

Neuronaren Aktibitate Elektrikoa

Iñaki Fernandez Tena

EHU/ZTF: Fisikako Gradua

Uztaila, 2022

Zuzendariak: Iñigo Romero Arandia eta Josu Mirena Igartua Aldamiz



Universidad
del País Vasco

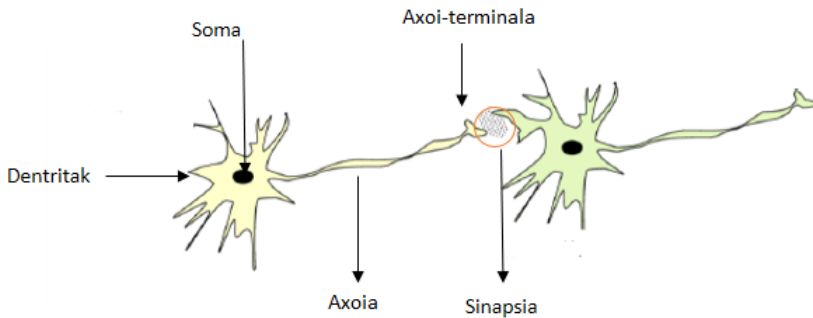
Euskal Herriko
Unibertsitatea

ZIENTZIA
ETA TEKNOLOGIA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

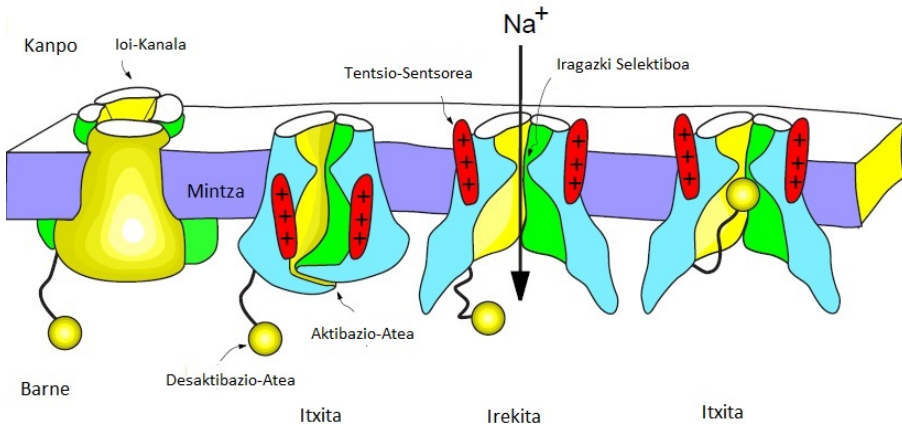
- 1 Sarrera eta Helburuak
- 2 Azalpen Teorikoak
- 3 Emaizak eta Eztabaida
- 4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

- 1 Sarrera eta Helburuak
- 2 Azalpen Teorikoak
- 3 Emaitzak eta Eztabaida
- 4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

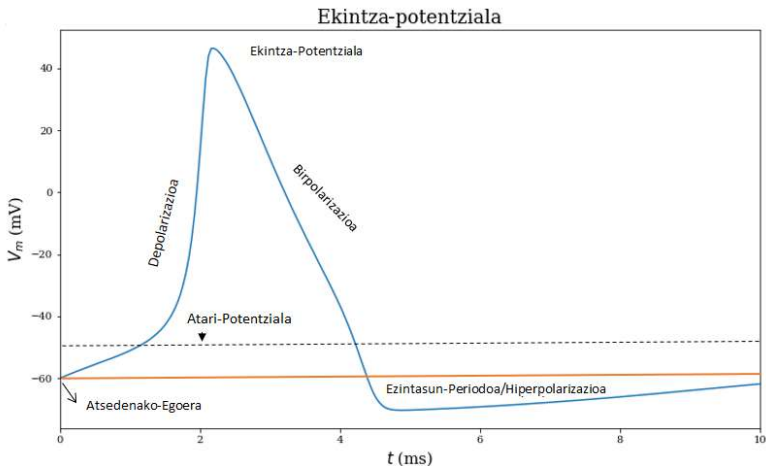
Neurona



loi-Kanalak



Ekintza-Potentziala: Egitura



Helburuak

- Hodgkin eta Huxley ereduaren azterketa.

