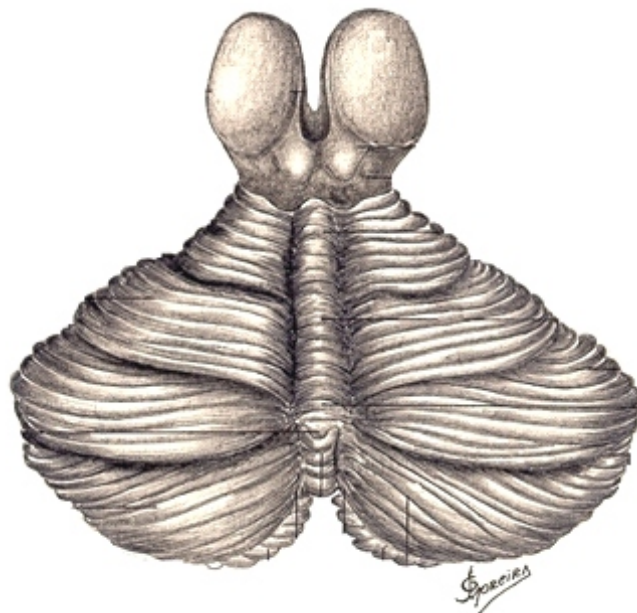


COLEÇÃO MONOGRAFIAS NEUROANATÔMICAS MORFO-FUNCIONAIS

VOLUME 14

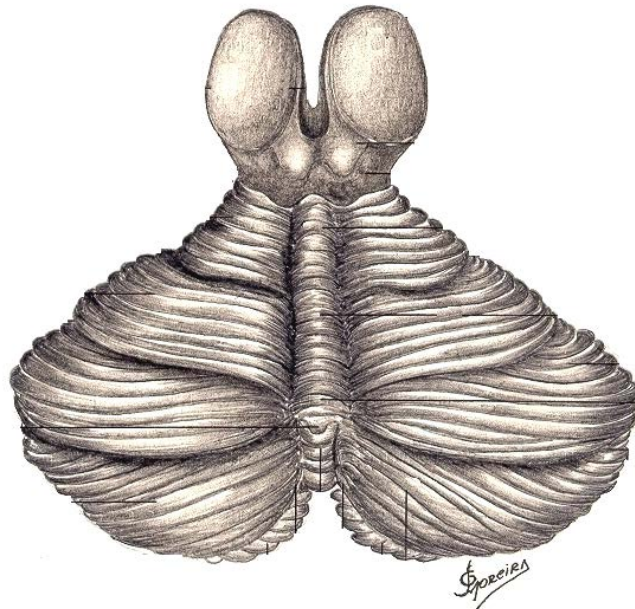
O CEREBELO



PROF. ÉDISOM DE SOUZA MOREIRA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA

**COLEÇÃO MONOGRAFIAS
NEUROANATÔMICAS MORFO-FUNCIONAIS**



Volume 14

O CEREBELO

Prof. Édison de Souza Moreira

2017
FOA

FOA**Presidente**

Dauro Peixoto Aragão

Vice-Presidente

Eduardo Guimarães Prado

Diretor Administrativo - Financeiro

Iram Natividade Pinto

Diretor de Relações Institucionais

José Tarcísio Cavaliere

Superintendente Executivo

Jairo Conde Jogaib

Superintendência Geral

José Ivo de Souza

UniFOA**Reitora**

Claudia Yamada Utagawa

Pró-reitor Acadêmico

Carlos José Pacheco

Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação

Alden dos Santos Neves

Pró-reitor de Extensão

Otávio Barreiros Mithidieri

Editora FOA**Editor Chefe**

Laert dos Santos Andrade

FICHA CATALOGRÁFICA

Biblioteca: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

M835c Moreira, Édison de Souza.
O cerebelo. [recurso eletrônico]. / Édison de Souza Moreira. -
Volta Redonda: UniFOA, 2017. v.14. p.178 II

(Coleção Monografias Neuroanatômicas Morfo-Funcionais)

ISBN: 978-85-5964-048-9

1. Anatomia humana. 2. Cerebelo. I. Fundação Oswaldo Aranha.
II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 611

Prof. Édison de Souza Moreira

Professor Titular da Disciplina de Neuroanatomia Funcional do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA), Curso de Medicina.

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Medicina do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Odontologia do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Educação Física do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Embriologia do Curso de Odontologia do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), da Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

Ex-Titular da Disciplina de Anatomia do Curso de Enfermagem do Centro Universitário da Sociedade Barramansense de Ensino Superior (SOBEU), de Barra Mansa.

Doutor em Cirurgia Geral pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais de Belo Horizonte (U.F.M.G.).

Colaboradores:

Dra. Sônia Cardoso Moreira Garcia.

Dr. Bruno Moreira Garcia: Assessoria Computacional Gráfica

SUMÁRIO

PÁG.

1º - Cerebelo, sua Evolução filogenética, desenvolvimento ontogenético, áreas Funcionais e sua representação topográfica no Corpo Humano.....	1, 3, 6, 8 e 16
2º - Anatomia Macroscópica e Citoarquitetura do Cerebelo.....	19
3º - Circuitos intrínsecos do Cerebelo.....	32 a 44
4º - Circuitos e Conexões Extrínsecas do Cerebelo.....	59
5º - Vias Cérebro-cerebelares e os Circuitos fechados da pars intermedia e os Circuitos abertos.....	81
6º - Cerebelo e o Controle dos Movimentos.....	85
7º - Síndromes do: Arquicerebelo, Paleocerebelo, Neocerebelo e outras lesões Do Cerebelo.....	98 a 99
8º - Considerações Especulativas sobre os músculos agonistas e seus Movimentos.....	100
9º - Participação do Cerebelo, Medula espinhal e do Tronco encefálico, no Controle dos Movimentos.....	104
10º - Pedúnculos cerebelares.....	121
11º - Considerações Clínicas e Morfo-funcionais sobre o Cerebelo e a Evolução de seu estudo.....	127
12º - Mecanismos morfo-funcionais relacionados às funções do cerebelo, nos Movimentos voluntários e os circuitos da pars intermédia do cerebelo e o Circuito cérebro-cerebelar.....	132
13º - Considerações sobre o controle dos movimentos, envolvendo o córtex, Cerebelo, núcleos da base, tálamo, tronco encefálico e medula espinhal.....	137
14º - Vascularização do Cerebelo.....	151
15º - Conclusões sobre o Estudo do Cerebelo.....	160
16ª - Resumo dos Objetivos Funcionais do Cerebelo.....	161
17ª - Resumo do provável padrão “liga/desliga das contrações “agonistas / Antagonistas”.....	163

ÍNDICE GERAL, SEGUNDO A ORDEM PROGRESSIVA DE APARECIMENTO DOS ASSUNTOS NO TEXTO.

	Pág.
Cerebelo e sua estratégica localização anatômica na fossa cerebelar	01
Evolução filogenética do cerebelo.....	03
Desenvolvimento ontogenético do cerebelo.....	06
Áreas Funcionais do Cerebelo.....	08
Verme	08
Zona intermediária do hemisfério cerebelar.....	09
Zona lateral do hemisfério cerebelar	09
Representação Topográfica do Corpo Humano, no Cerebelo	16
Anatomia macroscópica do cerebelo.....	19
Cerebelo: Órgão do Sistema Supra-Segmentar	32
Citoarquitetura do Cerebelo.....	33
Camada molecular superficial	33
Camada de células de Purkinje.....	34
Camada de células granulares (profunda)	37
Corpo medular do cerebelo	37
Núcleos centrais do cerebelo	39
Núcleo denteado do neocerebelo.....	39
Núcleos emboliforme e globoso (interpósito)	40
Núcleo fastigial (ou fastígio)	41
Fibras aferentes ao cerebelo, com suas origens no córtex cerebral	41
Trato córtico-cerebelo-tálamo-cortical	42
Trato córtico-olivo-cerebelar	42
Trato córtico-retículo-cerebelar	42
Fibras aferentes ao cerebelo, oriundas da medula espinhal.....	43
Circuitos Intrínsecos do Cerebelo.....	44
Fibras Trepadeiras	44
Fibras Musgosas	49
Fibras Monoaminérgicas do Cerebelo.....	54
Circuitos e conexões extrínsecas do cerebelo.....	59
Cerebelo e conexões com o núcleo cuneiforme lateral	59
Cerebelo e conexões com os núcleos pontinos.....	61
Cerebelo e conexões com o complexo olivar bulbar inferior.....	61
Cerebelo e conexões com o núcleo vermelho	68
Cerebelo e conexões com os núcleos vestibulares	69
Cerebelo e conexões com o tálamo	72

Continuação Índice Geral

Pág.:

Cerebelo e conexões com o hipotálamo.....	72
Cerebelo e conexões com os núcleos da formação reticular	73
Conexões Tecto-pontocerebelares.....	73
O cerebelo e as manifestações álgicas e térmicas do N. Trigêmeo sensorial.....	74
Vias cérebro-cerebelares e os circuitos fechados da pars intermédia do córtex	
Cerebelar e o sistema de circuito aberto no hemisfério cerebelar	81
Sistema de circuito aberto nos hemisférios cerebelares	83
Cerebelo e controle dos movimentos.....	85
Como o cerebelo contribuiria para a sutileza e habilidade dos movimentos.....	95
Síndrome do arquicerebelo.....	96
Síndrome do paleocerebelo	95
Síndrome do neocerebelo	96
Decomposição	96
Ataxia cerebelar.....	97
Nistágmo.....	97
Lesões do verme	97
Lesões dos hemisférios cerebelares.....	97
Considerações especulativas sobre a ação do cerebelo no mecanismo de acionamento dos movimentos agonistas, em um movimento	100
Participação do Cerebelo, medula espinhal e tronco encefálico, no controle dos Movimentos posturais e do Equilíbrio	104
Tratos Espinocerebelares dorsal e ventral e trato cuneocerebelar.....	108
Trato Espinocerebelar ventral (cruzado) e espinocerebelar rostral	109
Pedúnculos cerebelares.....	121
Pedúnculo cerebelar superior.....	122
Pedúnculo cerebelar médio.....	124
Pedúnculo cerebelar inferior.....	124
Corpo restiforme.....	124
Corpo justa restiforme	124
Considerações Clínicas e Morfo-funcionais sobre o Cerebelo.....	127
Considerações Clínicas.....	127
Considerações Morfo-funcionais.....	129
Mecanismos morfo-funcionais, relacionados às funções do cerebelo, nos movimentos Voluntários e os circuitos da Pars Intermédia do cerebelo e o circuito: cérebro- Cerebelar.....	132
Considerações morfo-funcionais sobre o controle dos movimentos, envolvendo, Nos mecanismos de integração funcional o córtex, o cerebelo, os núcleos da base, O tálamo, o tronco encefálico, a medula espinhal e as vias motoras supraespinhais...	137
O Cerebelo e a evolução de seu estudo	143
Vascularização do Cerebelo	151
Artéria cerebelar superior	151

Complementação do Índice Geral

Artéria cerebelar ântero-inferior	151
Artéria cerebelar pósterio-inferior	152
Conclusões sobre o estudo do cerebello	160
Resumo dos Objetivos Funcionais do Cerebello	161
Resumo final do provável padrão “liga/desliga” dos mecanismos morfo-funcionais Das contrações musculares	163

ÍNDICE ICONOGRÁFICO

PÁG.

Esquema da Evolução Filogenética do Cerebelo	10
Planejamento do Movimento (Quadro sinóptico)	11
Desenho esquemático do encéfalo em desenvolvimento, no final da quinta semana, Quando se inicia, também o desenvolvimento do cerebelo.....	12
Desenho esquemático de embrião, mostrando a evolução do cerebelo e da ponte, Relacionado ao corte sagital sugerido na figura anterior	12
Desenho esquemático do encéfalo em embrião em desenvolvimento, em corte Sagital, mostrando: rombencéfalo, metencéfalo e parte do cerebelo	13
Desenho esquemático, em plano transversal, através do metencéfalo de um embrião Em desenvolvimento, com parte do cerebelo, lábios rômnicos, placas alares e as Colunas dos componentes funcionais do tronco encefálico	13
Desenho esquemático de embrião em desenvolvimento, mostrando a formação do Verme, do córtex cerebelar superficial, camada das células de Purkinje e o IVº Ventrículo	14
Desenho esquemático dorsal do mesencéfalo, mostrando os lábios rômnicos (intra E extra ventriculares), em desenvolvimento.....	14
Desenho esquemático, em vista dorsal do mesencéfalo, de embrião em desenvolvi- Mento, mostrando: a formação dos hemisférios cerebelares, do verme, flóculo- Nódulo e véu medular posterior	15
Representação topográfica do corpo humano no cerebelo, com as áreas de suas Divisões funcionais e respectivas representações topográficas.....	17
Esquema do Reflexo Miotático (Alça Gama)	18
Vista póstero-superior macroscópica do cerebelo, mesencéfalo e tálamo, com seus Lobos, lóbulos, fissuras, zona interhemisférica e hemisfério cerebelar	21
Vista anterior do tronco encefálico, parte da medula e do cerebelo macroscópico.....	22
Visão anterior do cerebelo, após a ressecção do tronco encefálico e do putâme, Mostrando os três pedúnculos cerebelares seccionados e a face profunda do cerebelo.	23
Face súpero-lateral do encéfalo, mostrando as relações anatômicas entre: Telencéfalo, tronco encefálico e o cerebelo	24
Face sagital mediana do encéfalo, mostrando as relações anatômicas, entre o Telencéfalo, o tronco encefálico e o cerebelo	26
Vista inferior (ou base) do encéfalo, mostrando as relações anatômicas entre a base Dos dois telencéfalos, a face ventral do tronco encefálico e a face superior do Cerebelo.....	28
Vista posterior dos hemisférios cerebrais e as relações anatômicas dos telencéfalos Com a face superior do cerebelo	30
Citoarquitetura do Cerebelo.....	38
Quadro com o mecanismo morfo-funcional reduzido, entre a excitação de uma fibra Trepadeira e de uma fibra paralela (musgosa), sobre a célula de Purkinje	52
Complementação do quadro anterior.....	53

Continuação do Índice Iconográfico

Pág.:

Sistemas que fornecem fibras musgosas e trepadeiras ao cerebelo.....	55
Sistema Modulador Extratalâmico cortical serotoninérgico e cerebelo	56
Sistema Modulador Extratalâmico cortical noradrenérgico e cerebelo	57
Sistema Modulador Extratalâmico cortical histaminérgico e gabaérgico	58
Núcleos próprios do tronco encefálico e o Cerebelo.....	60
Corte transversal do tronco encefálico, mostrando os núcleos do tronco encefálico, Núcleo grácil, núcleo cuneiforme e núcleo cuneiforme lateral	60
Trato Tegmentar Central “ Feixe Central da Calota”	62
Conexões aferentes ao complexo olivar bulbar inferior e as fibras trepadeiras	64
Esquema do tronco encefálico, núcleo vermelho, interpósito e suas conexões, Além do fascículo rubroespinal cruzado	65
Corte transversal do tronco encefálico com os núcleos: neorrúbro, paleorrúbro, Substância negra, lemnisco medial, fascículo cortico-espinal	65
Áreas corticais motoras, vistas na superfície lateral do hemisfério cerebral e as Projeções cerebelares ao núcleo lateral do tálamo e posteriormente ao córtex.....	66
Organização Somatotópica dos segmentos corporais, entre as informações Cerebelares e dos núcleos da base, em relação ao núcleo ventral lateral talâmico	67
Fases evolutivas do Sistema Vestíbulo-coclear.....	70
Aferências primárias utriculares ao núcleo vestibular lateral e ao cerebelo.....	75
Aferências primárias saculares aos núcleos vestibulares inferior e lateral e Cerebelo.....	76
Aferências primárias ampulares aos núcleos vestibulares superior e medial, em Relação ao cerebelo	77
Fascículo Longitudinal Medial.....	78
Núcleos e Vias Vestibulares e suas conexões com: medula espinhal, formação Reticular e arquicerebelo	79
Vias Espinocerebelares: Direta e Cruzada e Trato Rubro-espinal	90
Vias Espinocerebelares: Cruzada e Direta e suas conexões talâmicas e corticais.....	91
Corte Transversal do cerebelo, mostrando seus núcleos profundos	93
Exercícios especulativos dos mecanismos para “Ligar os músculos Agonistas”	101
Exercícios especulativos dos mecanismos, para desligar os músculos agonistas	102
Arquicerebelo e seus mecanismos morfo-funcionais	106
Condições básicas necessárias ao cerebelo, para que possa corrigir erros de Movimentos	111
Núcleos e vias vestibulares e suas conexões principais	112
Tratos: Retículo-espinal medial e lateral	113
Paleocerebelo e seus mecanismos morfo-funcionais.....	115
Vias Espinocerebelares direta e cruzada	116
Neocerebelo e seus mecanismos morfo-funcionais.....	117
Circuitos cortico-ponto-cerebo-tálamo-cortical e dirigido à medula espinhal	118

Complementação do Índice Iconográfico.

Pág.:

Sistema Cordão dorsal – Lemnisco Medial.....	119
Vias Cérebro-cerebelares.....	120
Vias Cérebro-cerebelares (desenho esquemático)	123
Tronco Encefálico: Vista dorsal	125
Vista Posterior do Cerebelo, parte do mesencéfalo e do tálamo	146
Vista anterior do Tronco encefálico, juntamente com parte da medula espinhal E parte do cerebelo'	148
Visão anterior do cerebelo após a ressecção do tronco encefálico e do putâme, Mostrando, seccionados, os três pedúnculos cerebelares (superior, médio e Inferior) e a face profunda (anterior do cerebelo.....	149
Conexões e relações anatômicas do Cerebelo	150
Desenho esquemático de uma preparação anatômica das artérias da base do Encéfalo, com a distribuição arterial, inclusive a vascularização do cerebelo.....	153
Desenho esquemático da associação dos sistemas arteriais vertebrobasilar e Carotídeo, utilizados na vascularização do encéfalo	155
Vista ventral do Tronco encefálico, mostrando sua virulação arterio (Sistema Vertebrobasilar).....	157
Feed-Back “somatossensorial para o córtex motor	159
Conexões eferentes do colículo superior	165

APRESENTAÇÃO

Após o lançamento da primeira edição de nosso trabalho, em formato de “CD-Livro”, intitulado **“Atlas de Neuroanatomia Funcional”**, editado pela Editora F.O.A. do **“Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) da Fundação Oswaldo Aranha, ,** tivemos a oportunidade de endereçar algumas unidades do referido CD-Livro para alguns colegas professores do Magistério, envolvidos com o ensino e aprendizagem da mesma Disciplina, ou seja: a **Neuroanatomia Funcional**.

Como resultado, recebemos, de alguns dos referidos professores, sugestões para fazer o pinçamento de alguns assuntos do referido trabalho, realizando, assim, uma **“Coletânea de Monografias Neuroanatômicas Funcionais”**, com conteúdo, também voltado para os **“Cursos de Pós-graduação”**. Considerei as referidas sugestões totalmente válidas, surgindo, assim, a atual **“Coletânea: Monografias Neuroanatômicas Morfo-funcionais”**, sendo este trabalho atual (**O CEREBELO**) o terceiro da série.

O **ensino** e a **aprendizagem** da **Neuroanatomia Morfo;Funcional** devem, naturalmente, **envolver** o **estudo** do **Sistema Nervoso Central** e o **Sistema Nervoso Periférico**. Entretanto, na grande maioria dos textos e cursos, o ensino da **Neuroanatomia Funcional periférica** é tratado juntamente na exposição dos textos da Anatomia Geral, ficando, de certa forma, alijado do estudo da **Neuroanatomia Central**, inclusive, levando-se em consideração o fato de ser necessário a existência de peças anatômicas pré-dissecadas, as quais facilitariam este estudo do sistema nervoso periférico de forma integrada.

Considerando o critério anatômico utilizado para a divisão do **“Sistema Nervoso”** em: **“Sistema nervoso central”** e **“Sistema nervoso periférico”**, constatamos que, o sistema nervoso central recebe esta denominação pelo fato de estar localizado no interior do **esqueleto axial**, formado pelas **cavidades: craniana e do canal vertebral**, enquanto, o **“sistema nervo periférico”** receberia esta denominação por se encontrar localizado fora do **esqueleto axial**, ou seja: fora das **cavidades: craniana e do canal vertebral**.

Entretanto, em realidade, o **“Sistema Nervoso”** é um **“Todo”**, pois os **nervos periféricos**, para que sejam capazes de **estabelecer conexões** com o **“sistema nervoso central”**, necessitam penetrar **na cavidade craniana e no canal vertebral** (as **cavidades axiais**).

Assim, esta **divisão do “sistema nervoso central”**, segundo este critério anatômico, tem o devido amparo científico, pois ambas as partes (**sistema nervoso central e sistema nervoso periférico**) encontram-se absolutamente **integradas** e **relacionadas**, sob o ponto de vista **morfológico e funcional**.

Além do mais, diversos **gânglios** pertencentes ao **“sistema nervoso periférico”** encontram-se **dentro** do **esqueleto axial**, seja no **crânio ou no canal vertebral**.

O fato de se utilizar tal divisão do “Sistema Nervoso” oferece ajuda ao alunato, sem prejudicar a integração total de ambas as divisões, como **sistema nervoso integrado** nos sentidos **horizontal** e **vertical**.

Portanto, julgo que, nós, Professores da Neuroanatomia Humana, devemos encontrar os meios mais cientificamente adequados e práticos, para a exposição de nossos cursos de Neuroanatomia.

Por este motivo acrescentamos, no primeiro volume da “série monográfica”, o estudo deste sistema nervoso periférico, apresentando, inclusive, desenhos realizados pelo Autor , diretamente das peças também por nos dissecadas, com o objetivo de facilitar o estudo prático da neuroanatomia funcional periférica.

Finalizando esta apresentação, externamos nossos agradecimentos ao nosso neto, Dr. Bruno Moreira Garcia, pelo relevante auxílio prestado na **assessoria computacional gráfica de todo o trabalho**, à Dra; Sônia Cardoso Moreira Garcia, à minha esposa Lóyde Cardoso Moreira e a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a **concretização da mesma**.

Nossos agradecimentos às **autoridades do Centro Universitário de Volta Redonda (da Fundação Oswaldo Aranha, (UniFOA) e à Direção da Fundação Oswaldo Aranha (FOA)**, pelo apoio recebido nestes quarenta e cinco anos de trabalho e de convivência nesta missão de ensino e de orientação do aprendizado aos nossos **alunos**.

2016

O Autor

1º) - O CEREBELO E SUA ESTRATÉGICA LOCALIZAÇÃO ANATÔMICA, NA FOSSA CEREBELAR (OU CRANIANA POSTERIOR).

O cerebelo (figs.: 11, 12, 13, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 47, 48, 49 e 50), encontra-se localizado, na fossa cerebelar, do osso occipital (ou fossa craniana posterior), dorsalmente, à ponte e ao bulbo (fig.: 13.2 e 13.3). Nessa posição anatômica, participa do tecto do IVº ventrículo e se encontra separado, superiormente, do lobo occipital cerebral, por uma prega da dura-máter, conhecida pela denominação de: “tentório ou tenda do cerebelo” (figs.: 16, 17, 18 e 25).

Em semelhante situação anatômica, apresenta grande facilidade para se conectar à: medula espinhal e ao bulbo (ou medula oblonga), através do pedúnculo cerebelar inferior (figs.: 13.2, 32, 33, 40, 46, 49 e 50) e à ponte e ao mesencéfalo e tálamo, através dos pedúnculos cerebelares: médio e superior, respectivamente (figs.: 12, 13, 33, 40, 48, 49 e 50).

Grças a essa posição anatômica, apresenta grande facilidade para monitorar, não apenas, macços sinais motores corticais descendentes, através dos “núcleos basais da ponte” e do “complexo olivar bulbar inferior”(figs.: 21, 22, 42 e 45), como também, informações sensoriais ascendentes, oriundas da “medula espinhal” , principalmente, as propriocepções (tratos espino-cerebelares: direto e cruzado (figs.: 32, 33 e 40) e dos núcleos vestibulares (Sistema Vestibular) (figs.: 24; 27, 28, 29, 30, 31, 37, 42, 45 e 50).

O cerebelo recebe, de forma indireta, contínua e atualizada, informações descendentes de áreas motoras centrais, relacionadas ao “planejamento motor desejado” e estruturado, para as diversas ações musculares (movimentos) (figs.: 2, 21, 22, 42 e 45). Além disso, recebe, também, informações aferenciais sensoriais periféricas, de todas as partes do corpo (figs.: 32, 33 e 34, 37, 40, 42 e 45) e sinais motores, conduzidos às pontas motoras medulares espinhais (neurônios motores laterais (alfa e gama , fig.: 10), que o habilitam realizar alterações, em eventuais movimentos, não compatíveis, com o “movimento planejado no nível cortical motor”. Além disso, é capaz de conhecer a posição do ou dos referidos movimentos, sua plasticidade, sua velocidade de realização, as forças que atuam sobre os tendões musculares interessados no evento, respectiva postura e equilíbrio.

Todos esses mecanismos morfo-funcionais, associam-se ao auxílio que presta, às áreas corticais motoras, no planejamento seqüencial dos movimentos (passagem de um movimento seqüencial para outro movimento), de forma regular, suave e equilibrada, além de participar do “início, desenvolvimento e término” dos movimentos, sejam eles simples ou complexos.

Assim o cerebelo, por estar conectado a sistemas de fibras altamente mielinizadas e, portanto, dotadas de extraordinária capacidade de transmissão de

informações sensoriais, é capaz de “aprender” um movimento mais significativo ou menos significativo, “na próxima vez”, com incrível velocidade. Pode, portanto, “corrigir erros,” em eventuais movimentos planejados, porém, realizados inadequadamente (figs.: 02, 11, 12, 20, 21, 28, 32, 33, 36, 37,42 e 45).

Para o exercício de tão importantes funções, o cerebelo recebe uma das maiores excitações centrais e periféricas do corpo, mantendo suas “unidades funcionais” (células de Purkinje: (figs.:14, 24, 21, 23, 31, 32, 33, 37, 40, 42 e 45), em sinapses com as células de seus núcleos profundos, em estado de longa excitabilidade, através dos impulsos aferenciais periféricos conduzidos pelas “fibras trepadeiras” (figs: 21, 22 e 45), oriundas do complexo olivar bulbar inferior, do lado oposto e pelas “fibras musgosas” (figs.: 14 e 15), que são todas as fibras aferentes ao cerebelo, com origens no sistema nervoso central ou periférico, desde que, não pertençam ao referido complexo olivar bulbar inferior.

O cerebelo foi, durante muitos anos, considerado como uma “área silenciosa” das vesículas supra-segmentares, em virtude de não apresentar respostas motoras ruidosas e significativas ou qualquer outra sensação (figs.: 11, 12, 13, 47 e 48).

Entretanto, o cerebelo é extremamente importante na modulação e coordenação dos movimentos, interagindo com diversas partes do encéfalo, em todas as fases do movimento (início, desenvolvimento e término). É, portanto, de grande importância, para o controle rápido de atividades motoras. Incluem-se, aí, a realização de: eventos motores, de atividades físicas esportivas, fisioterápicas, ou mesmo, de atividades profissionais, como por exemplo: digitadores em computação, datilógrafos, instrumentalistas profissionais, que necessitam da utilização perfeita de movimentos musculares dos membros superiores, principalmente, as mãos e dedos, membros inferiores, inclusive (todos os tipos de atletismos), na arte de falar, cantar, dancar, desenhar, pintar, etc...etc...

Entretanto, sua importância, não se deve, à sua capacidade para gerar ou criar o “movimento”, isto porque, ele (o cerebelo), “não cria o movimento”. Pelo contrário, o cerebelo, é importante no “controle e modulação das seqüências de atividades motoras, realizando, quando necessário, os “ajustes necessários e adequados para as devidas correções de rumos dos movimentos”, produzidos por outras áreas do encéfalo, como por exemplo, o córtex motor encefálico (figs.: 25 e 25.1)

Nesse complexo modelo morfo-funcional, o cerebelo recebe, ininterruptamente, e de forma extraordinariamente atualizada e instantânea, os “planos estruturados” pelas regiões anatômicas supra-segmentares corticais. Nessas regiões despontam, com grande significado funcional, as “áreas corticais motoras” e as “áreas somatossensoriais parietais, em simultaneidade com, a chegada, aos seus “núcleos profundos” e às camadas de seu córtex, de informações sensoriais contínuas, atualizadas e instantâneas, oriundas das regiões periféricas do corpo, necessárias para a deteccão de qualquer alteração seqüencial, no estado de equilíbrio de qualquer movimento, em seu início, desenvolvimento e término. Inclui-se nessa seqüência, a posição do corpo e partes do corpo no espaço, interessadas na evolução do respectivo evento motor, velocidade com a qual o movimento é realizado, as pressões de forças, que atuam sobre os respectivos tendões dos músculos que, eventualmente participam do ou dos referidos movimentos, além, é claro, dos sinais motores dirigidos aos neurônios motores localizados nas pontas motoras da medula espinhal(figs.: 02 e 10).

Assim, num processo comparativo e analítico interminável de “planos motores corticais de comando” (fig.: 02), estabelecidos pelo sistema nervoso central, utilizando, como comentado, áreas corticais motoras, somatossensoriais, associativas e de “aferências sensoriais periféricas, conduzidas através de “tratos específicos” às suas partes estruturais, o “cerebelo” consegue, comparando tudo isso, aos “movimentos reais realizados”, concluir se, nesses complexos processos comparativos e analíticos realizados, houve correspondente adequação, ou se o movimento realizado, não corresponde ao “plano motor original cortical”, traçado para o referido evento (fig.: 02). Nesse caso, o “cerebelo”, é capaz de transmitir em tempo hábil, sinais de correções adequadas, de forma instantânea, de volta ao sistema motor cortical, com o objetivo de corrigir o “erro” (ou erros), reduzindo ou aumentando o estado de ativação dos músculos interessados e respectivos tônus musculares no referido evento motor (fig.: 36).

Todavia, para que sua ação, na tarefa da correção de qualquer movimento, seja absolutamente eficaz, o “cerebelo,” também, toma parte no mecanismo de projeção (estruturação) do evento motor seqüencial seguinte, antes mesmo que, o atual movimento se complete, num intervalo de tempo extremamente reduzido e necessário, para que o término de um movimento, não desarticule o início do próximo movimento, em execução.

II – EVOLUÇÃO FILOGENÉTICA DO CEREBELO

A “Evolução Filogenética do Cerebelo,” processou-se, através de três (03) fases e todas estas fases, encontram-se relacionadas, também, ao aparecimento dos canais semicirculares, da orelha interna e aparecimento e desenvolvimento dos diferentes grupos de músculos agonistas e antagonistas e respectivos movimentos, desde os mais elementares e primitivos, até os mais elaborados e complexos (fig.: 01).

Numa “primeira fase”, nos primórdios da “evolução filogenética” dos seres vivos, houve “um momento,” a partir do qual, surgiram os “vertebrados mais primitivos” e inferiores (os ciclóstomos ou salamandras), dos quais, a “lampreia” é um dos representantes. Nestes, o corpo alongado e desprovido de membros, apresentava musculatura primitiva e alongada, no qual, os movimentos rudimentares, se resumiam a “simples ondulações do corpo,” com o objetivo de: manter o corpo em equilíbrio, em seus deslocamentos, no meio líquido.

Naquele tempo, nos ciclóstomos (ou salamandras), já se encontrava desenvolvido, na Ontogenia, o “aparelho vestibular primitivo” (fig.: 26.6), com os “dois primeiros canais semicirculares” que, recebendo, rudimentares estímulos proprioceptivos do corpo daqueles vertebrados, os redirecionavam ao cerebelo, também, primitivo, (arquicerebelo) e cuja função, se resumia em coordenar as atividades dos primitivos eventos musculares, daqueles vertebrados, a partir do

conhecimento da posição do animal, no meio líquido, para mantê-lo em: equilíbrio (figs.: 1, 31 e 37). Por este motivo, o cerebelo primitivo, assim descrito e em evolução filogenética, é conhecido por “arquicerebelo” (fig.: 01). Este, pelo fato de receber seus impulsos, do primitivo sistema vestibular (canais semicirculares [figs.: 01, 26.6 e 29]), recebe, também, a denominação de “Cerebelo Vestibular” ou “Vestíbulo-cerebelo”, cujá representação ontogenética, reúne a estrutura conhecida por “Lobo flóculo-nodular” (figs.: 1, 34, 35 e 37).

Portanto, pode-se resumir a função do “arquicerebelo” (lobo flóculo-nodular), como responsável pela: manutenção do equilíbrio, postura e orientação (fig.: 01).

Com o avanço da evolução filogenética, houve um “segundo momento,” marcado pelo aparecimento dos peixes, nos quais, surgem, de forma rudimentar e extremamente primitiva, “os primórdios dos membros,” ou seja, suas “barbatanas”.

