

# Presvlačenje i metamorfoza u kukaca

---

**Majnarić, Stefan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:538512>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Presvlačenje i metamorfoza u kukaca  
(Moulting and metamorphosis in insects)  
SEMINARSKI RAD

Stefan Majnarić  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate Study of Biology)  
Mentorica: prof. dr. sc. Biserka Primc

Zagreb, 2017.

## Sadržaj

1. Uvod.....	2
2. Presvlačenje ili ekdizis.....	2
3. Metamorfoza	
3.1 Tipovi metamorfoze .....	4
3.2 Razvoj ličinke.....	6
3.3 Pupa i metamorfoza holometaboličnih kukaca.....	9
4. Žlijezde, hormoni i njihova uloga .....	11
5. Literatura .....	15
6. Sažetak .....	16
7. Summary .....	17

## 1. Uvod

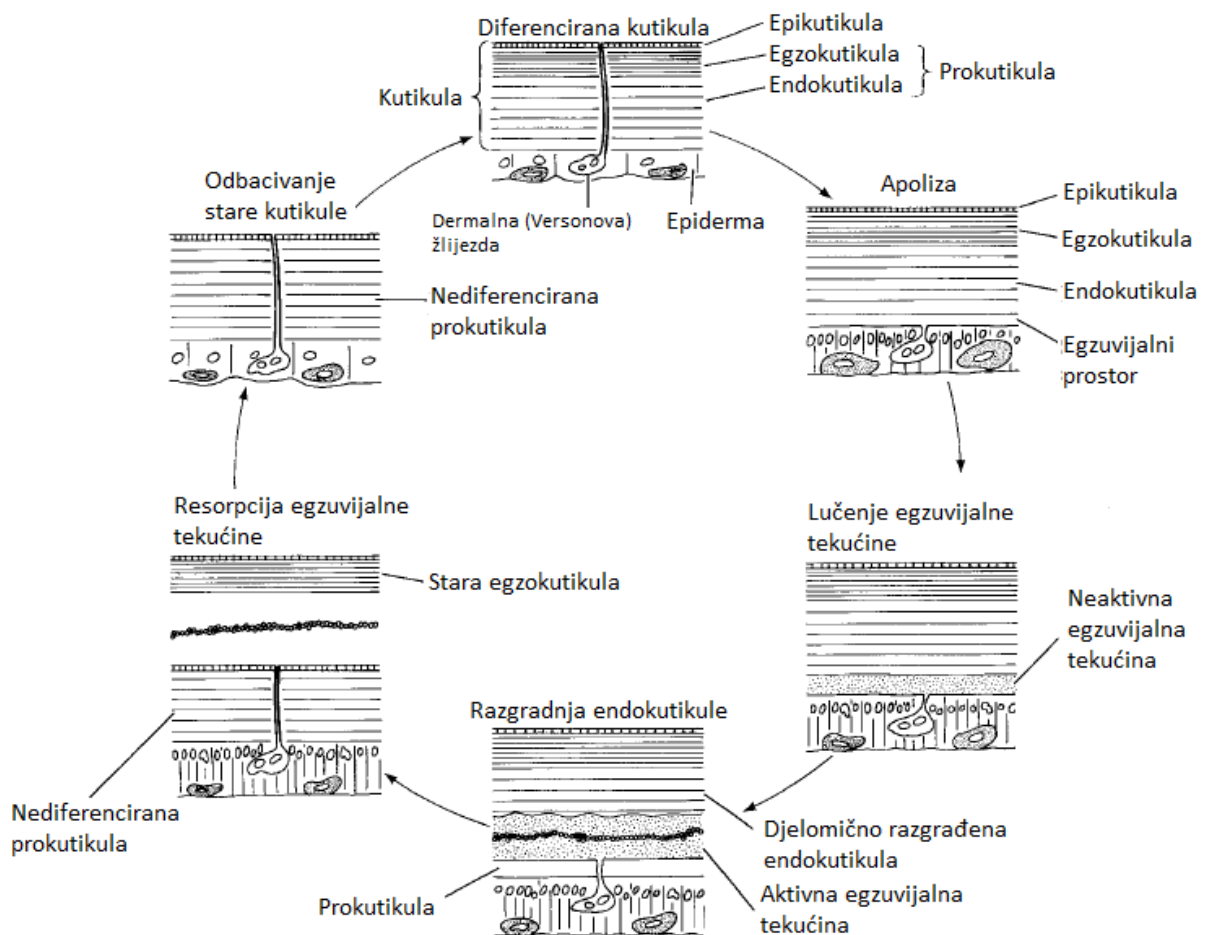
Presvlačenje je proces u kojemu životinja odbacuje staru kožu i/ili kutikulu u svrhu rasta organizma, jer ona svojom čvrstoćom ograničava rast, a javlja se kod gmazova (Reptilia) i Ecdysozoa (Nematodoida, Scelidophora i Panarthropoda). Na engleskom se koristi termin *moulting* koji može, pored prethodno navedenog, podrazumijevati i mitarenje i linjanje.

Metamorfoza (grč. *meta* – promjena + *morphe* – oblik) ili preobrazba je niz promjena koje nastaju u strukturi životinjskog organizma nakon završetka embrionalnoga razvitka. Životinja prolazi kroz različite razvojne stupnjeve pri čemu se zbivaju velike tjelesne promjene. Svojstvena je različitim skupinama beskralježnjaka i nekim nižim kralježnjacima. U životinja koje prolaze kroz preobrazbu iz oplodene se jajne stanice najprije razvija preadultno stanje - ličinka (lat. *larva*). Ona se svojim posebnim oblikom, posebnim ličinačkim organima, načinom života, prehranom i okolišem u kojem živi često potpuno razlikuje od odrasle životinje. Ovaj seminar je posvećen presvlačenju i metamorfozi u kukaca i pritom se termini koji se koriste odnose na kukce u slučaju da postoji više definicija ili primjena.