Helburuak

- Hodgkin eta Huxley ereduaren azterketa.
- Garunean oso ohikoak diren “*Fast Spiking*” (FS) neurona, “*Regular Spiking*” (RS) neurona eta “*Intrinsically Bursting*” (IB) neurona ereduaren azterketa.

Helburuak

- Hodgkin eta Huxley ereduaren azterketa.
- Garunean oso ohikoak diren “*Fast Spiking*” (FS) neurona, “*Regular Spiking*” (RS) neurona eta “*Intrinsically Bursting*” (IB) neurona ereduaren azterketa.
- Eredu bakoitzari egokituko zaion ekuazio diferentzialen sistema ebaztea.

Helburuak

- Hodgkin eta Huxley ereduaren azterketa.
- Garunean oso ohikoak diren “*Fast Spiking*” (FS) neurona, “*Regular Spiking*” (RS) neurona eta “*Intrinsically Bursting*” (IB) neurona ereduaren azterketa.
- Eredu bakoitzari egokituko zaion ekuazio diferentzialen sistema ebaztea.
- Ereduen fase-espazioko azterketa.

Helburuak

- Hodgkin eta Huxley ereduaren azterketa.
- Garunean oso ohikoak diren “*Fast Spiking*” (FS) neurona, “*Regular Spiking*” (RS) neurona eta “*Intrinsically Bursting*” (IB) neurona ereduaren azterketa.
- Eredu bakoitzari egokituko zaion ekuazio diferentzialen sistema ebaztea.
- Ereduen fase-espazioko azterketa.
- RS, FS eta IB neuronek gutxienez ekintza-potentzial bat gauzatzeko behar duten sarrera-intentsitate minimoak lortuko dira.

1 Sarrera eta Helburuak

2 Azalpen Teorikoak

Neurona Indibidualaren Gobernu-Ekuazioa
Hodgkin eta Huxley Eredua
H-H Ereduaren Aplikazioa
Metodo Konputazionalak

3 Emaitzak eta Eztabaida

4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

1 Sarrera eta Helburuak

2 Azalpen Teorikoak

Neurona Indibidualaren Gobernu-Ekuazioa

Hodgkin eta Huxley Eredua

H-H Ereduaren Aplikazioa

Metodo Konputazionalak

3 Emaitzak eta Eztabaida

4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

Zenbait Kontzepturen Azalpenak

- $Q = C_m V_m$

Zenbait Kontzepturen Azalpenak

- $Q = C_m V_m$
- Inbertsio-potentziala: E

Zenbait Kontzepturen Azalpenak

- $Q = C_m V_m$
- Inbertsio-potentziala: E
- Azalera-unitateko mintz-korrontea : $i_m = \sum_i^N g_i (V_m - E_i)$

Zenbait Kontzepturen Azalpenak

- $Q = C_m V_m$
- Inbertsio-potentziala: E
- Azalera-unitateko mintz-korrontea : $i_m = \sum_i^N g_i (V_m - E_i)$
- Azalera-unitateko sarrera-intentsitatea: i_e

Zenbait Kontzepturen Azalpenak

- $Q = C_m V_m$
- Inbertsio-potentziala: E
- Azalera-unitateko mintz-korrontea : $i_m = \sum_i^N g_i (V_m - E_i)$
- Azalera-unitateko sarrera-intentsitatea: i_e
- Portaera bakarreko ekuazioa diferentziala:

$$C_m \frac{dV_m}{dt} = -i_m + i_e$$

1 Sarrera eta Helburuak

2 Azalpen Teorikoak

Neurona Indibidualaren Gobernu-Ekuazioa

Hodgkin eta Huxley Eredua

Sistema Dinamikoak

H-H Ereduren Aplikazioa

Metodo Konputazionalak

3 Emaizak eta Eztabaida

4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

H-H Ereduko Korrontek

- Ihes-korrontea:

$$I_L = G_L(V_m - E_L)$$

$$i_L = \overline{g_L}(V_m - E_L)$$

H-H Ereduko Korrontek

- Ihes-korrontea:

$$I_L = G_L(V_m - E_L)$$

$$i_L = \overline{g}_L(V_m - E_L)$$

- Potasio-korrontea:

$$I_K = G_K(V_m - E_K)$$

$$i_K = \overline{g}_K n^4(V_m - E_k)$$

H-H Ereduko Korrontek

- Ihes-korrontea:

$$I_L = G_L(V_m - E_L)$$

$$i_L = \overline{g}_L(V_m - E_L)$$

- Potasio-korrontea:

