

FISIOLOGI SISTEM SARAF PADA KATAK

Dwi Yanti (3415091329), Putri Handayani (3415092306), Rahman Fadli (3415092301), dan Wiwit Y. Lestari (3415092312)

ABSTRAK

Sistem saraf mengkoordinasi, menafsirkan, dan mengontrol interaksi antara individu dengan lingkungan sekitarnya. Tujuan praktikum ini adalah untuk mengetahui fisiologi sistem saraf pada katak. Praktikum ini dilaksanakan pada hari Senin, 21 November 2011 bertempat di Laboratorium Fisiologi, FMIPA, UNJ. Pada pengamatan gerak refleks katak diperoleh hasil bahwa gerakan refleks berpusat di medulla spinalis, hal ini membuktikan kebenaran teori Bell – Magendie. Sedangkan pada pengamatan biolistrik pada katak diperoleh hasil bahwa arus listrik dapat menghasilkan potensial aksi yang kemudian berakibat pada respon terhadap impuls. Ketika perjalanan impuls saraf diblokir dengan alkohol 70%, alkohol berdifusi ke dalam akson saraf dan bercampur dengan cairan intraseluler sel saraf yang mengandung ion-ion negatif – positif dan mengganggu proses perambatan impuls karena sifatnya yang non elektrolit.

Kata kunci: *Biolistrik, Gerak Refleks, Katak, Medula Spinalis, Saraf*

A. PENDAHULUAN

Gerak merupakan pola koordinasi yang sangat sederhana untuk menjelaskan penghantar impuls oleh saraf. Gerak pada umumnya terjadi secara sadar, namun ada pula gerak yang terjadi tanpa di sadari yaitu gerak refleks. Gerak refleks berjalan sangat cepat dan tanggapan terjadi secara otomatis terhadap rangsangan, tanpa memerlukan kontrol dari otak. Jalannya impuls pada gerak refleks menurut Bell dan Magendie adalah : reseptor – saraf sensoris (melalui lengkung dorsal) – medulla spinalis – saraf motoris (melalui lengkung dorsal) – efektor. Jadi dapat dikatakan gerakan terjadi tanpa dipengaruhi kehendak atau tanpa disadari terlebih dahulu. Unit dasar setiap kegiatan refleks terpadu adalah lengkung refleks. Lengkung refleks ini terdiri dari alat indra, serat saraf aferen satu atau lebih sinaps yang terdapat di susunan saraf pusat atau di ganglion simpatis saraf eferen dan efektor. Kegiatan pada lengkung refleks di mulai pada reseptor sensorik sebagai potensial reseptor yang besarnya sebanding dengan kuat rangsangan.

Potensial aksi adalah peristiwa listrik yang terlokalisasi, yaitu depolarisasi membran pada titik perangsangan yang spesifik. Potensial aksi tidak bergantung pada kekuatan stimulus pendepolarisasi. Pada sel otot (serabut-serabut otot), potensial aksi menyebabkan otot berkontraksi (Seeley, 2002). Menurut Campbell (2004), sebuah potensial aksi tunggal akan menghasilkan peningkatan tegangan otot yang berlangsung sekitar 100 milidetik atau kurang yang disebut sebuah kontraksi tunggal. Jika potensial aksi kedua tiba sebelum respon terhadap potensial aksi pertama selesai, tegangan tersebut akan menjumlahkan dan menghasilkan respon yang lebih besar. Jika otot menerima suatu rentetan potensial aksi yang saling tumpang tindih, maka akan terjadi sumasi yang lebih besar lagi dengan tingkat tegangan yang bergantung pada laju perangsangan. Jika laju perangsangan cukup cepat, sentakan tersebut akan lepas menjadi kontraksi yang halus dan bertahan lama yang disebut tetanus.

Pada saat sel saraf dalam keadaan istirahat (reseptor tidak dirangsang), membran sel dalam keadaan impermeable terhadap ion. Jika sel saraf dirangsang, maka saluran ion akan terbuka. Jika depolarisasi melewati ambang batas letup, maka akan terjadipotensial aksi. Potensial aksi yang berjalan disebut impuls.