## 2. Presvlačenje ili ekdizis

Za presvlačenje je najbitnija epiderma koja je kod kukaca jednoslojna, ali je prekrivena kutikulom podijeljenom na dva dijela: epikutikulu i prokutikulu a prokutikula se još dijeli na dva sloja egzokutikulu i endokutikulu. Epikutikula nije hitinizirana i služi za zaštitu od isušivanja, egzokutikula i endokutikula su hitinizirane, ali je endokutikula fleksibilna i mekana dok je egzokutikula sklerotizirana i čvrsta. Kutikula je produkt epiderme. Prvi korak u odbacivanju stare kutikule je dioba stanica epiderme, nakon koje slijedi apoliza, tj. odvajanje epiderme od stare kutikule. U slučaju da će doći do velike promjene u veličini, epiderma se može naborati. Nakon apolize, u egzuvijalni prostor, prostor između stare kutikule i epiderme, se izlučuje egzuvijalna tekućina s enzimima za razgradnju endokutikule, no ti enzimi još nisu aktivni jer bi razgradili i epidermu. Prije aktivacije enzima, oenocite, stanice smještene između epiderme i bazalne membrane, luče lipoproteine koji će graditi prokutikulu. Pošto oenocite nemaju kanale do površine epiderme, izlučene lipoproteine upiju epidermalne stanice te ih potom one luče na svoju površinu. Nakon izgradnje prokutikule, enzimi u egzuvijalnoj tekućini se aktiviraju i razgrade endokutikulu, a egzokutikula ostaje nerazgrađena. Egzuvijalna tekućina se resorbira preko traheja, a epidermalne stanice luče tanki sloj voska povrh prokutikule te ju čini vodonepropusnom. Prokutikula nakon resorpcije postaje deblja. Kukac potom guta zrak (ili vodu ako živi u vodi) da si poveća volumen i

probije staru kutikulu. Otvor nastaje po šavu na dorzalnoj strani prsa i glave kroz koji kukac izlazi prvo glavom i prsima. Stara kutikula iz koje je kukac izašao zove se egzuvij. Dermalne (ili Versonove) žlijezde nakon presvlačenja luče cementni sloj koji služi za zaštitu voštanog sloja i time završi izgradnju epikutikule. Kukac je poslije presvlačenja mekan i ranjiv, stoga ubrzo dolazi do ukrućivanja egzokutikule procesom sklerotizacije, a endokutikula ostaje fleksibilna (Slika 1). Pošto su kukci najveća skupina životinja na Zemlji, javlja se varijacija u redoslijedu procesa presvlačenja. Rast više nije moguć nakon stvrdnjavanja kutikule (Wigglesworth, 1954; Brusca & Brusca, 2003; Resh & Cardé, 2003). Kukci mogu regenerirati izgubljene udove, ali to je moguće samo tokom presvlačenja, što znači da odrasli kukci (osim ametabolnih kukaca) ne mogu regenerirati udove (Khan *et al.*, 2016).



Slika 1 Shematski prikaz najbitnijih koraka za presvlačenje. Preuzeto i prilagođeno iz Brusca & Brusca (2003).

## 3. Metamorfoza

### 3.1 Tipovi metamorfoze

Život kukaca se može podijeliti u tri stadija: jaje, juvenilni kukac i odrasli kukac. S obzirom na to postoje i tri strategije za prolazak kroz navedene stadije: ametabolija, hemimetabolija i holometabolija (Slika 2).

Ametabolija se javlja kod beskrilnih kukaca (Apterygota), a njih karakteriziraju ličinke koje nalikuju na umanjene odrasle jedinke, ali nisu spolno zrele (Resh & Cardé, 2003). Ličinke hemimetabolnih kukaca se zovu nimfe i one također izgledaju kao umanjeni odrasli kukci, ali imaju nerazvijena krila i nisu spolno zrele. Značajna razlika između nimfe i odraslog kukca se primjećuje kod redova vodencvjetova (Ephemeroptera) i vretenaca (Odonata) čije ličinke žive pod vodom (Resh & Cardé, 2003). Nimfe vodencvjetova imaju razvijena krila već tokom predzadnjeg presvlačenja, ali još uvijek nisu spolno zreli. Taj stadij se zove subimago, a takav podtip hemimetabolije naziva se prometabolija. Nimfe resokrilaca (Thysanoptera) i biljnih uši (Sternorrhyncha) prelaze u stadij mirovanja zadnjih jedan do tri presvlačenja i takav podtip hemimetabolije se naziva neometabolija (Slika 3) (Belles, 2011).

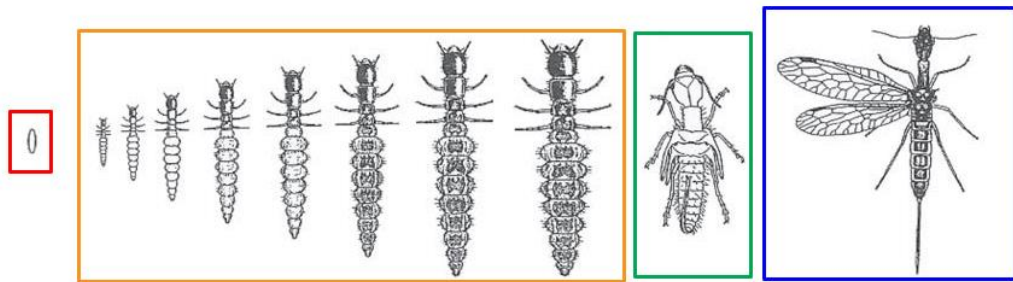
Holometabolni kukci su evolucijski najodvedenija i najbrojnija skupina kukaca. Iako holometabolični kukci nemaju toliko veliki broj redova kao hemimetabolni kukci, sadrže redove s najviše vrsta: kornjaši (Coleoptera), dvokrilci (Diptera), leptiri (Lepidoptera) i opnokrilci (Hymenoptera). Na filogenetičkom stablu (Slika 3) može se primijetiti da su holometabolni kukci monofiletska skupina. Njihove ličinke morfološki se jasno razlikuju od odraslih kukaca. U hrvatskom jeziku ne postoji posebni naziv za ličinke holometabolnih kukaca pa će se za njih, da bi ih se razlikovalo od ostalih tipova ličinki, u daljnjem tekstu ovog rada koristiti kroatizirani termin – larve (lat. *larva*, *-ae* – strašilo, sablast, krinka). Drugi naziv za holometabolne kukce je Endopterygota (grč. *endo* – unutar + *pteron* – krilo), a taj naziv su dobili jer se krila razvijaju ispod kutikule larve. Holometabolni kukci su izrazito brojni jer se larve i odrasli kukci hrane različitom hranom te time smanjuju kompeticiju unutar iste vrste. Prije nego larva može prijeći u odrasli oblik, mora proći kroz stadij mirovanja zvan pupa. Pupa je homologna stadiju nimfe (Resh & Cardé, 2003).