Naquele “momento filogenético,” inicia-se a “segunda fase da evolução filogenética do cerebelo”, surgindo d’aí, o “Paleocerebelo” (ou espino-cerebelo), pois, com o aparecimento desses “membros rudimentares” (barbatanas) surgem, na evolução, novos conjuntos de músculos agonistas e antagonistas, nos quais, vamos encontrar os primitivos neurorreceptores especiais (fusos musculares, órgãos tendíneos de Golgi, grandes receptores táteis cutâneos e receptores articulares) sendo, entretanto, tais estímulos e posteriores impulsos, conduzidos por estruturas (vias) espinocerebelar direto (dorsal), trato cuneocerebelar, trato espinocerebelar ventral (cruzado) e trato espinocerebelar rostral (figs.: 20, 32, 33, 39 e 49).

O “Trato espinocerebelar direto (dorsal), figs.: 32, 33 e 40), bem como o “Trato cuneocerebelar” (fig.: 20), conduzem ao paleocerebelo, impulsos recebidos dos fusos musculares, órgãos tendíneos de Golgi, grandes receptores táteis e receptores articulares, oriundos dos membros inferiores, tronco e membros superiores homolaterais, relacionados à: velocidade de modificação do comprimento das fibras musculares em eventual movimento, bem como das forças aplicadas aos tendões dos referidos músculos, assim como das articulações envolvidas, no referido evento motor. (figs.: 20, 32, 33 e 40). Os “Tratos: Espinocerebelar ventral (cruzado) e espinocerebelar rostral” (figs.: 32 e 33 e 40), são responsáveis pela condução, ao cerebelo, da informação do quantum de “sinais motores descendentes”, que descarregam os potenciais de ação, nos neurônios motores, da ponta motora, da medula espinhal e oriundos das áreas corticais motoras encefálicas (Tratos córtico-espinhais), diretamente relacionados aos movimentos e posições interessadas na presente ação motora, facilitando, assim, a ação do paleocerebelo, sobre a “alça gama”, na coordenação muscular (figs.: 2, 20, 32, 33, 39 e 40).

Neste duplo mecanismo morfo-funcional, de “Vias Ascendentes Espinocerebelares,” conduzindo ao cerebelo impulsos aferenciais proprioceptivos, bem como das, descargas de sinais motores corticais, em direção aos neurônios inferiores da medula espinhal, são fornecidas informações da maior importância ao cerebelo, sobre o estado de contração das fibras musculares dos músculos interessados no referido evento motor (músculos estriados somáticos dos membros inferiores, do tronco e dos membros superiores). Tais informações são necessárias para que o cerebelo, possa regular e coordenar os tônus musculares dos diversos músculos, através de sua ação, no nível da ponta motora medular (alça gama, fig.: 10). A esse mecanismo, acrescente-se os estímulos do “núcleo neorrúbro”, através do “Circuito: Cerebelo- neorrúbro-retículo-espinha cruzado” (figs.: 42 e 45).

Essa nova parte do cerebelo (paleocerebelo ou espino-cerebelo), associa-se ao cerebelo já existente (arquicerebelo) e, por estar em clara conexão, com a medula espinhal (figs: 01, 32 e 33), é, também, conhecido por “Espino-cerebelo”, já encontrado nos tetrápodes, nos mamíferos inferiores, enfim, que utilizam seus membros, principalmente, para seus deslocamentos (figs.: 01, 32 e 33).

Este “paleocerebelo (ou espino-cerebelo), dará origem ao Lobo anterior do Cerebelo, responsável, funcionalmente, pelo controle das atividades motoras, em qualquer evento muscular, principalmente, em virtude de suas conexões, com a medula espinhal e com o tronco encefálico (fig.: 01).

Finalmente e simultaneamente, ao grande desenvolvimento do córtex cerebral (neocórtex), surgem os primeiros eventos motores, ou seja, músculos destinados à elaboração de movimentos, finamente estruturados, delicados, complexos e com alto significado de assimetria, para os quais as regiões filogenéticas do cerebelo já estruturadas (arquicerebelo e paleocerebelo) mostravam-se, funcionalmente, insuficientes.

Surge, assim, a necessidade de formação, de uma nova região do cerebelo, mais contemporânea, mais elaborada, mais evoluída funcional, filogenética e ontogeneticamente, capaz de se conectar, funcionalmente, com o neocórtex. Este cerebelo, assim descrito, em virtude de suas conexões, mais avançadas, com o neocórtex, associa-se, agora, ao “arquicerebelo” e ao “paleocerebelo”, tendo recebido a denominação de: “Neo-cerebelo” ou “Cérebro-cerebelo”, também, conhecido por “Cerebelo cortical” (figs.: 1, 41, 42, 44 e 45), ou seja, a Terceira Fase filogenética.

Conclui-se, portanto, a partir desse resumo filogenético da evolução do cerebelo que:

- O cerebelo mais antigo (arquicerebelo), também, conhecido por “Vestíbulo-cerebelo”, mantém, suas conexões, principalmente, com os núcleos vestibulares (figs.: 1, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37 e 40), sendo representado pelo “lobo flóculo-nodular” e tem, como principais funções, a manutenção do: equilíbrio, direção e postura.
- O cerebelo do período filogenético “intermédio” (paleocerebelo), em virtude de suas conexões com a medula espinhal e tronco encefálico e, por este fato anatômico, também conhecido por “Espino-cerebelo”, é responsável pelo controle da atividade motora em qualquer evento muscular, sendo para isso, capaz de, modificar os tônus musculares, e os estados de contrações musculares, com o objetivo de manter a postura do indivíduo, agindo principalmente, sobre os neurônios gama e alfa da ponta motora da medula espinhal (alças gama). (figs.: 39 e 40).
- O neocerebelo (cérebro-cerebelo ou Cerebelo cortical) estabelece suas conexões, com o córtex cerebral, através das estações retransmissoras nos núcleos cerebelares e núcleos talâmicos dorsais (figs.: 41, 42 e 45). Núcleo talâmico ventral lateral, núcleo neorrúbrio, núcleos da formação reticular do tronco encefálico, núcleos pontinos e núcleo olivar bulbar inferior (figs.; 41, 42, 43 e 45). Esta envolvido com o Lobo Posterior.

Observa-se, portanto, que o cerebelo, acabado filogenética e ontogeneticamente, encontra-se presente, durante todo o tempo de duração de qualquer evento muscular (início, meio e fim), influenciando, decisivamente, cada

uma dessas etapas (ou fases) do movimento, com o desencadeamento da ação motora (neocerebelo) (figs.: 1, 41, 42 e 43), supervisão, execução e coordenação do evento motor (paleocerebelo) (figs.: 1, 32, 33 e 39) e manutenção da postura e equilíbrio do evento motor (arquitebelo) (figs.: 1. 31 e 35).

III - NEUROGÊNESE DO CEREBELO

No estudo da “Neurogênese do Cerebelo”, a engenhosidade da técnica de “Radio-marcação” da Timidina Tritiada”, uma das quatro purinas, que surgem na duplicação do “ácido desoxirribonucleído” (DNA), nos neuroblastos dos futuros neurônios cerebelares (Células de Purkinje e Células Nucleares cerebelares profundas), foi decisiva, para mostrar os mecanismos da evolução filogenética do referido órgão.

Esta “técnica de rádio-marcação,” foi aplicada por MIALE e SIDMAN, para o estudo da referida neurogênese cerebelar.

Baseados no fato de que, antes de cada divisão mitótica celular primária, sempre é desencadeada, uma duplicação do “ácido desoxirribonucleído (DNA)”, dos núcleos dos neuroblastos em desenvolvimento primitivo do órgão (no nosso caso, o cerebelo), isto surge, portanto, como conseqüência da duplicação do referido ácido desoxirribonucleído, surgindo, como resultado, quatro purinas, uma das quais é conhecida por “timidina”, sendo todas as quatro purinas, utilizadas na fabricação do ácido desoxirribonucleído (DNA).

Assim, os referidos pesquisadores injetaram esta “timidina irradiada”, nos acúmulos de neuroblastos primitivos, das futuras células de Purkinje e dos núcleos profundos do cerebelo, no décimo primeiro dia, após o início de seu período embrionário.

Quatro dias após a referida injeção de “timidina irradiada”, encontram-na, nas células de Purkinje, que se formaram, bem como, nas células que se destinaram à formação dos “núcleos profundos do cerebelo”, com grande diferenciação dos demais neuroblastos, em virtude da rádio-marcação realizado nos referidos neuroblastos.

Esta técnica de “rádio-marcação” passou, então, a desempenhar grande papel no estudo e acompanhamento da neurogênese em geral.

Portanto, se a “timidina irradiada” (H3-timidina), for injetada, algumas horas antes do início da síntese do ácido desoxirribonucleído (DNA), seguramente será incorporada ao DNA, fornecendo, assim, uma “radio-marcação” das “células filhas”.

Sabendo-se que, a injeção única, é efetiva, por apenas algumas horas, poderemos calcular o nascimento ou origem mitótica das células marcadas.

Além do mais, uma vez cumprida, sua missão mitótica, os “neuroblastos não se dividem mais”, porém, carregam, durante toda sua existência, a “referida rádio-marcação, em seus núcleos”.

Assim, as células de Purkinje e as células nucleares cerebelares (figs.: 14, 32, 33, 34, 37, 42, 45) surgem, simultaneamente, entre o décimo e o décimo terceiro dia de vida embrionária, no rato.

Na neurogênese do cerebelo, os neurônios da placa alar sensitiva, localizados em tecido pontino, migram, juntamente, com a formação dos lábios rômnicos, de cada lado (figs.: 3, 4, 5, 6 e 7), à partir dos quais, surgirá o futuro cerebelo, localizado posteriormente à ponte e ao bulbo e recobrando o IVº ventrículo (figs.: 4, 5, 6 e 7).

Em sua fase inicial, no final da quinta semana do desenvolvimento (fig.: 3) observa-se a aproximação contínua do “metencéfalo,” em direção ao “mielencéfalo”, diminuindo, conseqüentemente, o espaço formado pela flexura pontina, até a total aproximação de suas superfícies (fig.: 3).

Assim, nessa fase primordial, os neurônios da placa alar proliferam-se, determinando o aumento dos lábios rômnicos cerebelares, de cada lado, em direção póstero-medial e à lâmina do teto, exercendo, desta forma, compressão progressiva sobre o teto do IVº ventrículo (fig.:6).

Nesse momento ontogenético, inicia-se a formação do esboço dos lobos cerebelares, em desenvolvimento (flóculo-nodular, lobo anterior e lobo posterior (fig.: 4). Tudo isso, simultaneamente, ao desenvolvimento da ponte, em localização ventral (fig.: 4).

À medida que a flexura pontina, se aprofunda e desaparece, os lábios rômnicos são comprimidos, em direção céfalo-caudal (figs.: 7 e 8), formando a “placa transversal” ou placa cerebelar (fig.: 8). Essa placa, posteriormente, dará origem, em sua porção medial, ao “vermis” (*vermis*), (figs.: 7 e 9) e, em suas duas extremidades laterais, formará os “hemisférios cerebelares” (figs.: 7, 9, 9.1 e 11).

Ulteriormente, em cada um dos lobos (anterior, posterior e flóculo-nodular), a superfície dos mesmos, sofrerá um processo, de múltiplas invaginações transversais, em relação ao órgão, iniciando-se, assim, a formação das “folhas ou folios” do cerebelo (figs.: 5. 13.1, 13.2, 13.3, 13.4).

Em fase mais avancada, no processo de desenvolvimento, inicia-se a formação de uma “fissura transversal” sobre a placa cerebelar, separando o “nódulo” do “verme” e o “flóculo” dos “lobos laterais (arquicerebelo)”, fig.: 9).

Essa parte do cerebelo “nódulo e flóculo”, que constituem o “arquicerebelo” (fig.:1), durante o processo de desenvolvimento, comunicar-se-á com os núcleos vestibulares do tronco encefálico e com os neurônios da via vestibular, cujas origens, se encontrem nas regiões saculares, utriculares e ampulares dos canais semi-circulares. Por este motivo recebem, também, a denominação de “Vestíbulo-cerebelo”

Devido a essas conexões morfo-funcionais, uma parte do cerebelo (arquicerebelo), coordenará a postura e equilíbrio do corpo e dos movimentos.

Os lábios rômnicos, se dirigem dorso-medialmente, para formar o cerebelo (fig.: 6), apresentam, inicialmente, as tres camadas fundamentais do tubo neural (camada endimária, camada do manto e camada marginal, figs.: 6 e 7).

À medida que o processo de desenvolvimento avança, neuroblastos da camada do manto, migram em direção à superfície (zona marginal), na qual, estruturam o córtex cerebelar superficial (fig.: 6), em cuja estrutura estão presentes,

principalmente as “células de Golgi” e as “células granulares (ou grânulos do cerebelo)”. Entretanto, alguns desses neuroblastos da camada do manto, reunem-se e diferenciam-se, para a formação dos “núcleos cerebelares profundos” (núcleos: denteado, emboliforme, globoso e fastigial), localizados, respectivamente, no: neocerebelo (denteado), paleocerebelo (emboliforme e globoso) e arquicerebelo (fastigial (ou fastígio)) fig.: 5).

O córtex cerebelar superficial, rapidamente cresce e, por falta de espaço suficiente, na fossa craniana posterior, ocupada totalmente pelo “cerebelo”, é forçado a se dobrar, inúmeras vezes (figs: , 1, 6, 7, 8 e 9.1), como já foi mencionado, formando “pregas transversais”, conhecidas por: “folhas ou fólhos do cerebelo”. Simultaneamente, neste momento do desenvolvimento, os “hemisférios cerebelares”, se fundem, na linha média (figs. 01, 9.1, 11, 13, 13.4 e 34).

Numa segunda “onda migratória”, outras células da camada do manto, deslocam-se, em direção à superfície do cerebelo, (na qual, já se encontra a primeira camada de “células de Golgi” e de células granulares), na qual, formarão a “camada das células de Purkinje” (figs.: 14, 21, 24, 31, 37, 40 e 42).

Numa fase mais avançada do desenvolvimento, formam-se as conexões funcionais do cerebelo, nas quais, as fibras do córtex cerebelar, passam em direção aos núcleos profundos cerebelares, principalmente, para o “núcleo denteado” do neocerebelo e, deste, simultaneamente, para o tálamo e para o núcleo neorrúbico contralaterais (figs.: 42 e 45). Além dessas, outras fibras, agora, dos núcleos pontinos basais, dirigem-se ao córtex cerebelar, formando o “pedúnculo cerebelar médio”(brachium pontis).(figs.: 45 e 50).

As fibras ascendentes da medula espinhal, com destino ao cerebelo (fibras dos tratos espinocerebelares) (figs.: 32, 33, 40 e 50), juntamente, com as “fibras olivocerebelares” (figs.: 14, 15, 21, 22 e 45) que, no cerebelo, constituirão as “fibras trepadeiras” e as “fibras vestibulo-cerebelares”, formam o “pedúnculo cerebelar inferior” (figs.: 32, 33, 40, 45 e 50), no qual, se reúnem as fibras aferentes e eferentes do chamado “corpo restiforme” e as fibras aferenciais sensoriais periféricas proprioceptivas inconscientes espinhais ascendentes, com destino ao cerebelo (tratos espinocerebelares), sendo este conjunto de fibras conhecido, também, por “corpo justa-restiforme”. Sobre estes pedúnculos cerebelares, voltaremos a comentar, nas páginas finais deste texto.

As fibras eferentes do cerebelo, conduzindo, os resultados computacionais, do cerebelo, passam através do “pedúnculo cerebelar superior” (brachium conjunctivum, fig.: 42, 45 e 50).

ÁREAS FUNCIONAIS DO CEREBELO

Sob o ponto de vista funcional, o cerebelo está dividido, transversalmente, em três áreas, representadas pelas seguintes regiões anatómicas (figs.: 1, 9.1, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 34 e 47), principalmente, se levarmos em consideração, as superfícies: ventral e posterior do órgão (fig.: 9.1: A, B e C):

- Verme (vermis), localizado na linha média... (A)
- Zona intermediária do hemisfério cerebelar.. (B)
- Zona lateral do hemisfério cerebelar..... (C)

- VERME (VERMIS):

O “verme” (ou vermis), de localização impar e mediana, na face dorso-superior do cerebelo (figs.: 1, 7, 9, 9.1, 11, 13, 13.4, 47 e 49), encontra-se separado das partes laterais, longitudinalmente, (à direita e à esquerda), por sulcos, porém, ligado, bilateralmente, aos hemisférios cerebelares. Trata-se da região do cerebelo funcional, responsável pela maior parte do controle para os movimentos musculares das seguintes regiões:

- Eixo corporal
- Pescoco
- Ombros
- Tronco (parte axial)
- Quadril

ZONA INTERMEDIÁRIA DO HEMISFÉRIO CEREBELAR:

Localizada, entre o “Verme” e a “Zona Lateral do hemisfério cerebelar”(figs.: 9.1, 11 e 47), é responsável pelo controle das contrações musculares das seguintes regiões (fig.: 01, 02 e 9.1):

- Distais dos membros superiores
- Distais dos membros inferiores
- Mãos, dedos, pés e artelhos.

ZONA LATERAL DO HEMISFÉRIO CEREBELAR:

Localiza-se na região lateral (direita e esquerda) dos hemisférios cerebelares (figs.: 1, 9.1, 13.4,) e participa ativamente do planejamento geral dos movimentos sequenciais motores. Essa zona hemisférica cerebelar lateral, não possui representação topográfica do corpo humano, entretanto, mantém conexões com as áreas: pré-motora do córtex frontal e áreas somatossensoriais de associações do córtex parietal. Esta zona hemisférica cerebelar lateral, constitui o “neocerebelo”, envolvido com o controle dos movimentos extremamente delicados e altamente complexos. Esta zona surgiu, em função do surgimento do neocórtex.

Evolução Filogenética do Cerebelo.
Relacionamento Morfo-Funcional de Cada Fase

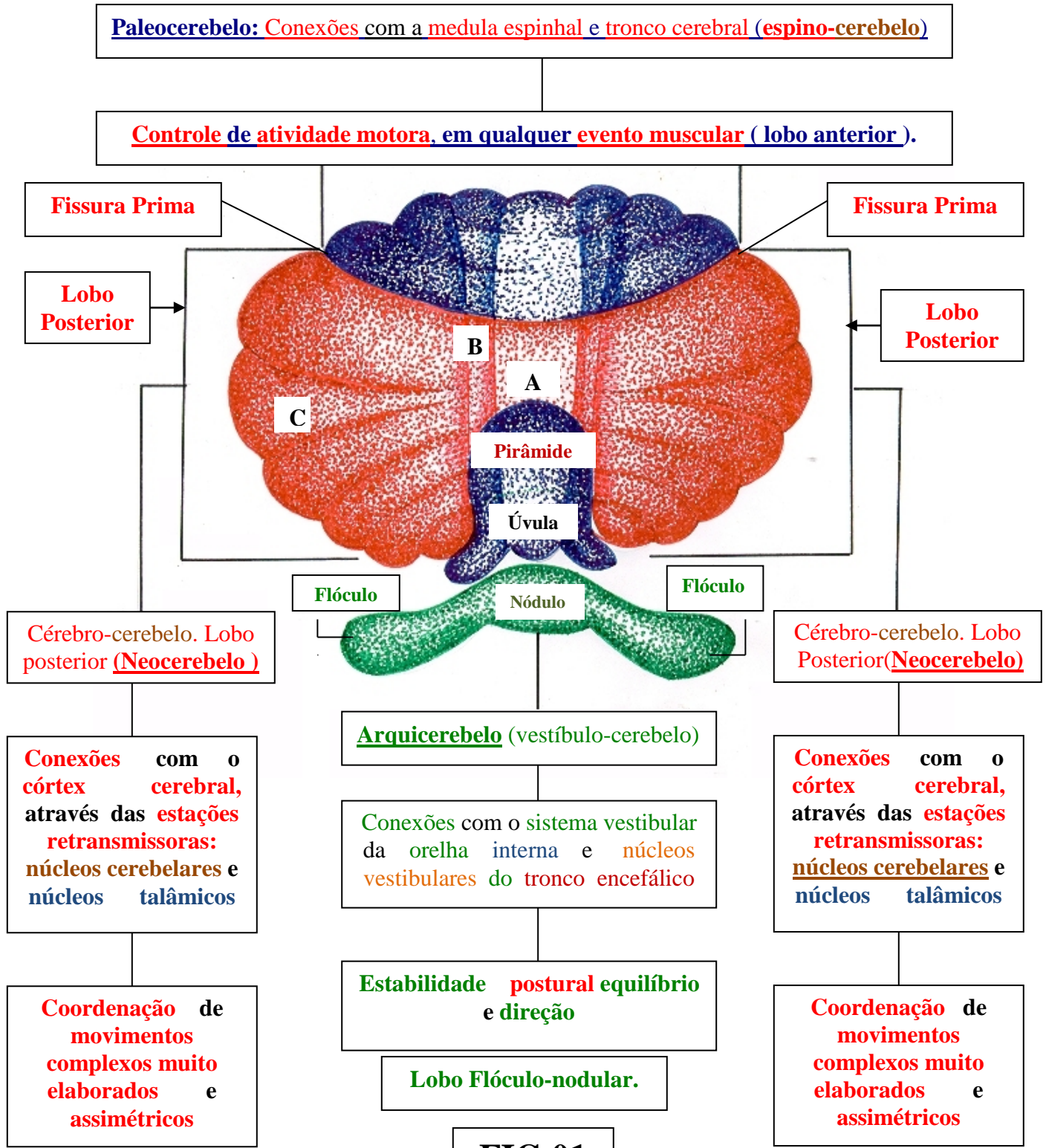


FIG.01

A: Verme (ou vermis), B: Zona Interhemisférica cerebelar e C: Zona Hemisférica cerebelar lateral

PLANEJAMENTO DO MOVIMENTO: PRINCIPAIS ÁREAS QUE PARTICIPAM DO EVENTO: CORTICAIS, NÚCLEOS DA BASE, TRONCO ENCEFÁLICO, TÁLAMO, CEREBELO E MEDULA ESPINHAL

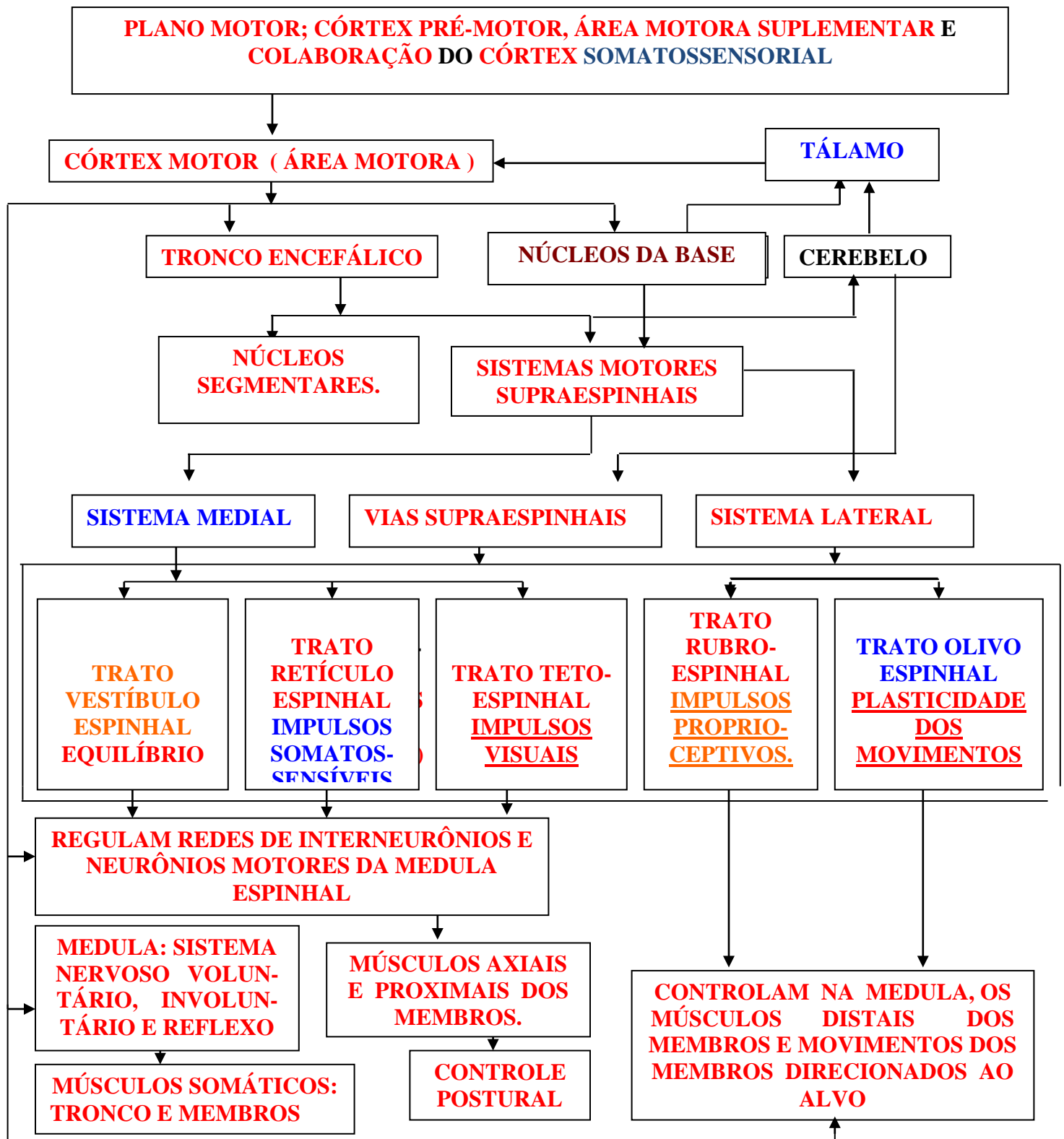


FIG.02

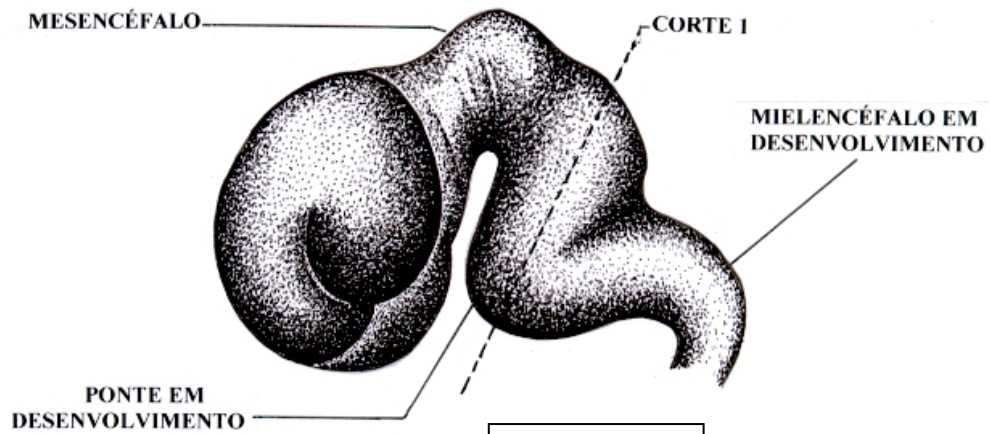


FIG.: 03

DESENHO ESQUEMÁTICO DO ENCÉFALO EM DESENVOLVIMENTO, NO FINAL DA QUINTA SEMANA, MOSTRANDO O NÍVEL DE CORTE DA FIG. , ATRAVÉS DO METENCÉFALO (PONTE E CEREBELO).

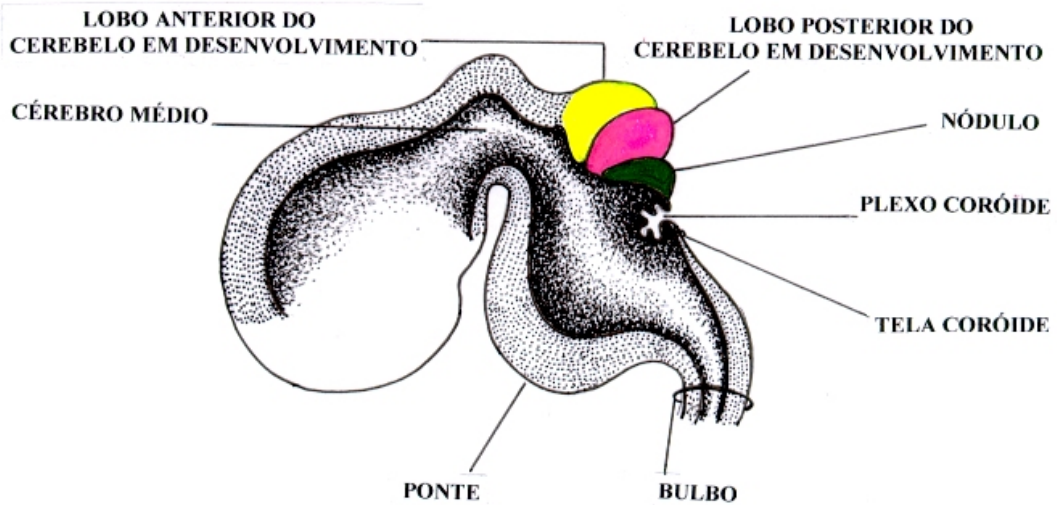


FIG.: 04

DESENHO ESQUEMÁTICO DO ENCÉFALO EM DESENVOLVIMENTO, EM CORTE SAGITAL, MOSTRANDO UMA DAS FASES DO DESENVOLVIMENTO DA PONTE E DO CEREBELO.

Fase de formação das “Folhas ou Fólios do Cerebelo, no Páleo-cerebelo, Arquicerebelo e Neocerebelo.

