transferaza (COMT)** – nalazi se u tkivima, ekstracelularno, inaktivnije cirkulišuće transmitere;

Postoje dva mehanizma ponovnog preuzimanja NorA, odnosno dva transportera:

- 1) **uptake 1** – ima visok afinitet za NorA i nalazi se na membrani neurona;
- 2) **uptake 2** – ima veći afinitet za adrenalin, a nalazi se na membrani glija ćelija, miokardiocita, glatkih mišićnih ćelija, endotela i drugih ne-neuronskih ćelija.

ADRENERGIČKI RECEPTORI

Postoje dva tipa adrenergičkih receptora:

- 1) **α receptori** - ima dva podtipa:
 - a. α_1 (postoje tri podklase – a, b, d)
 - b. α_2 (postoje tri podklase – a, b, c)
- 2) **β receptori** - ima tri podtipa:
 - a. β_1
 - b. β_2
 - c. β_3

Svi adrenoreceptori su receptori vezani za G protein, tj. povezani su sa specifičnim sekundarnim glasnikom:

- svi β receptori su vezani za G_s protein koji aktivira adenilat ciklazu i dovodi do povećanja koncentracije cAMP-a;
- α_2 - receptori su vezani za G_i protein koji inhibira adenilat ciklazu i dovodi do smanjenja koncentracije cAMP-a, a time do inhibicije otvaranja Ca^{2+} kanala i aktivacije K^+ kanala;
- α_1 - receptori su vezani za G_s protein koji aktivira fosfolipazu C i dovodi do povećanja koncentracije diacilglicerola (DAG) i inozitoltrifosfata (IP_3), a time i povećanje intracelularne koncentracije Ca^{2+} ;

FUNKCIJE I LOKALIZACIJA ADRENERGIČKIH RECEPTORA:

1) **α_1 receptori** – Uglavnom se nalaze na *glatkim mišićima* GIT-a, krvnih sudova, bronhija, uterusu, mokraćne besike (sfinktera), m. dilatator pupillae, seminalnog trakta, na kojima dovodi do *kontrakcije*, izuzev na nesfinkterima GIT gde dovodi do relaksacije.

Nalaze se i u *jetri* gde dovode do pojačane glikogenolize i oslobađanja K^+ .

Ima ih i u *pljuvačnim žlezdama* u kojima dovode do povećanog izlučivanja K^+ .

2) **α_2 receptori** – Njihova najvažnija lokalizacija su *presinaptički noradrenergički i holinergički završeci* na kojima dovode do inhibicije oslobađanja NorA. Isti efekat imaju i u CNS-u, čime dovode do *smanjenja aktivnosti perifernog simpatikusa*.

Ima ih i na *trombocitima* gde dovode do inhibicije agregacije.

U *pankreasu* dovode do smanjenog lučenja insulina, a u *masnom tkivu* do smanjene lipolize.

U nekim tkivima dovode do *vazokonstrukcije*, a u nekima do *vazodilatacije*. Takođe, dovode do *relaksacije bronhijalne muskulature* (presinaptički efekat).

3) **β_1 receptori** – Najvažnija lokalizacija im je **u srcu**, i to u komorskom mišiću, sprovodnom sistemu i pretkomorskom mišiću (uoči razliku u odnosu na parasimpatikus). *Dovode do povećanja frekvence, snage srčane kontrakcije, nadražljivosti i sprovodljivosti (redom: pozitivno hronotropno, inotropno, batmotropno i dromotropno dejstvo)*.

U *bubregu* podstiču oslobađanje renina, a u *pljuvačnim žlezdama* lučenje amilaze.

U *jetri* stimulišu glikogenolizu.

4) **β_2 receptori** – Nalaze se na većini gore pobrojanih *glatkih mišića*, gde imaju suprotno dejstvo od α_1 receptora. Nema ih jedino na sfinkterima GIT-a, m. dilatator pupillae, a u mokraćnoj bešici se nalaze na detrusoru, a ne na sfinkteru (podstiču mokrenje).

Nalaze se na *skeletnim mišićima* gde dovode do pojačane glikogenolize, brzine mišićne kontrakcije i povećanja mase mišića, kao i do tremora.

U *jetri* dovode do glikogenolize, a u *masnim ćelijama* inhibišu lipolizu.

Na *presinaptičkim nervnim završecima* stimulišu oslobađanje NorA.

Na *mastocitima* inhibišu degranulaciju.

5) β_3 **receptori** – Jedina poznata lokalizacija ovih receptora je na *adipocitima* gde dovode do lipolize.

Sumnja se da postoje i u srcu i da dovode do inhibicije srčanog rada.

FUNKCIJA SIMPATIČKOG SISTEMA

Aktivacija adrenergičkih receptora dovodi do sledećih efekata u organizmu:

- **Glatki mišići:** Svi glatki mišići izuzev nesfinktera GIT-a se kontrahuju u odgovoru na stimulaciju α_1 receptora. To dovodi do generalizovane vazokonstrikcije, povećanja perifernog otpora, a time i do povećanja arterijskog krvnog pritiska. Stimulacijom β_2 receptora dolazi do relaksacije većine glatkih mišića zbog toga što dolazi do povećanog izlaska Ca^{2+} , kao i njegovog preuzimanja u ER. To dovodi do vazodilatacije u skeletnim mišićima, bronhodilatacije, tokolize (relaksacije uterusu), smanjenja peristaltike u GIT-u.

- **Srce:** Kateholamini imaju moćno stimulatorno dejstvo na srce, povećavajući frekvencu i snagu srčane kontrakcije, što dovodi do povećanja minutnog volumena, a zajedno sa vaskulatnim efektom, do značajnog povećanja arterijskog krvnog pritiska.

- **Nervni završeci:** Preko presinaptičkih receptora dolazi do inhibicije neurotransmisije (α_2 efekat), a u manjoj meri do facilitacije (β_2 efekat).

- **Metabolizam:** Stimulišu pretvaranje depoa energije (masno tkivo, glikogen) u slobodno dostupna goriva (glukoza, slobodne masne kiseline). Najznačajnije dejstvo imaju na jetru, skeletne mišiće i masno tkivo, gde (uglavnom) stimulišu glikogenolizu, glukoneogenezu i lipolizu. Smanjuje se sekrecija insulina, što sve zajedno dovodi do hiperglikemije.

- **Skeletni mišići:** Povećava se brzina i snaga kontrakcije, dolazi do tremora, a na duže staze i do povećanja mase mišića (isto važi i za glatke mišiće) – anabolici.

- **Mastociti:** Inhibicija degranulacije dovodi do smanjenog oslobađanja histamina.

- **Limfociti:** Inhibicija proliferacije, produkcije citokina i citotoksičnosti.

- **Oko:** Midrijaza (širenje zenice).

- **Bubreg:** Stimulacija sekrecije renina.

- **Pljuvačne žlezde:** Stimulacija sekrecije pljuvačke.