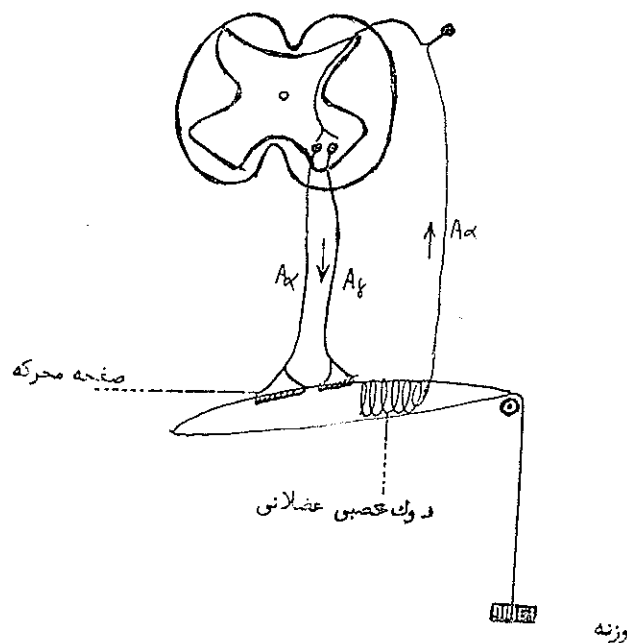


سیبرنتیک در فیزیولوژی، سیبرنوزها و فارماکودینامی*

دکتر ناصر گیتی**

تاریخچه

اولین تجربیات بیوسیبرنتیک توسط Norbert Wiener و Arthur Rosenblueth در انستیتوی ملی قلب مکزیک در سال ۱۹۴۶ انجام شد که اساس آن تولید کلو نوس (انقباض و انبساط متناب) عضله مخطاط گربه تحت اثر کشش وزنه آویزان به سر عضله (ش ۱) و



شکل ۱

ثابت پتانسیل عمل عصب و عضله بود. آنها تناوب نوسانات در این مدار بسته را اندازه گرفته و با توجه به مشخصات انتقال موج عصبی در مدار باز و با استعمال ارتباط فیدبک استاندارد توانستند تناوب

نوسانات مدار بسته را با دقت کافی محاسبه نمایند [۸]. کنفرانسهای بنیاد Macy تحت عنوان عمل‌مهارى: غزدرسال ۱۹۴۲ شروع شد و تا سال ۱۹۵۳ در موضوع وجه تشابه بین وسایل ارتباطی و کنترل با عمل غزاداهه پیدا کرد. سرانجام Wiener که در صدد پیدا کردن لغتی بود که بتواند وحدت متودولوژیک کلیه علوم را که با ارتباط و کنترل سروکار دارند (و این وحدت همان جنبه آماری اطلاعات بود) بیان نماید در سال ۱۳۴۸ نام سیبرنتیک را برای علم کنترل وضع نمود ولی او اطلاع نداشت که این اصطلاح توسط A. M. Ampere در حدود صد و چهل سال قبل از آن بمعنی خیلی محدودتر در جامعه‌شناسی بکار برده شده بود [۷].

کلمه سیبرنتیک (Cybernetique = Cybernetics) مشتق از لغت یونانی Kybernetes بمعنی حکمران و سکاندار است.

تعریف

سیبرنتیک عبارتست از علم ارتباط و کنترل در ماشین‌ها و حیوانات و سازمانها و بعبارت دیگر علم شناسائی ماشین‌هایی است که بطور مستقل اعمال با هدف معینی انجام میدهند.

ارتباط سیبرنتیک با سایر علوم

سیبرنتیک سیر تکاملی و شعبه تکنولوژی است با این تفاوت که در تکنولوژی بیشتر از تغییرات انرژی و توربیت می‌شود در حالی که موضوع سیبرنتیک بیشتر هدف و غز ماشین‌ها (قدرت دراکه وحل مسئله) میباشد.