Ametabolija (primjer: Archaeognatha)

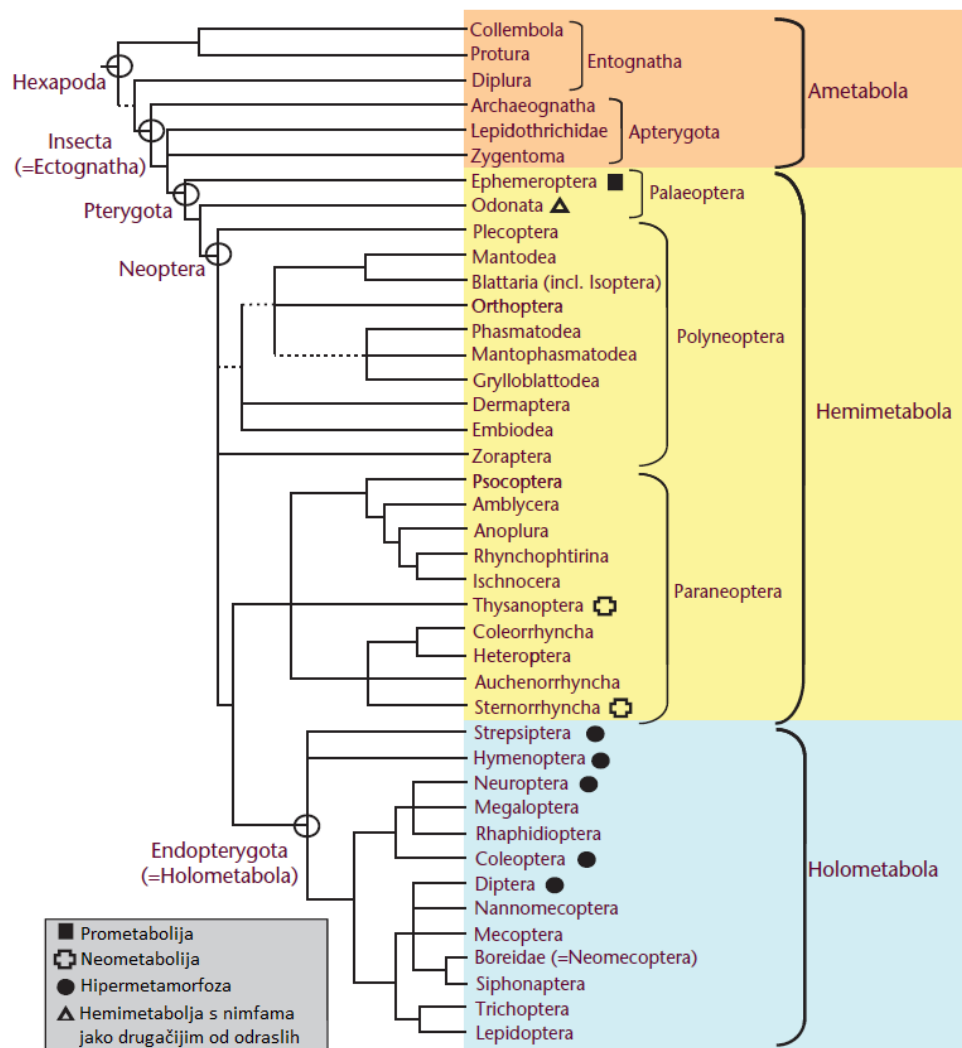


Hemimetabolija (primjer: Orthoptera)



Holometabolija (primjer: Raphidioptera)

Slika 2 Tipovi metamorfoze. U crvenim pravokutnicima su jaja; u narančastim pravokutnicima su nimfe hemimetabolnih, odnosno larve kod holometabolnih kukaca; u zelenom pravokutniku je stadij pupe; u plavim pravokutnicima su odrasli kukci, pravokutnik kod ametaboličnih kukaca nije zatvoren, jer se oni presvlače i u odraslom stadiju. Preuzeto i prilagođeno iz Sehnal, et al. (1996).



Slika 3 Filogenija kukaca s označenim tipom metamorfoze po redovima. Preuzeto i prilagođeno iz Belles (2011).

### 3.2 Razvoj ličinke

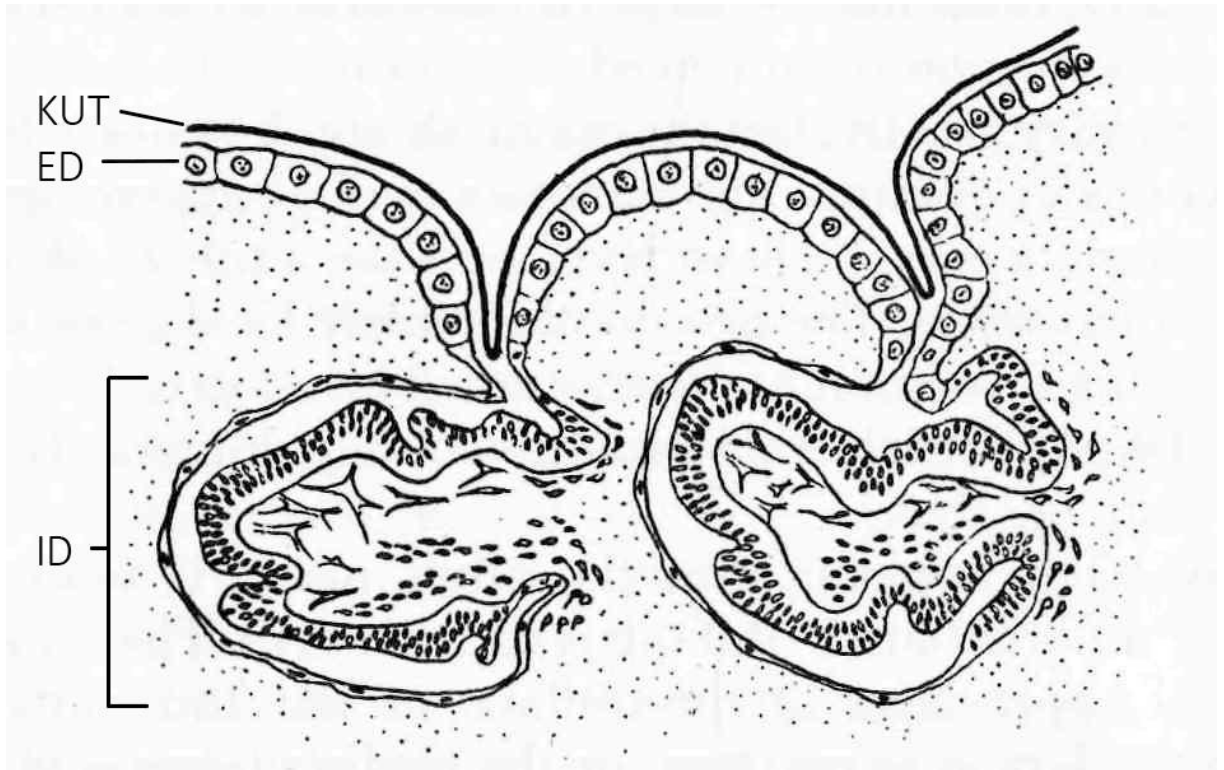
Ličinke su svakim presvlačenjem spremnije za metamorfozu u odraslog kukca. Kod hemimetabolnih kukaca je to poprilično jednostavno: svakim presvlačenjem su sve veći i s malo više razvijenim krilima, a zadnjim presvlačenjem postaju spolno zreli i s razvijenim krilima.