B. METODE

Praktikum ini dilaksanakan pada hari Senin, 21 November 2011 di Laboratorium Fisiologi, FMIPA, UNJ. Alat – alat yang digunakan adalah papan bedah, penusuk katak, pinset, baterai 1,5 volt 2 buah, kabel dengan ukuran kecil, dan gelas beker 50 ml 2 buah. Bahan - bahan yang digunakan pada praktikum ini adalah katak, cuka, air ledeng, alkohol 70% dan ringer. Praktikum ini terdiri dari 2 kegiatan, yaitu pengamatan gerak refleks pada katak (*Rana Sp.*) dan pengamatan biolistrik pada katak.

- Pengamatan Gerak Refleks Pada katak (*Rana Sp.*)
 - Mengikat katak dengan tali pada salah satu tungkai belakangnya.
 - Mengamati sikap katak pada keadaan tiarap, terlentang, dicubit dengan pinset, dijepit dengan pinset, mencelup kaki kanan di air cuka, dan mencelup kaki kiri di air ledeng.
 - Menusuk otak katak dengan penusuk.
 - Mengamati sikap katak pada keadaan tiarap, terlentang, dicubit dengan pinset, dijepit dengan pinset, mencelup kaki kanan di air cuka, dan mencelup kaki kiri di air ledeng.
 - Merusak sumsum tulang belakang katak dengan penusuk.
 - Mengamati sikap katak pada keadaan tiarap, terlentang, dicubit dengan pinset, dijepit dengan pinset, mencelup kaki kanan di air cuka, dan mencelup kaki kiri di air ledeng.
 - Membedakan sikap katak dari ketiga perlakuan yaitu ketika katak dalam keadaan normal, masih dengan spinal, dan tanpa spinal.

- Pengamatan Biolistrik pada Katak (*Rana Sp.*)
 - Membedah perut katak dan mengeluarkan seluruh organnya sehingga terlihat serabut saraf yang mempersarafi tungkai depan dan tungkai belakang.
 - Memberi rangsangan listrik dengan pada dua saraf yang berbeda, yaitu saraf tungkai depan dan tungkai belakang.
 - Mengamati apa yang terjadi dan menghitung waktu terjadinya tanggapan.
 - Melakukan pemblokiran pada serabut saraf dengan memberikan alkohol 70%.
 - Mengamati apa yang terjadi dan menghitung waktu terjadinya tanggapan.

C. HASIL

1. Pengamatan Gerak Refleks pada Katak (*Rana Sp.*)

Sikap Tubuh Katak	Normal	Spinal	Tanpa Spinal
Telentang	Membalikkan badan dengan cepat	Membalikkan tubuh dengan lambat	Tidak ada respon
Cubit perlahan	Menggerakkan kaki dengan segera	Menggerakkan kaki dengan lambat	Tidak ada respon
Jepit keras	Kaki gemetar secara cepat	Kaki gemetar secara lambat	Tidak ada respon
Larutan asam cuka	Menolak, respon menaikkan kaki setelah < 1 detik	Menolak, respon menaikkan kaki setelah 1 detik	Tidak ada respon

2. Pengamatan Biolistrik pada Katak (*Rana Sp.*)

	Normal (ringer)	Alkohol 70%
Saraf Dorsal	Kontraksi kuat, Respon langsung setelah < 1 detik	Kontraksi lemah, Respon setelah 2 detik
Saraf <i>gastrocnemius</i>	Kontraksi kuat, Respon langsung setelah < 1 detik	Kontraksi lemah, Respon setelah 2 detik

D. PEMBAHASAN

1. Pengamatan Gerak Refleks pada Katak (*Rana Sp.*)

Jalannya impuls pada gerak refleksi menurut Bell dan Magendie adalah: reseptor - saraf sensoris (melalui lengkung dorsal) – medulla spinalis (sumsum tulang belakang) – saraf motoris (melalui lengkung ventral) – efektor. Untuk membuktikan teori ini, katak diberi perlakuan berupa perusakan otak dan sumsum tulang belakang.