* قسمتهائی از این مقاله توسط نویسنده آن در جلسه علمی ۲ بهمن ۱۳۵۰ انجمن فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران بشکل

سخنرانی ایراد شده است

** مؤسسه طب تجربی و فارماکولوژی دانشگاه تهران

کنترل بتوسط ارتباط ممکن میشود و ارتباط مبنی بر انتقال اطلاعات و پیام است. هر اطلاعاتی نیز دارای مقدار میباشد. علم سیبرنتیک مطالعه کنترل و ارتباط را بر حسب مقدار اطلاع ممکن میسازد و این اساس تئوری جدید ریاضی اطلاعات (Information) علم سیبرنتیک است [۱۵ و ۱۰ و ۶].

سیبرنتیک علم مشترك العلوم یا علم پیوندی بین رشته‌های مختلف مهندسی و بیولوژی و انسانی است باین شرح:

علوم مهندسی و فنی (الکترونیک - ماشین - ارتباطات).

علوم بیولوژی و پزشکی (فیزیولوژی هومئوستازی - الکترو فیزیولوژی - نوروفیزیولوژی - بیوفیزیک عضلات و اعصاب - نور - پاتولوژی - آندوکرینولوژی).

علوم انسانی (رفتارشناسی - روانشناسی - مردم شناسی - جامعه‌شناسی - اقتصاد).

خواص اصلی و مشترك سیستم‌های سیبرنتیک

خواص مشترك و اصلی سیستم‌های سیبرنتیک سه تا است [۸].

۱- عمل برگشتی یا پس‌نورد (Feedback) که مبنای مکانیسم

تنظیم خودکار (Servomechanism) ماشین‌های هدف‌دار است .

۲- عمل ارتباط (بمعنی انتقال اخبار و اطلاعات) و کنترل

(بمعنی حل مسئله و اتخاذ تصمیم).

در سیبرنتیک انتقال خبر و اطلاعات مهم است بر خلاف سایر

علوم که در آنها انتقال انرژی اهمیت دارد.

۳- زبان آمار - نظر باینکه دقت اعمال موجود تا حد معینی

میباشد خطاها و احتمالاتی در بر دارد بنا بر این برای تعیین حدود خطا

آمارگیری لزوم پیدا میکند . جنبه آماری اطلاعات که از احتمالات

سرچشمه میگردد پایه و طریق مشترك کلیه علوم است که با ارتباط

و کنترل سروکار دارند . تئوری اطلاعات شاخه‌ای از مکانیک آماری

است .

قانون دوم ترمودینامیک (مقدار کاهش نیروی بازده نسبت

به نیروی وارده که به انتروپی Entropy موسوم است) از نظر

تئوری اطلاعات چنین بیان میشود : هر مقدار اطلاع از منابع موجود

ممکن است در ضمن عمل کاهش یابد ولی افزایش نمییابد [۷].

اختلافات رفتار سیستم‌های جاندار و بیجان

اختلاف بین موجودات زنده و ماشین‌ها ناشی از خصوصیات

ساختمان و سازمان آنها میباشد . شباهت زیاد بین دستگاه عصبی

مرکزی انسان و ماشین‌های الکترونیک خودکار (automata) وجود

دارد.

سازمان شبکه عصبی مغز مزوج نورون و سیناپس است که نورون‌های آنرا بتعداد $10^{12} \times 13$ تخمین زده‌اند. هر نورون که یک واحد فیزیولوژیک خودکار مغز میباشد دارای عمل دوگانه (پتانسیل استراحت و پتانسیل فعالیت) میباشد .

برون‌ده هر نورون تابع دو عامل زیر است :

۱- شرایط قبلی و فعالیت خود نورون

۲- فعالیت‌های نورون‌های آوران باین نورون در جهت تحریکی

یا وقفه‌ای

و بنا بر این نتیجه نهائی تابع جمع اثرات تعداد زیادی نورون

و طرز ارتباط بین آنها است ولذا اهمیت هر نورون واحد کم است

و این افزایش رپیچیدگی (multiplexing) سبب افزایش دقت میشود

یعنی افزایش دقت در هر سیستم تابع تعداد عوامل آن سیستم میباشد.

از این کیفیت در سازمان وسائل ارتباطی جدید بنام Microminia

tarization (با محدودیت حجم و وزن) استفاده میشود .