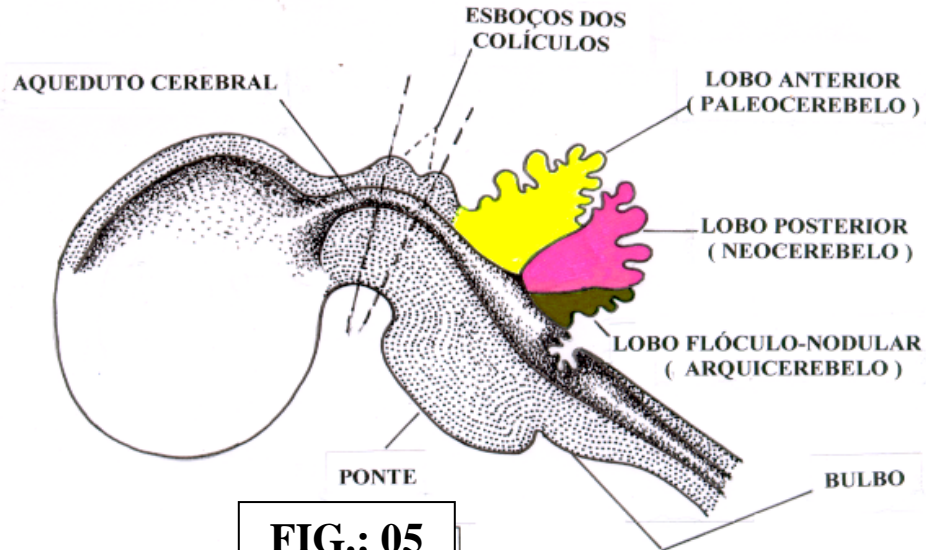


FIG.: 05

DESENHO ESQUEMÁTICO DO ENCÉFALO EM DESENVOLVIMENTO, EM CORTE SAGITAL INTERESSANDO O METENCÉFALO E PARTE DO ROMBENCÉFALO, MOSTRANDO UMA FASE DE DESENVOLVIMENTO MAIS AVANÇADO DA PONTE E DO CEREBELO

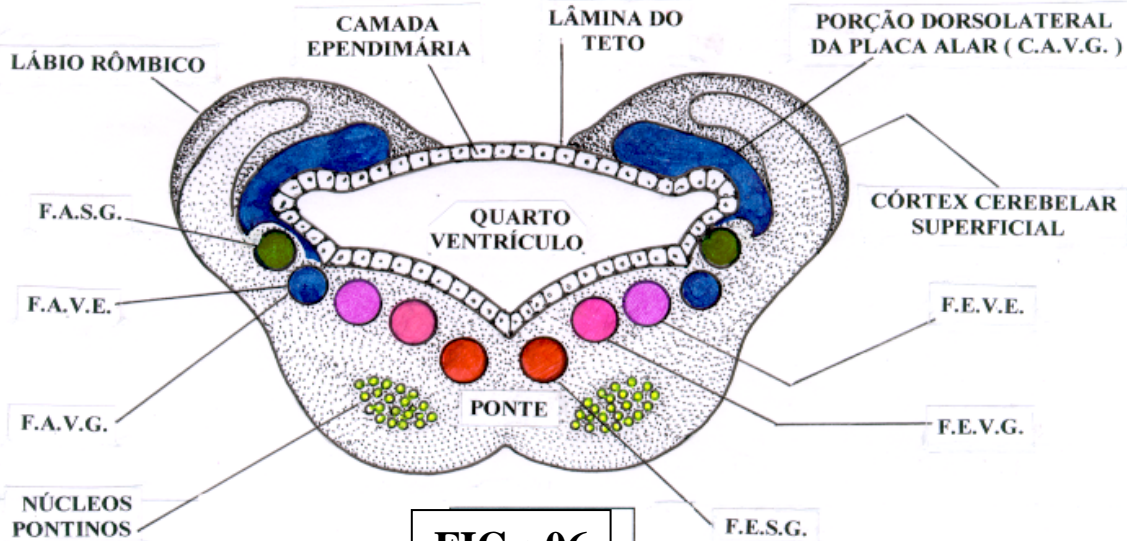
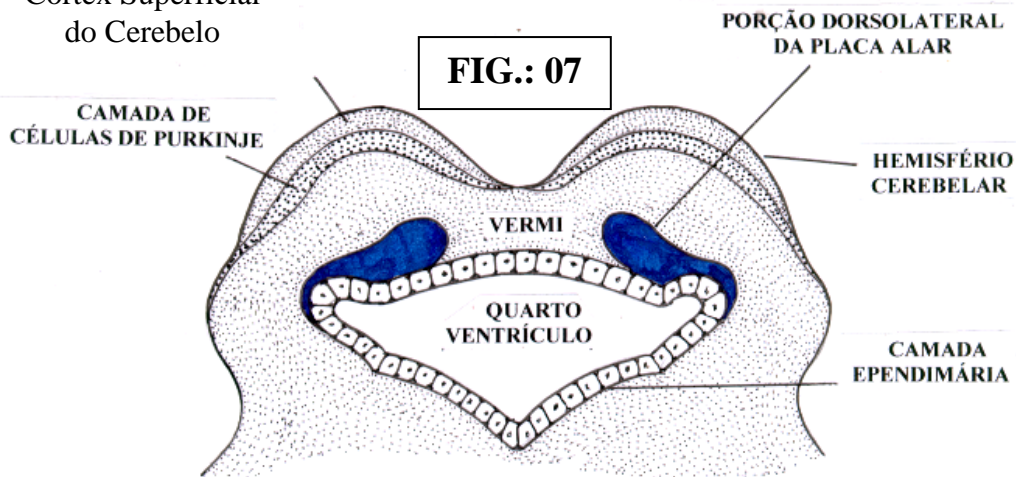


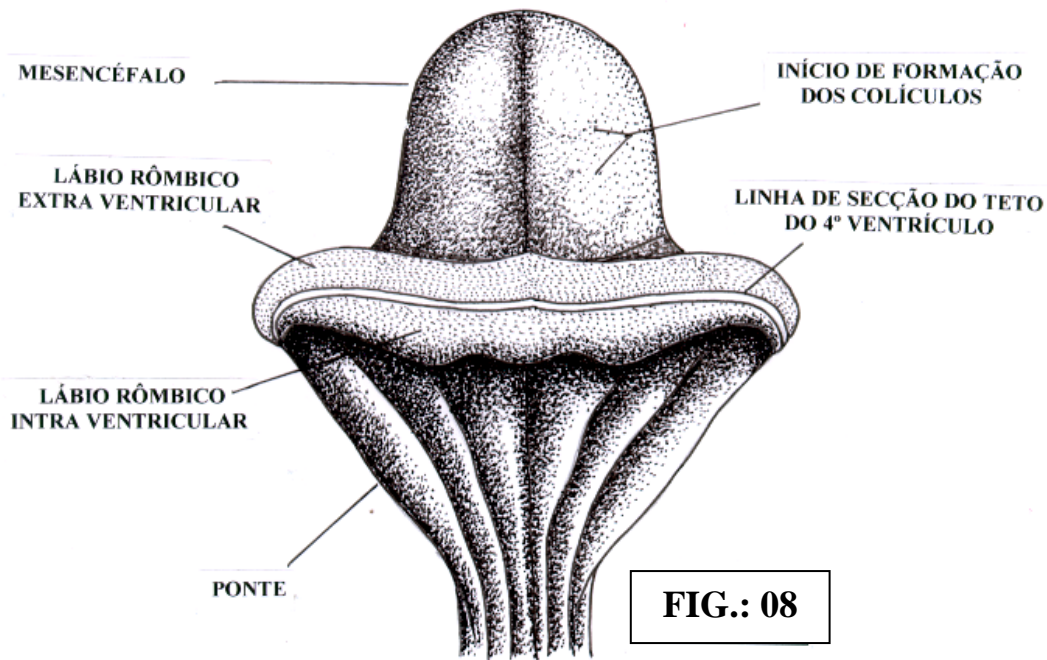
FIG.: 06

DESENHO ESQUEMÁTICO EM PLANO TRANSVERSAL, ATRAVÉS DO METENCÉFALO DE UM EMBRIÃO EM DESENVOLVIMENTO (PONTE E CEREBELO), ONDE SE OBSERVA A FORMAÇÃO DOS LÁBIOS RÔMBICOS, O DESENVOLVIMENTO DAS PLACAS ALARES E BASAIS E OS NÚCLEOS DE COMPONENTES FUNCIONAIS AFERENTES E EFERENTES NESSE NÍVEL.

Córtex Superficial
do Cerebelo



DESENHO ESQUEMÁTICO DE UM EMBRIÃO EM DESENVOLVIMENTO, MOSTRANDO A FUSÃO DOS LÁBIOS RÔMBICOS NA LINHA MÉDIA DORSAL, NA FORMAÇÃO DO CEREBELO, ONDE SE OBSERVA : O VERMI EM POSIÇÃO MEDIANA E, DE CADA LADO, AS ELEVAÇÕES DORSOLATERAIS DOS HEMISFÉRIOS CEREBELARES, A CAVIDADE DO QUARTO VENTRÍCULO E O CÓRTEX SUPERFICIAL E DE CÉLULAS DE PURKINJE DO CEREBELO.



DESENHO ESQUEMÁTICO, EM VISTA DORSAL DO MESENCÉFALO E PARTE DO ROMBENCÉFALO, DE UM EMBRIÃO NA OITAVA SEMANA DO DESENVOLVIMENTO, (SEGUNDO HOCHSTETTER, MODIFICADO), MOSTRANDO OS LÁBIOS RÔMBICO INTRA E EXTRA VENTRICULARES, E A ÁREA SUPERFICIAL DORSAL DO MESENCÉFALO, ONDE JÁ APARECE O PRIMEIRO SULCO LONGITUDINAL, PRELIMINAR À FORMAÇÃO DO ESBOÇO INICIAL DOS COLÍCULOS MESENCÉFÁLICOS

Mesencéfalo e Rombencéfalo, em Visão parcial Dorsal, com seus Colículos : Superior e Inferior (um de cada lado) e os Hemisférios Cerebelares em formação.

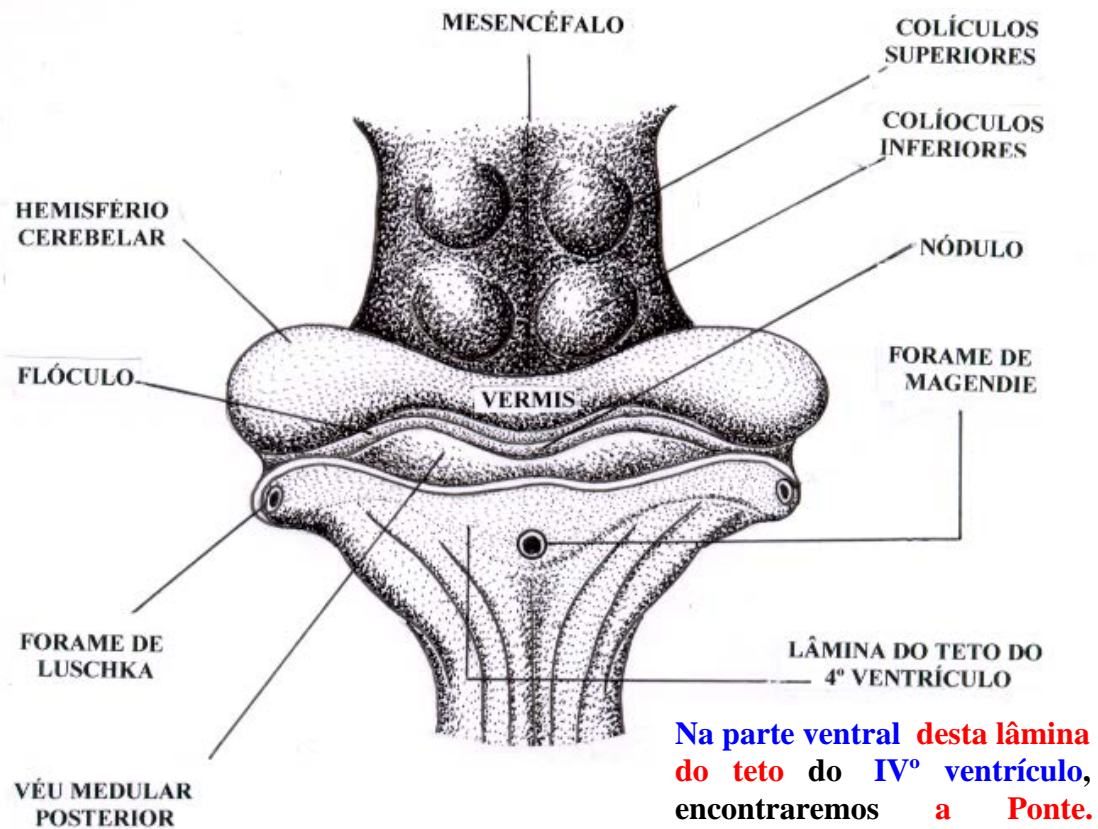


FIG.: 09

Desenho esquemático, em vista dorsal do Mesencéfalo e do Rombencéfalo, nos quais, na superfície do teto do Mesencéfalo, após a formação do segundo sulco transversal, surgem as quatro (4) elevações dos Colículos: Superiores e Inferiores. Na lâmina do teto do IVº ventrículo aparecem os forames de Luschka (laterais) e de Magendie (medial).

2º) – A REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO CORPO HUMANO, NO CEREBELO (FIG.: 9.1)

No “cerebelo,” a representação topográfica do corpo humano, pode ser estudada: no “Verme”, na “Zona interhemisférica do hemisfério cerebelar” e “zona hemisférica cerebelar lateral,” (figs.: 01 e 9.1).

No “Verme” (*Vermis*), como ocorre em outras partes do “sistema nervoso central” (Córtex motor, Córtex sensorial, Núcleos da Base, Núcleo Rubro (ou Vermelho) e Formação Reticular), existe uma “representação topográfica das diferentes partes do corpo humano.” Esta disposição é, também, guardada, em relação à: zona interhemisférica do hemisfério cerebelar, localizada, como foi visto, de cada lado do Verme (figs.: 01, 9.1 e 47).

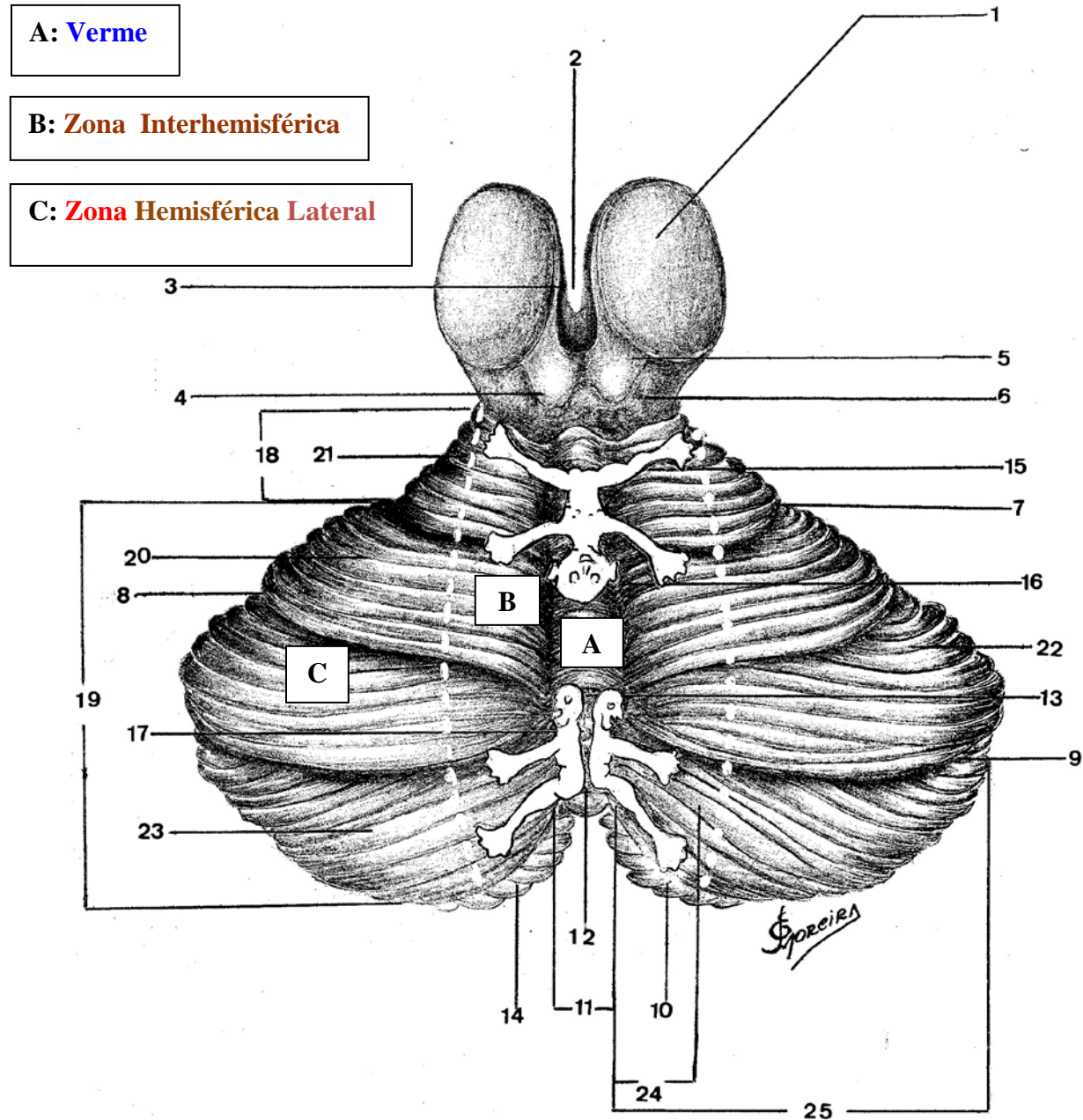
Assim, constatamos que, as regiões axiais (pescoco, parte axial do tronco, ombros e quadril), encontram-se relacionadas, funcionalmente, aos seus respectivos, movimentos musculares, envolvendo o “Verme” (figs.: 1, 9.1, e 47).

Isso significa que, estas regiões anatômicas axiais do corpo, acima citadas e topograficamente relacionadas ao verme, área (A), fig.: 9.1, recebem impulsos aferenciais periféricos dessas áreas, além de receberem aferências das áreas do sistema nervoso central (áreas corticais motoras e do tronco encefálico), reenviando sinais motores, para as mesmas áreas respectivas do córtex motor, áreas do núcleo rubro e núcleos da formação reticular do tronco encefálico.

Da mesma forma, as regiões da “Zona interhemisférica Cerebelar” (área B, fig.: 9.1), ligadas, funcionalmente, às áreas distais dos: membros superiores e inferiores, incluindo, principalmente, as: mãos, dedos, pés e artelhos, recebem impulsos aferenciais periféricos, dessas áreas, além de, receberem, também, aferências motoras centrais (áreas motoras corticais e do tronco encefálico), reenviando sinais motores, para as mesmas e respectivas áreas do córtex motor, núcleos rubros (vermelhos) e núcleos da formação reticular (figs.: 1, 9.1 e 47). A “Zona hemisférica cerebelar lateral” área (C, fig.: 9.1), todavia, a despeito de ser significativamente maior, “não tem representação específica de qualquer região do corpo humano, em termos topográficos”. Entretanto, são áreas que mantêm conexões com áreas de associações do córtex cerebral, ou seja, áreas de associações do córtex frontal, áreas somatossensoriais e de associações do córtex parietal. Talvez resida neste fato, a explicação da função altamente significativa, que a zona lateral dos hemisférios cerebelares desempenham, no planejamento geral dos movimentos seqüenciais motores (figs.: 1, 9.1, 11 e 47) e extremamente delicados.

Assim, o hemisfério lateral, de cada lado, do cerebelo, que constituem o “cérebro-cerebelo” (ou cerebelo telencefálico cortical), recebe informações aferenciais, através de retransmissões, via núcleos pontinos basais (figs.: 42 e 45), participando, desta forma, do “planejamento dos movimentos”.

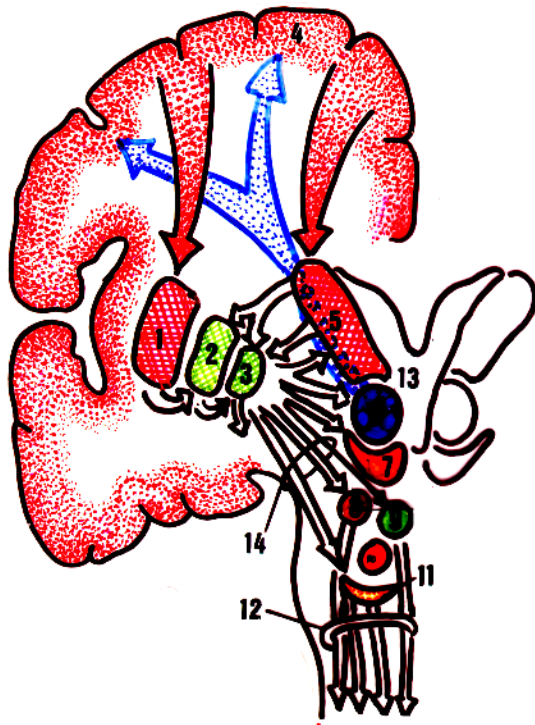
Esta parte do cerebelo, se encontra localizada lateralmente ao espino-cerebelo (paleocerebelo ou cerebelo espinhal), envolvendo, parte do lobo anterior e o lobo posterior (paleocerebelo e cérebro-cerebelo, (figs.: 01, 9.1)). Entretanto, sob o ponto de vista, estritamente anatômico, não existe qualquer estrutura, capaz de delimitar, macroscopicamente, qualquer divisão, entre o hemisfério intermediário do cerebelo espinhal (espino-cerebelo) e os hemisférios laterais do cerebelo. Finalmente, o vestíbulo-cerebelo (figs.: 47 e 49), recebe informações aferenciais do labirinto vestibular, auxiliando na manutenção do equilíbrio e controle da cabeça, do corpo e dos movimentos oculares.



Desenho esquemático, em visão pósterio-superior do Cerebelo, indicando as áreas de suas Divisões Funcionais: Área (A): O Verme (ou vermis), Área (B): Zona Inter-hemisférica e a Área (C): Zona Hemisférica Cerebelar Lateral e a representação Topográfica do Corpo Humano, no Cerebelo.

FIG.: 9.1

Esquema do Reflexo Miotático (Alça Gama)



Legenda:

1. Putame
2. Globo pálido lateral
3. Globo pálido medial
4. Córtex
5. Núcleo caudado
6. Tálamo
7. Hipotálamo
8. Núcleo rubro (vermelho)
9. Núcleo sub-talâmico
10. Formação reticular
11. Substância negra
12. Sist. motores supraespinhais
13. Cavidade do IIIº ventrículo
14. Campos de Forel

SISTEMAS MOTORES SUPRA-ESPINHAIS:

- Trato vestibulo-espinhal
- Trato Reticulo-espinhal
- Trato Tecto - espinhal
- Trato Rubro - espinhal
- Trato Olivo - espinhal

Sistema cortico-estriado-rubro-espinhal

Neurônio Aferente

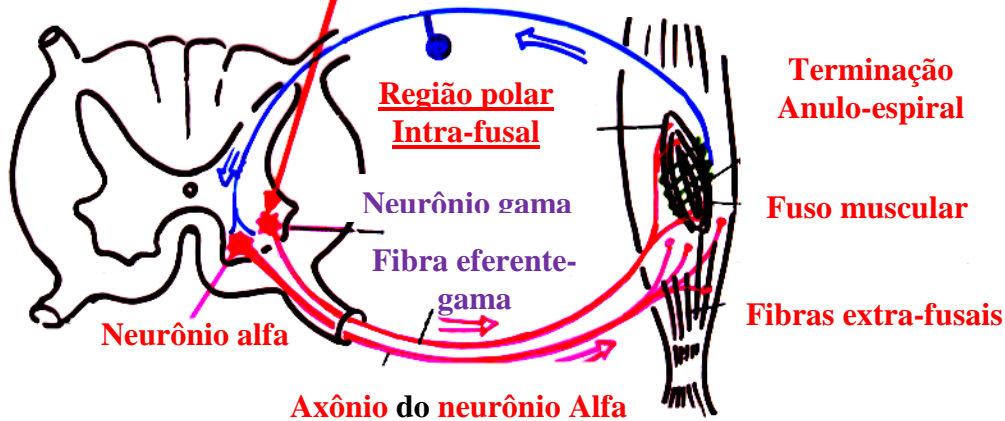


FIG.10

ANATOMIA MACROSCÓPICA DO CEREBELO

Anatomicamente o “cerebelo,” já evoluído e completamente desenvolvido, macroscopicamente, é constituído por uma região ímpar e de localização mediana, conhecida pela denominação anatômica de “verme” ou “vermis”. (figs.: 9.1, 11, 13.4 e 47), no qual, também, encontramos as “dobras ou folhas do cerebelo”, quando este é visto, através de sua face superior e dorsal (figs.: 9.1, 11, 13.2 e 13.4).

Este “verme” (ou *vermis*) encontra-se conectado a duas grandes massas laterais, conhecidas por “hemisférios cerebelares” : direito e esquerdo. (figs.: 01, 9.1, 11, 12, 13, 13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 34 e 47).

A separação, de cada lado, entre o “verme”, em posição ímpar e mediana, e os hemisférios cerebelares (à direita e à esquerda), no sentido vertical longitudinal e visível na superfície supero-dorsal do cerebelo (figs.: 9.1, 11, 13.4 e 47), constitui um sulco, pouco pronunciado, na referida separação. Entretanto, à medida que este “sulco” se aproxima da face póstero-inferior do cerebelo, em ambos os lados, se tornam, progressivamente, mais evidentes, separando, o verme, de suas partes laterais, de cada lado (figs.: 9.1, 11, 12, 47 e 48).

O cerebelo, em sua superfície supero-dorsal, apresenta-se, totalmente formado, pelas dobras (folhas ou fólios) do cerebelo, as quais, se dispõem, principalmente, no sentido transversal do órgão cerebelar (figs.: 11, 13.1, 13.2, 13.3 e 13.4).

No cerebelo, independente dos sulcos, visíveis, entre as dobras ou folhas (ou fólios) cerebelares, encontramos, também, outros sulcos, mais visíveis e, portanto, mais pronunciados, constituindo as “fissuras do cerebelo”. Estas, delimitam os “lobos do cerebelo” (lobo anterior, lobo posterior e lobo flóculo-nódular, (figs.: 01, 9.1, 11, 13.3, 13.4 e 47). Este aspecto, com inúmeros e regulares sulcos transversais, formados pelas folhas ou fólios do cerebelo (fig.: 13.4), podem ser, facilmente, visíveis, na superfície supero-dorsal do órgão e, para se ter uma idéia, da profundidade e organização dos referidos sulcos (entre as folhas cerebelares), o estudo deverá ser realizado em cortes, como mostrados nas figs.: 13.2, 16, 17 e 18). Assim, poderemos constatar que, o “cerebelo,” é formado por um “centro branco medular” (ou corpo medular do cerebelo), a partir do qual, se irradiam as lâminas brancas do cerebelo, envolvidas, externamente, pela camada do córtex cerebelar, constituído, por uma camada fina de substância cinzenta (córtex do cerebelo), (figs.: 13.2, 16, 17, 18, 32, 33 e 40). Este “corpo medular”, associado às lâminas brancas, em preparações de cortes sagitais do cerebelo (fig.: 13.2), recebem a denominação de “árvore da vida” (figs.: 13.2, 32 e 33). No estudo da estrutura do cerebelo, como foi comentado, na descrição de seu desenvolvimento ontogenético, encontramos quatro (04) pares de “núcleos profundos”, formados por substância cinzenta e conhecidos por: “Núcleos centrais do cerebelo”, ou seja: Núcleos: denteado (relacionado ao neocerebelo), emboliforme e globoso, os quais são conhecidos em seu conjunto por núcleo interpósito, (relacionados ao paleocerebelo) e o núcleo fastigial, (relacionado ao arquicerebelo). Destes núcleos, o núcleo denteado, de localização mais lateral e relacionado ao neocerebelo, é de forma intensamente pregueada e de significativo volume. Os “núcleos emboliforme e globoso,” também, conhecido por “núcleo

interpósito”, se localizam , em seu conjunto, de cada lado, entre os: núcleos, denteado, lateralmente e o núcleo fastigial, medialmente. Finalmente o núcleo fastigial, localizando-se, um em cada lado, da linha média (fig.: 34).

Quanto aos “lóbulos” e “fissuras” do “cerebelo”, é assunto extremamente polêmico e confuso e com significativas divergências de opiniões, entre os diversos autores. Entretanto, podem ser estudados, de forma sintética, na seguinte ordem:

No verme (*vermis*), encontramos a “lingula”, o lóbulos central, o cúlmen, o declive, o folium, o tuber, a pirâmide a úvula e o nódulo (figs.: 9.1, 11, 12, 13, 47, 48 e 49). Nos hemisférios cerebelares, encontramos: a asa do lóbulos central, parte anterior do lóbulos quadrangular , lóbulos semi-lunar superior, lóbulos semilunar inferior, lóbulos biventre, tonsila e flóculo (figs.: 11, 12, 13, 47, 48 e 49).

Quanto às “fissuras”, temos as seguintes: Fissura primária (ou prima) (figs.: 9.1, 11, 13 e 47). Fissura pósterosuperior (figs.: 13.4, 11 e 47). Fissura horizontal (figs.: 11 e 47). Fissura secunda, fissura pósterolateral, fissura pré-culminar (ou précúlmen), fissura pré-piramidal, fissura pós-piramidal (figs.: 11, 12, 13, 47, 48 e 49).

Finalmente, quanto aos “lobos cerebelares”, encontramos, morfologicamente, três lobos, ou seja:

- Lobo anterior (figs.: 01, 11, 13.1 13.2. 13.3. 33 e 40).
- Lobo posterior (figs.: 01, 9.1, 11, 13.1, 13.2, 13.4, 42, 45 e 47)
- Lobo flóculo-nodular: (figs.: 01, 12, 13.1, 13.2, 13.4, 48 e 49).

A divisão do cerebelo em “lóbulos”, não apresenta qualquer significado funcional, sendo, portanto, apenas uma divisão acadêmica. Todavia, as divisões, quanto à filogenia e quanto à ontogenia do órgão, já apresentadas , envolvem significativas funções.

LARSSSEL, em sua proposta de divisão do cerebelo, baseada na ontogenia do órgão e, considerando que, a primeira fissura a aparecer, durante os períodos ontogenéticos, é a fissura pósterolateral, divide o cerebelo, em duas partes extremamente, desiguais, ou seja:

1º) – O lobo flóculo-nodular, estruturado pelo flóculo e pelo nódulo. (fig.: 01, 05 e 13)
2º) – O corpo do cerebelo, constituído, por toda a parte restante do cerebelo. Entretanto, pelo surgimento posterior da fissura prima (figs.: 11 e 47), o corpo do cerebelo, foi dividido em: Lobo anterior e lobo posterior (figs.: 1, 9.1, 11, 47. 48 e 49). Portanto, sob o ponto de vista ontogenético, temos a seguinte divisão:

- Corpo do cerebelo (com seus lobos: anterior e posterior)
- Flóculo-nódulo

Sob o ponto de vista filogenético, conforme já relatado no texto, temos a seguinte divisão:

- Primeira fase (ciclóstomos): relacionada ao lobo flóculo-nodular ou “arquicerebelo”
- Segunda fase (peixes): relacionada ao “paleocerebelo”, com o lobo: anterior, a piramidal e a úvula, também, conhecido por “espino-cerebelo”.
- Terceira fase (mamíferos), relacionada ao neocerebelo (ou cérebro-cerebelo) ou cerebelo cortical.

Visão Súpero dorsal do Cerebelo, Parte do Mesencéfalo e do Tálamo.

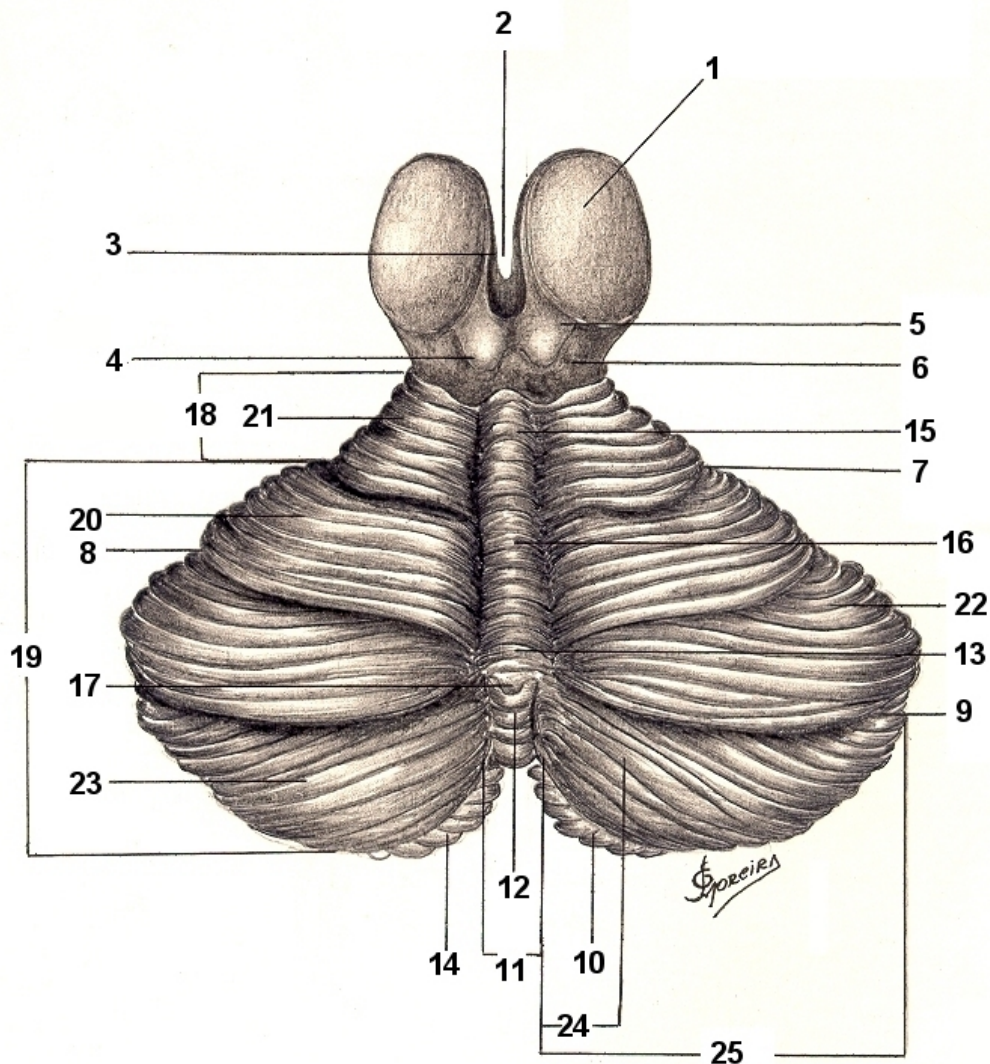


FIG.: 11

LEGENDA:

1. Tálamo. - **2. IIIº Ventrículo.** - **3. Estria Medular.** - **4. Colículo superior.** - **5. Braço do colículo superior.** - **6. Mesencéfalo.** - **7. Fissura prima.** - **8. Fissura pótero-superior.** - **9. Fissura horizontal.** - **10. Fissura secunda.** - **11. Verme.** - **12. Pirâmide do verme.** - **13. Fólio do verme.** - **14. Tonsila cerebelar.** - **15. Culmen.** - **16. Declive.** - **17. Tubérculo do verme.** - **18. Lobo anterior.** - **19. Lobo posterior.** - **20. Lóbulo simples.** - **21. Lóbulo quadrangular.** - **22. Lóbulo semilunar superior** - **23. Lóbulo semilunar inferior.** - **24. zona interhemisférica, do hemisfério cerebelar.** - **25. Hemisfério Cerebelar.**

Visão Anterior do Tronco Encefálico, Parte da Medula e Parte do Cerebelo.