Kod holometabolnih kukaca je to kompliciranije, jer se larva i odrasli stadij jako razlikuju. Za početak, postavlja se pitanje kako se uopće razvila larva. Između izlaska hemimetabolnog kukca iz jaja i ličinke prvog stadija nimfe postoji stadij pronimfe. Pronimfa ima drugačije omjere tijela od obične nimfe kao prilagodbu za razvoj unutar jaja. Pronimfe se uglavnom ne hrane i presvlače se u običnu nimfu u roku od par minuta do par sati, ili već

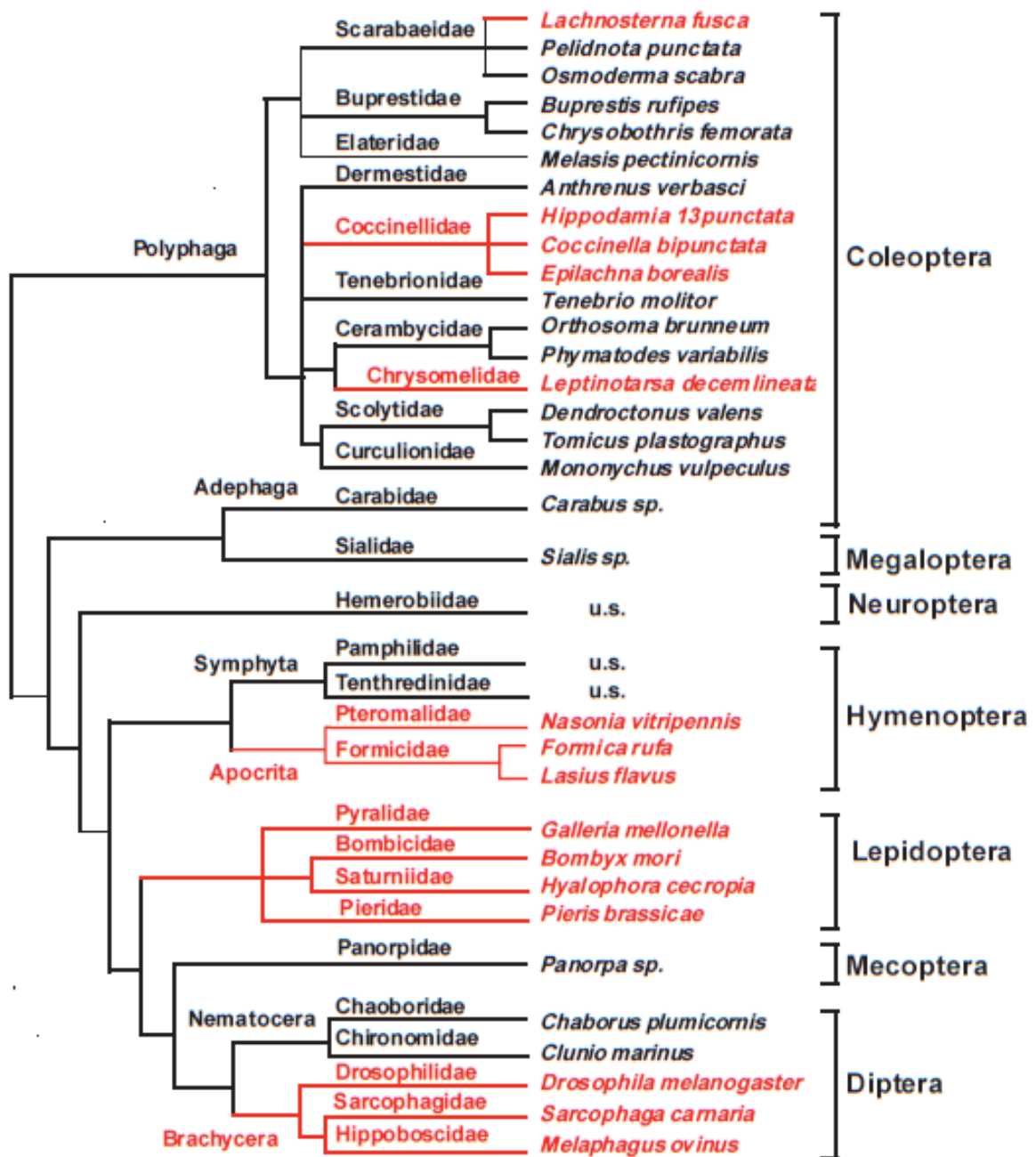


unutar jaja kao što je slučaj u Hemiptera. Kod kukaca koji polažu jaja u neku podlogu kao što je zemlja ili drvo, pronimfa je prilagođena za izlazak iz te podloge. Ako se pronimfa počne hraniti u toj podlozi, imat će selektivnu prednost, jer neće biti u konkurenciji s odraslim kukcima. S takvom odvojenošću će s vremenom se pronimfa razviti u larvu. Takva strategija se prikazala toliko uspješnom da se cijeli stadij nimfe sveo na samo jedno presvlačenje, tj. pupu (Truman & Riddiford, 1999).

Larve su specijalizirane za hranjenje i rast, no začeci organa karakterističnih za odrasle kukce (npr. ticala i krila) su prisutni i prije metamorfoze ispod kutikule u obliku imaginalnih diskova (Slika 4). Imaginalni diskovi nastaju tako da se epiderma invaginira te se u toj invaginaciji razvijaju začeci organa odraslog kukca kao što su krila, ticala, oči ili odrasli oblik nogu (Wigglesworth, 1954). Imaginalni diskovi se mogu razviti pred kraj ličinačkog stadija ili pri njegovom početku. Stvaranje imaginalnih diskova na kraju ličinačkog stadija je primitivnije svojstvo te se ličinački stadij produljuje za vrijeme potrebno za razvitak imaginalnih diskova. Stvaranje imaginalnih diskova pri početku ličinačkog stadija se smatra odvedenijim svojstvom i ono omogućuje kraći ličinački stadij te s time i veći broj generacija u određenom vremenu. Rani razvoj imaginalnih diskova se nezavisno pojavio šest puta u holometaboličnih kukaca (Slika 5).



Slika 4 Imaginalni diskovi krila ličinke zadnjeg stadija mrava roda *Formica*. KUT - kutikula; ED - epiderma; ID - imaginalni disk. Preuzeto i prilagođeno iz Wigglesworth (1954).