مدارهای بسته موجود در مغز با شرایط متناوب نوسانی

متغیر (Multivibrator) و مدارهای رجعتی (reverberating)

که خود بخود نگاهداری میشود در بسیاری پدیده‌های عصبی از جمله

حافظه دخالت دارد [۱۱ و ۱۰ و ۹].

هدف سیبرنتیک

هدف از علم سیبرنتیک عبارتست از:

۱- تعمیم نظریه مهندسی کنترل و سیستم در فیزیولوژی

بویژه نوروفیزیولوژی برای فهم و تفهیم بهتر اعمال موجودات زنده

با استعمال اصلاحات و قواعد مهندسی سیستم و استفاده از قوانین

فیزیکی و ریاضی.

۲- استفاده از سیستم کنترل موجودات زنده (مغز) در سازمان

دادن و طرح ریزی بهتر وسائل ارتباطی در سیستم کنترل ماشین‌های

الکترونیک و مکانیکی خودکار مانند مغز الکترونیکی (Computer) و

سفاین فضائی.

۳- پل ارتباطی علمی بین قوانین موجودات زنده و غیر

زنده چون بهر حال موجود زنده (microcosmus) قسمتی از

طبیعت (marocosmus) است .

تعریف و انواع مدارهای پس‌نورد (Retroactif = Feedback)

مدار پس‌نورد [۱۱] مدار است که قسمتی از پیام برون‌رو

(Eo) بر روی پیام درون‌رو (Ei) برگردانده میشود (Ff) (ش ۲)

و خود دو نوع میباشد :

۱- مثبت (تقویتی یا ترمیمی Positive = Regenerative)

$$E_i = E_f \text{ و } E_s = 0$$

اگر فرکانسی باشد که بازاء آن $AB = 1$ باشد مخرج کسر معادله فیدبک صفر و بنابراین تقویت کننده با فرکانسی نوسانی خواهد بود که برای آن $AB = 1$ است .
اگر فرکانسی باشد که برای آن AB بزرگتر از واحد و زاویه فاز AB مساوی صفر یا ۳۶۰ درجه یا مضارب ۳۶۰ درجه باشد تقویت کننده نوسانی خواهد بود .

بنابراین در معادله فیدبک هم اندازه و هم زاویه فاز B و لذا حاصل ضرب AB در تعیین فیدبک مثبت و منفی نسبت به ولتاژ ورودی مهم است .

زاویه فاز خود تابع فرکانس است بنابراین ولتاژ پس نورد در یک یا محتملاً چند فرکانس معین نسبت به ولتاژ ورودی خارج از فاز می‌شود (پس نورد منفی) و در بعضی فرکانس‌های دیگر هم فاز است (پس نورد مثبت) .

۳- کنترل خودکار سیستم (پس نورد تنظیمی خودکار یا Servomechanism Feedback) [۱۰ و ۱۲] هدف مدار پس نورد در سرو مکانیسم کنترل بهتر سیستم بتوسط مقایسه مقدار برون رو حقیقی سیستم با مقدار برون رو مطلوب است . اختلاف این دو که به پیام خطا موسومست بعنوان خبر ورودی و فرمان دستگاه بکار می‌رود .

در واقع هر پیام خطا سیستم را قسمی هدایت می‌کند که خطا را کاهش دهد. در تنظیم کننده ساده عمل اصلی ثابت نگاه داشتن بمقدار معین فرکانس است در حالی که در سرو مکانیسم کنترل پیام در شرایط متغیر فرماندهی بکار می‌رود بعبارت دیگر مقدار کنترل تغییرات شدید فرماندهی را تبعیت می‌کند [۱۰ و ۱۳] ،

طریق تحلیل مدارهای پس نورد نوسانی

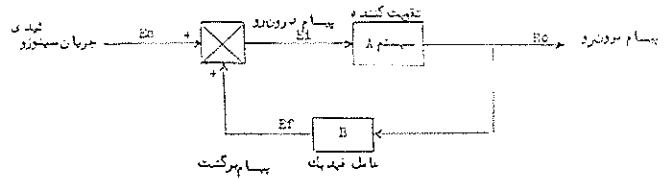
برای تحلیل و بررسی مدارهای پس نورد نوسانی سه طریق زیر را بکار می‌گیرند [۱۱] :

- ۱- رسم منحنی مقدار AB نسبت بزایه فاز
- ۲- رسم منحنی لگاریتم مقدار AB نسبت به لگاریتم فرکانس
- ۳- رسم منحنی زاویه فاز نسبت به لگاریتم فرکانس (اندازه و زاویه AB در فرکانس بین صفر تا صد هزار تعیین می‌شود) .