a. Posisi tubuh

Pada katak dalam keadaan normal, ketika posisi tubuhnya ditelentangkan, katak merespon dengan segera membalikkan tubuhnya. Hal ini terjadi karena belum ada sistem saraf yang dirusak sehingga keseimbangan dan refleksnya masih sangat baik. Setelah otak katak dirusak dengan cara ditusuk, ketika tubuh katak telentang, respon membalikkan tubuhnya dilakukan dengan lambat. Ketika medulla spinalis katak juga dirusak, posisi tubuh katak yang telentang kemudian tidak menunjukkan respons apapun. Sekarang katak sudah benar-benar tidak memiliki sistem saraf pusat, sehingga katak sudah tidak dapat mengkoordinasikan tubuhnya lagi.

b. Katak dicubit perlahan

Pada katak dengan keadaan normal, setelah katak dicubit perlahan tungkai belakangnya dengan menggunakan pinset, respon katak yaitu menggerakkan kakinya dengan segera. Hal ini terjadi karena belum ada sistem saraf yang dirusak sehingga sistem sarafnya masih berfungsi dengan baik. Setelah otak katak dirusak dengan cara ditusuk, reaksi katak saat dicubit perlahan tungkai belakangnya dengan menggunakan pinset yaitu menggerakkan kakinya dengan lambat. Hal ini terjadi dikarenakan pusat gerak refleks adalah medulla spinalis bukan otak, jadi katak masih bisa melakukan gerak refleks. Saat medulla spinalis katak juga dirusak, ketika dicubit perlahan katak tidak memberikan respons apapun. Medulla spinalis yang telah rusak membuat katak tidak dapat memberikan gerak respons karena koordinasinya sudah terputus.

c. Katak dijepit dengan keras

Pada katak dengan keadaan normal, ketika kakinya dijepit dengan keras, terdapat respons katak yaitu kaki katak bergetar dengan cepat, seharusnya respons yang terjadi adalah adanya penarikan kaki oleh katak. Hal ini mungkin terjadi karena kesalahan praktikan pada saat percobaan. Masih terjadinya respons pada katak karena belum ada sistem saraf yang dirusak sehingga sistem sarafnya masih berfungsi dengan baik. Setelah bagian otak katak dirusak sehingga hanya mempunyai sumsum tulang belakang sebagai pusat saraf, tungkai belakang katak yang dijepit keras memperlihatkan respon yaitu kaki katak gemetar secara lambat. Hal ini menunjukkan bahwa katak tersebut mengalami gerak refleks. Refleksi gerak pada tungkai katak berpusat di sumsum tulang belakang, sehingga walaupun otak katak telah

dirusak, tetap saja katak tersebut masih dapat melakukan gerak reflek. Namun seharusnya respons yang terjadi adalah terjadinya penarikan kaki katak. Ini mungkin disebabkan oleh kesalahan praktikan pada saat percobaan. Ketika medulla spinalis katak juga dirusak dan kemudian diberi perlakuan dengan dijepit keras maka katak tersebut tidak merespon. Hal ini terjadi karena medulla spinalis yang merupakan pusat saraf juga telah dirusak maka secara langsung tidak akan terjadi gerakan reflek. Rusaknya medulla spinalis menyebabkan impuls terhambat karena seluruh sarafnya yang seharusnya dapat menghantarkan impuls telah rusak. (Sherwood, 2001)