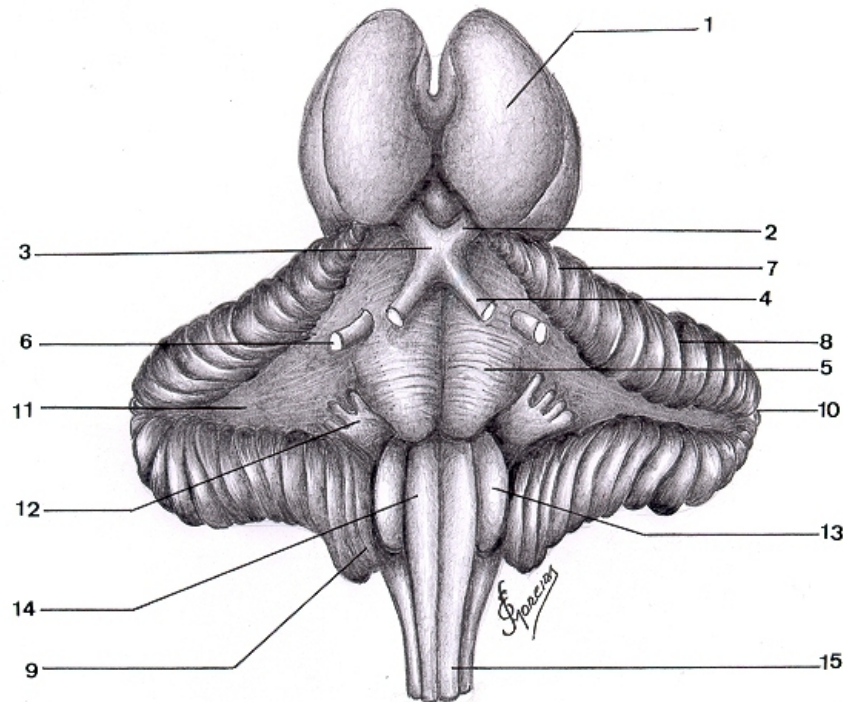


FIG.: 12

LEGENDA

1. Putâmen
2. Trato óptico
3. Quiasma óptico
4. Nervo óptico
5. Ponte
6. Raízes: motora e sensorial do nervo Trigêmeo
7. Fissura prima
8. Fissura póstero-superior
9. Fissura secunda
10. Fissura horizoantal
11. Pedúnculo cerebelar médio
12. Regiões terminais do Flóculo (de ambos os lados)
13. Oliva bulbar
14. Pirâmide
15. Medula espnhal.

Visão Anterior do Cerebelo, após a ressecção do Tronco Encefálico e do Putamen, mostrando, seccionados, os três pedúnculos cerebelares (Superior, Médio e Inferior) e a face profunda do Cerebelo.

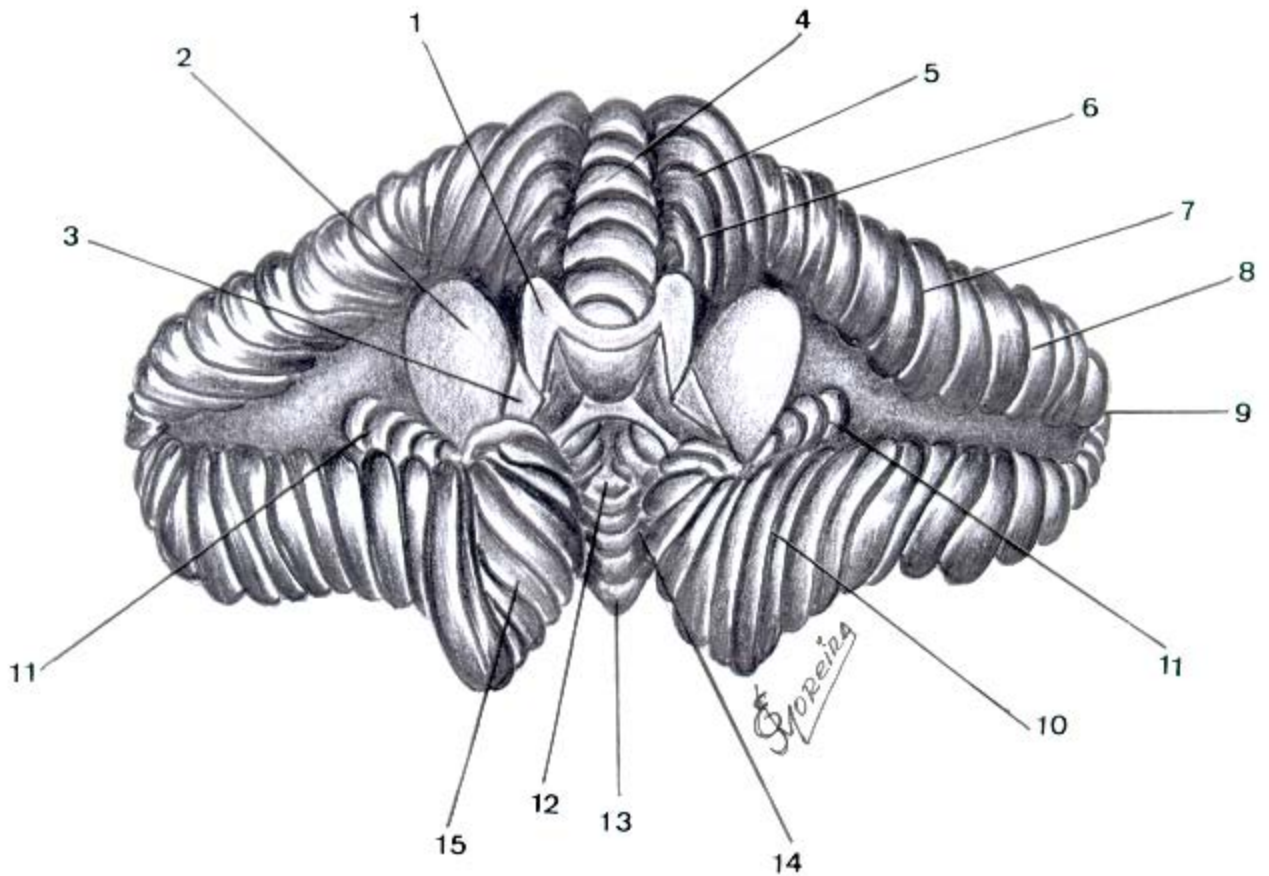


FIG.: 13

Legenda

1. Pedúnculo Cerebelar Superior
2. Pedúnculo Cerebelar Médio
3. Pedúnculo Cerebelar Inferior
4. Culmen no Vermis
5. Fissura pré-culmen
6. Língula
7. Fissura prima
8. Fissura pósterio-superior
9. Fissura horizontal
10. Fissura secunda
11. Flóculo
12. Nódulo
13. Úvula
14. Fissura pósterio-lateral
15. Tonsila

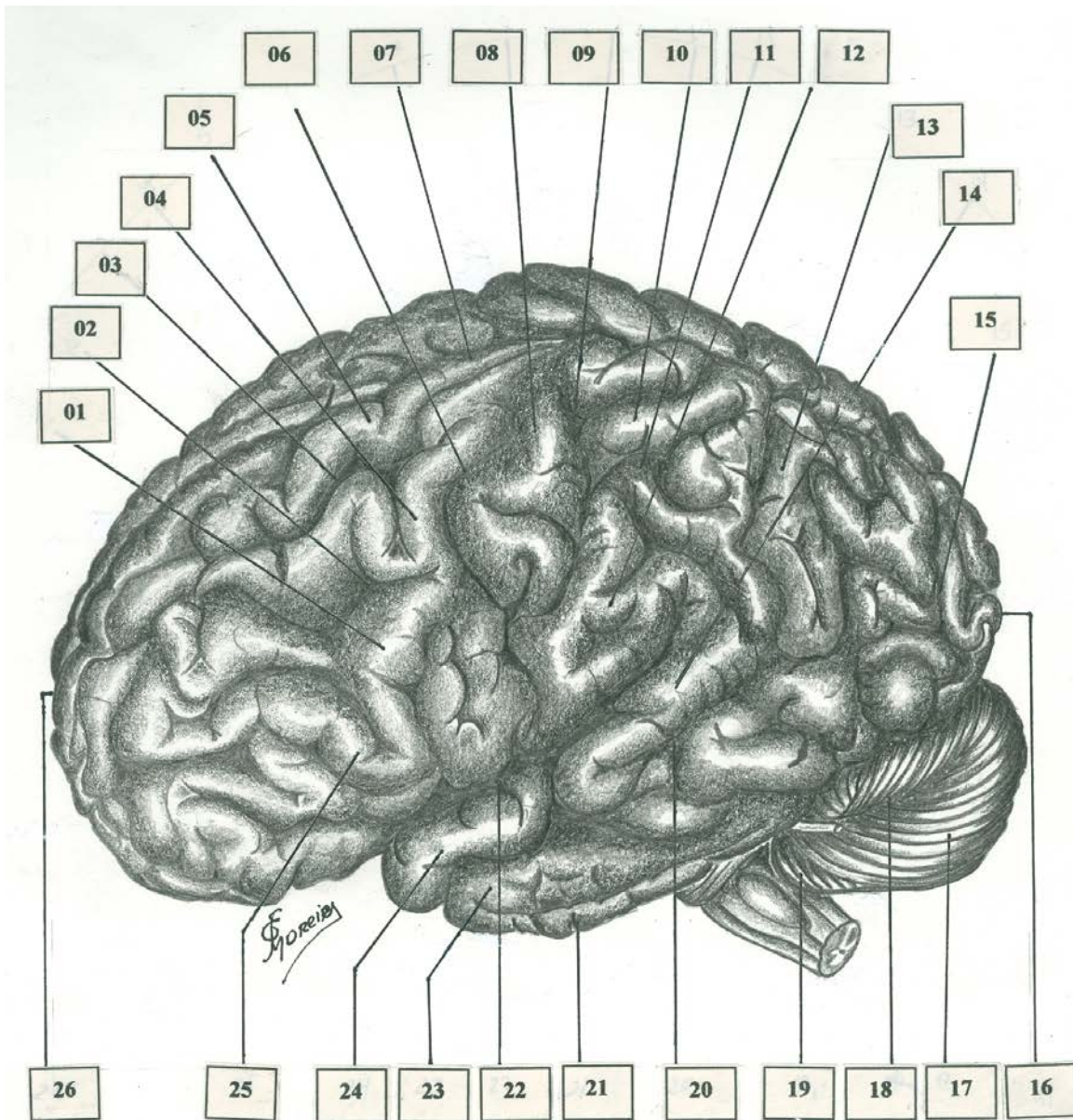


FIG. 13.1

Face supero-lateral do hemisfério cerebral esquerdo, visão lateral do hemisfério cerebelar esquerdo e visão parcial do tronco encefálico.

LEGENDA DA FIGURA: 13.1

FACE SÚPERO-LATERAL DE UM DOS HEMISFÉRIOS CEREBRAIS).

- 01 – Giro pré-central (G.P.C.)
- 02 – Sulco frontal inferior (S.F.I.)
- 03 – Sulco frontal superior (S.F.S.)
- 04 – Giro pré-central (G.P.C.)
- 05 – Giro frontal superior (G.F.S.)
- 06 – Sulco central (S.C.)
- 07 – Fissura longitudinal cerebral (F.L.C.)
- 08 – Giro pós-central (G.P.C.)
- 09 – Sulco pós-central (S.P.C.)
- 10 – Lóbulo parietal superior (L.P.S.)
- 11 – Sulco intraparietal (S.I.P.)
- 12 – Giro supra-marginal (G.S.M.)
- 13 – Giro angular (G.A.)
- 14 – Giro temporal superior (G.T.S.)
- 15 – Sulco lunatus (S.L.)
- 16 – Lobo occipital (L.O.)
- 17 – Vista lateral do cerebelo (V.L.C.)
- 18 – Fissura horizontal do cerebelo (F.H.C.)
- 19 – Flóculo do cerebelo (F.C.)
- 20 – Sulco temporal superior (S.T.S.)
- 21 – Giro temporal inferior (G.T.I.)
- 22 – Sulco lateral (seu ramo posterior) (S.L.R.P.)
- 23 – Giro temporal médio (G.T.M.)
- 24 – Lobo temporal (L.T.)
- 25 – Giro frontal inferior (G.F.I.)
- 26 – Lobo frontal (L.F.)

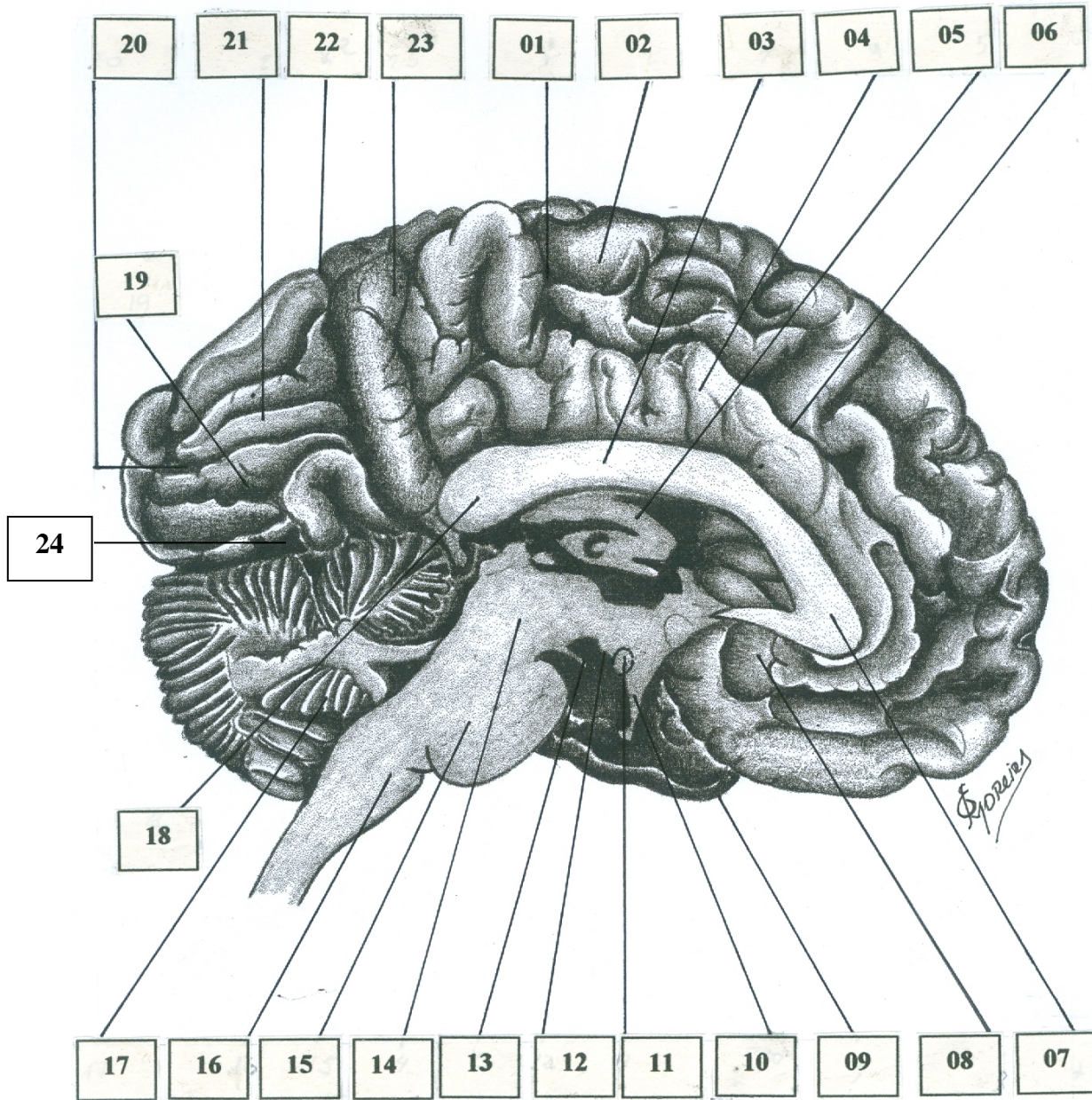


FIG. 13.2

Face medial do hemisfério cerebral esquerdo, visão medial do hemisfério cerebelar Esquerdo e as vesículas do tronco encefálico: mesencéfalo, ponte e medula oblonga.

LEGENDA DA FIGURA: 13.2

(FACE MEDIAL DE UM HEMISFÉRIO CEREBRAL DO ENCÉFALO)

- 01 – Sulco central (S.C.)
- 02 – Lóbulo para-central (L.P.C.)
- 03 – Tronco da comissura do corpo caloso (T.C.C.C.)
- 04 – Giro do cíngulo (G.C.)
- 05 – Fornix (ou fórnice) (F.)
- 06 – Sulco do cíngulo (S.C.)
- 07 - Joelho do corpo caloso (J.C.C.)
- 08 – Comissura anterior (C.A.)
- 09 – Lobo temporal (L.T.)
- 10 – Hipófise e haste hipofisária (H. H.H.)
- 11 – Corpo mamilar (C.M.)
- 12 – Sulco hipotalâmico
- 13 – Nervo óculo-motor (N.O.M.)
- 14 – Mesencéfalo (M)
- 15 – Ponte (P)
- 16 – Medula oblonga (M.O.)
- 17 – Cerebelo (C)
- 18 – Esplênio do corpo caloso (E.C.C.)
- 19 – Giro longual (G.L.)
- 20 – Sulco calcarino (S.C.)
- 21 – Cúneo (C)
- 22 – Sulco parieto-occipital (S.P.O.)
- 23 – Pré-cúneo (P.C.)
- 24 - Tenda do Cerebelo

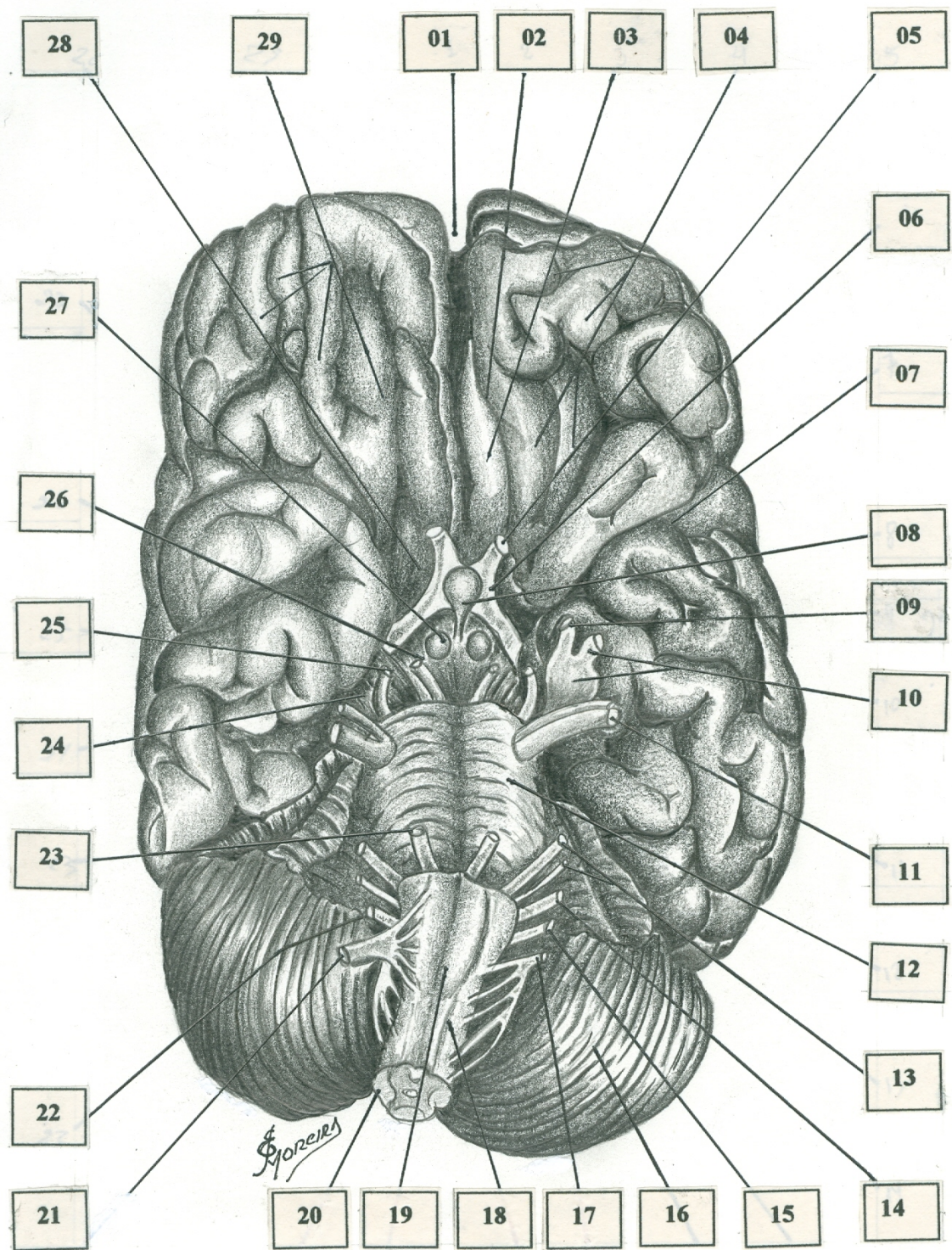


FIG. 13.3

Face inferior (ou base) dos hemisférios cerebrais, face ventro-lateral do tronco encefálico, face pósterio-inferior do cerebello e as origens aparentes de diversos nervos cranianos.

LEGENDA DA FIGURA: 13.3

VISTA INFERIOR (OU BASE) DO ENCÉFALO

- 01 – Fissura longitudinal cerebral (F.L.C.)
- 02 – Sulco olfativo (ou olfatório) (S.O.)
- 03 – Giro reto (G. R.)
- 04 – Giros orbitários (G.O.)
- 05 – Nervo óptico, seccionado logo após o quiasma óptico.
- 06 – Quiasma óptico (Q.O.)
- 07 – Sulco lateral (S.L.)
- 08 – Hipófise e haste hipofisária (H.H.H.)
- 09 – Raiz oftálmica do nervo trigêmeo, seccionada (R.O.T.)
- 10 – Raiz maxilar do nervo trigêmeo, seccionada (R.M.T.)
- 11 – Raiz motora do nervo trigêmeo (R.M.T.)
- 12 – Ponte (P)
- 13 – Nervo facial: raiz motora e raiz sensorial (N.F.R.M.S)
- 14 – Nervo vestibulo-coclear (VIII nervo craniano) (V.C.)
- 15 – Nervo glossofaríngeo (N.G.F.)
- 16 – Hemisfério cerebelar, visto por sua face inferior.(H.C.)
- 17 – Nervo acessório espinhal (N.A.E.)
- 18 – Sulco lateral anterior do tronco encefálico (S.L.A.)
- 19 – Pirâmide bulbar (P.B.)
- 20 – Medula cervical proximal (M.C.P.)
- 21 – Nervo hipoglosso (XIIº nervo craniano) (N.H.)
- 22 – Nervo vago (N.V.) (Xº nervo craniano)
- 23 – Nervo abducente (VIº nervo craniano)(N.A.)
- 24 – Pedúnculo cerebral P.C.)
- 25 – Nervo troclear (IVº nervo craniano) (N.T.)
- 25 – Substância perfurada anterior (S.P.A.)
- 27 – Corpo mamilr (C.M.)
- 28 – Área das três estrias olfatórias (trígono olfatório) (T.O.)
- 29 – Giros orbitários (G.O.).

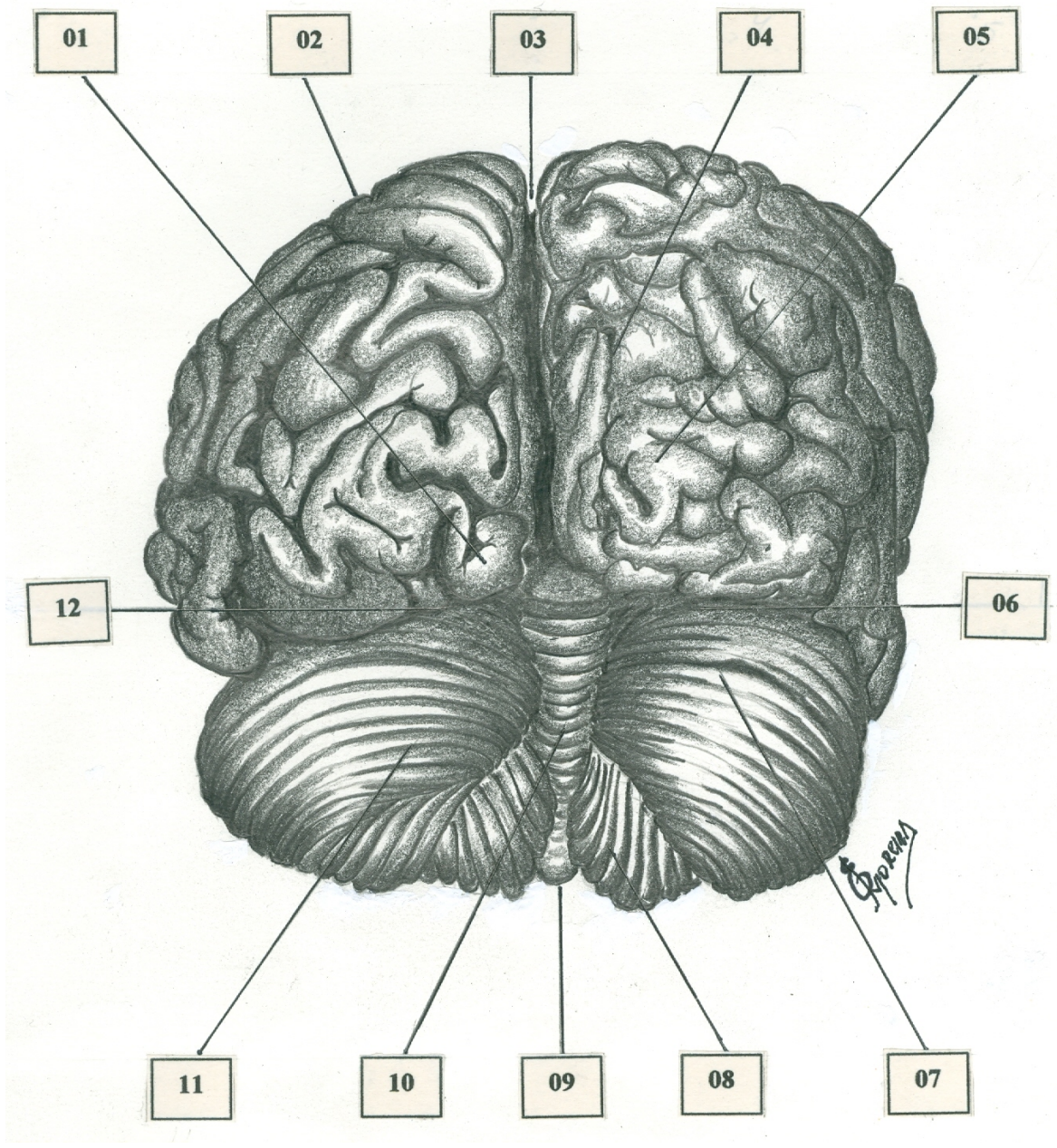


FIG. 13.4

Vista posterior dos hemisférios cerebrais e do cerebelo, hemisférios Cerebelares direito e esquerdo, e o vermis, as tonsilas e a úvula.

(LEGENDA DA FIGURA: 13.4)

(VISTA POSTERIOR DO ENCÉFALO)

- 01 – Polo occipital esquerdo (P.O.E.)
- 02 – Hemisfério cerebral esquerdo (H.C.E.)
- 03 – Fissura longitudinal cerebral (F.L.C.)
- 04 – Sulco parieto-occipital (S.P.O.)
- 05 – Lobo occipital (L.O.).
- 06 – Espaço telencéfalo-cerebelar, ocupado pela prega da Dura-máter, constituindo a “tenda do cerebelo”.(T.C.)
- 07 – Fissura horizontal do cerebelo (F.J.C.)
- 08 – Tonsilas (T.)
- 09 – Úvula (U)
- 10 – *Vermis* (ou verme) do cerebelo
- 11 – Hemisfério cerebelar esquerdo (H.C.E.)
- 12 – Espaço telencéfalo-cerebelar ocupado pela prega da Dura máter, constituindo e ocupado pela “tenda do Cerebelo”.

CEREBELO: ÓRGÃO DO SISTEMA NERVOSO SUPRA-SEGMENTAR.

No desenvolvimento do trabalho sobre “Tronco Encefálico” e de sua influência nos movimentos oculares, enfatizamos ser o “tronco encefálico, um órgão, também, segmentar, em função do aparecimento dos arcos branquiais, na fase do desenvolvimento ontogenético, com profundas modificações, no segmento proximal da extremidade anterior do tubo digestivo e ulterior formação das bolsas faríngeas, sulcos faríngeos e conseqüentes arcos branquiais.”

Assim, os órgãos, que fazem parte, do sistema nervoso supra segmentar (considerando segmentar, também, o tronco encefálico), são: o “Cérebro e o Cerebelo”.

Ambos (cérebro e cerebelo), apresentam estruturas anatômicas semelhantes, todavia, funcionalmente, significativamente, diferentes.

“O Cérebro,” é constituído pelos dois telencéfalos e pelo diencefalo”. Os telencéfalos, possuem um córtex de estrutura, consideravelmente complexa e delicada, localizado, periféricamente e têm, em sua parte central, o conjunto de axônios mielinizados, formadores do “Centro Branco Medular”, no qual, se encontram, também, as massas de substância cinzenta, conhecidas por “Núcleos da Base”. O “Cerebelo,” também, possui um “córtex periférico”, porém mais simples, que envolve o “Corpo Branco Medular do Cerebelo, em cada hemisfério cerebelar, no qual, se localizam os “Núcleos Centrais ou profundos do cerebelo, em cada lado (fig.: 34).

Todavia, funcionalmente, o “Cérebro,” é um centro superior, altamente desenvolvido e dotado de funções superiores e do “Sistema Nervoso Voluntário”, portanto, consciente. O “Cerebelo,” é de natureza inconsciente e involuntária, que se envolve, com os fenômenos de natureza motora e semi-automáticos e, provavelmente, também, no campo cognitivo.

O cerebelo, recebe aferências do córtex cerebral motor e dos sistemas sensoriais, através, respectivamente, de vias aferenciais centrais (motoras) e aferenciais periféricas (sensoriais), exercendo, todavia, “influência” (e não, ação) de natureza, essencialmente, motora, sobre os músculos estriados esqueléticos. Assim, coordena os tônus musculares, em relação ao equilíbrio, à locomocão e movimentos de grupos musculares, principalmente, nas fases de: desenvolvimento e término de um eventual movimento. Além disso, sincroniza o funcionamento semi-automático dos músculos ou grupos musculares em ação. Essa “influência” sobre os semi-automatismos, torna-se mais importante, no “desenvolvimento dos movimentos voluntários,” que se sucedem em três fases: “início” (com discreta “influência” do cerebelo), “desenvolvimento” e “término do movimento”.”

Nessa seqüência, o “cerebelo” participa, principalmente, nas fases de: “desenvolvimento”, “equilíbrio postural” e fase final do evento motor (término), pouco se envolvendo, como dissemos, com os fenômenos morfo-funcionais do “início voluntário” do referido movimento, em seu planejamento central, relacionado principalmente, às “alças límbicas”.

Considerando o que foi acima explicitado, é possível deduzir que, em casos de lesões cerebelares, os distúrbios, relacionar-se-ão, não, com paralisias ou paresias e,

sim, com a execução anormal, de um evento motor. Neste caso, poderemos ter, desde as instabilidades posturais, retardos do “início” ou “término” dos movimentos, problemas, direcionais, incoordenações, irregularidades no aprendizado dos movimentos, dificuldade para realizar movimentos repetitivos e contínuos até a falta de plasticidade para a realização dos diversos movimentos.

CITOARQUITETURA DO CEREBELO

Em sua estrutura citoarquitetural, o “cerebelo” possui o mesmo número de camadas, em todas as folhas e lobos: “Camada molecular,” “camada de células de Purkinje” e “Camada Granular (fig.: 14). Assim, diferencia-se, substancialmente, da citoarquitetura cerebral, na qual, não encontramos essa identidade de camadas, em todas as regiões, pois, no cérebro, existem regiões, com o número diferenciado, de camadas, ou seja: isocórtex (seis camadas), alocórtex (duas camadas) e mesmo com três até cinco camadas (mesocórtex).

Assim, da “superfície, para a profundidade do cerebelo”, as camadas se sucedem, na seguinte ordem: (fig.: 14): 1^a) – Camada Molecular (superficial) 2^a) – Camada de Células de Purkinje (intermédia). 3^a) - Camada Granular (profunda).