سیمپوزیوم در فیزیک و فناوری‌های نوین

کاربرد سیمپوزیوم در فیزیک و فناوری‌های نوین در بیوفیزیک بطور کلی بر اساس شناسایی مقدار اطلاع با خاصیت عمومی قابلیت

معادله عمومی سیستم های فیدبک :



$E_o = A E_i$	.....	وقتی فیدبک نباشد
$E_i = E_o$	.....	چون
$E_o = A E_o$	.....	بنابراین
$E_i = E_o + E_f$	.....	وقتی فیدبک باشد
$E_o = A E_i$	.....	چون
$E_f = B E_o$	.....	و
$E_o = A (E_o + E_f)$	.....	پس
$E_o = A (E_o + B E_o)$	.....
$E_o = A E_o + A B E_o$	.....
$E_o - A B E_o = A E_o$	.....
$E_o (1 - AB) = A E_o$	.....

بازایه $\frac{E_o}{E_i} = \frac{A}{1-AB}$ (معادله عمومی سیستم فیدبک)

شکل ۳

که در آن جهت پیام برگشتی موافق جهت پیام اولیه (فاز موافق) بوده و لذا موجب تشدید عامل متغیر می‌شود .

۲- منفی (مهاری یا تدهیجی Negative = Degenerative) که در آن پیام برگشت مخالف جهت پیام اولیه (فاز مخالف) بوده و موجب حفظ ثبات وضعیت می‌شود .

موارد استعمال فیدبک

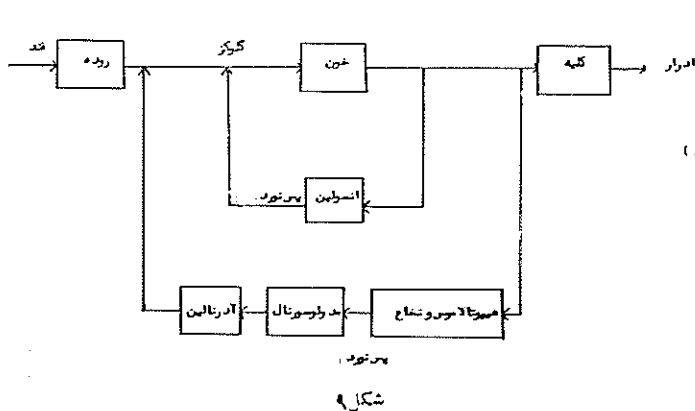
استعمال فیدبک در مدارهای الکترونی سیستم‌های خودکار سبب تغییرات در مشخصات سیستم و بهبود کار سیستم شده است . موارد استعمال فیدبک سه تا می‌باشد [۱۱] .

۱- تقویت مدار (فیدبک تقویتی Amplifier Feedback) حسن فرمول عمومی فیدبک هر کب بودن مخرج آنست که تابع اندازه و زاویه فاز می‌باشد .

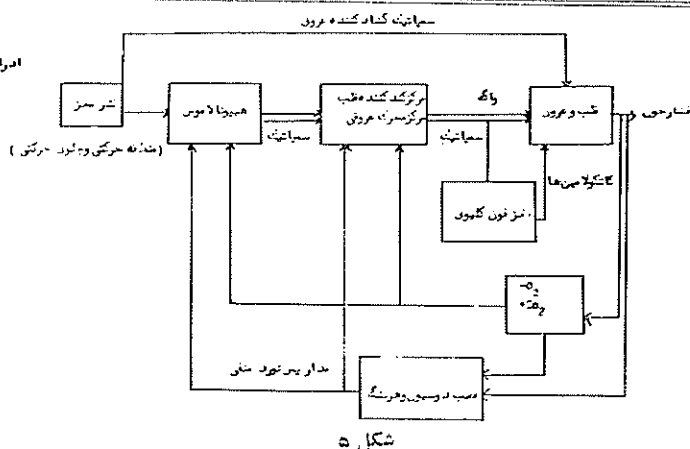
اگر عامل B مثبت باشد AB مثبت ولی کمتر از واحد می‌شود لذا نتیجه کسر مثبت و موجب تقویت برون ده می‌شود (پس نورد تقویتی) .