d. Katak diberi larutan asam cuka

Pada katak dengan keadaan normal, terdapat respons katak yang menolak dicelupkan ke larutan cuka dengan menaikkan kakinya setelah kurang dari 1 detik. Hal ini terjadi karena belum ada sistem saraf yang dirusak sehingga sistem sarafnya masih berfungsi dengan baik. Setelah bagian otak katak dirusak, terdapat respons katak yang menolak dicelupkan ke larutan cuka dengan menaikkan kakinya setelah 1 detik. Hal ini menunjukkan bahwa katak tersebut mengalami gerak refleksi. Refleksi gerak pada katak berpusat di sumsum tulang belakang, sehingga walaupun otak katak telah dirusak, tetap saja katak tersebut masih dapat melakukan gerak refleksi. Setelah medulla spinalisnya ikut dirusak juga kemudian diberi perlakuan dengan mencelupkan katak ke dalam larutan asam cuka, katak tersebut tidak merespon. Hal ini terjadi karena medulla spinalis yang merupakan pusat saraf juga telah dirusak maka secara langsung tidak akan terjadi gerakan refleksi. Rusaknya medulla spinalis menyebabkan impuls terhambat karena seluruh sarafnya yang seharusnya dapat menghantarkan impuls telah rusak. (Sherwood, 2001)

Semua respon atas rangsangan diberikan terjadi karena adanya rangsangan eksternal yang diterima oleh reseptor dalam bentuk impuls yang akan diteruskan oleh saraf sensoris (melalui lengkung dorsal menuju ke medulla spinalis impuls saraf yang masuk kedalam medulla spinalis sebagai CNS (*Central Nervous System*) melalui akar dorsal dan akan keluar melalui akar ventral yang diteruskan oleh saraf motoris menuju ke efektor maka terjadilah gerak refleksi pada katak. Meskipun otak katak telah dirusak tetapi masih terdapat gerak refleksi pada tungkai katak. Hal ini terbukti bahwa gerak refleksi pada tungkai katak berpusat di medulla spinalis. Namun kecepatan gerak refleksi berbeda-beda sesuai dengan

perlakuan yang diberikan. Refleksi pada katak yang dicelupkan ke dalam larutan asam cuka (rangsangan kimiawi) lebih cepat dari rangsangan mekanik karena pada rangsangan cubit dan jepit keras bersifat rangsangan lokal sehingga hanya sel saraf perifer saja yang dirangsang. Sedangkan rangsangan pada larutan cuka bersifat difusi dan mengenai seluruh bagian tubuh katak tersebut sehingga menimbulkan kontraksi dari otot rangka.

Larutan asam cuka dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Jika suatu otot ditetaskan dengan asam lemah, maka asam lemah tersebut akan merangsang timbulnya potensial aksi. Ketika timbul potensial aksi di bagian manapun pada lembaran otot, potensial aksi tersebut merambat dengan cepat melalui gap junction yang menghubungkannya. Kelompok sel-sel otot yang saling berhubungan itu pun kemudian berkontraksi sebagai satu unit yang terkoordinasi. (Sherwood, 1996:249). Penetasan asam lemah dapat merangsang potensial aksi otot polos dan meningkatkan produksi Ca^{2+} sitosol yang diproduksi di Retikulum Endoplasmic system. Dengan meningkatnya kadar Ca^{2+} , otot polos berkontraksi. Kontraksi tiba-tiba inilah yang menyebabkan terjadinya refleksi.

2. Pengamatan Biolistrik pada Katak (*Rana Sp.*)

Ketika arus listrik dari baterai dihubungkan kemudian diletakkan pada bagian saraf dorsal katak dan bagian saraf *gastrocnemius*, terjadi kontraksi otot yang kuat dan respon tersebut langsung terjadi setelah kurang dari 1 detik. Tegangan baterai berfungsi sebagai impuls dan memungkinkan terjadinya kontraksi otot.