$$I_K = G_K(V_m - E_K)$$

$$i_K = \overline{g}_K n^4(V_m - E_k)$$

- Sodio-korrontea:

$$I_{Na} = G_{Na}(V_m - E_{Na})$$

$$i_{Na} = \overline{g}_{Na} m^3 h(V_m - E_{Na})$$

H-H Ereduko Gobernu-Ekuazioak

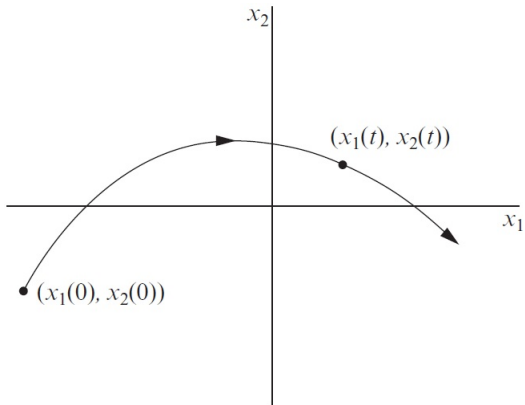
$$\frac{dV_m}{dt} = \frac{1}{C_m} [i_e - i_{Na} - i_K - i_L]$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1 - n) - \beta_n(V_m)n$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(V_m)(1 - m) - \beta_m(V_m)m$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(V_m)(1 - h) - \beta_h(V_m)h$$

Sistema Dinamikoak: Kontzeptuak



1 Sarrera eta Helburuak

2 Azalpen Teorikoak

Neurona Indibidualaren Gobernu-Ekuazioa
Hodgkin eta Huxley Eredua
H-H Ereduren Aplikazioa
Metodo Konputazionalak

3 Emaizak eta Eztabaida

4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

Sarrera

Pospischil et al.-ek [4] korrante minimoko ereduak proposatzen dituzte hiru neurona motarako:

- Propietate intrintseko bat → korrante mota bat.

Sarrera

Pospischil et al.-ek [4] korrante minimoko ereduak proposatzen dituzte hiru neurona motarako:

- Propietate intrintseko bat → korrante mota bat.
- *“Spike”*-en egokitze-maiztasuna.

Sarrera

Pospischil et al.-ek [4] korrante minimoko ereduak proposatzen dituzte hiru neurona motarako:

- Propietate intrintseko bat \rightarrow korrante mota bat.
- “*Spike*”-en egokitze-maiztasuna.
- Ekintza-potentzialen leherketa.

Propietateak

Neurona	<i>S-E-M</i>	E-P-L	Korronte Gehigarria
RS	Bai	Ez	i_M
FS	Ez	Ez	#
IB	Bai	Bai	i_M eta i_{Ca}

$$i_M = \overline{g_M} p (V_m - E_K)$$

$$i_{Ca} = \overline{g_{Ca}} q^2 r (V_m - E_{Ca})$$

1 Sarrera eta Helburuak

2 Azalpen Teorikoak

Neurona Indibidualaren Gobernu-Ekuazioa
Hodgkin eta Huxley Eredua
H-H Ereduaren Aplikazioa
Metodo Konputazionalak

3 Emaitzak eta Eztabaida

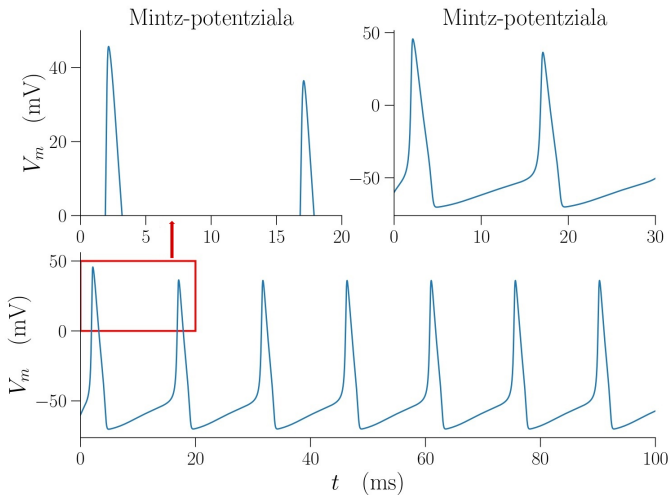
4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