ولی اگر عامل B منفی باشد (زاویه فاز صفر یا مضارب ۱۸۰ باشد) مخرج کسر معادله فیدبک بیشتر از واحد می‌شود و لذا میزان اطلاعات دریافتی و بنابراین برون رو کم می‌شود (پس نورد منفی یا مهاری) .

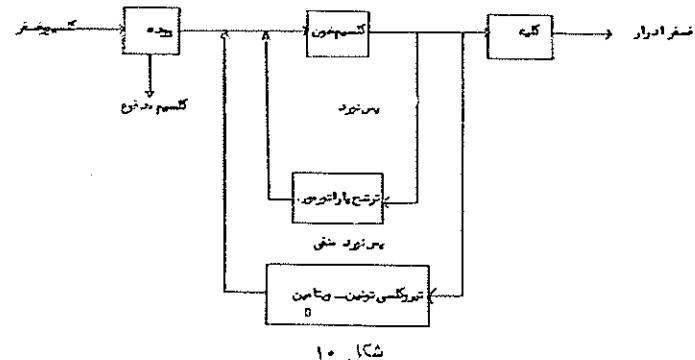
۲- تولید جریان نوسانی (فیدبک نوسانی یا Oscillator Feedback) نوسان کننده می‌تواند تقویت کننده با فیدبک باشد که قسمتی از ولتاژ ورودی آن از خروجی آمده باشد در این صورت