Kontraksi otot melibatkan potensial aksi ujung akson saraf motorik, ATP, dan ion kalsium yang tersimpan dalam retikulum sarkoplasma. Proses kontraksi otot secara garis besar adalah sebagai berikut: impuls saraf yang sampai pada ujung akson saraf motorik akan meningkatkan permeabilitas membran prasinaps terhadap Ca^{2+} . Masuknya Ca^{2+} ke dalam neuron prasinaps (secara difusi), akan memicu pembebasan neurotransmitter (dari dalam vesikel) secara eksositosis ke celah sinaps serta membuat kanal Na^+ menutup dan terjadi depolarisasi. Neurotransmitter yang dibebaskan ke celah sinaps akan berdifusi dan berinteraksi dengan protein reseptor pada membran sel otot. Interaksi ini akan membangkitkan potensial aksi baru pada membran sel otot. Potensial aksi akan merambat sepanjang sarkolema dan masuk ke tubulus T. Depolarisasi membran tubulus T akan menyebabkan dibebaskannya inositol-1,4,5-trisphosphat

(IP3) ke ujung sisterna dari retikulum sarkoplasma. Zat kimia tersebut memicu Ca^{2+} yang tersimpan di dalam retikulum sarkoplasma ke dalam mioplasma. Dalam mioplasma, Ca^{2+} akan diikat oleh troponin (Subunit TnC), yang menyebabkan terjadinya perubahan posisi molekul tropomiosin, sehingga tempat perlekatan miosin pada aktin terbuka. Dengan bergesernya tropomiosin, jembatan silang miosin melekat ke filamen aktin, dan dengan menggunakan ATP jembatan silang menggeser filamen aktin ke arah tengah sarkomer sehingga sarkomer memendek, sedangkan ADP dan P_i dibebaskan. Energi yang digunakan dalam penghantaran impuls disuplai oleh mitokondria. Peristiwa berikutnya adalah terlepasnya perlekatan jembatan silang miosin dari aktin kemudian kembali ke posisi semula dan siap memulai siklus baru yang dimulai dengan melekat pada monomer aktin berikutnya. Proses ini berlangsung sangat cepat, sehingga selama satu kontraksi otot tunggal, jembatan silang mengalami siklus gerakan (melekat, menggeser, terlepas) berkali – kali. Akhirnya, bila Ca^{2+} ditarik kembali secara aktif ke dalam retikulum sarkoplasma, konsentrasinya dalam mioplasma turun, Ca^{2+} yang diikat troponin dilepas, tropomiosin bergeser untuk menutup kembali tempat perlekatan miosin pada aktin, dan otot relaksasi (Soewolo, 2000). Bila jembatan silang menerima ATP baru, maka jembatan silang akan terlepas dari aktin dan kembali ke posisi semula. Tetapi bila ATP baru tidak tersedia (misalnya setelah mati) maka aktin dan miosin tetap berlekatan, terjadi “rigor kompleks”.

Ketika dilakukan pemblokiran dengan alkohol 70%, respon terjadi setelah 2 detik dan kontraksi otot yang terjadi lebih lemah dibandingkan dengan perlakuan pertama yang tidak diberi alkohol. Hal ini karena alkohol bersifat menghambat (inhibitor) terjadinya biolistrik pada otot katak sehingga kontraksi otot menjadi lebih lambat, begitu juga pada ion-ion pergerakan (keluar-masuk) juga terhambat. Alkohol juga merupakan larutan non elektrolit yang tidak bisa menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, pada saat katak otot diberi alkohol, maka rangsangan akan semakin lama dibandingkan dengan katak yang hanya diberi ringer.

Kontraksi otot melibatkan potensial aksi ujung akson saraf motorik, ATP, dan ion kalsium yang tersimpan dalam retikulum sarkoplasma. Adanya gugus OH^- dari alkohol akan memblokir sistem retikulum sarkoplasma yang mengaktivasi Ca^{2+} yang akan mengikat neurotransmitter serta membuat kanal Na^+ terbuka. Oleh karena itu, tidak terjadi depolarisasi sehingga tidak terjadi kontraksi.