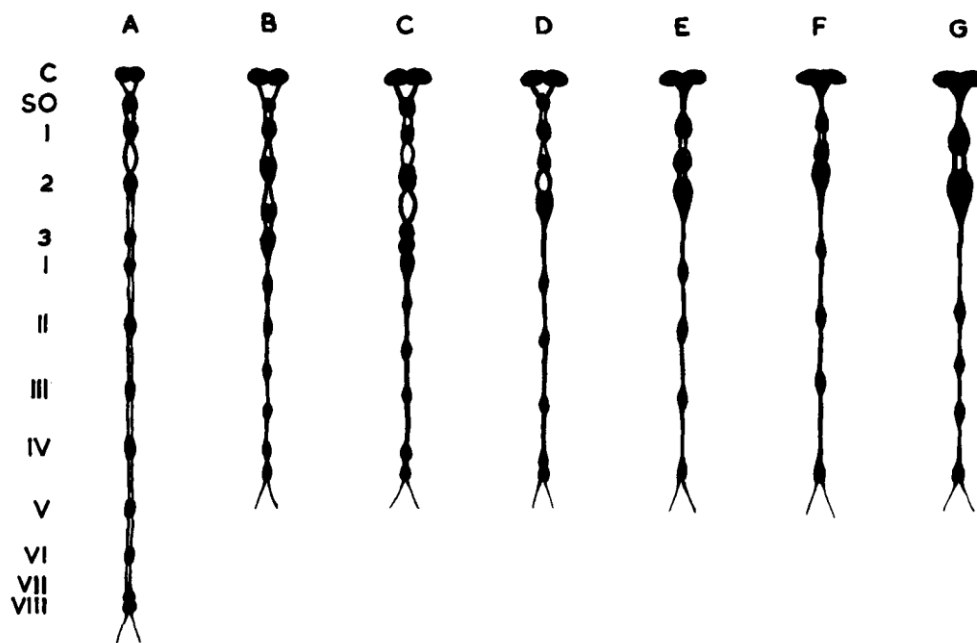
Slika 5 Filogenetsko stablo holometabolnih kukaca u kojih je prisutan razvoj imaginalnih diskova pri početku ličinačkog stadija, označeno crvenim slovima. u.s. – neidentificirane vrste. Preuzeto i prilagođeno iz Truman & Riddiford (1999).

### 3.3 Pupa i metamorfoza holometaboličnih kukaca

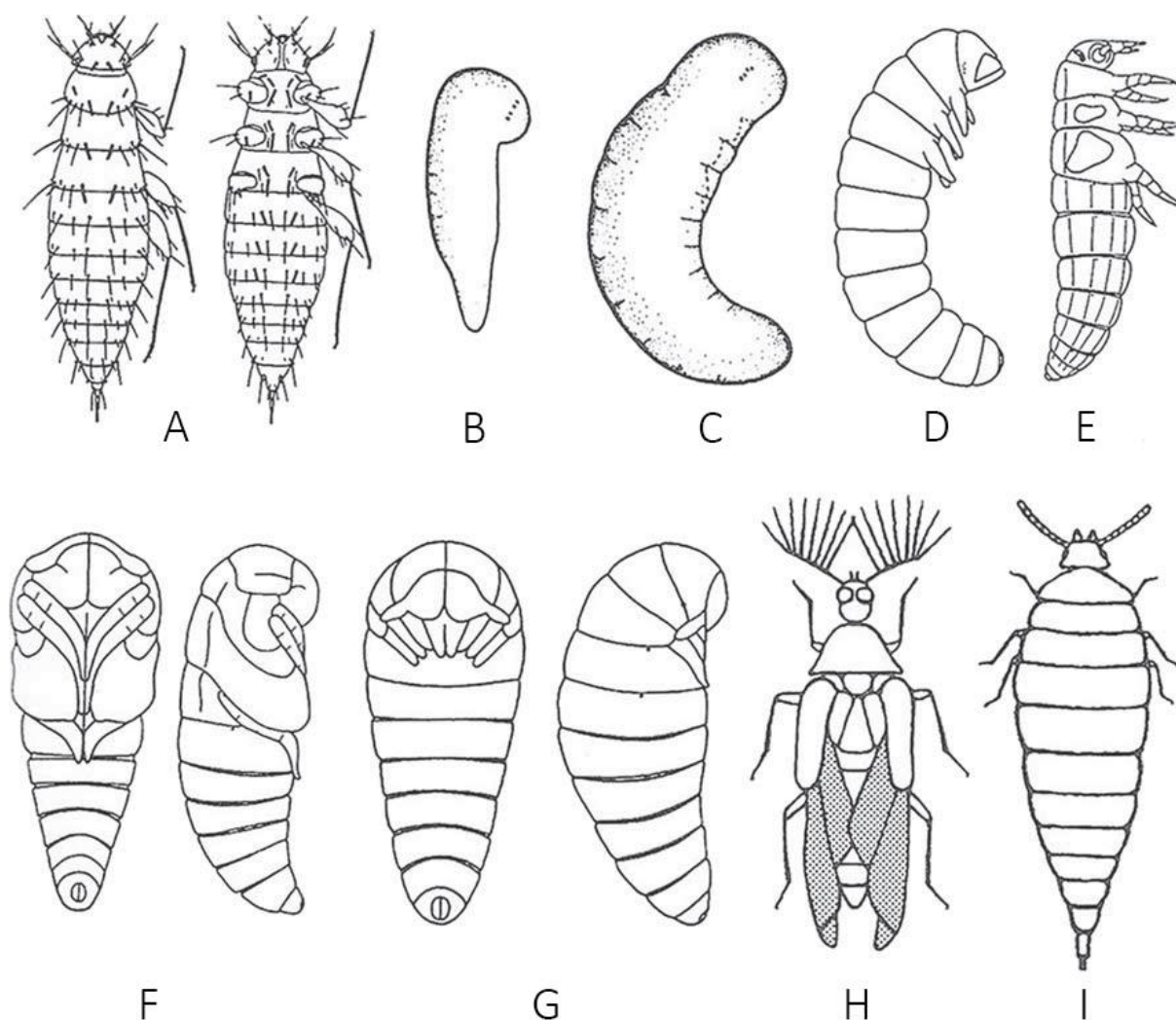
Metamorfoza se odvija tijekom stadija pupe, a pupa se nalazi unutar kukuljice (svilena čahura koju je isplela ličinka zadnjeg stadija) ili unutar puparija (kutikule ličinke zadnjeg stadija). Pupe su uglavnom nepokretne i neke od mogućih zaštita su njihova skrivena lokacija, proizvodnja zvuka ili toksini (Resh & Cardé, 2003). Međutim, neke pupe su pokretne i s

funkcionalnim mandibulama. To je karakteristično za tulare (Trichoptera) čiji se stadij pupe odvija pod vodom. Emergencija, izlazak iz pupe, se mora odviti na suhom, stoga pupa tulara mandibulama otvara kukuljicu i pliva do kopna (Resh & Cardé, 2003; Wiggins, 2004).