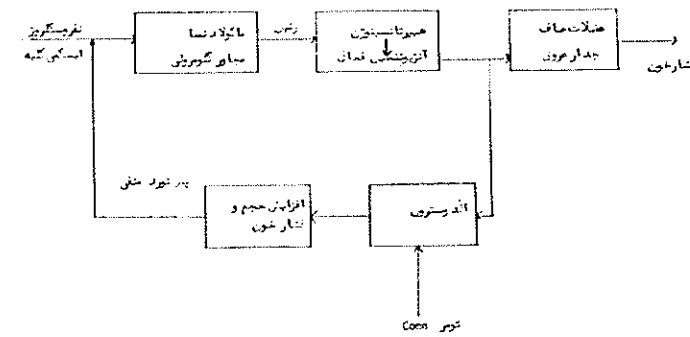
شکل ۹



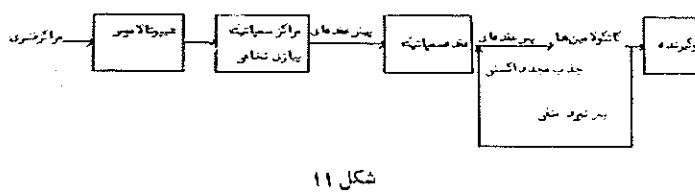
شکل ۵



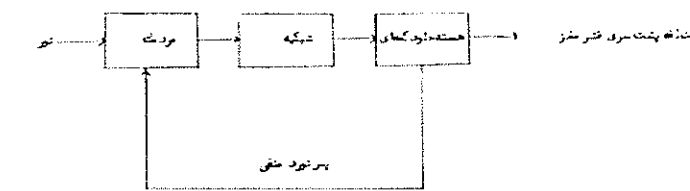
شکل ۱۰



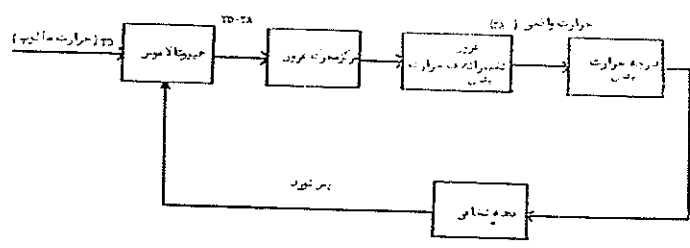
شکل ۶



شکل ۱۱



شکل ۷



شکل ۸

درمدارهای نامبرده پیامهای پس نورد B (تجریك اعصاب دوسیمون وهرنیک. ترشح آلدوسترون- تنگ شدن مردمک چشم- افزایش درجه حرارت خون- ترشح انسولین- ترشح باراتورمون و تیروکسی تونین - ترشح کورتیزول و غوره و نهایی تیرونیل) بعلمت اثرمهارى ومخالف عامل A موجب افزایش مخرج کسر معادله قیدبک بیشتر از واحد شده و در نتیجه حاصل کسر یعنی نسبت پیام برون روبه پیام اصلی کمتر از واحد میشود . جذب مجدد نور اپی نفرین در انتهای آکسن های آدرنرژیک يك طریق بیولوژیک برای خنثی کردن و بنابراین مهار اثر نور اپی نفرین آزاد شده است که این خود يك نوع پس نورد منفی می باشد .

۳- پس نوردهای نوسانی- مانند : ترشح گونادوستیمولین ها در یک دوره ماهانه زنانه [۳] :ش ۱۲) - ریتم تنفسی شین ستوک- تنوس عضلانی و رفلکس های رباطی (ش ۱۳) - کلونوس و لرزش عضلانی - هیپوس فیزیولوژیک و مرضی - نقش سازمان مشبک ساعد و قشر مغز در خواب و بیداری (کرونوفیزیولوژی) - تخلیه امواج طبیعی آلفای قشر مغز .

ترشح آلدوسترون در مجموعه آنژیوتنسن رنین (ش ۶) - رفلکس نوری مردمک چشم (ش ۷) - تنظیم عصبی حرارت بدن (ش ۸) ترشح آدرنالین و دیابت قندی (ش ۹) - ترشح باراتورمون (ش ۱۰) - عمل متقابل تیروکسین و تیروتروپین - عمل متقابل کورتیزول و کورتیکوتروپین- جذب مجدد آکسونی کاتکولامین ها در سیستم آدرنرژیک (ش ۱۱) . تنظیم نومورال ترشح آدرنالین از مدولوسورنال .

است که بطور متوسط در حدود ۱۰ ثانیه می شود .
 نوسانات خود بخودی قطر مردمک چشم بطور طبیعی (هیپوس فیزیولوژیک) ناشی از تغییر پیام پس نورد نسبت به پیام اصلی درون رو در معادله عمومی فیدبک است . تعداد این نوسانات بطور طبیعی در حدود ۷۰ در دقیقه می باشد . در بعضی بیماریهای روانی نوع تضعیفی مانند مالیخولیا و افسردگی مردمک کاملا بی حرکت بوده و در بیماریهای عصبی نوع تحریکی (منزیت - تصاب قطعه ای) هیپوس بطور دائم وجود دارد (سپرنوز هیپوس) .

تخیله الکتریکی با ریتم در حدود ۱۰ در ثانیه آلفا را از قشر مغز ناحیه پشت سری نتیجه اثر تنظیم کننده های مدارهای رجعتی و پس نورد مراکز تحت قشری می دانند .

رفلکس پولی فازیک رباطی زانو واکنش نوسانی تصحیح کننده پیرو اطلاع غلطی است (پیام خطا) که بسبب ضربه روی رباط عضله چهار سر و کشش عضله و تغییر امتداد رشته های آن بر مرکز نخاعی می رود .

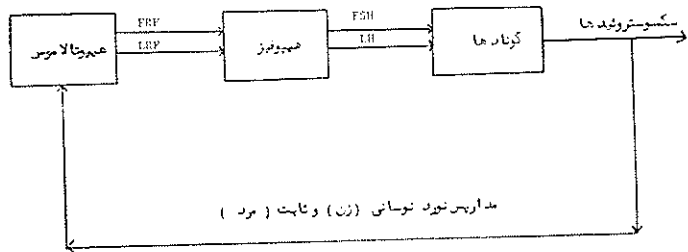
سپرنوز (Cybernose-Cybernosis)

سپرنوز یا بیماری سپرنوزیک عبارتست از اختلال سرو - مکانیسم یا عبارت دیگر اختلال واکنشهای انطباقی تنظیمی بدن در اعمال فیزیکی و روانی و اجتماعی است . بطور کلی اصطلاح سپرنوزیک بیماری عبارتست از اختلال در هموستازی . چون هر موجودی مجموعه ای از سازمان های بزرگ و کوچک منظم و مرتبط است بنابراین مجموعه بیماریها Constellation de pathologie وجود پیدا می کند [۱۲] .

