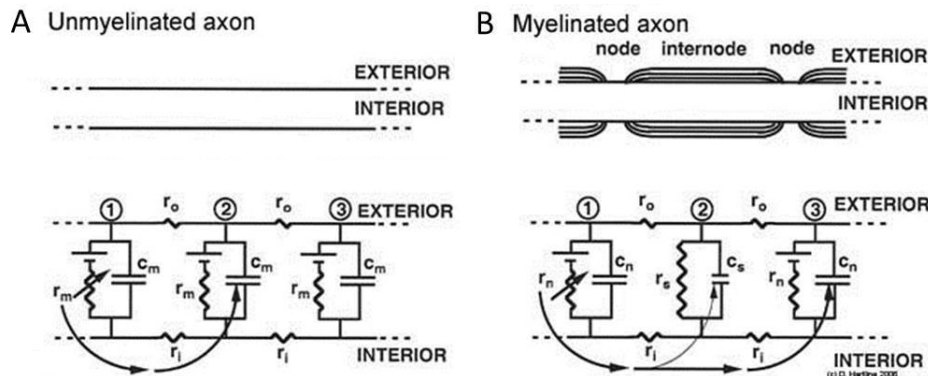


دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر	درس پدیده‌های بیوالکتریک فصل ششم: انتشار و مدل مداری خط انتقال	تفکر شماره ۵ تدوین: مهندس پانیذ بلالی
ارائه: دکتر مهرداد ساویز		

فصل ۶: انتشار پتانسیل عمل



مسئله شماره صفر: مدل Core-conductor (ضریب Δx نشان داده نشده. در واقع برای هر تکه $c_m \Delta x$ ، $r_m / \Delta x$ خواهیم داشت. می دانید چرا؟)

۱-۶: یک فیبر HH در حالت استراحت را در نظر بگیرید. شعاع غشا ۳۰ میکرومتر است. جریان‌های خارجی در محیط خارج سلولی تا شعاع دو برابر شعاع آکسون گسترده شده‌اند و در امتداد محور آکسون عبور می‌کنند. مقاومت ویژه محیط خارج سلولی $50 \Omega \text{cm}$ است. مقدار مقاومت ویژه محیط داخل سلولی سه برابر این مقدار است. ظرفیت خازنی غشا بر واحد سطح $1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ است. شرایط استراحت HH صادق است. فیبر غیرفعال است. هریک از موارد خواسته شده را با واحد مناسب با استفاده از مدل Core-conductor به دست آورید.

الف) مقاومت ویژه غشا (R_m)

ب) مقاومت غشا در واحد طول r_m

ب) مقاومت داخل سلولی در واحد طول r_i

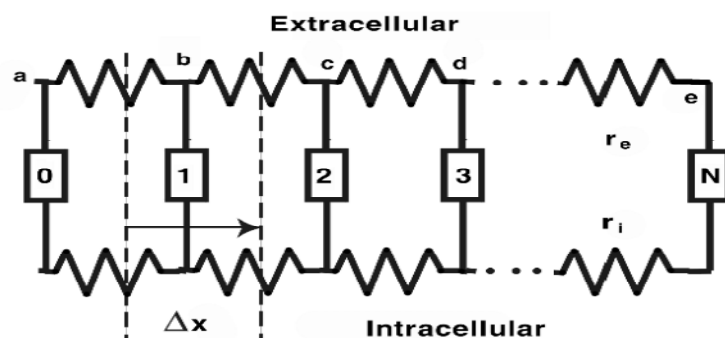
۲-۶: یک فیبر سیلندری توسط مدل core-conductor مدل شده است. پتانسیل دو سر غشا V_m ، شعاع فیبر a ، مقاومت‌های داخل و خارج سلولی به ترتیب r_i و r_e در واحد طول هستند. این‌ها دانسته‌های ما هستند. برای زمانی که تحریکی از هیچ نوع نداشته باشیم، موارد زیر را با استدلال ریاضی بر حسب کمیت‌های دانسته به دست آورید:

الف) جریان طولی داخل سلولی

ب) جریان طولی خارج سلولی

پ) جریان غشا بر واحد سطح (cm^2)

۳-۶: مدل core-conductor فیبر زیر را در نظر بگیرید.