Metamorfoza se sastoji od tri histološka procesa: razgradnja specijaliziranih ličinačkih struktura, prenamjena manje specijaliziranih struktura i razvoj odraslih struktura (Wigglesworth, 1954). Tokom metamorfoze se gube panožice ukoliko su bile prisutne, a zajedno s njima i mišići i živci koji ih pokreću (Weeks & Truman, 1985), također, smanjuje se i broj ganglija (Ashhurst & Richards, 1964). Iz imaginalnih diskova se tokom metamorfoze razvijaju organi karakteristični za odrasle kukce kao što su krila, ticala i odrasle noge (Wigglesworth, 1954). U parazitskih kukaca se javlja hipermetamorfoza u kojoj je ličinka pri izlasku iz jaja i domaćina vrlo pokretna ali nakon ulaska u domaćina postaje slabo pokretna (Slika 3, Slika 7)



Slika 6 Crteži ganglija velikog voskovog moljca, *Galleria mellonella*, za vrijeme metamorfoze. C - mozak; SO - podždrijelni ganglij; 1-3 prsni gangliji; I-VII - zadčani gangliji; A - nimfa zadnjeg stadija; B - predpupa; C - pupa stara 0 sati; D - pupa stara 20 sati; E - pupa stara 30 sati; F - pupa stara 48 sati; G - odrasli kukac. Primjetno je smanjenje broja ganglija tokom metamorfoze. Preuzeto iz Ashhurst & Richards, (1964).



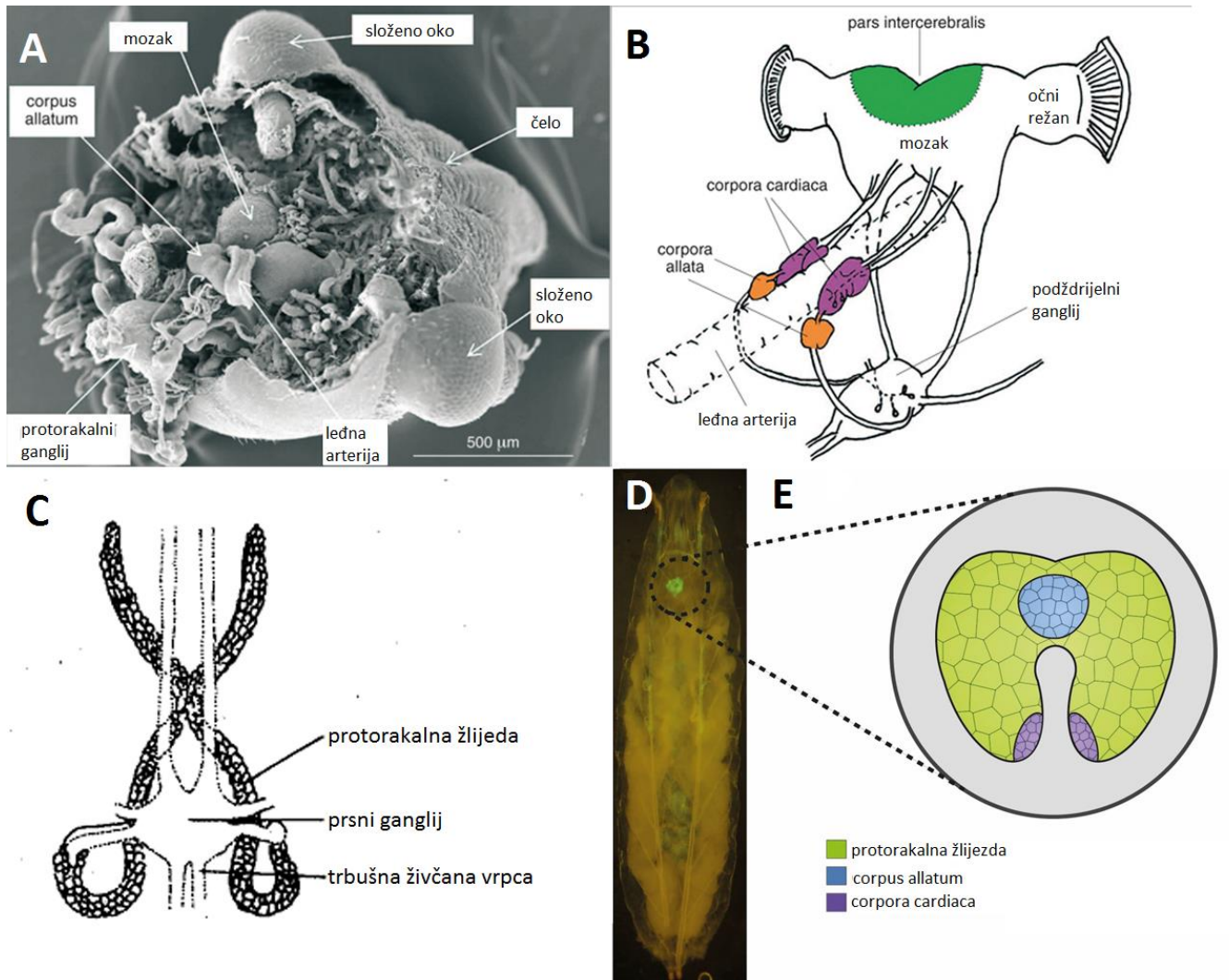
Slika 7 Životni ciklus kornjaša *Rhipidus quadriceps* koji je endoparazit žohara kao primjer hipermetamorfoze. A - pokretna triungularna larva koja traži i ulazi u domaćina; B-C – oblik ličinke koji živi unutar domaćina; D – ponovna pojava nogu ličinke unutar domaćina; E – pokretna ličinka koja izlazi iz domaćina i prelazi u stadij pupe; F – pupa mužjaka; G – pupa ženke; H – odrasli mužjak; I – odrasla ženka. Preuzeto iz Belles (2011).