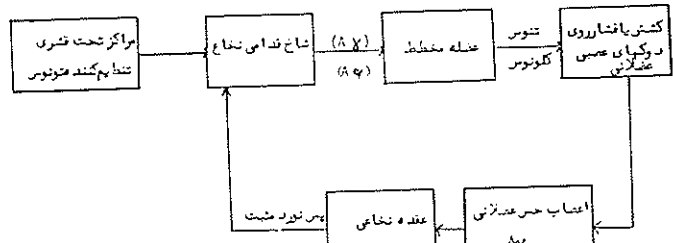
علل سپرنوزها

اختلالات فیزیکی و روانی ناشی از تغییرات ساختمانی یا عملی است . می دانیم با وجود آنکه عوامل مهاجم به بدن که در چهار دسته بزرگ فیزیکی، شیمیایی، بیولوژی و اجتماعی قرار می گیرند بی نهایت زیاد و متعدد می باشد واکنشهای بدن نسبت باین عوامل بسیار محدود است . بین نوروپاتولوژی و اختلال کار سرومکانیسم در ماشین ها شباهت وجود دارد و لذا از علم سپرنوزیک برای تشخیص و تفسیر و درمان بسیاری بیماریها استفاده می شود .

مطالعه مقایسه ای مکانیسم ژنتیک و تنظیم خودکار ابتدائی نقش اساسی را در فهم سپرنوزها دارند .



شکل ۱۲



شکل ۱۳

هموستازیهای که بر اساس پس نورد نوسانی کار می نمایند مستلزم توضیح قدری بیشتر است .

مثلا FRF و LRF هیپوتالاموس ابتدا موجب آزاد شدن هورمونهای FSH و LH می شوند که اینها نیز بترتیب موجب تحریک ترشح هورمونهای غدد هدف یعنی استروژن و پروژسترون از تخمدان می شوند . این هورمونها خود ابتدا بر مبنای مدار پس نورد مثبت در آغاز موجب تحریک مستقیم یا غیر مستقیم FSH و LH می شوند که آنها بنوبه خود ترشح هورمونهای جنسی را افزایش می دهند ولی همین که مقدار هورمونهای هدف از حد معینی تجاوز کرد موجب مهار هورمونهای هیپوتالاموس و گونادوستیمولین های هیپوفیزی می شوند (پس نورد منفی) و این تغییرات تناوبی FSH و LH بطور عادی ماعی یکبار تکرار می شود .

ریتم تنفسی متناوب شین ستوک که بطور طبیعی در اشخاص بالغ ساکن کوهستان و کودکان و بعضی بیماریها (مسمومیت با تریاک - اغماء مغزی وغیره) دیده می شود ناشی از تجمع تدریجی انیدرید کر بنیک در خون است که بسبب تحریک گیرنده های شیمیائی عروق مانند سینوس سبات (پس نورد مثبت) موجب افزایش تدریجی عمق و تعداد تنفس می شود . این تهدید شدید ریوی سبب تخلیه انیدرید کر بنیک بآن مقداری می شود که پائین تر از آستانه تحریک گیرنده های شیمیائی است و بنا بر این تنفس آهسته و ضعیف میشود و در این خلال بعلت افزایش تدریجی میزان انیدرید کر بنیک خون دوره مزبور تکرار می شود . اختلاف فاز فوق ناشی از مدت زمان جریان خون از ریه تا سینوس سبات یا مرکز تنفسی پس از

تولید سیبر نوز میشوند و این نکته مهمی است که باید مورد توجه بخصوص پزشک درمان کننده قرار گیرد.