1^a) – CAMADA MOLECULAR (SUPERFICIAL): FIG.: 14

A “Camada Molecular” (fig.: 14), a mais superficial do cerebelo, é formada, essencialmente, por “fibras paralelas,” representadas pelos axônios das células granulares da camada granular (a camada mais profunda), as quais, ao atingirem essa camada molecular, em seu trajeto, em direção à superfície do órgão, dicotomizam-se, afastando-se, para ambos os lados, um ou dois milímetros, paralelamente à superfície do órgão, na camada molecular, na qual, estabelecem sinapses excitatórias, com: os dendritos das células de Purkinje (camada intermédia), com os dendritos das células estreladas e dendritos das “células em cesto”. As duas últimas citadas, localizam-se, também, nessa camada molecular (fig.: 14).

Nessa camada molecular, na qual, são encontrados, poucos neurônios, as células neuronais de maior importância, são as “Células em cesto”. Essas, recebem esta denominação (em cesto), porque seus axônios, ao se dirigirem à camada das células de Purkinje, ali terminam, em forma de “cestos”, envolvendo os corpos das células de Purkinje, em sinapses inibitórias (fig.: 14). As células estreladas, são interneurônios inibitórios, que exercem suas sinapses inibitórias, nos dendritos das células de Purkinje.

Conseqüentemente, cada axônio das “Células em cesto, inibitórias”, torna-se capaz de unir diversos “corpos celulares” das células de Purkinje, em fileiras

paralelas à superfície do órgão, podendo estender-se através de dez células de Purkinje (fig.: 14).

2ª) – CAMADA DE CÉLULAS DE PURKINJE (INTERMÉDIA): FIG.:14

Essa camada celular, é formada por uma fileira de corpos de células de Purkinje, constituindo uma camada monocelular, localizada, entre a camada molecular, superficialmente e a camada granular, profundamente (fig.: 14).

As “Células de Purkinje,” são neurônios de grande tamanho, piriformes, cujos dendritos, profusamente ramificados, distribuem-se em direção à “camada molecular”, superficial, na qual, estabelecem sinapses, com as “ fibras paralelas” dessa camada molecular superficial e, das quais, recebem impulsos excitatórios, além dos impulsos recebidos das “células em cesto e estreladas” inibitórias. Recebem, também, estímulos excitatórios das fibras trepadeiras, oriundas do complexo olivar bulbar inferior contralateral, do tronco encefálico, as quais, em seu trajeto ascendente ao cerebelo (fibras olivo-cerebelares), atravessam as camadas do córtex cerebelar, para terminarem, em sinapses, com os dendritos destas células de Purkinje, em plena camada molecular, nos quais se “enrolam”, como verdadeiras trepadeiras, d’aí seu nome: “Fibras Trepadoras ou trepadeiras” (fig.: 14). Cada fibra trepadora, repetimos, estabelece sinapses com 10 células de Purkinje, na camada molecular e, em cada célula de Purkinje, estabelece sinapses, tanto no soma celular, como em seus dendritos, numa quantidade, em torno de 300 sinapses, com cada célula. No total, cada fibra trepadeira, estabelece sinapses com as dez (10) células de Purkinje, ou seja: 3.000 sinapses. Não podemos nos esquecer que possuímos em torno de 30 milhões de Unidades funcionais dessas células de Purkinje (fig.: 14).

Os axônios das células de Purkinje, de natureza inibitória (fig.: 14), projetam-se, em direção aos núcleos centrais do cerebelo. Entretanto, alguns desses axônios, principalmente, em se tratando do arquicerebelo, se dirigem, diretamente, aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, conduzindo, em ambas as condições, as informações operacionalizadas no cerebelo. Esta condição anatômica especial, reveste os núcleos vestibulares de funções semelhantes às funções dos núcleos profundos do cerebelo, principalmente, em relação às conexões do núcleo fastigial do arquicerebelo (fig. 37).

Nesse trajeto dos referidos axônios, alguns emitem ramos colaterais, ainda em seu trajeto intracerebelar, que retornam ao córtex cerebelar, no qual, exercerão ações inibitórias, sobre outros interneurônios cerebelares.

As células de Purkinje, juntamente, com as “células dos núcleos profundos do cerebelo”, constituem as “Unidades Funcionais do Cerebelo”, no qual, enfatizamos, funcionam com, 30 (trinta) milhões de Unidades Funcionais Cerebelares, aproximadamente.

Os axônios das células de Purkinje, conduzindo todas as mensagens computadas no córtex cerebelar, constituem as “linhas de saída do córtex-cerebelar”,

em direção aos núcleos profundos do cerebelo, ou seja: núcleo fastigial (para o arquicerebelo), núcleo interposito (emboliforme e globoso), para o paleocerebelo) e seus neurônios. Assim, os neurônios destes núcleos profundos, descarregam seus potenciais de ação, como “o resultado da ação inibitória, das células de Purkinje associado aos estímulos excitatórios das fibras musgosas, (da medula, da formação reticular e dos núcleos pontinos”).

Por outro lado, as informações que se dirigem ao córtex cerebelar (linhas de entrada do córtex cerebelar), para se transformarem em “mensagens computadas no córtex cerebelar”, são conduzidas ao referido córtex cerebelar, através de tres tipos de fibras aferentes ao córtex cerebelar, ou seja: 1º - fibras trepadeiras e 2º - fibras musgosas e 3º - fibras monoaminérgicas (figs.: 14, 15, 16, 17 e 18).

1ª) – As fibras trepadeiras, com suas origens no complexo nuclear olivar bulbar inferior, que penetram no hilo do cerebelo contralateral e se dirigem ao córtex cerebelar, passando, antes, pelo “corpo branco medular do cerebelo”, no qual encaminham colaterais excitórias, para os núcleos centrais do cerebelo. Em seguida, estas fibras progridem através das camadas do córtex cerebelar, atravessando, sucessivamente, as camadas das células granulares (camada granular), a seguir a camada de células de Purkinje (camada celular) e, finalmente alcançam a camada molecular do córtex cerebelar, na qual, envolverão os dendritos das células de Purkinje, em sinapses excitórias (figs.: 14, 21, 22 e 45).

2º) – As fibras musgosas, constituem um extraordinário conjunto de fibras, que se dirige ao “cerebelo”, cujas origens, podem ser de qualquer região anatômica, porém, com uma exceção : que não tenham, suas origens, no complexo nuclear olivar bulbar inferior.

Estas fibras musgosas, se ramificam profusamente, estabelecendo sinapses, com as pequeníssimas células granulares, da “camada granular” do córtex cerebelar (fig.: 14) . Estas células granulares, constituem as únicas células excitórias, genuinamente, do cerebelo (fig.: 14), estando localizadas, na camada granular, a camada mais profunda do cerebelo (figs. 14, 20, 32, 33, 37, 40, 42 e 45).

Os axônios destas células granulares do cerebelo (camada profunda granular do córtex cerebelar), se dirigem à camada molecular (a mais superficial) passando, através, da camada das células de Purkinje, bifurcando-se, a seguir, num comprimento de, aproximadamente, 1 (um) milímetros, para cada lado, na camada molecular (superficial) constituindo, assim, as “fibras paralelas”, desta camada molecular, as quais, estabelecerão sinapses excitórias, com os dendritos das células de Purkinje, com os dendritos das células estreladas e com as células em cesto, desta camada molecular. São estas, as chamadas “sinapses em cruzamento” (fig.: 14).

Os axônios das células em cesto, de natureza inibitória, localizadas na camada molecular do córtex cerebelar, estabelecem conexões sinápticas, com o soma (ou corpo), das células de Purkinje, da camada celular. Em geral, uma só célula em cesto, é capaz de se relacionar, sinápticamente, com dez (10) células de Purkinje (fig. 14)

Finalmente, estabelecem sinapses, entre colaterais das fibras musgosas e as células de Golgi, também, de natureza inibitória. Das células em cesto, originam-se colaterais, para sinapses, com as próprias células granulares. O envolvimento das sinapses reunindo: as células de Golgi, células granulares e fibras musgosas, constituem, o que denominamos, em neuro-fisiologia: glomérulo cerebelar (fig.: 14).

Assim, no córtex cerebelar, encontramos os: interneurônios inibitórios: (células estreladas, células em cesto e células de Golgi), havendo apenas um único tipo de célula excitatória no cerebelo, ou seja: as células granulares, que figuram no córtex cerebelar, numa quantidade, em torno de: quinhentos milhões de unidades. Alias, no córtex cerebelar, encontramos, em torno de: aproximadamente, trinta milhões de células de Purkinje, duzentos milhões, entre as células estreladas e em cesto e, em torno de quinhentos milhões para as células granulares (fig.: 14).

Portanto, as eferências do córtex cerebelar, são constituídas pelo conjunto dos axônios das células de Purkinje, enquanto as eferências do cerebelo, propriamente ditas, são formadas, pelo conjunto dos axônios das células dos núcleos profundos do cerebelo (fig.: 14).

Portanto, a “linha de entrada” das fibras musgosas (excitatórias) é extremamente diversificada e de grande poder excitatório, determinando, tanto excitações, como inibições.

A “linha de entrada” das fibras trepadeiras, é uma excitação direta monossináptica (sinapses apenas das células de Purkinje), com obstáculos.

Por outro lado, a única “via de saída do córtex cerebelar”, é representada pelos axônios das células de Purkinje, cuja principal função é de “inibir os neurônios nucleares dos núcleos cerebelares centrais, preliminarmente, excitados, pelas próprias colaterais, das fibras trepadeiras e fibras musgosas, já comentadas.”

Estas considerações levam à conclusão de que, no córtex cerebelar, as únicas células excitatórias, são as células granulares, que, por sinal, são os menores neurônios do corpo humano. Os demais neurônios do córtex cerebelar (interneurônios), são todos inibitórios, por natureza, inclusive, é claro, as células de Purkinje, de natureza inibitória.

Este “domínio de inibições do córtex cerebelar” é de extrema importância, na operação computacional do córtex cerebelar, pelo fato de que, as ações inibitórias de entrada, evitam as prolongadas trepidações sinápticas de neurônios excitatórios. Conseqüentemente, rapidamente os trabalhos de computação de uma série de informações do córtex cerebelar, são operacionalizadas, ficando o córtex cerebelar, rapidamente livre e limpo, a espera da próxima computação informativa.

Esta condição de “rapidez da limpeza do córtex cerebelar”, de forma automática, é de fundamental importância, principalmente nos mecanismos morfo-funcionais e execução de movimentos extremamente rápidos e complexos e nas correções de erros motores.

Assim, se observarmos atentamente a figura nº 14, constataremos que, uma entrada de fibra musgosa, excita um feixe de células granulares e respectivas fibras paralelas, provocando, na célula de Purkinje, diretamente, uma excitação e, simultaneamente, uma inibição de ambos os lados das células de Purkinje, pois, as mesmas fibras paralelas excitatórias, também, estimulam as células estreladas e as células em cesto. Estas (células estreladas e em cesto), sendo interneurônios inibitórios de natureza), claro, exercerão ações inibitórias de cada lado, sobre a mesma célula de Purkinje, que está sendo excitada no mesmo momento, pelas fibras paralelas, (axônios das células granulares excitatórias).

Além disso, as células de Golgi, também, inibitórias, poderiam exercer esta ação, sobre as mesmas células, num processo de retro-alimentação negativa, no nível das células granulares.

3º- Fibras Monoaminérgicas: São fibras do sistema modulador extratatalâmico cortical, conhecidas por “Fibras Serotoninérgicas, fibras norepinefrínicas e fibras histaminérgicas. As fibras serotoninérgicas, nas quais o neurotransmissor, é a “serotonina” e as “fibras norepinefrínicas”, nas quais o neurotransmissor é a norepinefrina, há um processo de inibição das Células de Purkinje do cerebelo às ações excitatórias das “fibras paralelas”. No caso das fibras histaminérgicas, estas projeções, com suas origens hipotalâmicas ventro-posteriores, coordenam as funções somatomotoras e viscero-motoras (figs.: 16, 17 e 18). O neurotransmissor, nestes casos é a “histamina”.

3ª) – CAMADA GRANULAR (CAMADA PROFUNDA): FIG.: 14

Os “principais neurônios” da “camada granular do cerebelo,” são as “Células Granulares” (ou Grânulos do cerebelo). São as únicas células excitatórias do cerebelo (fig.: 14)

São as menores células do corpo humano, apresentando vários dendritos, em sinapses excitatórias, com os ramos das fibras musgosas do cerebelo e em sinapses inibitórias, com os axônios das “Células de Golgi”, também, presentes, nesta camada granular (fig.: 14), constituindo, assim, o chamado “Glomérulo Cerebelar” (fig.: 14). Seus axônios, se dirigem à camada molecular, na qual, se bifurcam, em “T”, correndo, seus ramos divergentes, paralelamente à superfície do órgão, em uma extensão, em torno de, poucos milímetros (um ou dois milímetros), estabelecendo as sinapses, já comentadas em epígrafe, com as “células de Purkinje”, com as células em cesto e com as células estreladas. As células de Golgi, também, presentes nesta camada granular, articulam-se, através de seus dendritos, com as “fibras Musgosas, trepadoras e paralelas”, em sinapses excitatórias, enquanto seus respectivos axônios, se distribuem, na camada das células de Purkinje e na própria camada granular, em sinapses inibitórias, com os dendritos das células granulares (fig.:14). Segundo informações de diversos pesquisadores, como já comentamos, há pouco, possuímos em torno de 500 bilhões de células granulares, em nosso cerebelo, sendo todas excitatórias.

4º) – CORPO BRANCO MEDULAR DO CEREBELO:

O “corpo branco medular do cerebelo,” é formado por fibras mielínicas, que constituem a chamada “Substância Branca” do cerebelo (fig.: 14). As seguintes fibras, participam deste “Corpo Medular”: Fibras aferentes ao cerebelo, com destino ao córtex cerebelar e que, perdem a bainha mielínica, ao penetrarem na estrutura cerebelar cortical (fig.: 14).

Axônios das células de Purkinje, que se dirigem aos núcleos centrais do cerebelo, os quais, ao emergirem do córtex cerebelar, mielinizam-se (fig.14).

Fibras associativas, conectando, diferentes áreas corticais cerebelares, muitas das quais, são ramos colaterais, das células de Purkinje (fig.: 14).

Nestas regiões do corpo medular, cerebelar, circulam, também, as fibras monoaminérgicas, em direção ao córtex cerebelar, as quais, se originam, segundo sua identidade, dos núcleos pontinos da rafe mediana (para as fibras serotoninérgicas), do *locus coeruleus*, (para as fibras noradrenérgicas) e do hipotálamo (para as fibras histaminérgicas). Estes três sistemas monoaminérgicos são difusos, formando plexos ,que se intensificam, ao atingirem o córtex cerebelar (figs.: 16, 17 e 18).

Citoarquitetura do Cerebelo

Córtex do lobo frontal: Áreas: Pré-motora e motora primária: 4

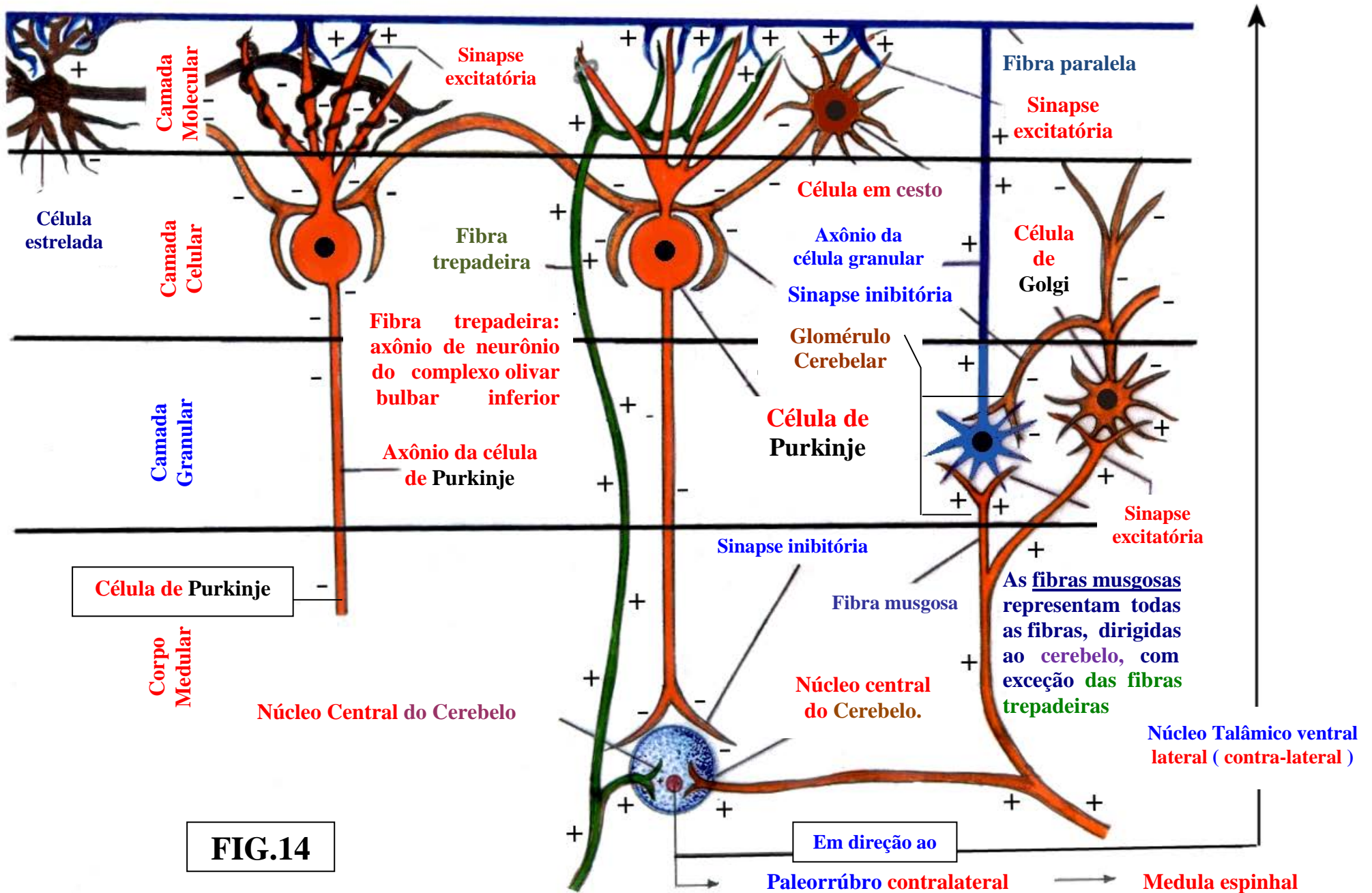


FIG.14

5º) – NÚCLEOS CENTRAIS DO CEREBELO:

À medida que, o processo de desenvolvimento ontogenético do cerebelo avança, neuroblastos, de sua “camada do manto,” se distribuem, em dois grupos: o primeiro grupo (significativamente mais numeroso), migra, em direção à superfície do cerebelo, no qual, formará, parte do “córtex cerebelar”, enquanto, um segundo grupo (em menor quantidade de neuroblastos), diferencia-se, para estruturar os “núcleos Centrais do cerebelo, que surgem, na seqüência filogenética, na seguinte ordem: Núcleo fastigial (arquicerebelo), núcleos emboliforme e globoso (paleocerebelo) e núcleo denteado (neocerebelo ou cérebro-cerebelo). Os núcleos centrais do corpo medular do cerebelo, são os seguintes: (figs.: 10, 14, 24, 32, 233, 234, 37, 40 e 42):

- Núcleo Denteado (neocerebelo) (figs.: 34, 42 e 45)
- Núcleo Interpósito (Interposto), constituído pelo conjunto dos núcleos “Emboliforme” e “Globoso” (paleocerebelo) (figs.: 14, 32, 33, 34 e 40).
- Núcleo fastigial (fastígio) (arquicerebelo) (figs.: 31, 32, 34 e 37)

NÚCLEO DENTEADO (NEOCEREBELO) (FIGS.: 34, 42 e 45):

O “Núcleo Denteado”, é o maior dos núcleos centrais do cerebelo, fortemente, pregueado e de localização paramedial, porém, lateral ao núcleo fastígio e interpósito.

Este núcleo, recebe a extremidade distal dos axônios das células de Purkinje, de natureza inibitória, do córtex do neocerebelo (cérebro-cerebelo), e colabora no desencadeamento da ação motora em eventual movimento, além de receber colaterais excitatórias das fibras trepadeiras e musgosas. (fig.: 14). Entretanto, os principais responsáveis, pelo início do movimento (voluntário), são os “circuitos morfo-funcionais límbicos: “alças gama”.

Em estudos funcionais imagenológicos, realizados em seres humanos, mais recentemente, foi possível constatar, porém, de forma ainda preliminar e sem significativas comprovações que, a “região ventral lateral, do núcleo denteado” do cerebelo, participaria de processos cognitivos e de processos lingüísticos.

Tal constatação, colocaria o cerebelo, ao lado do cérebro, no desempenho de algumas funções cognitivas cerebrais.

Esta condição morfo-funcional, já foi constatada, em estudos experimentais, em macacos, utilizando “técnicas de “traçadores” que, nestes primatas, indicaram a região ventrolateral do núcleo denteado cerebelar, que, através do tálamo, se

projetaria ao córtex associativo pré-frontal, região esta, envolvida com os mecanismos morfo-funcionais da “memória espacial”, como, por exemplo acontece, ao procurarmos nos lembrar de objetos e sua organização, num determinado local, nos quais os vimos durante várias vezes...

NÚCLEO INTERPÓSITO (EMBOLIFORME E GLOBOSO) :

Os “Núcleos Emboliforme e Globoso,” conhecidos, em seu conjunto, por “Núcleo Interpósito ou interposto” (figs.: 24, 32, 33, 34 e 40), localizam-se, entre o núcleo fastigial, medialmente, e o núcleo denteado, lateralmente.

Filogenética e funcionalmente, o Núcleo Interpósito (espinocerebelo ou paleocerebelo), estabelece as conexão com os axônios, oriundos das células de Purkinje, localizadas, no córtex do paleocerebelo e recebe, também, axônios oriundos da medula espinhal (“trato espinocerebelar direto ou dorsal” e “espinocerebelar cruzado” (ou ventral)). Além disso, recebe fibras do tronco encefálico. Em virtude dessas conexões tão numerosas, é responsável, também, pelo desencadeamento e plasticidade dos eventos motores. Para o desempenho desta importante função recebe, através das referidas conexões, impulsos proprioceptivos inconscientes, com informações sobre o grau de tensão muscular de grupos musculares agonistas e antagonistas, integrando essas informações aferenciais, não apenas periféricas sensoriais, como também, aferenciais centrais (sinais motores aos neurônios motores inferiores das pontas motoras medulares), supervisionando e coordenando, portanto, o desenvolvimento de qualquer evento motor somático (figs.: 24, 32, 33, 34 e 40). Esse núcleo interpósito, também, recebe colaterais das fibras trepadoras e musgosas de natureza excitatória.

NÚCLEO FASTIGIAL (FASTÍGIO) :

O “Núcleo Fastigial” ou “núcleo fastigio,” é encontrado próximo ao plano mediano e medialmente aos núcleos emboliforme e globoso. (figs.: 30, 31, 32, 33, 34 e 37).

Desses núcleos centrais do arquicerebelo (globoso e emboliforme, ou interpósito), originam-se as fibras eferentes, dirigidas aos núcleos vestibulares do tronco encefálico (fibras fastigio-vestibulares) e fibras em direção aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico (trato fastigio-bulbar ou “fastigio-reticular”. Nele terminam, também, os axônios das células de Purkinje (figs. 31), além de receber, também, estímulos excitatórios das fibras trepadeiras e musgosas.

Em virtude do desenvolvimento filogenético e ontogenético do cerebelo, o núcleo fastigial estabelece conexão direta, com alguns axônios das células de Purkinje do córtex do arquicerebelo, sendo responsável, funcionalmente, pela coordenação e manutenção do equilíbrio, durante o desenvolvimento de eventos motores, como ainda veremos (fig.: 31, 33 e 37).

Assim, observamos que, os núcleos cerebelares mantêm, conexões funcionais, com as diversas partes filogenéticas do cerebelo:

- Núcleo denteado: neocerebelo (cerebrocerebelo)
- Núcleo interpósito (emboliforme e globoso) paleocerebelo (espinocerebelo)
- Núcleo fastigial: arquicerebelo (vestíbulo-cerebelo)

FIBRAS AFERENTES AO CEREBELO, COM SUAS ORIGENS NO CÓRTEX CEREBRAL.

O “córtex cerebral” encaminha informações ao cerebelo, através da utilização de três (03) vias, ou seja:

- 1- Trato córtico-ponto-cerebelo-talamo-cortical.(figs..42 e 45)
- 2- Trato córtico-olivo-cerebelar..... (figs.: 21, 22 e 45)
- 3- Trato córtico-retículo-cerebelar..... (fig.: 45)

1. TRATO CÓRTICO-PONTO-CEREBELO-TÁLAMO-CORTICAL

;

Os neurônios, que dão origem a este trato (córtico-ponto-cerebelo-talamo-cortical), localizam-se no Córtex pré-motor e córtex motor primário, dos lobos: frontal, parietal, temporal e occipital do córtex cerebral (figs.: 42 e 45).

Todos os axônios, destes neurônios corticais, reúnem-se e descem, no encéfalo, através da “corona radiata” e da cápsula interna, terminando nos núcleos pontinos.

Destes núcleos pontinos, originam-se as fibras transversas, que penetram no hemisfério cerebelar do lado oposto, constituíndol assim, o pedúnculo cerebelar médio

(figs.: 42 e 45). A seguir, fibras do núcleo denteado, se encaminham para o núcleo neo-rúbro contra-lateral, do qual, novos axônios, se dirigirão ao tálamo (núcleo ventral póstero-lateral) e deste, finalmente, novos axônios, se dirigirão ao córtex motor frontal, completando assim, o “Trato córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical” (figs.: 42 e 45).

2. TRATO CÓRTICO-OLIVO-CEREBELAR.

As “fibras córtico-olivares,” originam-se de neurônios, localizados nos lobos: frontal, parietal, temporal e occipital do córtex cerebral (figs. 21, 22 e 45). A seguir, estas fibras descem, através da, corona radiada e da cápsula interna, terminando nos núcleos olivares bulbares inferiores homolaterais, em sua maior parte (figs.: 21, 22 e 45).

Destes núcleos do complexo olivar bulbar inferior, emergem fibras que, em seu trajeto, cruzam para o lado oposto, penetrando no hemisfério cerebelar, do lado oposto, através do pedúnculo cerebelar inferior (fig.: 21). Estas “fibras olivo-cerebelares” constituirão as conhecidas “fibras trepadeiras (ou trepadouras (fig.: 21) do cerebelo, as quais, se dirigem ao córtex cerebelar (fig.: 21). São fibras de natureza excitatória, que disparam, numa frequência de um potencial de ação por segundo (figs.: 21, 22 e 45).

3. TRATO CÓRTICO-RETÍCULO-CEREBELAR.

Os neurônios deste “trato córtico-retículo-cerebelar,” apresentam suas origens em diversas áreas corticais cerebrais, principalmente, das áreas sensório-motoras (fig.: 45).

Os axônios de todos estes neurônios corticais, reúnem-se, constituindo o referido trato, o qual desce, passando através da cápsula interna, terminando seu trajeto, nos núcleos da formação reticular homolaterais e heterolaterais, do tronco encefálico, no nível da ponte e do bulbo (medula oblonga), (fig.: 45).

Dos núcleos reticulares, emergem os axônios dos respectivos neurônios, constituindo, assim, as “fibras retículo-cerebelares, as quais se dirigem para o hemisfério cerebelar homolateral, através do pedúnculo cerebelar inferior (fig.: 45).

Estas conexões, entre o cérebro e o cerebelo, através dos núcleos da formação reticular (bulbar e pontina), é da maior importância, no controle dos movimentos voluntários, pois, são encaminhadas informações do córtex cerebral, sobre o “início dos movimentos”, diretamente ao cerebelo, facilitando, desta forma, a monitorização do cerebelo, nos referidos movimentos, além de ser possível, a realização de correções ou ajustes de eventuais erros de movimentos, em relação às atividades musculares (fig.:45).

FIBRAS AFERENTES AO CEREBELO, COM SUAS ORIGENS NA MEDULA ESPINHAL

A medula espinhal encaminha ao cerebelo, informações recebidas, por neurorreceptores periféricos somatossensíveis, através de três tratos (figs.: 32, 33, 40 e 20), ou seja:

1. Trato espinocerebelar anterior (ou cruzado, figs.....32, 33, 40)
2. Trato espinocerebelar direto (dorsal), figs..... 32, 33 e 40)
- 3 Trato cuneo-cerebelar (fig.:..... 20)

Além destas fibras aferentes, oriundas da medula espinhal, o cerebelo, também recebe, outras fibras aferenciais, tais como:

1. Fibras aferentes que se destacam do nervo vestibular
2. Fibras aferentes da orelha interna
3. Pequeno número de fibras aferentes do teto mesencefálico.

3º) – CIRCUITOS INTRÍNSECOS DO CEREBELO

As “conexões intrínsecas do cerebelo”, responsáveis por seus “circuitos internos,” são realizadas, através de três tipos de fibras:

- Fibras Trepadoras (figs.: 14, 15, 21, 22, 45)
- Fibras Musgosas (figs.: 14, 15, 30, 31, 32, 42, 45)
- Fibras monoaminérgicas (figs.: 16, 17 e 18).

3.1º) – FIBRAS TREPADORAS OU TREPADDEIRAS :

As “fibras trepadoras (ou trepadeiras “, são fibras oriundas do complexo olivar bulbar inferior (figs.: 14, 21, 22 e 45), também, conhecido por “Sistema olivar para-olivar”, localizado, de cada lado, da vesícula bulbar (medula oblonga), do tronco encefálico. Constitui assim, uma coluna, de cada lado, com, aproximadamente , dez milímetros de altura (fig.: 19), na qual, uma lâmina de substância cinzenta, intensamente pregueada (principal elemento do complexo), se interpõe, entre o sulco lateral anterior, e o sulco lateral posterior do bulbo raquídeo (fig.: 19). Normalmente, encontramos, para cada fibra trepadeira, dez (10) células de Purkinje (figs.: 14, 21, 22 e 45).

As “Fibras Olivo-cerebelares” (ou trepadeiras), dirigem-se, para o lado oposto do tronco encefálico, penetrando, na região contralateral do cerebelo, através do pedúnculo cerebelar inferior (corpo restiforme), constituindo, assim, as “Fibras Trepadoras do Cerebelo,” de natureza excitatória (figs.: 14, 21, 22 e 45).

Os neurônios destas olivas bulbares inferiores, encaminham seus axônios, para o lado oposto do cerebelo. Após penetrarem, no hilo do cerebelo (fig.: 14), avancam até a camada das células de Purkinje e camada molecular, constituindo, depois de se enrolarem (imitando as trepadeiras), nos profusos dendritos das células de Purkinje, potentes sinapses excitatórias, com os, dendritos e soma, das células de Purkinje (figs.: 14, 15, 20, 21, 22 e 45).

As “fibras trepadeiras”, estabelecem inúmeras sinapses com as células de Purkinje, porém , as sinapses destas células de Purkinje, mantidas com as “fibras paralelas, da camada molecular,” são, significativamente, fracas. Este fato explica, porque, a excitação fornecida pelas fibras paralelas às células de Purkinje, são menores do que, aquelas fornecidas, pelas fibras trepadeiras às células de Purkinje (fig.: 14).

Além dessas conexões, mantidas com as células de Purkinje, as fibras trepadoras, também, estabelecem conexões, com interneurônios, conhecidos por “células de Golgi”.

Essas “fibras trepadeiras”, em seu trajeto, no interior do cerebelo, em sua passagem, junto aos núcleos Cetrals contralaterais do órgão (figs.: 14, 21 e 22), em pleno “corpo branco medular cerebelar”, encaminham colaterais excitatórias em direção às células nucleares, destes núcleos centrais, projetando-se, a seguir, em direção ao córtex cerebelar (fig.: 14). Nesse trajeto, após atravessar todo o “corpo branco medular, da parte contralateral do cerebelo, atravessam as camadas cerebelares: “granular e celular”, terminando na camada molecular em, aproximadamente, 300 a 500 sinapses excitatórias, com o corpo e dendritos, de cada célula de Purkinje (fig.: 14). Alias, cada célula de Purkinje, recebe conexões de apenas uma fibra trepadora.

As fibras trepadeiras caracterizam-se, pelo seu potencial de ação, pois, um único impulso, de cada fibra trepadora, determinará um potencial de ação extremamente prolongado (duração maior do que um segundo), do tipo oscilatório. Este tipo de potencial de ação, é conhecido por: “ Potencial em ponta complexo” (figs.: 14 e 21).