#### 4. Žlijezde, hormoni i njihova uloga

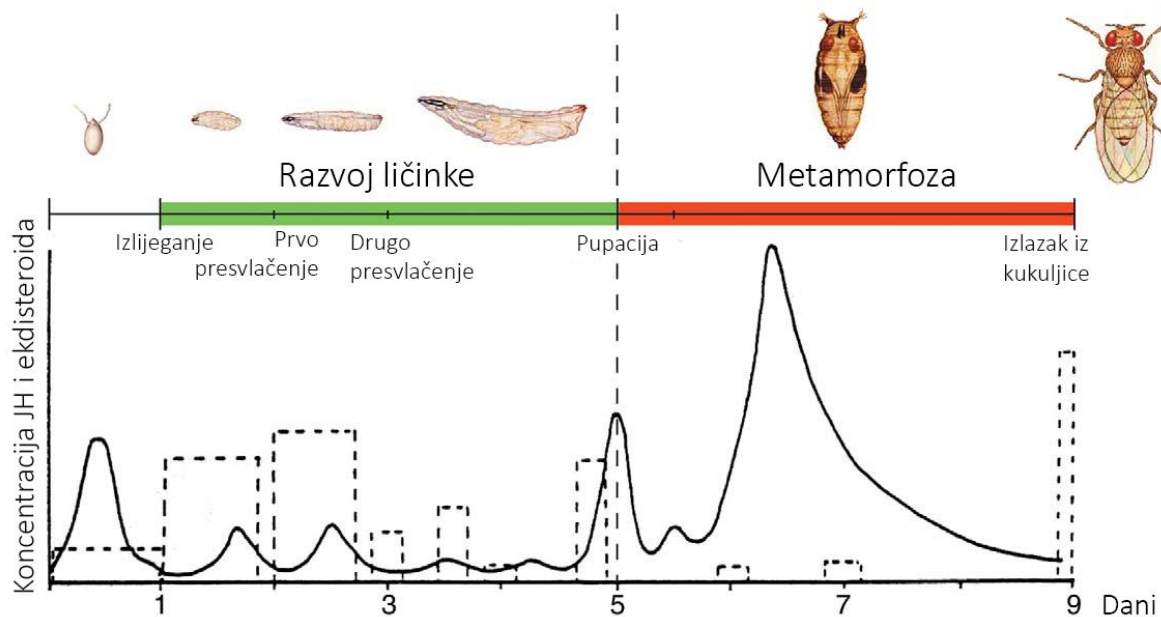
Razvoj kukca je složeni proces koji je u najvećoj mjeri reguliran hormonima iz mozga, corpus cardiacum (CC), protorakalne žlijezde i corpus allatum (CA) (Slika 8, A-C), no postoje i iznimke kao što je kod odvedenijih dvokrilaca koji imaju prstenastu žlijezdu u kojoj su CA, CC i protorakalna žlijezda spojene (Slika 8, D-E) (Wigglesworth, 1954). Iz mozga se izlučuje protorakotropni hormon (PTTH) i preko aksona se prenosi u CC gdje se skladišti (Resh & Cardé, 2003). Lučenje PTTH iz CC će potaknuti podražaj koji, ovisno o vrsti, može biti duljina dana, veličina tijela, veliki obrok, temperatura ili neki od mnogih drugih (Wigglesworth, 1954; Resh & Cardé, 2003). PTTH potom potiče protorakotropnu žlijezdu da

luči ekdisteroide koji započinju proces presvlačenja (Resh & Cardé, 2003). Za vrijeme zadnjeg stadija larve duhanskog moljca, *Manduca sexta*, je prisutna mala količina ekdisteroida koja uzrokuje prestanak hranjenja ličinke i traganje za mjestom gdje će se odviti pupacija (Riddiford, 2012). Iz CA se luči juvenilni hormon (JH) koji je odgovoran za zadržavanje trenutnog stadija kukca, tj. ako je prisutan JH za vrijeme presvlačenja ličinke, kukac će nakon presvlačenja i dalje biti ličinka, a ako nije prisutan, ličinka će prijeći u stadij pupe (Wigglesworth, 1954). Zbog svoje sposobnosti da zadržava trenutni stadij kukca JH se opisuje kao i „status quo“ hormon. Općenito, količina JH je prije metamorfoze visoka, za vrijeme metamorfoze opada, ali ponovo raste za vrijeme odraslog stadija kukca (Slika 9) gdje je JH odgovoran za sintezu žumanjka u ženki i razvoj spermija u mužjaka (Riddiford, 2012). Koncentracija JH može utjecati u koju kastu će se ličinka razviti kod eusocijalnih kukaca; npr. visoka koncentracija JH u ličinka termita će biti odgovorna za razvoj u vojnika (Korb, 2015), a u zadnjem stadiju ličinki pčela *Apis mellifera* će visoka koncentracija JH razviti kraljicu, a niska radilicu (Rachinsky *et al.*, 1990).

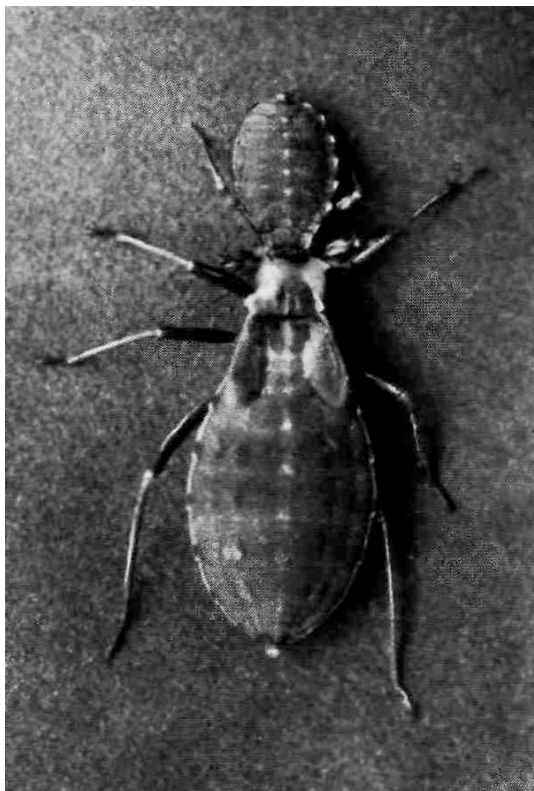




Slika 8 Žlijezde odgovorne za metamorfozu i presvlačenje. A - SEM snimka glave vatrenog opančara (*Pyrrhocoris apterus*); B – shematski prikaz položaja corpora allata i corpora cardiaca; C – shematski prikaz protorakalne žlijezde; D – larva vinske mušice (*Drosophila melanogaster*) s označenim položajem prstenaste žlijezde; E – shematski prikaz prstenaste žlijezde. Slike A i B preuzete iz Kodrik (2014), slika C preuzeta sa Anon. (2013); slike D i E preuzete iz Christesen *et al.* (2017).



Slika 9 Koncentracija juvenilnog hormona (JH) i ekdisteroida kroz različite stadije vinske mušice, *Drosophila melanogaster*. JH je označen isprekidanim pravokutnicima, a ekdisteroidi su prikazani punom crtom. Koncentracija ekdisteroida je povišena za vrijeme embrionalnog razvoja, prije svakog presvlačenja i za vrijeme metamorfoze. JH je prisutan za vrijeme stadija ličinke i odraslog kukca. Preuzeto i prilagođeno iz Dubrovsky (2005).



Slika 10 Parabioza nimfe zadnjeg stadija *Rhodnius prolixus* (dolje) u parabiozi s nimfom iz roda *Triatoma* iz prethodnih stadija (gore). Parabioza omogućuje miješanje hemolimfe između povezanih kukaca. Preuzeto iz Wigglesworth (1954).