خلاصه:

سیبرنتیک یا علم کنترل و ارتباط با سه خاصیت اصلی (عمل پس نورد - ارتباط و سرومکانیسم - آمار) کمک زیادی به فهم بسیاری پدیده‌های فیزیولوژی و فیزیوپاتولوژی بویژه دستگاه عصبی مرکزی براساس قوانین فیزیکی و مهندسی سیستم نموده است.

بدن مجموعه‌ای از اجزاء سازمانی با اعمال فیزیولوژیک معین میباشد. این اعمال فیزیولوژیک با وجود تغییرات مداوم شرایط محیط خارجی و داخلی (ناشی از ورود و خروج ملکولها)

ثابت می‌ماند. این ثبات (هومئوستازی) بتوسط سیستم مدارهای پس نورد تنظیمی (سرومکانیسم) که سه قسم مثبت (تقویتی)، منفی (مهارى) و نوسانی میباشد تأمین میشود.

اختلال عمل سرومکانیسم به بیماری هومئوستازی یاسیبر نوز موسوم است.

عوامل مهاجم و مولد استرس در زندگی ماشینی امروزی بشر بقدری زیاد و متعدد است که عده زیادی از بیماریهای فیزیکی و روانی میتوانند از اختلال سرومکانیسم ناشی شوند و یا حداقل براساس آن توجیه و تفسیر شوند.

بسیاری داروها بویژه داروهای مضعف عصبی مرکزی و فورمونی بعضی سیبر نوزها را درمان می‌نمایند در حالی که در موارد دیگر خود موجب تولید سیبر نوز دارویی میشوند.

REFERENCES:

- 1- Aiello A. et al., *Kybernetik.*, 5: 191, 1970.
- 2- Ashby, W. R. A., *An Introduction to Cybernetics*, New York, Wiley, 1956.
- 3- Best, C. H. and Taylor, N.B.: *The Physiological Basis of Medical Practice*, 7th ed. 976 and 1019, The Williams and Wilkins Co. 1961.
- 4- Birk, J.R., *Kybernetik.*, 1: 13, 1970,
- 5- Brookhaven Symposia in Biology, No. 10 Homeostatic Mechanism, Brookhaven National Line Upton, 1956.
- 6- Clynes, M.E.: *Biology, Application of Control System Theory in Medical physics*, Otto Glasser, 3, 294, Chicago, The year book publishers, 1960.
- 7- Collier's Encyclopedia, 2, 103, and 7, 518, 1964.
- 8- Elkinton, J. R. *Circulation.*, 11:1184. 1960.
- 9- Goodman, L. S. and Gilman, A.: *The Pharmacological Basis of Therapeutics*, 4th ed. 668, London, Macmillan Co. 1970.
- 10- Laborit, H. *Physiologie Humaine & Cellulaire, Organique, Cybernetique*, p. 3, 6, 112, 180, 189, 253, 291, 312, 347, Paris, Masson et Cie, 1961.
- 11- Mc-Graw Hill Encyclopedia of Science and Technology, 3, 637, and 5, 198, New York Mc-Graw-Hill Book Co. 1966.
- 12- Meerloo, J. A. M. *Les Cybernoses du Vielillard, J. Med. Hyg.*, 947, 90, 1971.
- 13- Randall, J. E. *Elements of Biophysics, Control Systems*, 91, Chicago, The yeark book Med publishers, 1962.
- 14- Stark, L.: *Vision, Servoanalysis of Pupil Reflex to Light*, in *Medical physics*, Otto Glasser 7718, Chicago, The year book Med. publishers, 1960.

- 15- Stumpers, F. L. H. M. A Bibliography of Information Theory, Communication Theory and Cybernetics, 702. New York, Mc - Graw-Hill., 1953.
- 16- Von Forster, H.: Confereneces on Cybernetics 1949-1953.
- 17- Tsien, H. S.: Engineering Cybernetics, New York, Mc-Graw_Hill Book Co. 1954
- 18- Wiener, N., Cybernetics, New York, Wiley, 1948.

منابع شماره‌های ۲ و ۵ و ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ که در آن شماره صفحه ذکر نشده است برای اطلاع علاقمندان به مطالب بیشتر از

مندرجات این مقاله است.