Euler-en Aurreranzko Metodoa

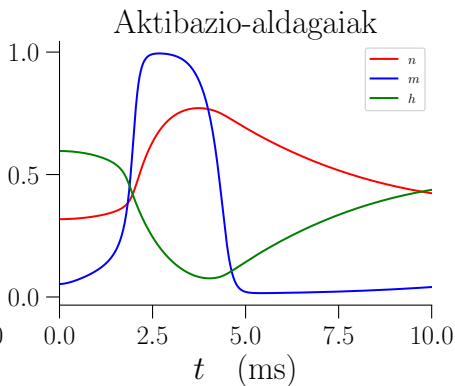
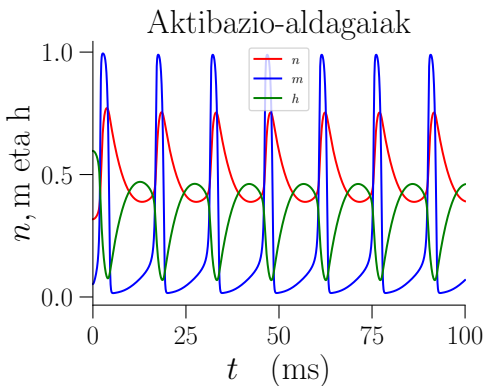
Euler-en aurrerazko metodoaren adibide bat: Kodea

- 1 Sarrera eta Helburuak
- 2 Azalpen Teorikoak
- 3 Emaitzak eta Eztabaida**
- 4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

H-H: Mintz-Potentziala

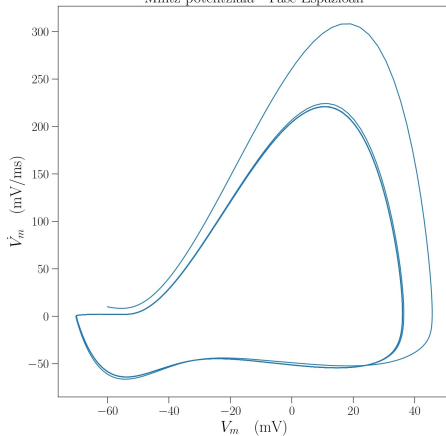
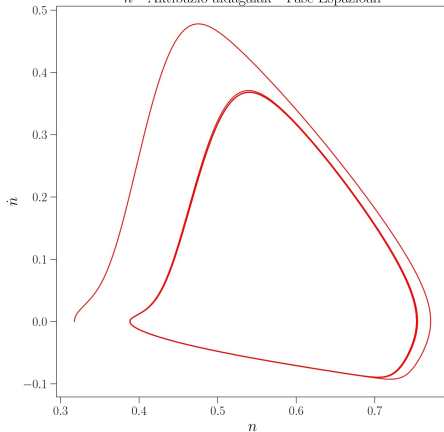


H-H: Aktibazio-Aldagaiak



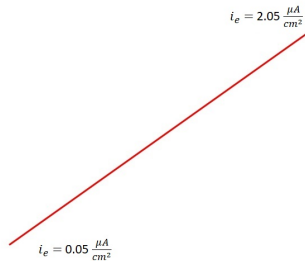
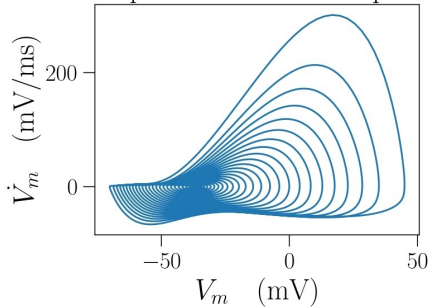
H-H: Fase-Espazioa

Mintz-potentziala Fase-Espazioan

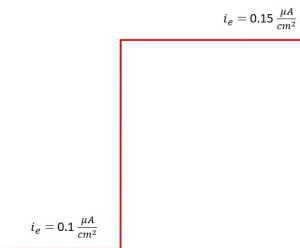
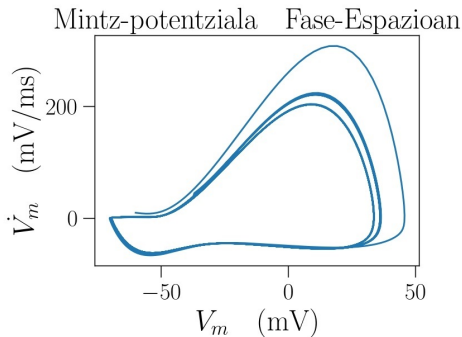
 n Aktibazio-aldagaiak Fase-Espazioan

H-H: Sarrera-Pultsu Gorakorra.