E. KESIMPULAN

Dari kegiatan yang telah dilakukan, maka dapat kami simpulkan, sebagai berikut:

1. Pusat gerak refleks pada katak adalah medulla spinalis.
2. Saat medulla spinalis dirusak, katak tidak dapat lagi merespon rangsangan yang diberikan karena tidak ada lagi pusat gerak refleks.
3. Arus listrik dapat menghasilkan potensial aksi pada saraf sehingga terjadi depolarisasi ion-ion dan menyebabkan katak merespon impuls dari arus listrik tersebut.
4. Blokir alkohol 70% terhadap saraf katak dapat memperlambat penghantaran impuls akibat sifat alkohol menghambat (inhibitor) terjadinya biolistrik pada otot katak sehingga kontraksi otot menjadi lebih lambat, dan juga merupakan larutan non elektrolit yang tidak bisa menghantarkan arus listrik.

JAWABAN PERTANYAAN

1. Rangsangan mana yang ditanggapi lebih cepat? (Rangsangan kimiawi atau rangsangan berupa gerakan). Mengapa?

Jawab :

Katak memberikan gerakan refleks pada rangsangan kimiawi yang berupa dicelupkan ke dalam larutan asam cuka lebih cepat dari rangsangan cubit dan jepit keras, karena rangsangan fisik hanya bersifat rangsangan lokal sehingga hanya sel saraf perifer saja yang dirangsang. Sedangkan rangsangan pada larutan cuka bersifat difusi dan mengenai seluruh bagian tubuh katak tersebut sehingga menimbulkan kontraksi dari otot rangka. Larutan asam cuka dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam cuka encer (CH_3COOH) menginduksi otot rangka untuk menghasilkan Ca^{2+} . Peningkatan konsentrasi Ca^{2+} di otot rangka digunakan untuk kontraksi otot polos.

2. Apa beda sinapsis yang EPSP (*excitatory post sinaps potential*) dan IPSP (*inhibitory post sinaps potential*) dilihat dari biolistrik di neuron post sinaps?

Jawab :

Pada sinaps pembangkit, respon terhadap interaksi reseptor - neurotransmitter adalah terbukanya saluran Na^+ dan K^+ pada membran subsinaps, sehingga meningkatkan permeabilitas

terhadap dua ion tersebut. Baik gradien konsentrasi maupun gradien kelistrikan untuk Na^+ menyebabkan perpindahan ion ini ke dalam sel saraf pascasinaps pada potensial istirahat, sedangkan perpindahan K^+ ke luar hanya disebabkan oleh gradien konsentrasinya saja. Sehingga perubahan permeabilitas mengakibatkan suatu perpindahan simultan: sedikit K^+ ke luar sel saraf pascasinaps dan lebih banyak Na^+ masuk. Kejadian ini menghasilkan suatu kelebihan perpindahan ion positif masuk sel saraf, membuat bagian sebelah dalam membran kurang negatif daripada saat istirahat, membran sel saraf pascasinaps mengalami depolarisasi kecil (membran dibangkitkan).

Pada sinaps penghambat (sinaps inhibitori), interaksi antara neurotransmitter dengan reseptor subsinaps akan meningkatkan permeabilitas membrane subsinaps terhadap K^+ dan Cl^- dengan mengubah konformasi dari masing-masing saluran tersebut. Dalam kasus ini hasil gerakan ion menyebabkan suatu hiperpolarisasi kecil dari sel saraf pascasinaps (bagian dalam sel lebih negatif dari saat istirahat).

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, Neil A., Jane B. Reece dan Lawrence G. Mitchell. 2004. *Biologi Edisi Kelima Jilid 3*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ganong, W. F. 2008. *Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Guyton and Hall. 2002. *Fisiologi Kedokteran*. Jakarta : EGC Penerbit Buku Kedokteran
- Sherwood, Lauralee. 2011. *Fisiologi Manusia: dari Sel ke Sistem*. Jakarta: EGC.
- Seeley, R.R., T.D. Stephens, P. Tate. 2003. *Essentials of Anatomy and Physiology fourth edition*. McGraw-Hill Companies.
- Soewolo, dkk. 2005. *Fisiologi Manusia*. Malang: Universitas Malang Press.