O “complexo nuclear olivar bulbar inferior,” é um complexo nuclear retransmissor cerebelar, retransmitindo informações, as mais diversas, que recebe, ao cerebelo, através do “corpo restiforme”, que “é, parte do pedúnculo cerebelar inferior”, formado pelas “fibras trepadeiras” (figs.: 21, 22, 31 e 37).

O “complexo nuclear olivar bulbar inferior”, localizado, como já comentado, na região ventro-lateral do bulbo (medula oblonga) e lateral à pirâmide bulbar, apresenta sua origem, ligada aos neurônios da placa alar, de cada lado da medula oblonga em desenvolvimento, que migram, da superfície ventricular, em direção ao bulbo ventral.

Portanto, os neurônios deste “complexo olivo-bulbar inferior,” encaminham seus axônios, em direção à região contra-lateral do cerebelo, no qual, penetram, através de seu respectivo hilo (figs.: 21, 22 e 45), estabelecendo, com as células dos núcleos centrais do cerebelo e com as células de Purkinje (fig.: 14), as sinapses mais excitatórias do sistema nervoso central. Cada célula de Purkinje, como já mencionado, recebe aferências de uma única fibra trepadeira e, cada fibra trepadeira, estabelece sinapses, no máximo, com dez (10) células de Purkinje.

Todos os sistemas aferentes, que enviam projeções de fibras musgosas, para o cerebelo, também, encaminham colaterais, em direção ao complexo olivar bulbar inferior.

Destas aferências que, agora, também, se dirigem ao cerebelo, passando, antes, através do complexo nuclear olivar bulbar inferior e, portanto, de forma indireta, destacam-se as seguintes (fig.: 15):

- Vias somatossensoriais aferenciais periféricas proprioceptivas inconscientes espinocerebelares: direta e cruzada).
- Fibras do núcleo cuneiforme lateral
- Trato espinocerebelar dorsal (direto)
- Trato espinocerebelar ventral (cruzado)
- Vias vestibulares inconscientes
- Vias visuais das área corticais e do colículo superior
- Vias auditivas a partir dos núcleos cocleares: dorsal e ventral
- Vias oriundas da formação reticular do tronco encefálico
- Projeções ponto-cerebelares (núcleos pontinos basais) do tronco encefálico.
- Vias oriundas dos núcleos da base, comunicando o estado de seus núcleos envolvidos nas diversas alças diretas dos movimentos realização
- Núcleos talâmicos (ventral lateral e anterior), comunicando o estado de liberação ou não da excitação do córtex cerebral, que possa ser necessário para a correção de erros de movimentos
- Fibras das áreas corticais motoras e de associações informando a freqüência, intensidade dos potenciais de ação emitidas pelos neurônios piramidais gigantes e parvocelulares, em direção ao complexo olivar bulbar inferior.

Devido a esta exuberante fonte de diversas informações, o complexo olivar bulbar inferior, se transforma, morfo-funcionalmente, em um verdadeiro e extraordinário “analista de programa”, não apenas, do ou dos, movimentos planejados e em curso, como também, podendo, em tempo extremamente instantâneo, prever os possíveis erros, realizados ou em vias de serem realizados e, assim, corrigi-los, em tempo hábil, adequadamente.

Entretanto, a pesar desta exuberante disponibilidade de inúmeras informações e de todos estes fantásticos atributos morfo-funcionais, portanto, ricamente informado, as ações do cerebelo, encontram-se, na dependência de uma extraordinária integração funcional, de diversos órgãos e sistemas anatômicos, ou seja: do córtex motor e de associação cerebral, dos núcleos da base e de suas diversas circuitárias de alças anatômicas, dos núcleos talâmicos, principalmente o núcleo ventral lateral e anterior, de núcleos próprios do tronco encefálico, principalmente dos núcleos do complexo olivar bulbar inferior, dos núcleos pontinos basais e dos núcleos da formação reticular lateral.

Portanto, mesmo estando o cerebelo, anatômica e funcionalmente, exercendo, no maior grau de sua excelência, suas fantásticas funções, os movimentos, para que sejam realizados, adequadamente e sem quaisquer problemas morfo-funcionais, necessitam da ação conjunta integrada, perfeita e harmônica das seguintes estruturas anatômicas (fig.: 2):

- Córtex cerebral
- Núcleos da base
- Tálamo
- Tronco encefálico
- Medula espinhal
- Sistema motor supraespinhal

Portanto, na vigência de um processo patológico ou traumático, de alguma destas estruturas anatômicas, como por exemplo, problemas com determinados núcleos da base (ou gânglios da base), como acontece na “doença de Parkinson”, na qual, em geral, encontramos lesões da parte compacta da substância negra e queda significativa da quantidade de dopamina e das fibras dopaminérgicas nigro-estriatais dirigidas ao núcleo putâme na alça direta, haverá conseqüentemente, perda deste auxílio excitatório, por parte do putâme, pela queda da dopamina, de suas fibras nigroestriatais e menor ativação da adenilciclase D.1 (excitatória). Com isso, desfaz-se a formação das alças diretas excitatórias, necessárias ao movimento perfeito. Isto, portanto, leva ao desaparecimento das alças diretas e, conseqüentemente, o surgimento de condições para o estabelecimento das alças indiretas (inibitórias) e maior ativação da adenilciclase D.2 (inibitória). Perde-se, portanto, em tais condições, os mecanismos morfo-funcionais da dupla inibição de fibras gabaérgicas que resultam, em uma desinibição dos núcleos talâmicos, e conseqüente liberação para maior ativação cortical, que, nestes casos, não acontecem, pois com a perda da dupla inibição, os núcleos talâmicos não ficam liberados para os processos de ativação cortical necessários.

Assim, nos casos relatados como exemplo, e em qualquer outro sistema irregular, com danos morfológicos ou funcionais, mesmo estando o cerebelo morfo-

funcionalmente perfeito, os movimentos sofrerão limitações e transtornos, em suas execuções.

Em relação à inervação simultânea das células de Purkinje pelas fibras paralelas e pelas fibras trepadeiras, sabemos que, todas as fibras trepadeiras, ou seja, aquelas que têm suas origens no “núcleo olivar (ou complexo olivar bulbar inferior”), encaminham um ramo colateral para um dos núcleos cerebelares (denteado, interpósito e fastígio, (fig.: 14), antes de alcançar o córtex cerebelar, no qual, a fibra trepadeira se divide em inúmeros ramos (entre 10 a 15 ramos terminais), sendo que, cada um destes ramos terminais, inervará apenas, uma célula de Purkinje (fig.: 14).

Assim, cada um destes ramos de divisão, ascende, até atingir a camada molecular (superficial) do córtex cerebelar e, nesta situação, cada um destes 10 ou 15 terminais, enroscar-se-á, em torno dos dendritos e do soma de uma única célula de Purkinje, imitando uma planta, conhecida, popularmente, por: trepadeira, d’ai o seu nome.

Cada ramo terminal, destinado a cada célula de Purkinje, como já comentado, estabelece trezentas a quinhentas sinapses com os dendritos e com o soma da célula de Purkinje. Portanto, cada célula de Purkinje, recebe o estímulo de, apenas, uma fibra trepadeira. Nestas sinapses, o neurotransmissor, provavelmente, mais presente, é o ácido aspártico.

Na vigência de descargas de fibras trepadeiras, sobre a célula de Purkinje, estabelece-se, uma despolarização sincrônica significativa, desta célula, ocorrendo, em conseqüência, a ativação dos canais de Ca ++, sensíveis à intensidade de voltagem da membrana dos dendritos desta célula de Purkinje.

Esta ativação dos canais de Ca++ leva à produção de um potencial de ação, na árvore dendrítica da célula de Purkinje, que se propaga através dos canais de Ca++, sensíveis àquela voltagem.

Assim, enfatizamos, despolariza-se a célula de Purkinje. Esta despolarização, provocada pelo potencial de ação, que começa nos dendritos, cria um potencial de ação, na base de implantação dos axônios da célula de Purkinje, porém, neste caso, já possuem, como mediadores, os canais de Na+.

Assim, esta estimulação da célula de Purkinje pelas fibras trepadeiras, naturalmente, determinam uma modificação, no tipo de resposta das referidas células de Purkinje à estimulação das mesmas células de Purkinje, pelas fibras paralelas.

Esta alteração das células de Purkinje às estimulações pelas fibras paralelas, consiste no aparecimento de uma “depressão” ou “redução” da sensibilidade da célula de Purkinje à estimulação pelas fibras paralelas, também excitatórias. Esta “depressão” ou efeito, é conhecido, na neurofisiologia, pela denominação de “depressão de longa duração” (D.L.D.), que não deixa de ser, uma “inibição”.

Considerando-se que, as células de Purkinje, são células de natureza inibitória (-), pois são gabaérgicas, é claro que, havendo a “depressão” (inibição) sobre estas células de Purkinje, teremos, conseqüentemente, uma “dupla inibição”, ou seja, uma “desinibição.” sobre os neurônios dos núcleos cerebelares centrais e, com isso, permitindo aos referidos núcleos cerebelares (agora liberados), aumentar sua freqüência de descargas de potenciais basais, permitindo-lhes tornarem-se mais sensíveis a outros sinais excitatórios, como, no caso, mais sensíveis aos estímulos

excitatórios dos ramos colaterais das fibras musgosas e fibras trepadeiras que, para estes núcleos centrais, também, se dirigem (figs.: 14, 14.1 e 14.2).

Por outro lado, a estimulação das células de Purkinje, pelas fibras paralelas, produz um potencial pós sináptico, no qual, é gerada uma discreta corrente pós-sináptica, que desaparece, sem maiores transtornos.

Entretanto, com a estimulação simultânea, de diversas fibras paralelas, teremos um somatório de potenciais, criando “um potencial de ação final, significativo, sobre as células de Purkinje, a partir de determinado nível.”

Em estudos experimentais, realizados por diversos grupos de pesquisadores, envolvendo o cerebelo e os mecanismos da aprendizagem e da memória, principalmente, a longo prazo, ficou constatado que, o processo de potenciação sináptica, na vigência de um estímulo repetitivo, seria capaz de determinar as modificações sinápticas, necessárias ao aprendizado neuronal. Experiências como estas, foram realizadas, no nível das sinapses excitatórias, das células de Purkinje cerebelares, com as fibras trepadeiras, em suas sinapses dendríticas, tendo sido constatado que, estas sinapses dendríticas, nestas condições, dependendo, de sua intensidade de utilização, podem regridir, se hipertrofiar e, inclusive, desaparecerem, pelo desuso. São estas as chamadas, “sinapses modificáveis” e, portanto, envolvidas, nos mecanismos dos processos de memorização e de aprendizado, nos quais, as sinapses teriam uma potenciação, extremamente, prolongada (fig.: 14).

ECCLES, em seus estudos sugeriu que, o fato de se chegar, a esta extraordinária potenciação, estaria ligado, a um possível crescimento nas “espinhas dendríticas das células de Purkinje, com possíveis modificações estruturais, de longa duração.” Nestes casos, as sinapses modificáveis, ligadas a memória, seriam as espinhas sinápticas, capazes de levar ao aparecimento de sinapses e espinhas secundárias.

Esta “teoria do desenvolvimento”, mais tarde, ganhou dois grandes aliados (SZENTAGOTHAÏ e MARR), para os quais, esta aprendizagem sináptica, seria um acontecimento dinâmico, ligado a “um tipo especial de sinapses, capazes de produzir instruções, objetivando facilitar o desenvolvimento de outras sinapses, porém, ativadas a partir do mesmo dendrito.”

Esta teoria foi, logo depois, denominada por ECCLES, “teoria associada da aprendizagem”. Assim, baseados nesta teoria da aprendizagem, alguns pesquisadores sugeriram que, no caso das fibras trepadeiras do cerebelo, que se envolvem nos dendritos das células de Purkinje do cerebelo, significa que, as fibras trepadeiras, se contorcendo, em torno dos dendritos das células de Purkinje, estariam passando instruções de desenvolvimento às sinapses das espinhas dendríticas das células de Purkinje, as quais são, simultaneamente, ativadas pelas fibras trepadeiras e pelas fibras paralelas. Seria alguma coisa, semelhante à “aulas” ministradas pelas fibras trepadeiras às células de Purkinje, para que elas aprendessem e se capacitassem a responder, mais adequadamente aos impulsos das fibras musgosas cerebelares (fig.: 14).

Posteriormente, HÁMORI, completou esta teoria de aprendizagem cerebelar, constatando, anatomicamente, que em gatos, as sinapses das fibras trepadeiras nos dendritos das células de Purkinje, exercem influência trófica, provocando o surgimento, nos dendritos das células de Purkinje, de “espinhas dendríticas”, as quais

se relacionam aos pontos sinápticos para a via de fibras musgosas, através das fibras paralelas (fig.: 14).

3.2º) – FIBRAS MUSGOSAS

As “Fibras Musgosas”, representam o conjunto de todas as fibras, dirigidas ao “cerebelo”, com exceção das fibras, cujas origens anatômicas, se localizam no “Complexo Olivar Bulbar inferior” do Tronco encefálico (figs.:14, 15, 19, 21 e 22), que são as “Fibras Trepadeiras”.

Assim, as “Fibras Musgosas,” aferenciais ao cerebelo, são oriundas dos sistemas: somatossensorial, através dos tratos: espinocerebelar ventral (cruzado), espinocerebelar direto (dorsal), cuneo-cerebelar, espino-cerebelar rostral, das vias vestibulares inconscientes, bem como de vias específicas: auditiva, a partir dos núcleos cocleares, visuais, oriundas das áreas corticais occipitais e do colículo superior do mesencéfalo. Estas fibras constituem, o maior contingente de fibras, para a condução de estímulos ao cerebelo, além, é claro, das vias originadas nos núcleos da formação reticular do tronco encefálico e dos núcleos pontinos, que participam das projeções cortico-ponto-neocerebelares (figs.: 14, 15, 30, 31, 32, 42 e 45).

Virtualmente, todas as partes do córtex cerebral, encaminham conexões, em direção aos núcleos pontinos, os quais, por sua vez, retransmitem estas informações corticais, em direção ao neocerebelo (figs.: 20, 42 e 45).

As regiões corticais mais importantes, neste encaminhamento de informações aos núcleos pontinos são: a área pré-motora (ou área 6 de Brodmann), a área suplementar, o córtex motor primário (ou área 4 de Brodmann), o córtex sensorial parietal somático (ou áreas 1, 2 e 3 de Brodmann e o córtex sensorial somático especializado (área 5 de Brodmann,).

No caso específico das vias auditivas, as células de Purkinje, são mais sensíveis às informações relacionadas à localização e ao movimento de sons e objetos no espaço.

Todos os sistemas citados acima e que enviam as fibras musgosas ao cerebelo, também, encaminham fibras colaterais às olivas bulbares inferiores e, a partir destas olivas bulbares, originam-se as “Fibras Trepadeiras” que, em verdade, originam-se nos sistemas pré-citados, conforme pode ser visto no quadro da fig.: 15, sob o Título: “Sistemas que fornecem as Fibras Musgosas ao Cerebelo”.

O neurotransmissor, provavelmente, mais presente, nas sinapses excitatórias, entre os “neurônios dos núcleos cerebelares centrais” e as “Fibras Musgosas” que ali chegam, assim como, nas sinapses excitatórias, entre as “fibras musgosas” e as “Células Granulares, é a “acetil-colina”.

Cada “Fibra Musgosa” (fig.: 14), ao atingir a camada granular do cerebelo, divide-se em grande número de ramos, estabelecendo sinapses, com aproximadamente, 500 a 600 células granulares. Sua ação, por isso, é muito limitada em relação às “Fibras Trepadeiras” que, além de terem suas sinapses na árvore dendrítica das células de Purkinje, o fazem com menor número de células. As conexões sinápticas, entre o terminal da fibra musgosa, o axônio da célula de Golgi e

os dendritos da célula Granular, são conhecidas por “Glomérulo cerebelar” (fig.: 14). Essa formação anatômica é envolvida e, de certa forma, isolada, por uma cápsula glial, motivo pelo qual, também, recebe o nome de “Roseta da fibra musgosa”.

Nas sinapses, entre as fibras paralelas (axônios dicotomizados das células granulares), e as células, por elas excitadas (células de Purkinje, células em Cesto e células Estreladas), o provável “neurotransmissor,” é o “ácido glutâmico”.

Entretanto, no caso das “Fibras Trepadeiras” (que são, axônios de neurônios localizados no núcleo olivar bulbar inferior, do tronco encefálico), o “neurotransmissor” é, com certeza, o “ácido aspártico” (figs.: 14, 15, 19, 21 e 22).

Os “interneurônios” do cerebelo (células de Golgi, células em cesto e células estreladas), são, como já foi comentado, inibitórios, ou seja; as células estreladas, em sinapses com os dendritos das células de Purkinje; as células em cesto, envolvendo com suas projeções, os somas das células de Purkinje e as células de Golgi em sinapses, com os neurônios granulares, exercem ações inibitórias (fig.: 14).

Portanto, as “Fibras Musgosas”, que penetram no cerebelo, são todas aquelas fibras que se dirigem ao cerebelo, com exceção das “Fibras do complexo Olivar bulbar inferior”. (figs. 14 e 15).

Todas as fibras musgosas, em sua passagem, no “corpo medular do cerebelo” (fig.: 14), ao se dirigirem, para as camadas corticais do cerebelo, também, enviam colaterais excitatórias, para os “núcleos centrais” cerebelares e continuam, em seu trajeto, em direção à camada granular do córtex cerebelar (fig.: 14), no qual, estabelecem sinapses excitatórias, com as “células granulares” e com as “células de Golgi”, em plena camada granular (fig: 14).

Aliás, enfatizamos, no cerebelo, para cada “célula de Purkinje”, encontramos, em torno de 500 a 1000 células granulares. As “células granulares,” encaminham seus axônios (pouco mielinizados), em direção à camada molecular , na qual, seus axônios, como já comentado, se dicotomizam em “T”, com terminações axônicas paralelas à superfície do órgão, de um a dois milímetros de comprimento e em sentidos, diametralmente opostos, constituindo as “fibras paralelas” da camada molecular do cerebelo (fig.: 14).

Nestas “fibras paralelas” que, em realidade, são os axônios, das células granulares, bipartidos, em sua extremidade distal em “T”, os dendritos das células de Purkinje, também, estabelecem sinapses, havendo, em média, 80.000 a 200.000 fibras paralelas, em sinapses, com cada célula de Purkinje. (fig.: 14). Portanto, cada fibra paralela, estabelece sinapses, em média, com 500 células de Purkinje.

Entretanto, pelas razões já comentadas, as sinapses das fibras trepadeiras, com as células de Purkinje, são muito mais significativas e estáveis, do que as sinapses das fibras paralelas (células granulares), com essas mesmas células de Purkinje, motivo pelo qual, torna-se necessário, o estímulo simultâneo, de grande número de “Fibras Musgosas”, para que seja possível, qualquer modificação do estado de ativação, das células de Purkinje e para que haja uma resposta prolongada e firme, semelhante à estimulação das células de Purkinje pelas “Fibras Trepadeiras”.

Portanto, a estimulação das células de Purkinje, pelas “fibras musgosas”, é fraca, repetitiva, com potencial de ação de curtíssima duração, diferente do potencial de longa duração, determinado pelas “Fibras Trepadoras”, cujo potencial, como já comentamos, é conhecido por “Potencial em ponta complexo”, com duração de mais de um segundo.

As células de Purkinje e as células dos núcleos centrais do cerebelo (que formam as unidades morfo-funcionais do cerebelo), descarregam, continuamente, sendo a freqüência das descargas das células de Purkinje, em torno de 50 a 100 potenciais de ações por segundo, enquanto a freqüência de descargas das células dos núcleos centrais cerebelares é bem mais significativa, quando estão em ação. Entretanto, os limites padrões de descargas, destes núcleos centrais cerebelares, é de 20 a 30 disparos por segundo, correspondendo este padrão, ao “estado de repouso dos núcleos centrais cerebelares”.

Assim, a atividade de estímulos eferentes, destes dois tipos de células (de Purkinje e dos núcleos centrais do cerebelo), pode variar “tanto para mais, como para menos. Em tal situação, a redução de freqüência de emissões (descargas), dos núcleos cerebelares, muito abaixo, do nível normal (abaixo de 20 disparos por segundo), daria, como resultado, um sinal eferente inibitório, em direção ao sistema motor.”

Pelo contrário, um aumento significativo das descargas destes núcleos, muito acima da média (20 a 30), promoveria o aparecimento de um sinal eferente excitatório, sobre o sistema motor. Assim, o cerebelo pode, dependendo da necessidade, fornecer: estímulos inibitórios ou excitatórios para o sistema motor.”

MECANISMO MORFO-FUNCIONAL REDUZIDO, ENTRE A EXCITAÇÃO DE UMA FIBRA TREPADORA E DE UMA FIBRA PARALELA (MUSGOSA), SOBRE A CÉLULA DE PURKINJE

Em relação às “**Fibras Trepadeiras**”, cada uma delas estabelece, mais ou menos, em torno **de 300 a 500 sinapses** com os “**dendritos**” e o “**soma**” de uma **única célula de Purkinje...**

Em eventual **descarga** desta “**fibras Trepadeira**”, que se encontra em **sinapses** com os **dendritos** e com o “**soma**” **desta célula de Purkinje**, constataremos, como resultado desta “**descarga**,” a ocorrência de “**despolarização**” maciça da referida “**célula de Purkinje**”...

Entretanto, a “**despolarização** das **células de Purkinje**”, por sua vez, conduzirá à **ativação** dos **Canais de Ca⁺⁺**, que se tornam **sensíveis à voltagem** da membrana dos **dendritos** das referidas **células de Purkinje...**

Com esta **ativação dos Canais de Ca⁺⁺**, estabelece-se a “**geração de “Potenciais de Ação,”** nas **árvores dendríticas**, das **células de Purkinje**, **que se tornaram sensíveis.**

Em conseqüência, este “**Potencial de Ação**” utilizará, **para se propagar**, os referidos “**Canais de Ca⁺⁺**”, sensíveis à referida **voltagem**, das citadas “**árvores dendríticas**” das **células de Purkinje** .

Ocorre assim, a “**Despolarização** das **Células de Purkinje**”, com grande intensidade. **Esta despolarização**, foi iniciada em seus próprios **dendritos**, **justamente onde se iniciou** o referido “**potencial de ação**”...

Esta “**Despolarização**”, determinada por este “**Potencial de Ação**” inicial nos “**Dendritos**” passa, então, ao **segmento inicial (ou de implantação)** dos **Axônios** das referidas **Células de Purkinje**, cuja natureza e tipo de padrão, relaciona-se aos **Canais de Na⁺**, sensíveis à **voltagem...**

Este tipo de **estimulação** das “**Fibras Trepadeiras**,” sobre as “**Células de Purkinje**,” modifica a **capacidade de respostas** das **Células de Purkinje**, em relação **à estimulação seguinte**, **exercida** pelas “**Fibras Paralelas**” e que poderá perdurar até algumas horas...

FIG.: 14.1

Complementação do Quadro anterior (Fig.: 14.1):

Isto determina uma “Depressão ou Redução” da Sensibilidade das Células de Purkinje às Acções Estimuladoras das Fibras Paralelas, ocorrendo, assim, uma “Depressão de Longa Duração” (D.L.D.) das Células de Purkinje, o que, corresponde, praticamente a uma “inibição”.

Porém, como sabemos, as “Células de Purkinje” são “Inibitórias”, de natureza gabaérgica. Assim, teremos uma “Dupla inibição, ou seja: a D.L.D. (inibitória), sobre a Célula de Purkinje, também, “inibitória”, portanto, uma “Desinibição” das “Células dos Núcleos Profundos do Cerebelo”...

Ou seja, desinibição dos Neurônios dos Núcleos Profundos do Cerebelo e, com isso, a “Liberacão das Descargas destes Neurônios dos Núcleos Profundos do Cerebelo, até então, inibidos, aumentando, portanto, o padrão de descargas dos mesmos e, assim, os tornando mais sensíveis a outros tipos de excitações e, neste caso, mais sensíveis aos sinais excitatórios, oriundos das “Fibras Musgosas” (Fibras Paralelas), ou mesmo de outras fibras trepadeiras...

Com isso, haverá liberação para maior entrada de Ca++, nas referidas Células de Purkinje, possibilitando o aparecimento de diversos mecanismos morfo-funcionais e neuro-bioquímicos, Para a perfeita ação do cerebelo.

FIG.: 14.2

3.3º) – FIBRAS AFERENTES MONOAMINÉRGICAS PARA O CEREBELO: (Figs.: 16, 17 e 18)

As “ fibras de projeções monoaminérgicas,” dirigidas ao cerebelo (figs.: 16, 17 e 18), originam-se nos “ núcleos da rafe pontina (núcleos medianos da rafe pontina B6 e B8), (fibras serotoninérgicas)”, no locus coeruleus (fibras noradrenérgicas) e no “ núcleo dorsomedial e áreas: dorsal e lateral” do hipotálamo (fibras histaminérgicas e gabaérgicas) , (figs.: 16, 17 e 18).

As fibras serotoninérgicas e noradrenérgicas (figs.: 16 e 17), inibem as células de Purkinje e, assim, modulam o nível global de atividade cerebelar.

Para exercerem esta atividade moduladora inibitória, sobre as células de Purkinje, as fibras noradrenérgicas e serotoninérgicas inibem (ou bloqueiam) as células de Purkinje, durante as estimulações excitatórias, oriundas das fibras paralelas (axônios das células granulares).

Por outro lado, outras projeções serotoninérgicas, facilitam a estimulação das células de Purkinje, quando estimuladas por fibras trepadeiras.

As projeções histaminérgicas, apresentam suas origens, a partir do núcleo dorso-medial e das áreas dorsal e ventral do hipotálamo. Nestas condições, por ser o hipotálamo, importante centro coordenador, visceromotor e somatomotor, estas projeções histaminérgicas, coordenam as funções: visceromotoras e somatomotoras. (fig: 18).

Os mecanismos completos morfo-funcionais, através dos quais, estas fibras monoaminérgicas exercem sua influência, não são, ainda, completamente conhecidos.

OS CIRCUITOS INTRÍNSECOS DO CEREBELO SÃO: SISTEMAS QUE FORNECEM AS FIBRAS MUSGOSAS AO CEREBELO (DIRETAS) E FIBRAS TREPADREIRAS (INDIRETAS) E OS SISTEMAS MODULADORES: SEROTONINÉRGICO, NORADRENÉRGICO E HISTAMINÉRGICO

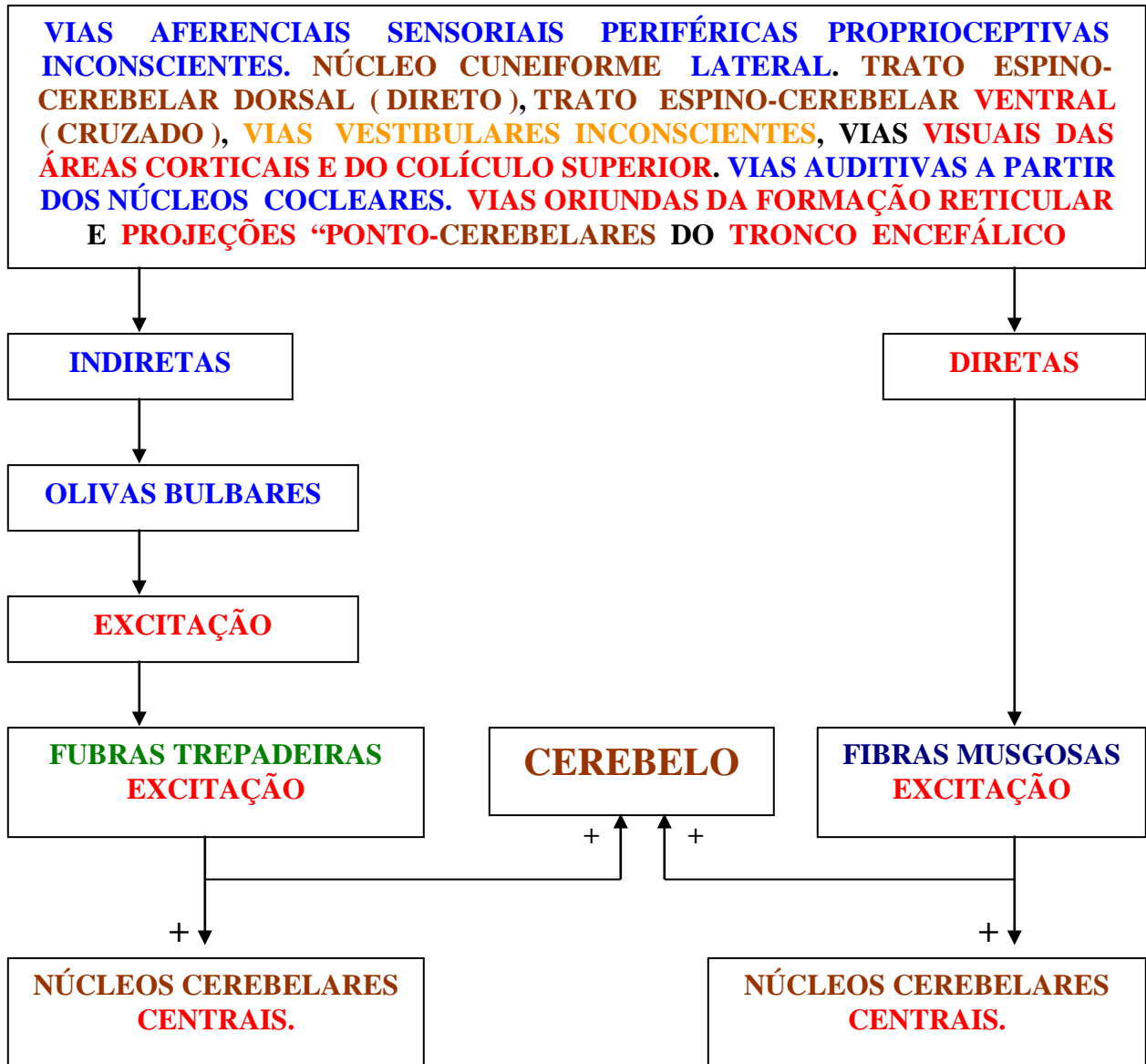
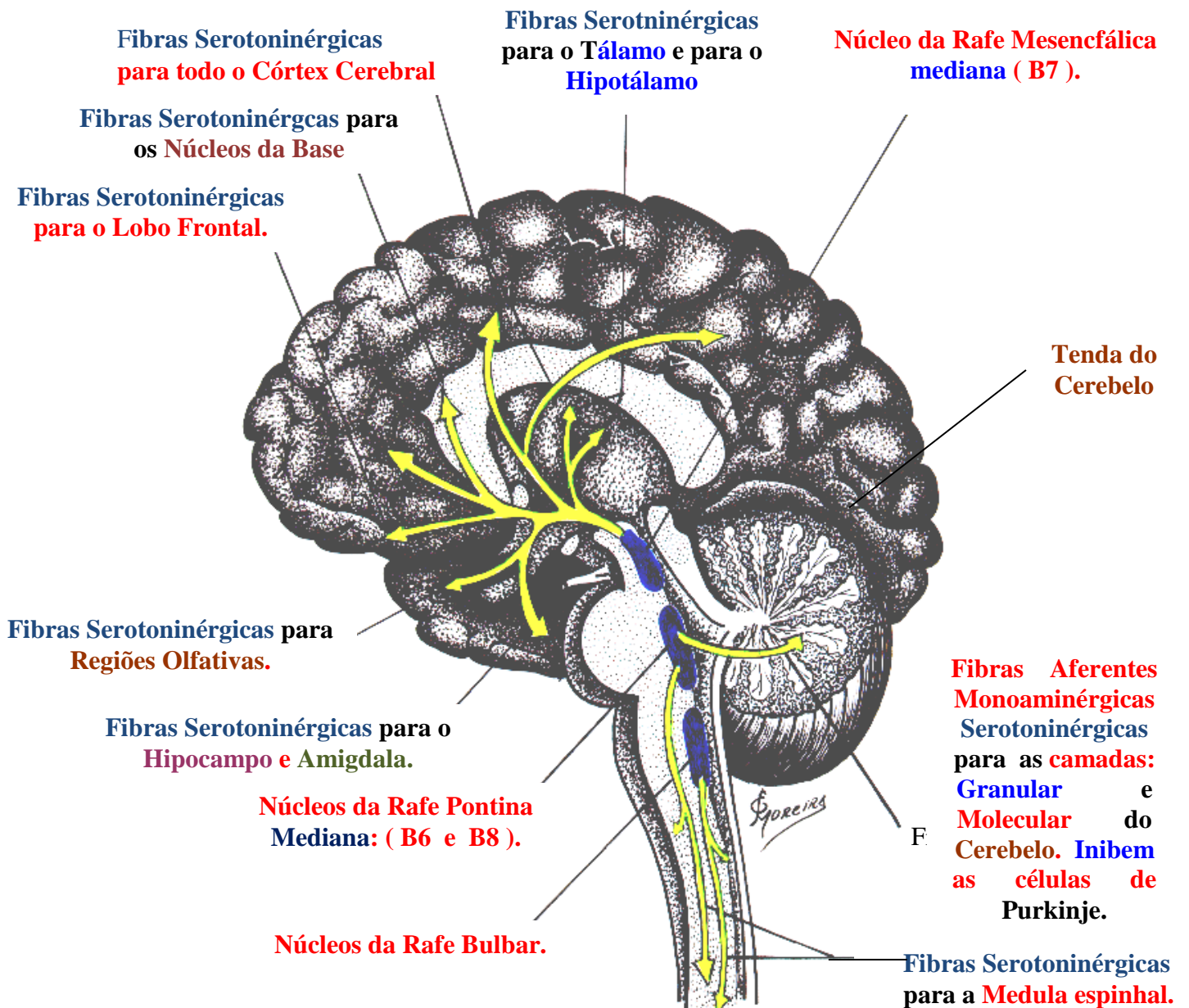


FIG.: 15

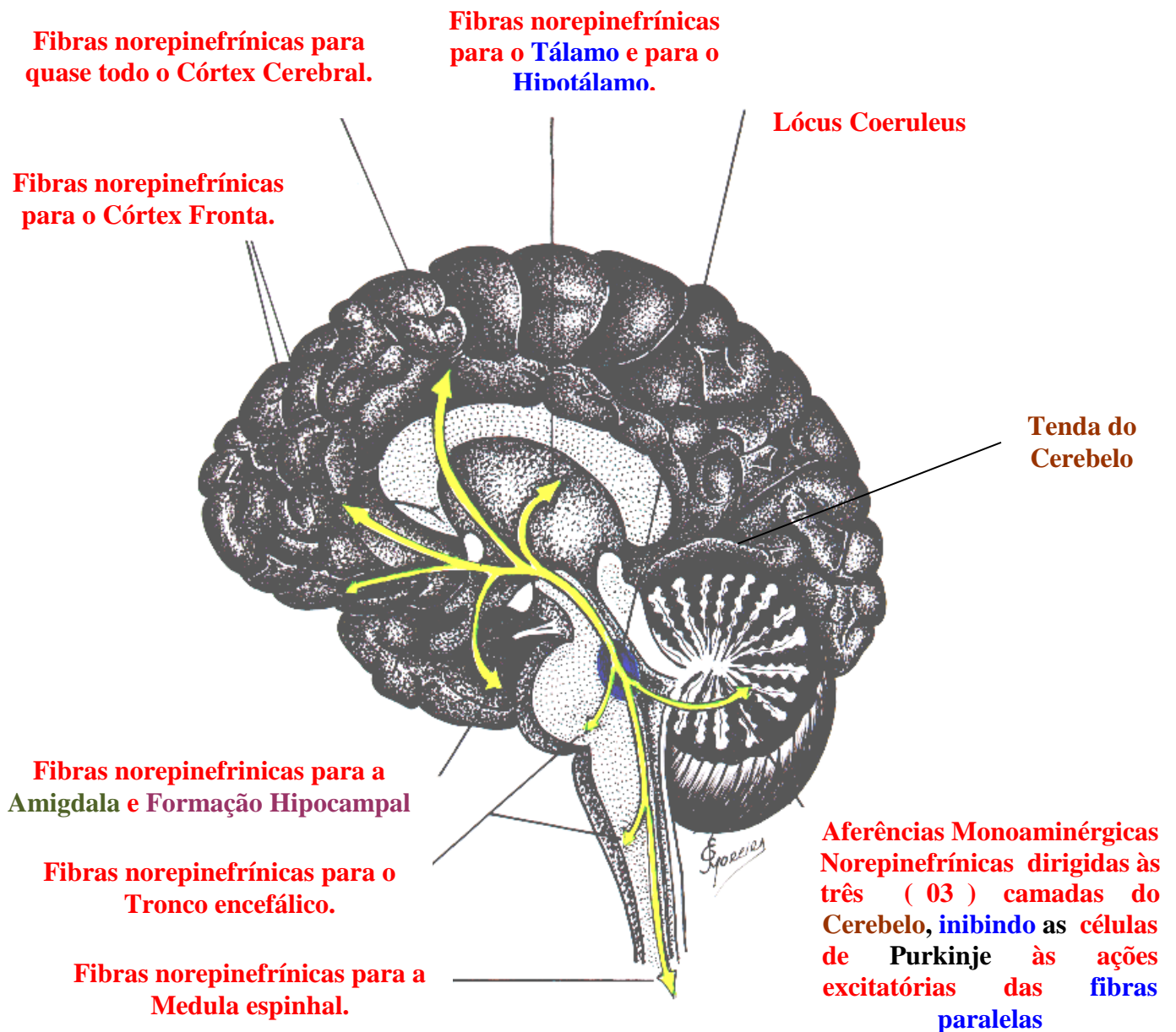
Sistema Modulador Extra-talâmico Cortical Serotoninérgico e Aferências Serotoninérgicas Monoaminérgicas para o Cerebelo.