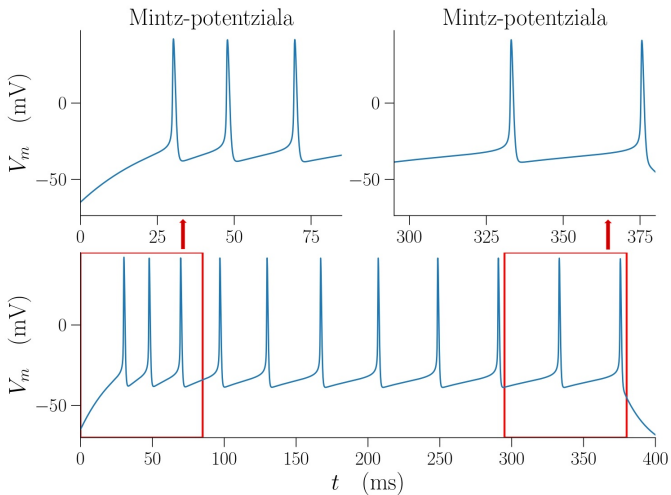
Mintz-potentziala Fase-Espazioan



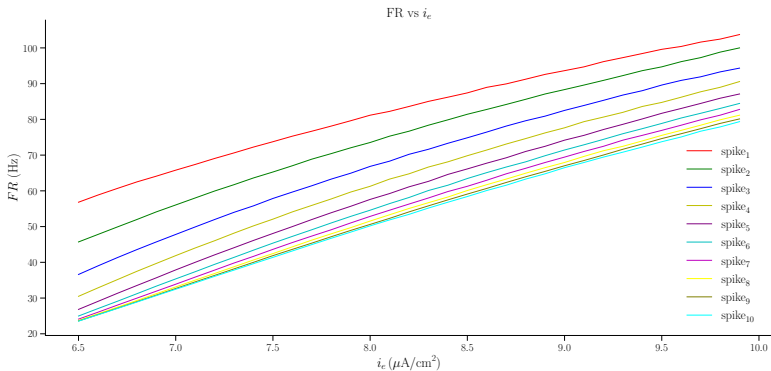
H-H: Sarrera-Pultsu Karratua.



RS: Mintz-Potentziala

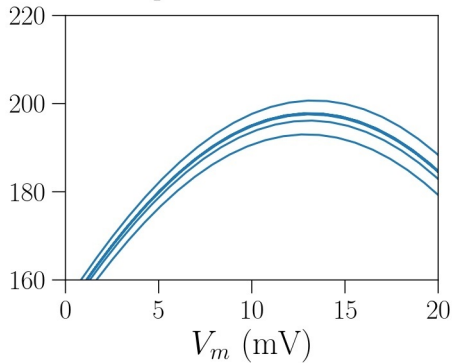
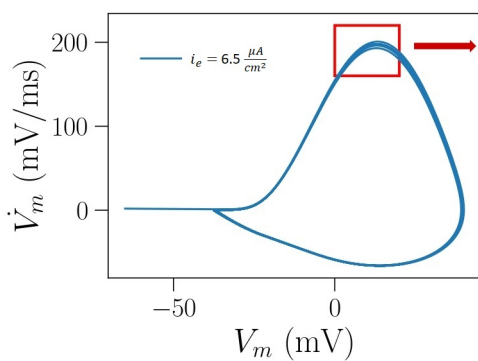


RS: Firing Rate



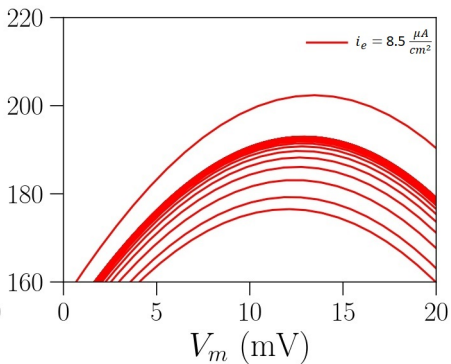
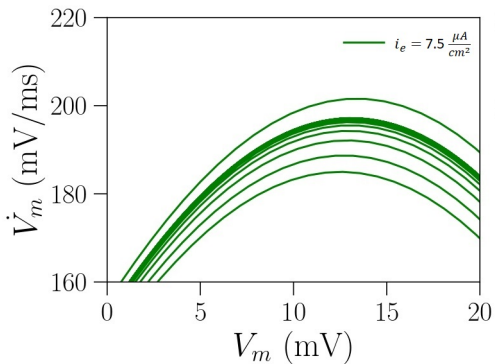
RS: Fase-Espazioa