در این مدل، راه‌های غشا (جعبه‌های مستطیلی) از ۰ در سمت چپ فیبر شماره گذاری شده اند. ولتاژهای دو سر غشا با واحد میلی‌ولت، V_0-V_4 هستند. در راستای طولی مسیر داخل سلولی، مقدار مقاومت بین گره‌ها R اهم است و در مسیر خارج سلولی، r اهم. V_m در طول فیبر تغییر می‌کند. و در حال حاضر جریان تحریکی در حال اعمال شدن نیست. معادلات ریاضی را برای موارد خواسته شده بر حسب کمیت های مذکور به دست آورید. دقت نمایید که حروف کوچک به معنای تغییر نسبت به مقدار پایه است. (الف) جریان غشا در مسیر تراغشایی ۱ (ب) جریان غشا در مسیر تراغشایی ۲

۴-۶: در این سوال فرض کنید شعاع فیبر $10 \mu\text{m}$ است. جریان خارج سلولی از سطحی بین شعاع‌های a و $2a$ عبور می‌کند. هر گره از گره بعدی با $\lambda/20$ جدا شده است که $\lambda = \sqrt{(r_m/r_i)}$ فیبر در حالت استراحت قرار دارد. مقاومت خارج سلولی $50 \Omega\text{cm}$ است. مقاومت داخل سلولی سه برابر این مقدار. جریان تحریک صفر است و اختلاف ولتاژهای دو سر غشا برای قطعات مختلف:

Node	V_m
0, 2, 4, ...	-59 mV
1, 3, 5, ...	-61 mV

مقدار جریان واحد طول غشا در تکه مدله شده با عنصر 0 کدام است؟ در تکه ۱ چگونه؟ حالا می‌توانید بگویید Δx چقدر است؟ (می‌توانید از جدول زیر نیز استفاده کنید)

Table 13.5. Hodgkin-Huxley Membrane, Resting Values

Name	Value	Units	Description
V_r	-60	mV	transmembrane resting voltage
V_m	-60	mV	transmembrane voltage at rest
$[Na]_i$	49.5	mM	Internal sodium concentration
$[Na]_e$	437.0	mM	External sodium concentration
$[K]_i$	397.	mM	Internal potassium concentration
$[K]_e$	20.	mM	External potassium concentration
E_K	-72.100	mV	potassium equilibrium potential
E_{Na}	52.4	mV	sodium equilibrium potential
E_L	-49.187	mV	leakage equilibrium potential
C_m	1.0	$\mu\text{F}/\text{cm}^2$	Membrane capacitance
T	6.3	degrees C	Membrane temperature
n	0.31768	-	gating probability n
m	0.05293	-	gating probability m
h	0.59612	-	gating probability h
\bar{g}_{Na}	120.0	mS/cm^2	Max Na conductance (a constant)
\bar{g}_K	36.0	mS/cm^2	Max K conductance (a constant)
g_L	0.3	mS/cm^2	Leakage conductance (a constant)
g_{Na}	0.011	mS/cm^2	Na conductance
g_K	0.367	mS/cm^2	K conductance

۵-۶: فرض کنید انتشار یک نوع تغییرات پتانسیل با معادله‌ی زیر بیان شود:

$$V_m(x, t) = 50 \tanh \left[t - \frac{(x - x_0)}{\theta} \right]$$

که در آن V_m ، بر حسب mV و t بر حسب msec و x در راستای طولی بر حسب mm باشد. همچنین θ سرعت انتشار است که بر حسب mm/msec بیان می‌شود. اگر شعاع فیبر $50 \mu\text{m}$ باشد، مقاومت ویژه محیط داخل سلولی $100 \Omega\text{cm}$ و مقاومت ویژه محیط خارج سلولی صفر:

(الف) جریان داخل سلولی در راستای طولی را به دست آورید ($I_i(x, t)$).

(ب) اگر $x_0 = 2 \text{mm}$ و $\theta = 2 \text{m/sec}$ باشد $V_m(t)$ را در $x = 10 \text{mm}$ رسم کنید.

بیان کردن رابطه‌ی پتانسیل به شکل تانژانت هایپربولیک مزیت‌هایی دارد مثلاً خیلی سریع تر می‌توان یک مساله را شبیه‌سازی کرد و دید کلی درباره آن به دست آورد. البته این تابع تنها بخش خیز پتانسیل عمل را شبیه‌سازی می‌کند و بخش افت آن را ندارد.

۶-۶: با مطالعه کتاب در بخش‌های Refractory Period و Anode Break توضیح مختصر اما کاملی در هر دو زمینه ارائه نمایید.