Local e distribuição do “Neurotransmissor Serotonina”, no Sistema Nervoso Central (S.N.C.), no qual é, também, um dos “Neuromoduladores Extra-talâmicos da Atividade Cortical”. A Serotonina inibe as Células de Purkinje às Ações Excitatórias das Fibras Paredas das Células Granulares do Córtex Cerebelar, em sua Camada Molecular.

FIG.16

Sistema Modulador Extra-talâmico Cortical Norepinefrínico e Suas Aferências Norepinefrínicas - Monoaminérgicas para o Cerebelo

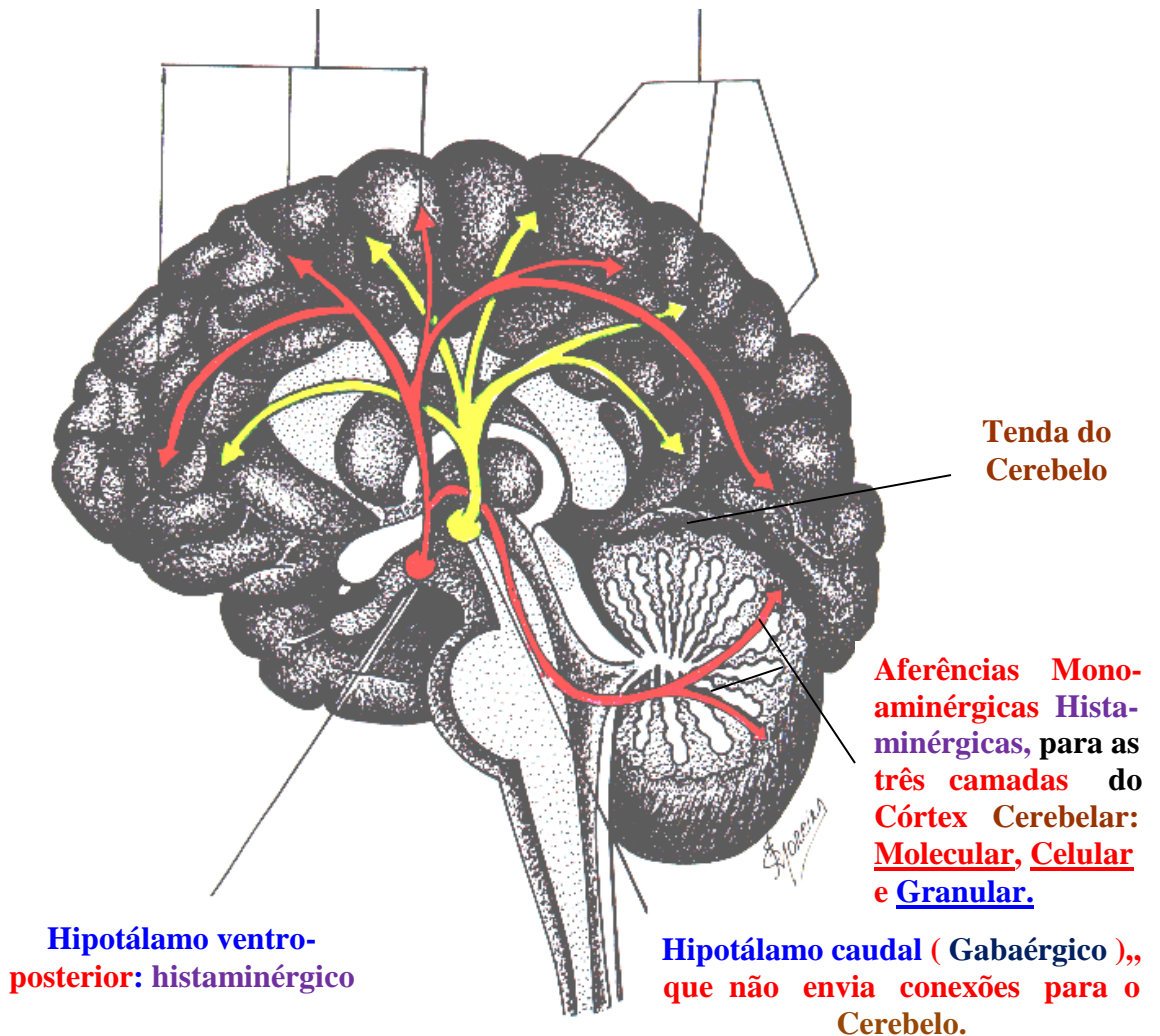


Localização e distribuição do neurotransmissor “Norepinefrina”, no nível do S.N.C., no qual esse neurotransmissor é, também, um dos neuromoduladores extratalâmicos da atividade cortical. A Noradrenalina “inibe as células de Purkinje” do Cerebelo às ações excitatórias das Fibras Paralelas

Sistemas Moduladores Extra-talâmicos Corticais Histaminérgico e Gabaérgico, e as Aferências Monoaminérgicas Histaminérgicas dirigidas às três Camadas do Cerebelo: Molecular, Celular e Granular.

Projeções Histaminérgicas, com distribuição em todo o Córtex Cerebral

Projeções Gabaérgicas difusas para todo o Córtex Cerebral.



Localização e distribuição dos neurotransmissores “histamina” e “ácido Gama aminobutírico no sistema nervoso central, no qual são, também neuromoduladores extra-talâmicos da atividade cortical. As projeções Histaminérgicas com suas origens hipotalâmicas ventro-posteriores coordenam as funções: somatomotoras e visceromotoras.

FIG.18

4º) - CIRCUITOS E CONEXÕES EXTRÍNSECAS DO CEREBELO

A excepcional localização anatômica do cerebelo (fig.: 50), na fossa craniana posterior, permite-lhe receber e enviar conexões para diversas direções, principalmente, nas recepções dos tratos aferenciais sensoriais periféricos ascendentes, oriundos da medula espinhal e dos núcleos do tronco encefálico, tratos descendentes tectais e trigeminais, como também, a coordenação e controle dos impulsos motores recebidos do córtex cerebral (figs.: 1, 22, 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 40, 41, 42, 45 e 50).

Dentre estas conexões sensoriais extrínsecas do cerebelo., destacam-se as seguintes:

- 4.1 - Núcleo cuneiforme lateral (Von Monakov (figs.: 19 e 20)
- 4.2 - Núcleos pontinos (fig.: 19, 42, 45 e 42)
- 4.3 - Complexo olivar bulbar inferior (fig.: 22)
- 4.4 - Núcleo rubro (vermelho) (figs.: 23, 24, 32 e 33)
- 4.5 - Núcleos vestibulares (figs.: 27 e 31)
- 4.6 - Núcleos diencefálicos Talâmicos (figs.: 25, 25.1, 30, 42 e 45)
- 4.7 - Núcleos diencefálicos hipotalâmicos (fig.: 18)
- 4.8 - Núcleos da formação reticular (figs.: 31, 37 e 45)
- 4.9 - Tratos: tecto-ponto-cerebelares (fig.: 50)
- 4.10 - Núcleos trigeminais (fig. 49)

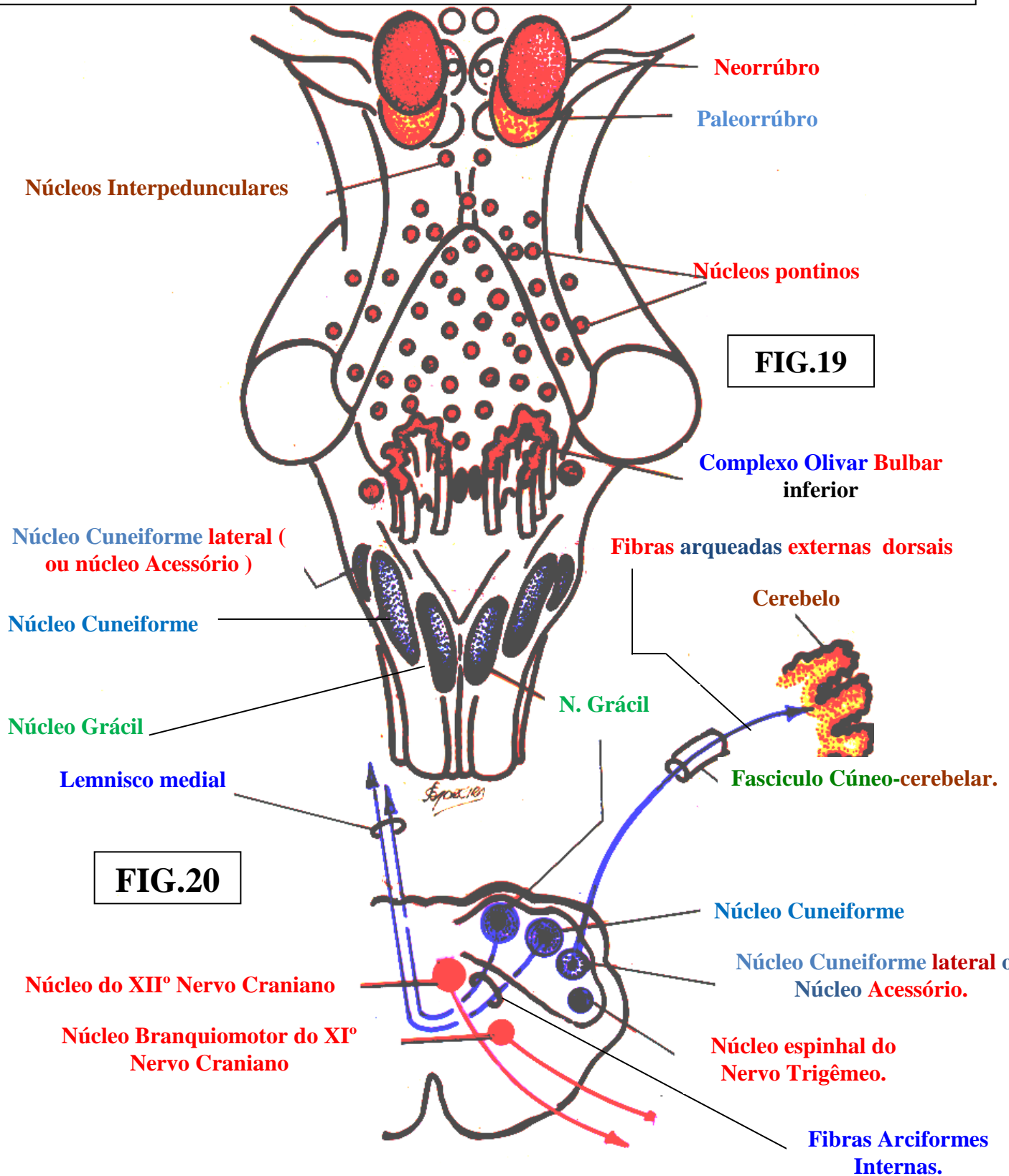
Todas estas conexões se distribuem, funcionalmente, em: “fibras trepadeira (Via Complexo Olivar Bulbar inferior) e fibras musgosas”, que participam dos “Circuitos intrínsecos do cerebelo” (fig.: 14).

4.1º) - CONEXÕES COM O NÚCLEO CUNEIFORME LATERAL (FASCÍCULO CÚNEO-CEREBELAR : C1, C2, C3 E C4)

O “núcleo cuneiforme lateral,” envia suas fibras eferentes em direção à região homolateral (Trato Cuneo-cerebelar homolateral) do cerebelo, conduzindo estímulos periféricos sensoriais proprioceptivos inconscientes, os quais, penetram na medula espinhal, no nível dos segmentos medulares: C1, C2, C3 e C4, nos quais, como já foi estudado na medula espinhal, não encontramos a coluna de Clarke, localizada, entre C8 e L2 (figs.: 19 e 20). Portanto, através do núcleo cuneiforme lateral, são conduzidos os impulsos proprioceptivos inconscientes, aos músculos da região cervical. Assim, os axônios eferentes deste núcleo cuneiforme lateral, em direção ao cerebelo homolateral constituem as chamadas “Fibras arqueadas externas dorsais” (fig.: 20). Por isso, o núcleo cuneiforme lateral é considerado, fisiologicamente, uma extensão ou prolongamento da “Coluna de Clarke” (coluna torácica ou núcleo dorsal, (figs.: 32 e 40). As “Fibras arqueadas externas dorsais”, em seu trajeto em direção ao cerebelo, utilizam-se do pedúnculo cerebelar inferior (corpo restiforme) (figs.:19 e 20).

Para alguns pesquisadores, o “núcleo acessório”, como, também, é chamado o núcleo cuneiforme lateral (figs.: 19 e 20), , também, recebe impulsos proprioceptivos inconscientes do membro superior homolateral.

**Visão Dorsal do Tronco Encefálico, vendo-se, por
Transparência, diversos de seus Núcleos.**



Cóрте transversal do tronco encefálico.

4.2º) – CONEXÕES COM OS NÚCLEOS PONTINOS E OS CIRCUITOS: CÓRTICO-PONTO-CEREBELO-TÁLAMO-CORTICAL E CÓRTICO-PONTO-CEREBELO-NEORRÚBRO-RETÍCULO-ESPINHAL

Os “núcleos pontinos” representam, como “grupo,” o maior e mais importante conjunto nuclear sináptico, para o cerebelo (figs.:19, 42, 45 e 50).

Localizados na ponte basal, (formando grande massa de pequenos núcleos, situados na superfície ventral do tronco encefálico) (fig.: 19), estes inúmeros núcleos pontinos, recebem fibras cortico-pontinas, conduzindo impulsos motores corticais (figs.: 19, 42, 45 e 50). Deles, emergem axônios que, em direção à região contra-lateral do cerebelo e através do pedúnculo cerebelar médio, em seu trajeto transversal, alcançam o hemisfério cerebelar (neo-cerebelo) do lado oposto, (figs.: 19, 42 e 45).

Assim, os núcleos pontinos participam de dois importantes e complexos circuitos corticais: “Circuito: córtico-ponto-neocerebelar-dento-tálamo-cortical” e “Circuito: cortico-ponto-neocerebelar- dento-neorrúbico-retículo-espinhal”, (figs.: 42 e 45).

Portanto, os núcleos pontinos participam, como núcleo relés, no mecanismo duplo de controle motor, exercido pelo cerebelo no nível cortical (origem dos impulsos motores voluntários) e no nível medular espinhal (neurônios motores medulares) (figs.: 42 e 45).

4.3ª) - CONEXÕES COM O COMPLEXO OLIVAR BULBAR INFERIOR.

As “fibras olivo-cerebelares”(figs.: 21, 22 e 45), ao emergirem do hilo olivar (oliva principal), dirigem-se para o lado oposto, através do pedúnculo cerebelar inferior (corpo restiforme) e alcançam, após atravessar todo o corpo branco medular cerebelar e a camada granular, a camada de células de Purkinje da região contralateral do cerebelo. Constituem assim, em seu conjunto, as “Fibras Trepadeiras” (ou trepadoras), (figs.: 21, 22, 42, 45 e 50) do cerebelo.

As fibras, com origens nos núcleos olivares acessórios, projetam-se sobre o arquicerebelo contralateral (fig.: 22) (manutenção do equilíbrio) e sobre o paleocerebelo contralateral (coordenação dos movimentos e mudanças posturais de locomoção), enquanto o núcleo olivar bulbar principal inferior, projeta-se sobre o neocerebelo contralateral, relacionado ao desencadeamento e desenvolvimento dos movimentos voluntários, principalmente, os mais finos e elaborados (fig.: 22).

O significado funcional do complexo olivar bulbar inferior (núcleos: principal e acessórios), é evidente, pois, sua destruição, leva ao aparecimento de sinais de disfunção do cerebelo, cujas manifestações, se refletem nos membros do lado oposto à oliva lesada. O complexo Olivar Bulbar inferior, recebe estímulos: corticais cerebrais, do núcleo rubro, da substância negra, do tálamo, do corpo estriado, que se integram ao feixe central da calota (ou Trato Tegmentar Central) (figs.: 21 e 22).

Trato Tegmentar Central
(Feixe Central da calota)

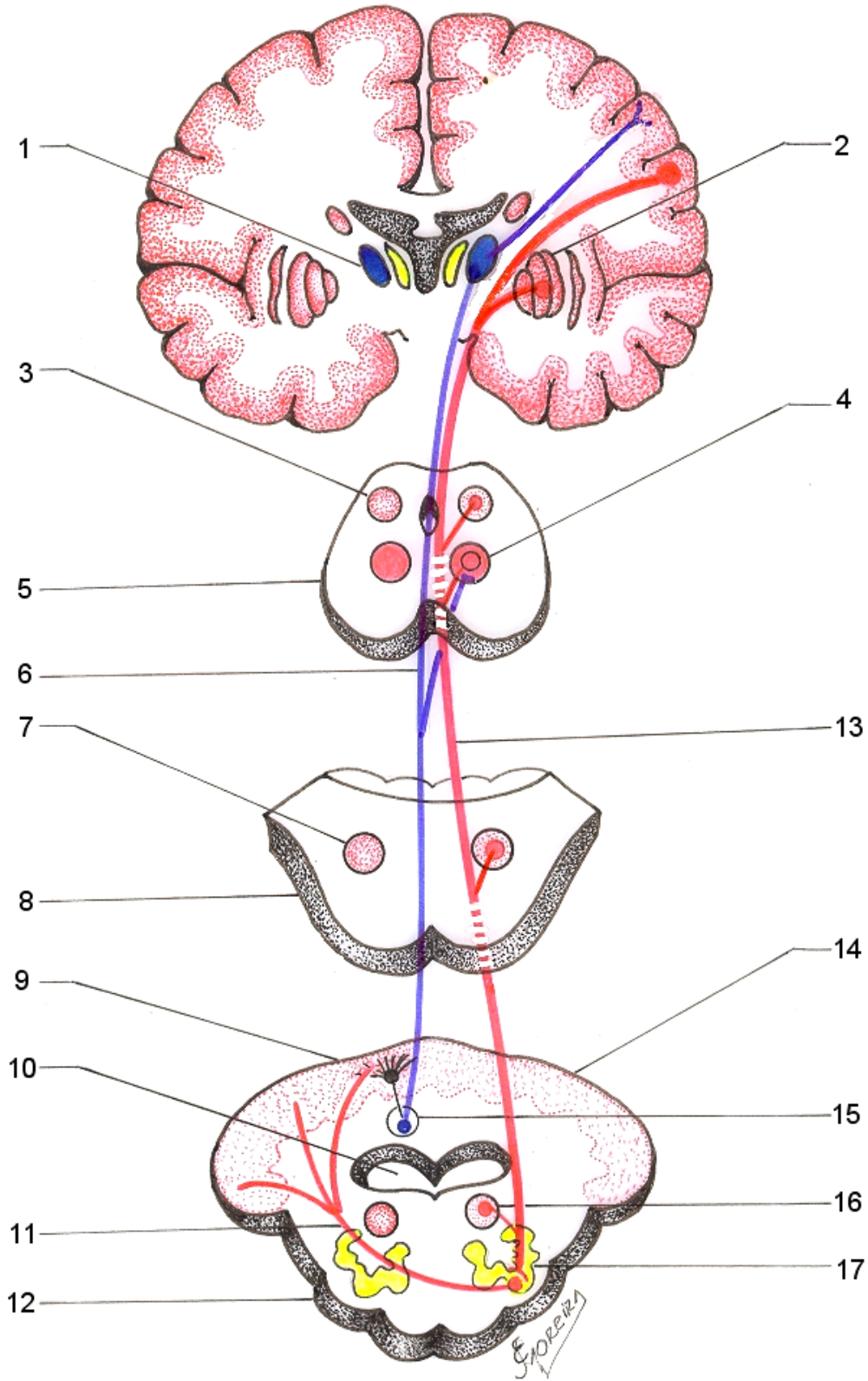


FIG.21

TRATO TEGMENTAR CENTRAL OU FEIXE CENTRAL DA CALOTA

(LEGENDA DA FIGURA: 21)

- 1 – **TÁLAMO**
- 2 – **NÚCLEOS DA BASE**
- 3 – **NÚCLEO DA FORMAÇÃO RETICULAR MESENCEFÁLICA**
- 4 – **NÚCLEO NEORRÚBRO**
- 5 – **MESENCEFALO**
- 6 – **VIA CEREBELO-TÁLAMO-CORTICAL**
- 7 – **NÚCLEO DA FORMAÇÃO RETICULAR PONTINA**
- 8 – **PONTE**
- 9 – **CÉLULA DE PURKINJE**
- 10 – **CAVIDADE DO IVº VENTRÍCULO**
- 11 – **FIBRA TREPadeira (TREPadora) DO CEREBELO**
- 12 – **PARTE DO BULBO, VENDO-SE POSTERIORMENTE, O CEREBELO**
- 13 – **FEIXE CENTRAL DA CALOTA (FASCÍCULO TEGMENTAR CENTRAL)**
- 14 – **CEREBELO**
- 15 – **NÚCLEO DENTEADO (NEOCEREBELO)**
- 16 – **NÚCLEO DA FORMAÇÃO RETICULAR BULBAR**
- 17 – **NÚCLEO PRINCIPAL DO COMPLEXO OLIVAR BULBAR INFERIOR**

Desenho mostrando conexões aferentes ao complexo olivar bulbar inferior e as fibras trepadoras (olivocerebelares) deste complexo olivar

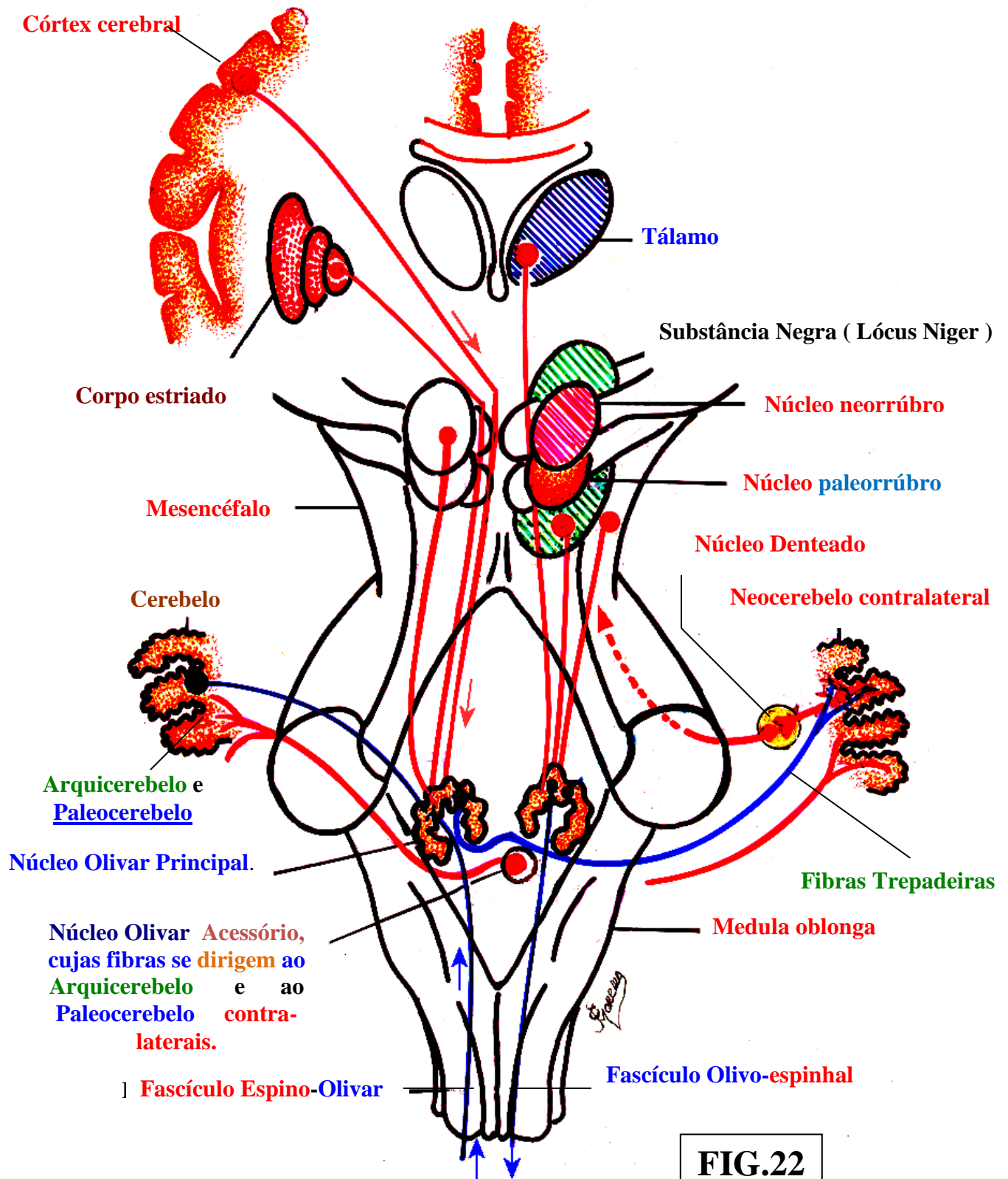
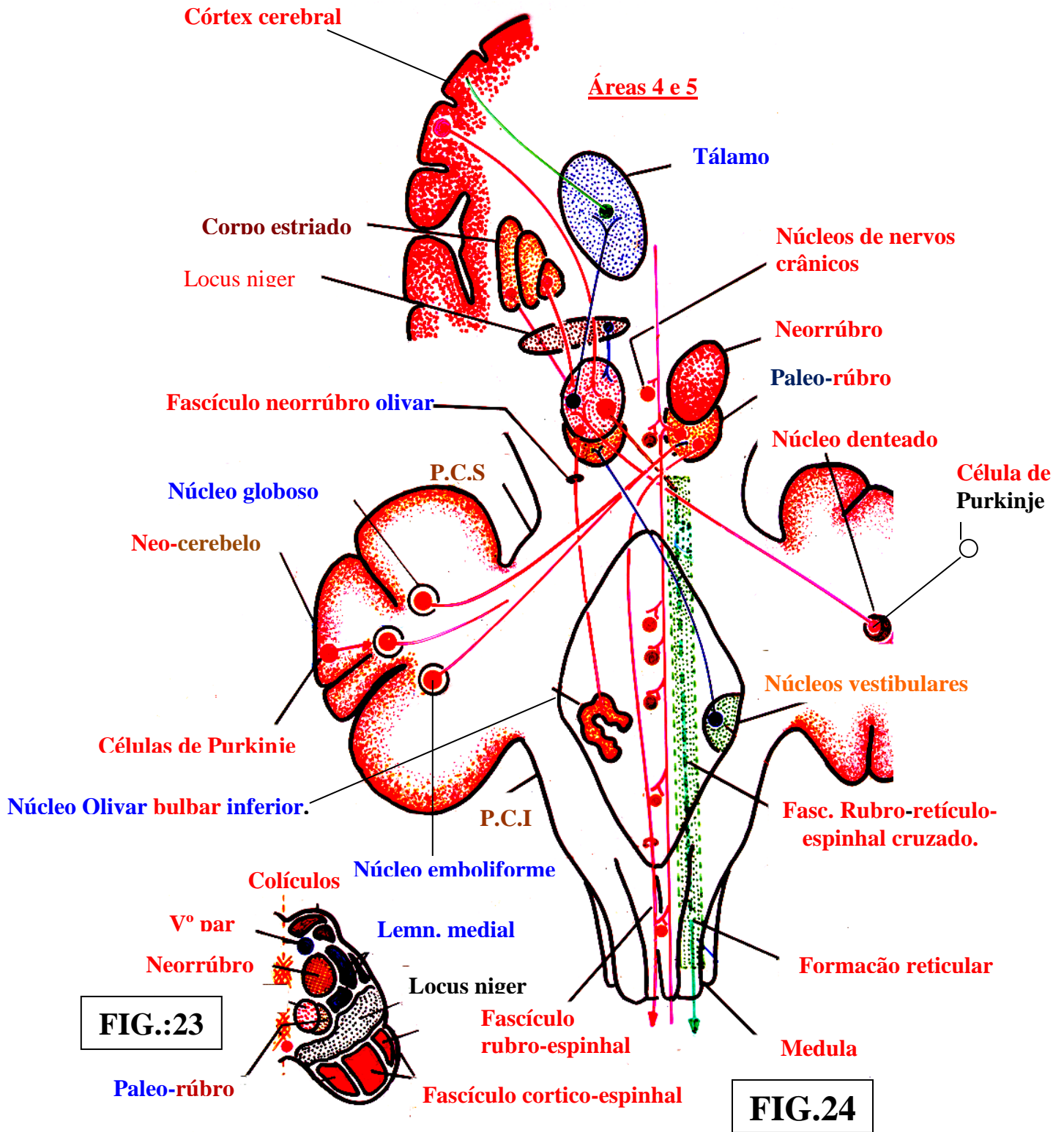
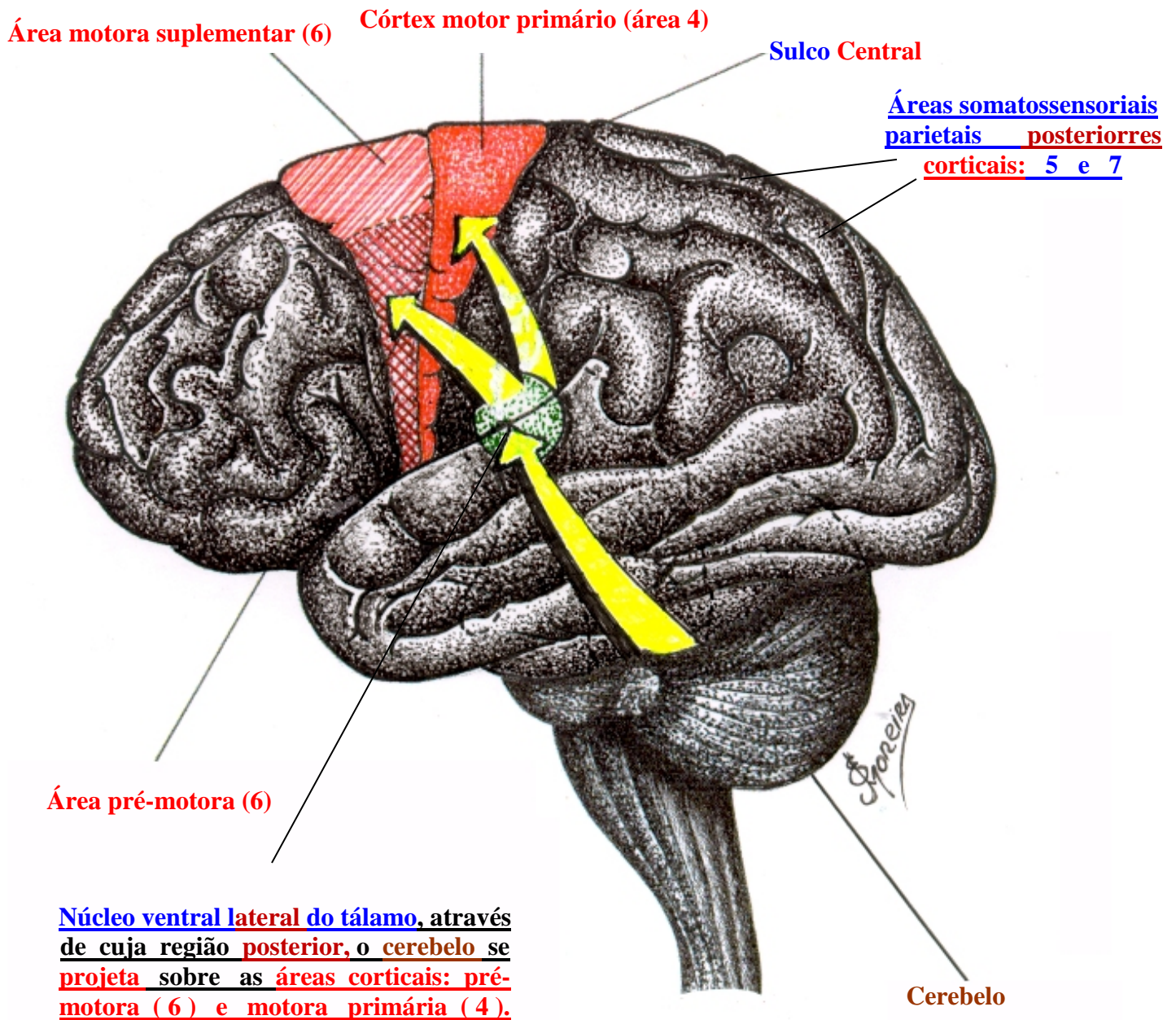


FIG.22



Cerebello e suas conexões com o núcleo vermelho (paleo-rúbrio e neorrúbrio) e Respective fasciculos: rubroespinhal cruzado e rubro-retículo-espinhal cruzado

Áreas Corticais Motoras



Superfície lateral do Hemisfério Cerebral e Parte do Cerebelo e do Tronco Encefálico.