Manipulacijom hormona se može natjerati ličinke da imaju dodatna presvlačenja ili da prerano metamorfiraju u odraslog kukca. Ako se CA ukloni prije zadnjeg presvlačenja ličinke, ličinka će u sljedećem presvlačenju započeti metamorfozu u odraslog kukca, jer će pasti koncentracija JH kojeg CA sintetizira. Takav kukac je manji i nema pravilno razvijena krila, može se razmnožavati ako mu je to anatomski moguće, npr. minijatura ženka može biti sterilna, jer su joj jaja prevelika da ih položi. Do dodatnih presvlačenja ličinke dolazi ako je ličinka zadnjeg stadija u parabiozi, povezanosti s drugim organizmom u kojoj je omogućeno miješanje tjelesnih tekućina (Slika 10), s ličinkom iz prethodnih stadija, čak nije ni potrebno da su iste vrste; ili transplantacijom CA iz ličinke prethodnih stadija. Ličinka zadnjeg stadija nema JH, a ličinka



iz prethodnog stadija ga ima; pošto su te ličinke u parabiozi, dolazi do miješanja njihove hemolimfe te tako JH dolazi do ličinke zadnjeg stadija te uzrokuje dodatno presvlačenje. Nakon metamorfoze protorakalne žlijezde propadaju, no odrasli kukac i dalje može reagirati na ekdisteroide te će se, u slučaju izloženosti njima, presvući i u odraslom stadiju. Odrasli kukci se ne presvlače, no iznimka su ametabolični kukci (Slika 2) koji se presvlače i u odraslom stadiju i vodencvjetovi koji imaju jedno dodatno presvlačenje kao subimago. Kukci koji se ne presvlače kao odrasli nemaju šav na leđima i glavi kojeg imaju ličinke za izlazak iz stare kutikule, te će biti zarobljeni ispod stare kutikule u slučaju prisilnog presvlačenja za vrijeme odraslog stadija (Wigglesworth, 1954).

Molekule koje su slične ekdisteroidima i JH se mogu koristiti i u svrhu kontrole količine kukaca tako da im se poremeti životni ciklus. Biljke mogu proizvoditi fitoekdisone koji upravo na taj način brane biljku od kukaca (Pevalek-Kozlina, 2003).

## 5. Literatura

Anon., 2013. *ExpertsMind.com*. [Mrežno]

Available at: <http://www.expertsmind.com/questions/corpus-allatum-and-prothoracic-gland-30131696.aspx>

[Pokušaj pristupa 12. 9. 2017].

Ashhurst, D. E. & Richards, A. G., 1964. A study of the changes occurring in the connective tissue associated with the central nervous system during the pupal stage of the wax moth, *Galleria mellonella* L.. *Journal of morphology*, Issue 114, pp. 225-236.

Belles, X., 2011. *Origin and evolution of insect metamorphosis*. s.l.:an.

Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 2003. *Invertebrates*. 2nd ur. s.l.:Sinauer Associates.

Christesen, D. i dr., 2017. Transcriptome Analysis of *Drosophila melanogaster* Third Instar Larval Ring Glands Points to Novel Functions and Uncovers a Cytochrome p450 Required for Development. *G3: GENES, GENOMES, GENETICS*, VII(2), pp. 467-479.

Dubrovsky, E. B., 2005. Hormonal cross talk in insect development. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, Issue 16, pp. 6-11.

Khan, S. J., Schuster, K. J. & Smith-Bolton, R. K., 2016. Regeneration in Crustaceans and Insects. *Encyclopedia of life sciences*.

- Kodrík, D., 2014. Hormony a hormonální řízení antistresové odpovědi u hmyzu / Hormones and Hormonal Antistress Response Systems in Insects. *Živa*, Issue 5, pp. 206-208.
- Korb, J., 2015. Juvenile Hormone: A Central Regulator of Termites' Caste Polyphenism. *Advances in Insect Physiology*, Issue 48, pp. 131-161.
- Pevalek-Kozlina, B., 2003. *Fiziologija bilja*. 1. ur. Zagreb: Profil.
- Rachinsky, A., Strambi, C., Strambi, A. & Hartfelder, K., 1990. Caste and metamorphosis: Hemolymph titers of juvenile hormone and ecdysteroids in last instar honeybee larvae. *General and Comparative Endocrinology*, Issue 79, pp. 31-38.
- Resh, V. H. & Cardé, R. T., 2003. *Encyclopedia of insects*. s.l.:Academic press.
- Riddiford, L. M., 2012. How does juvenile hormone control insect metamorphosis and reproduction?. *General and Comparative Endocrinology*, Issue 179, pp. 477-484.
- Sehnal, F., Švácha, P. & Zrzavý, J., 1996. Evolution of Insect Metamorphosis. U: L. I. Gilbert, J. R. Tata & B. G. Atkinson, ur. *Metamorphosis - Postembryonic Reprogramming of Gene Expression in Amphibian and Insect Cells*. s.l.:Academic Press, pp. 3-58.
- Truman, J. W. & Riddiford, L. M., 1999. The origins of insect metamorphosis. *Nature*, Issue 401, pp. 447-452.
- Weeks, J. C. & Truman, J. W., 1985. Independent Steroid Control of the Fates of Motoneurons and Their Muscles during Insect Metamorphosis. *Journal of Neuroscience*, Issue 5, pp. 2290-3000.
- Wiggins, G., 2004. *Caddisflies: The Underwater Architects*. s.l.:University of Toronto Press.
- Wigglesworth, V. B., 1954. *The physiology of insect metamorphosis*. s.l.:Cambridge University Press.

## 6. Sažetak

Svi kukci se moraju presvlačiti, jer im kutikula ograničava rast. S obzirom na tip metamorfoze, kukci mogu biti ametabolični, hemimetabolični ili holometabolični. Najviše utjecaja na presvlačenje i metamorfozu imaju mozak i žlijezde corpus cardiacum (CC), protorakalna žlijezda i corpus allatum (CA). Iz protorakalne žlijezde se luče fitoekdisoni koji potiču presvlačenje kukca, a iz CA se luči juvenilni hormon (JH) u čijoj odsutnosti počinje

proces metamorfoze. Tokom metamorfoze se razvija odrasli kukac. Iz imaginalnih diskova se razvijaju organi karakteristični za odrasle kukce kao što su krila ili ticala. Odrasli kukci su spolno zreli i više se ne presvlače, osim u ametaboličnim kukaca i u slučaju hormonalnog poremećaja.

## 7. Summary

Insects have to moult because their cuticle prevents their growth. Regarding types of metamorphosis, insects can be ametabolous, hemimetabolous or holometabolous. Most influential glands for moulting and metamorphosis are the brain, corpus cardiacum (CC), prothoracic gland and corpus allatum (CA). The prothoracic gland secretes ecdysteroids which are responsible for moulting. The CA secretes juvenile hormone (JH) in the absence of which the metamorphosis starts. An adult insect is developed during metamorphosis. Organs characteristic for adults, such as wings or antennae, are developed from imaginal discs. Adult insects are fertile and no longer moult, except in cases of ametabolous insects and hormonal disorders.