Mintz-Potentziala Fase-espazioan

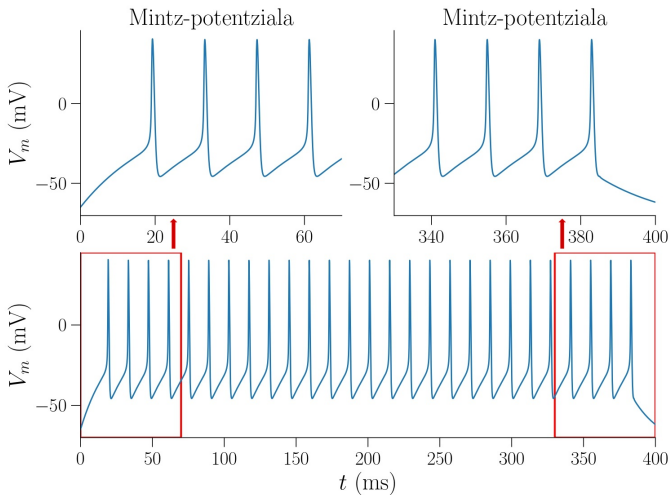


RS: Fase-Espazioa

Mintz-Potentziala Fase-espazioan

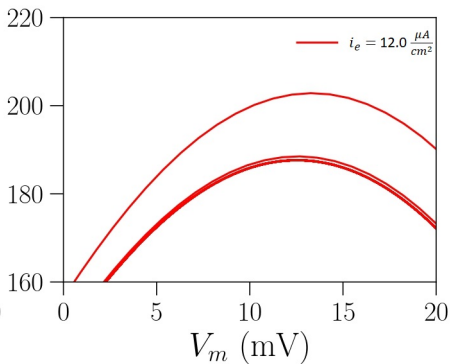
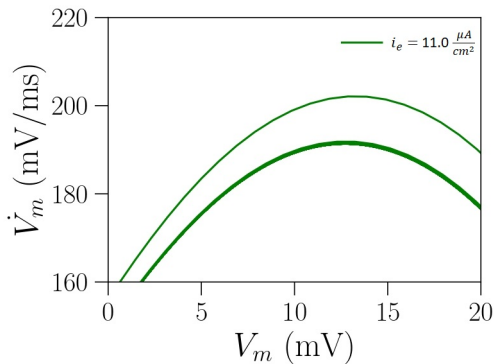


FS: Mintz-Potentziala

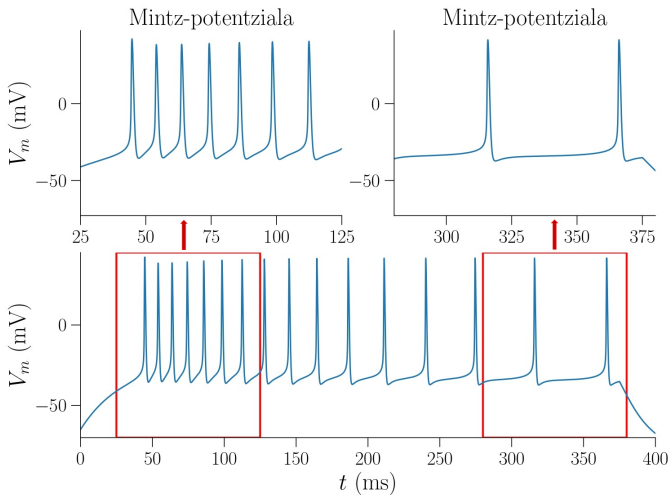


FS: Fase-Espazioa

Mintz-Potentziala Fase-espazioan

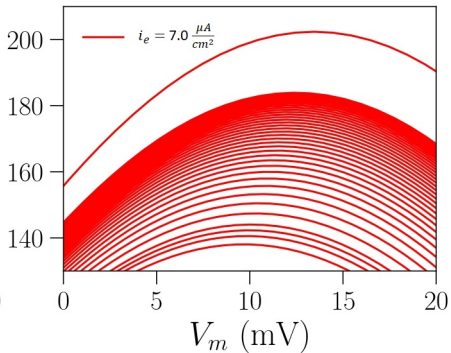
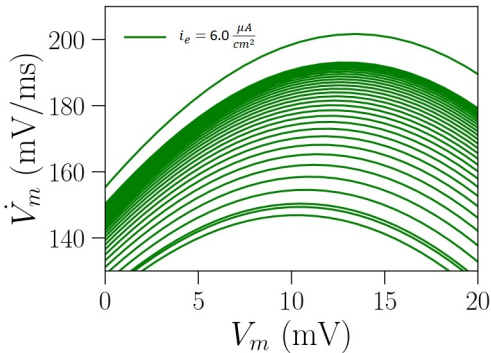


IB: Mintz-Potentziala



IB: Fase-Espazioa

Mintz-Potentziala Fase-espazioan



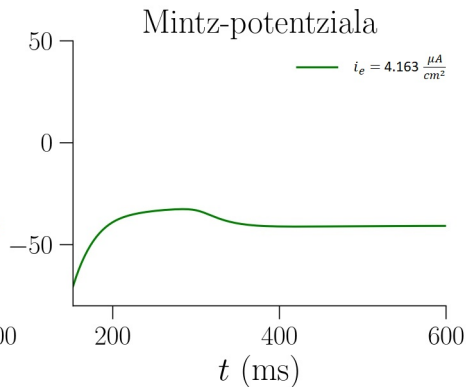
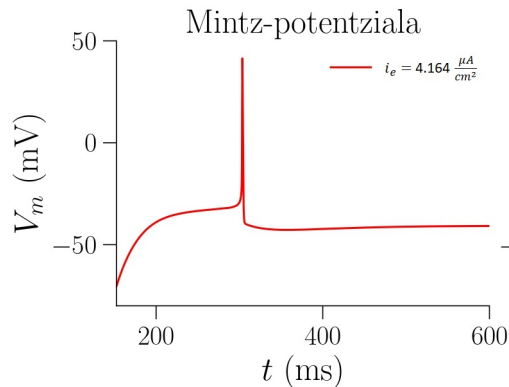
Aktibazio- eta Desaktibazio-Intentsitateak

- Bada sarrera-intentsitate minimorik, neuronak ekintza-potentzial bat gauzatzen duenik?

Aktibazio- eta Desaktibazio-Intentsitateak

- Bada sarrera-intentsitate minimorik, neuronak ekintza-potentzial bat gauzatzen duenik?
- Bada sarrera-intentsitaterik, neuronaren ekintza-potentzial segida bat apurtzen duenik?

RS: Atari-Intentsitatea



- 1 Sarrera eta Helburuak
- 2 Azalpen Teorikoak
- 3 Emaitzak eta Eztabaida
- 4 Ondorioak eta Etorkizuneko Lana

Ondorioak

- H-H ereduaren azterketa egin da.

Ondorioak

- H-H ereduaren azterketa egin da.
- Hiru neurona errealeen ereduaren azterketa egin da.

Ondorioak

- H-H ereduaren azterketa egin da.
- Hiru neurona errealeen ereduaren azterketa egin da.
- Atari-intentsitateak lortu dira.

Etorkizuneko Lana

- Neurona indibidualaren azterketa sakonagoa egin daiteke.

Etorkizuneko Lana

- Neurona indibidualaren azterketa sakonagoa egin daiteke.
- Neurona sareak aztertzekeo lagungarria izan daiteke.

Erreferentziak

- [1] R. Siciliano, “The hodgkin–huxley model–its extensions, analysis and numerics,” *McGill Univ., Dept. Math. and Statist., Montreal, Canada*, 2012.
- [2] E. M. Izhikevich, *Dynamical systems in neuroscience*. MIT press, 2007.
- [3] L. F. Abbott, “Lapicque’s introduction of the integrate-and-fire model neuron (1907),” *Brain research bulletin*, vol. 50, no. 5-6, pp. 303–304, 1999.
- [4] M. Pospischil, M. Toledo-Rodriguez, C. Monier, Z. Piwkowska, T. Bal, Y. Frégnac, H. Markram, and A. Destexhe, “Minimal hodgkin–huxley type models for different classes of cortical and thalamic neurons,” *Biological cybernetics*, vol. 99, no. 4, pp. 427–441, 2008.

Eskerrik Asko!