FIG.: 25

ORGANIZAÇÃO SOMATOTÓPICA DOS SEGMENTOS CORPORAIS, ENTRE AS INFORMAÇÕES CEREBELARES E DOS NÚCLEOS DA BASE, DIRIGIDAS AO NÚCLEO VENTRAL LATERAL DO TÁLAMO.

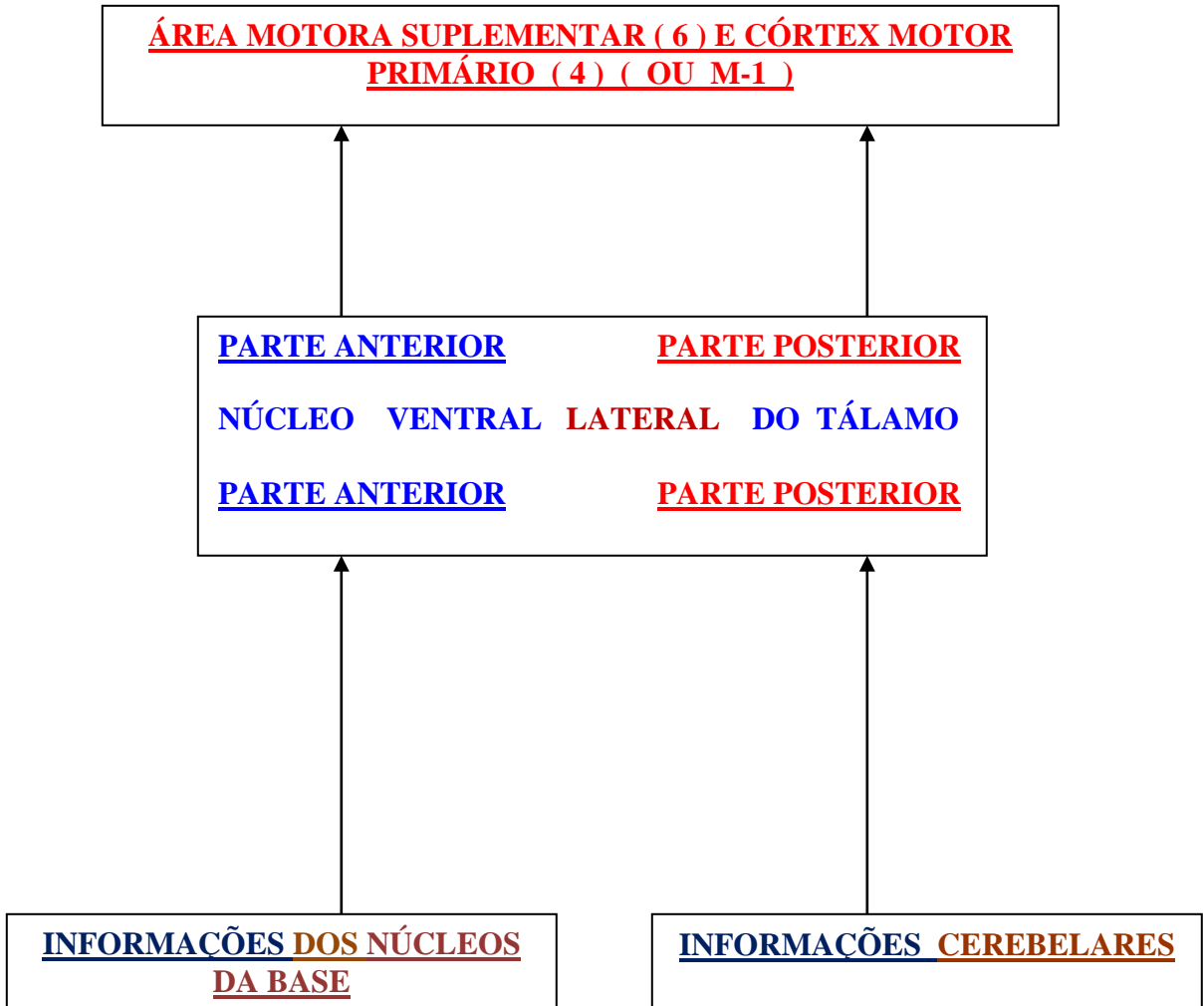


FIG.: 25.1

4.4º) – CONEXÕES COM O NÚCLEO VERMELHO (RUBRO): (Neo-rúbrio e Paleo-rúbrio. Figs.: 32 e 33).

As fibras dos núcleos cerebelares (emboliforme e globoso), eferentes do paleocerebelo e dirigidas ao paleorrúbrio (fibras interpósito paleorrúbricas, (figs.: 32 e 33), passam, através do, pedúnculo cerebelar superior homolateral e atingem o paleorrúbrio do lado oposto, no qual, se processa a transferência dos impulsos proprioceptivos inconscientes musculares (principalmente, dos músculos extensores) ao neurônio motor medular, através do “trato ou fascículo rubroespinal cruzado”(figs.: 24, 32 e 33). Desta forma, estes impulsos paleocerebelares, primariamente, dirigidos à medula espinhal, são, na verdade, homolaterais, pois, retornam ao mesmo lado de suas origens, integrando, assim, a propriocepção muscular, controlando o tônus muscular e a postura. Nas aferências ao neorrúbrio fig.: 24), observamos que as células de Purkinje do córtex neocerebelar, dirigem-se, em sua maioria, ao núcleo denteado do neocerebelo, do qual, partem as fibras eferentes neocerebelares, com duplo destino: algumas, após sinapses no neorrúbrio contralateral, dirigem-se ao tálamo, agora, homolateral, atingindo, finalmente, o córtex encefálico, constituindo assim, parte do circuito já comentado, “ cortico-ponto-cerebelo-neorrúbrio-tálamo-cortical”. A outra parte, reúne a maioria das fibras do núcleo denteado do neocerebelo, dirigindo-se, principalmente, ao núcleo neorrúbrio contralateral, do qual, os impulsos são projetados, aos núcleos da formação reticular (fibras neorrúbricas reticulares) heterolaterais, sendo os impulsos, a partir deste ponto, conduzidos, através das, fibras retículo-espinhais ao neurônio motor medular inferior (figs.: 24 e 42).

A importância dessas conexões aferentes do núcleo rubro (vermelho), principalmente, aquelas que, estabelecem conexões entre o neocerebelo (núcleo denteado) com o neorrúbrio contralateral) (parte integrante do circuito “ Dento-neorrúbrio-tálamo-cortical”), reside no mecanismo, através do qual os impulsos motores voluntários, originários do córtex do lobo frontal são, simultaneamente, enviados ao cerebelo (através da via cortico-ponto-cerebelar), possibilitando a este a coordenação dos movimentos voluntários, através da “via cerebelo-neorrúbrio-tálamo-cortical”, além de sua influência sobre os neurônios motores inferiores (ou laterais), através da “via cerebelo-neorrúbrio-retículo-espinhal”,(figs.: 24 e 42). Conclui-se, portanto, que a coordenação cerebelar dos movimentos voluntários, se estabelece através de dois mecanismos morfo-funcionais: influência sobre o neurônio cortical motor e sobre o neurônio motor medular, apresentando, como estrutura comum e principal de ambas as vias, o “neorrúbrio.” (figs.: 24 e 42). As conexões que o núcleo vermelho mantém, com o cerebelo, são realizadas, em função, da divisão filogenética do núcleo rubro (vermelho), em : paleorrúbrio e neorrúbrio.

Os núcleos cerebelares emboliforme e globoso, de aparecimento mais antigo (paleocerebelo), estabelecem conexões, com o paleorrúbro (figs.: 14, 32 e 33). Desse núcleo, originam-se eferências, conduzidas aos núcleos motores viscerais do tronco encefálico e, através do trato ou fascículo rubroespinal cruzado, para os neurônios motores da coluna anterior da medula espinal (fig.: 33 e 34).

Portanto, O núcleo denteado (neocerebelo), mantém conexões com o neorrúbro. Desse núcleo, os impulsos se dirigem ao núcleo ventral lateral do tálamo e, posteriormente, às áreas motoras corticais frontais (áreas: pré-motora e motora primária “M-I), influenciando na execução dos movimentos voluntários de alta precisão e naqueles relacionados ao semi-automatismo e ao tônus muscular. (figs.: 25 e 42).

4.5º) – CONEXÕES COM OS NÚCLEOS VESTIBULARES

Os “núcleos vestibulares” do tronco encefálico (superior, inferior, medial e lateral), são centros sinápticos, entre os neurônios I e II do nervo vestibular, para impulsos informativos, sobre as “mudanças de posição da cabeça no espaço”. Os neurorreceptores, para as vias vestibulares, localizam-se na porção vestibular da orelha interna (ouvido), representados pelas cristas ampulares dos canais semicirculares e máculas do utrículo e sáculo (fig.:26.6). São receptores de natureza proprioceptiva e, nestas condições, são capazes de orientar, sobre a posição no espaço, das estruturas que os possuem (cabeça).

Na estrutura desta via vestibular, encontramos dois neurônios: Neurônio I e Neurônio II. Os neurônios I, localizam-se no gânglio vestibular (gânglio de Scarpa), enquanto os neurônios II, localizam-se nos núcleos vestibulares do tronco encefálico (figs.: 26, 27, 28, 29, 30, 31,)

Para que tenhamos uma melhor noção da importância dos núcleos vestibulares e das diversas vias vestibulares, torna-se necessária a apresentação de pequeno preâmbulo das “fases do desenvolvimento do “Sistema Vestíbulo-coclear”” (figs.: 26.1. 26.2, 26.3. 26,4. 26.5 e 26.6).

A orelha interna, ontogeneticamente, responsável pela conversão das ondas sonoras, em impulsos sonoros, além de registrar, também, as modificações do equilíbrio, forma-se a partir da vesícula ótica, de origem ectodérmica (figs.: 26.4 e 26.5).

Aproximadamente, em torno do 18º dia do desenvolvimento ontogenético, surgem os primeiros sinais, do desenvolvimento da orelha interna (fig.26.6) Inicialmente, observa-se um espessamento do ectoderma superficial, de cada lado do rombencéfalo, constituindo os “placódios óticos (um de cada lado) (fig.: 26.1 , 26.2 e 26.3).

Após sua formação bilateral, os placódios, rapidamente, invaginam-se no tecido mesenquimatoso circunvizinho (figs.: 26.1, 26.2 e 26.3), constituindo as “vesículas óticas” ou “otocistos” (fig.: 26.4).

Posteriormente, cada vesícula ótica, dividir-se-á em: 1º) um componente ventral que, em sua evolução, dará origem ao “sáculo” e ao “conduto coclear”(fig.: 26.5) com o respectivo “órgão de Corti”. 2º) um componente dorsal, que formará o “utrículo”, canais semicirculares e ducto endolinfático) (figs.: 26.5 e 26.6).

Assim se forma o “labirinto membranoso,” localizado e imerso em tecido mesenquimatoso que, posteriormente, se calcifica, constituindo o “labirinto ósseo”, no qual, previamente, esboça-se uma condensação do mesenquima, dando origem aos ossículos da orelha média (fig.: 26.6).

Assim, o labirinto membranoso, fica totalmente envolvido pelo labirinto ósseo, que se mantêm separados, por estreito espaço, conhecido por “espaço perilinfático” (fig.: 26.6), a ser ocupado pela perilíngua.

Durante a formação da “vesícula ótica”, (figs.: 26.1, 26.2, 26.3, 26.4 e 26.5), pequeno grupo de células migra, constituindo, ao lado da vesícula ótica, o gânglio estato-acústico (fig.: 26.5) que, posteriormente, se dividirá, originando dois outros gânglios distintos: Gânglio coclear, relacionado, funcionalmente, ao órgão de Corti da cóclea (audição) e gânglio vestibular, relacionado, funcionalmente, ao sáculo, utrículo e canais semicirculares (equilíbrio).

Os axônios dos neurônios localizados nos gânglios citados (coclear e vestibular) cujas funções, são totalmente diversas, reunem-se, em seus percursos, em direção ao cérebro, constituindo o “nervo vestibulo-coclear” (fig.: 26.6).

Fases do Desenvolvimento do Sistema Vestíbulo-Coclear

Invaginação do Placódio

Placódio Ótico

1

FIG.: 26.1

Aorta dorsal

2

FIG.: 26.2

Rombencéfalo

Fosseta Óptica

3

FIG.: 26.3

Condensação mesenquimal

Porção utricular da vesícula ótica

Vesícula ótica

4

FIG.: 26.4

Faringe

Formação da Membrana Timpânica

Orelha média

Conduto auditivo externo

Membrana timpânica

FIG.: 26.6

Paredes do Rombencéfalo

Ossículos da Orelha média

5

Porção Sacular da Vesícula Ótica

Gânglio Estato-Acústico

FIG.: 26.5

Endoderma

Cavidade timpânica primitiva

Orelha interna

6

Cóclea

Labirinto Ósseo

Conduto Faríngeo-Timpânico

FIGS.: 26.1, 26.2, 26.3, 26.4, 26.5, 26.6

Os axônios, relacionados ao gânglio vestibular e, morfo-funcionalmente, ao sáculo, utrículo e canais semicirculares, unem-se em seu trajeto encefalópeto e constituem a parte vestibular do nervo vestibulo-coclear (figs.: 27, 28, 29, 30 e 31).

Assim, o “Sistema Vestibular” apresenta seus órgãos sensoriais, situados no labirinto vestibular da orelha interna e responde aos movimentos e posições da cabeça no espaço.

Para desempenhar esta função, relacionada ao equilíbrio e à postura, o sistema vestibular mantém importantes conexões eferentes com os centros corticais motores (fig.: 30): conexões com os núcleos motores do tronco encefálico, que inervam os músculos extra-oculares (IIIº, IVº e VIº nervos cranianos, fig.: 30), conexões com o cerebelo, conduzindo informações deste sistema vestibular, principalmente, ao arquicerebelo fastigial (figs.: 30 e 31), as quais, podem estabelecer sinapses, com um segundo neurônio, a partir dos núcleos vestibulares, principalmente as conexões com o núcleo vestibular lateral, do qual emerge o trato ou fascículo vestibulo-espinhal lateral, que se associa aos tratos e núcleos da formação reticular do tronco encefálico (tratos reticuloespinhais lateral e medial) (, figs.: 30 e 31). Estes tratos, em seus respectivos trajetos descendentes, no tronco encefálico e, posteriormente, através da medula espinhal, participam da coordenação do tônus muscular, a partir das alças gama e suas ações (excitatórias ou inibitórias), sobre os fusos neurotendíneos. Finalmente, o sistema vestibular estabelece conexões com os motoneurônios das pontas motoras ventrais da medula espinhal. (fig.: 10 e 30).

A partir destes núcleos vestibulares (figs.: 27, 28, 29, 30 e 31), a via vestibular apresenta dois trajetos, dos quais, no momento, nos interessa, aquele relacionado à via vestibular inconsciente, em virtude de suas conexões com o cerebelo (figs.: 27, 28, 29, 30 e 31). A outra é a via consciente, que encaminha impulsos proprioceptivos conscientes e epicríticos ao cerebelo, a partir dos núcleos: grácil e cuneiforme, através do sistema cordão dorsal-lemnisco medial. (fig.: 43).

Na “Via Inconsciente”, os axônios dos neurônios II, localizados nos núcleos vestibulares do tronco encefálico, formam o “Fascículo vestibulo-cerebelar” (fig.: 31), que se dirige ao cerebelo, através do pedúnculo cerebelar inferior.

Todavia, algumas fibras das regiões ampulares dos canais semicirculares, do utrículo e do sáculo, dirigem-se aos núcleos vestibulares, porém, sem estabelecer quaisquer sinapses nestes núcleos, prosseguindo em direção ao cerebelo (figs.: 27, 28, 29, 30 e 31).

Essas aferências vestibulares primárias, se dirigem ao arquicerebelo (lobo flóculo-nodular, úvula e núcleo fastigial) (figs.: 01, 31 e 37). São fibras cujos corpos celulares, encontram-se no gânglio vestibular, como foi visto nas mesmas figuras acima citadas.

O cerebelo, por sua vez, mantém conexões com os núcleos vestibulares, através de projeções axônicas diretas, das quais, algumas são recíprocas.

Os impulsos sobre a posição da cabeça, no espaço, são conduzidos pelo fascículo vestibulo-cerebelar, que se dirige ao córtex do arquicerebelo, no qual suas fibras fazem sinapses com os dendritos das células de Purkinje (figs.: 31 e 37).

Das células de Purkinje, os respectivos axônios, vão ao encontro do núcleo fastigial do arquicerebelo, conduzindo os impulsos. Desse núcleo fastigial, novos neurônios transferem e encaminham os impulsos em duas direções: Por um lado, encaminham os impulsos para os núcleos reticulares (trato fastigio-reticular) e, por

outro lado, encaminham impulsos para os núcleos vestibulares, dos quais, partem os tratos vestibuloespinal homolateral e vestibuloespinal cruzado, exercendo suas ações sobre os neurônios motores das pontas motoras da medula espinhal, com o objetivo de manter o equilíbrio (figs.: 24, 30, 31).

4.6ª) – CONEXÕES COM O TÁLAMO: (REGIÃO POSTERIOR DO NÚCLEO VENTRAL LATERAL) (N. V. L. P.).

O núcleo denteado do neocerebelo, estabelece conexões com o tálamo (região posterior do núcleo ventral lateral (ou núcleo ventral intermédio lateral), de localização contralateral ((figs.: 42 e 45). Através de novos neurônios, com origens neste núcleo talâmico, os impulsos sensoriais, que tiveram origem no neocerebelo, são conduzidos às áreas motoras corticais frontais, pré-motora e motora primária, principalmente, na realização de movimentos muito elaborados e de alta precisão, assim como, naqueles relacionados aos semi-automatismos e ao tônus muscular, que participa ativa e decisivamente, com tais conexões, do circuito: Córtico-ponto-cerebelo-neorrúbrio-tálamo-cortical” (fig.: 42), de significativa importância na segunda fase do desenvolvimento de um evento motor (via cérebro-cerebelar) (figs.: 44 e 45). Estas conexões com a parte posterior do núcleo ventral lateral do tálamo também, são estabelecidas pelos núcleos emboliforme e globoso do paleocerebelo (núcleo interpósito), através das fibras interpósito-talâmicas que, finalmente encaminham, através de um terceiro neurônio talâmico, os impulsos aos córtices motor primário (M-1) e pré-motor. (figs.: 30 e 33).

4.7º) – CONEXÕES COM O HIPOTÁLAMO:

Neurônios, localizados no núcleo ventral posterior do hipotálamo, bem como em suas áreas dorsal e lateral, projetam seus axônios, em direção ao córtex e núcleos cerebelares, constituindo a “Via Hipotálamo-cerebelar (fig.: 18). São fibras histaminérgicas, que utilizam como neurotransmissor a “Histamina” e que se distribuem entre as três camadas do córtex cerebelar e que, em seu trajeto, em direção ao referido córtex cerebelar, fornecem colaterais, que se dirigem aos núcleos cerebelares centrais (denteado e interpósito), relacionando-os ao neocerebelo e ao paleocerebelo, respectivamente (fig.: 18).

Por outro lado, fibras com suas origens nestes citados núcleos cerebelares (denteado e interpósito), dirigem-se às áreas posterior e lateral hipotalâmicas, além de alguns axônios, que se dirigem, diretamente, ao núcleo dorsomedial hipotalâmico, constituindo assim, a “Via cerebello-hipotalâmica”, completando as conexões cerebello-hipotalâmicas, nos dois sentidos.

Sabemos que o cerebelo é um centro integrador de atividades motoras estriadas (somatomotoras), sendo sua influência, importante no planejamento, coordenação, modulação e execução dos movimentos musculares somáticos (início, desenvolvimento e término dos eventos motores). Por outro lado, o hipotálamo é importante centro regulador, integrador, coordenador e modulador das atividades visceromotoras. Sabe-se, além disso, que o sistema somatomotor, necessita do apoio e das providências e do suporte necessário à sua situação, seja com os variáveis níveis de oxigênio nas fibras musculares somatomotoras, durante os eventos somatomotores, seja com as secreções noradrenérgicas e colinérgicas, necessárias durante os eventos, e as necessárias vasodilatações e vasoconstricções, inclusive, a insubstituível neoglicogênese hepática, com maiores reservas energéticas para os movimentos e significativos reflexos, como acontece no mecanismo neurofisiológico da “Síndrome de Emergência de Cannon”, também conhecida por “Reação de Alarme”.

Assim, através destas conexões recíprocas diretas, os dois sistemas centrais integradores (Cerebelo e Hipotálamo), desenvolvem e mantêm o necessário monitoramento, com o objetivo de preservar sempre o equilíbrio estável funcional, no qual, o cerebelo, projeta seu planejamento somatomotor funcional ao hipotálamo, enquanto, este hipotálamo, coordena as respostas reflexas fisiológicas visceromotoras necessárias à execução do evento somatomotor.

4.8º) – CONEXÕES COM NÚCLEOS DA FORMAÇÃO RETICULAR DO TRONCO ENCEFÁLICO.

As conexões com núcleos da formação reticular do tronco encefálico (fig.: 31 e 37), se realizam através de neurônios, localizados no, núcleo fastigial do arquicerebelo, cujos axônios, se dirigem através do fascículo fastígio-bulbar, aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico, nos quais, ao se articularem com novos neurônios, de orientação descendente, constituem o fascículo retículoespinal, com destino às pontas motoras da medula espinal (alças gama) (fig.: 10), havendo, portanto, também, através, não apenas desses núcleos da formação reticular, como também, do fascículo vestibulo-espinal lateral, conexões, com a própria medula espinal (fig.: 31 e 37).

4.9º) – CONEXÕES TETO-PONTO-CEREBELARES.

Nos mecanismos morfo-funcionais dessas conexões “Tecto-ponto-cerebelares cruzadas”, a integração com o cerebelo é, também significativa. As fibras eferentes coliculares emergem, dirigindo-se aos núcleos pontinos basais, de onde, através de novos neurônios, cruzam para o lado oposto, na espessura do pedúnculo cerebelar médio, indo diretamente, ao córtex cerebelar contralateral (figs.: 50 e 55).

4.10º) – O CEREBELO E AS MANIFESTAÇÕES ÁLGICAS E TÉRMICAS DO NERVO TRIGÊMEO SENSORIAL.

Em relação às informações oriundas do nervo trigêmeo e dirigidas ao cerebelo, o maior número destas informações somáticas sensoriais, relaciona-se às fibras algicas e térmicas trigeminais e relacionadas à cabeça e destinada às diversas regiões encefálicas.

O “núcleo trigeminal espinhal”, também conhecido por, núcleo trigeminal protopático do nervo trigêmeo sensorial, localiza-se, desde a proximidade do terço distal da ponte, até a parte rostral da medula espinhal cervical.

Este núcleo espinhal, também contém neurônios, que os projetam para outras regiões encefálicas, conforme ainda veremos.

Destas projeções, as mais importantes são: as projeções para os núcleos da formação reticular do tronco encefálico, as projeções para os núcleos tectais mesencefálicos, projeções para o cerebelo e para o próprio córtex cerebral.

O núcleo trigeminal espinhal, funcionalmente, apresenta três núcleos: O primeiro núcleo, é o “núcleo oral”, o segundo núcleo, é o núcleo interpolar e o terceiro núcleo, é o núcleo caudal.

Sabemos que, as funções deste núcleo espinhal trigeminal, são semelhantes às funções da coluna dorsal da medula espinhal, principalmente se, estiverem relacionadas, às sensibilidades veiculadas pelo nervo facial.

Assim, este núcleo espinhal trigeminal, desempenha importante função, nas sensibilidades algicas e térmicas, da cabeça e do pescoço e, com discreta importância, nas funções da sensibilidade tátil.

Assim, o núcleo espinhal trigeminal, participa, também, significativamente, dos reflexos trigeminais, como acontece no reflexo de abertura da boca e, através de suas “vias trigêmino-cerebelares”, nos movimentos mastigatórios.

Estes últimos impulsos, são recebidos por neurorreceptores localizados nos músculos mastigatórios e na articulação têmporo-mandibular (A.T.M.) (fig.: 50).

Conexões Extrínsecas do Cerebelo: Com o Gânglio Vestibular e Utrículo

Desenho esquemático, mostrando a chegada das aferências primárias, com impulsos do Utrículo, ao Núcleo Vestibular lateral e ao Cerebelo.

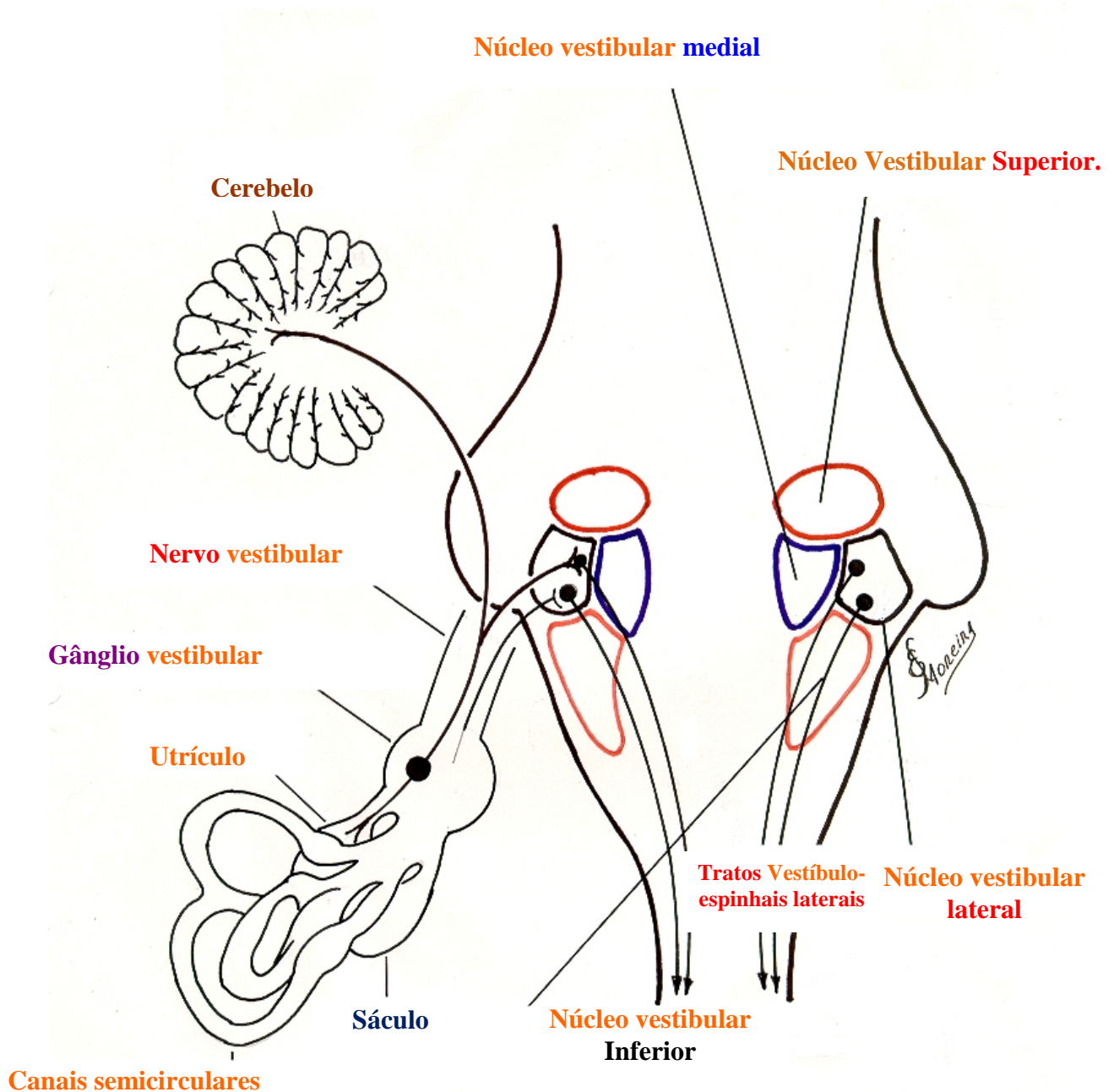


FIG.27

Conexões Extrínsecas do Cerebelo: Com eferências do Sáculo, que se destinam, também, aos Núcleos Vestibular Lateral e Vestibular Inferior do Tronco Encefálico.

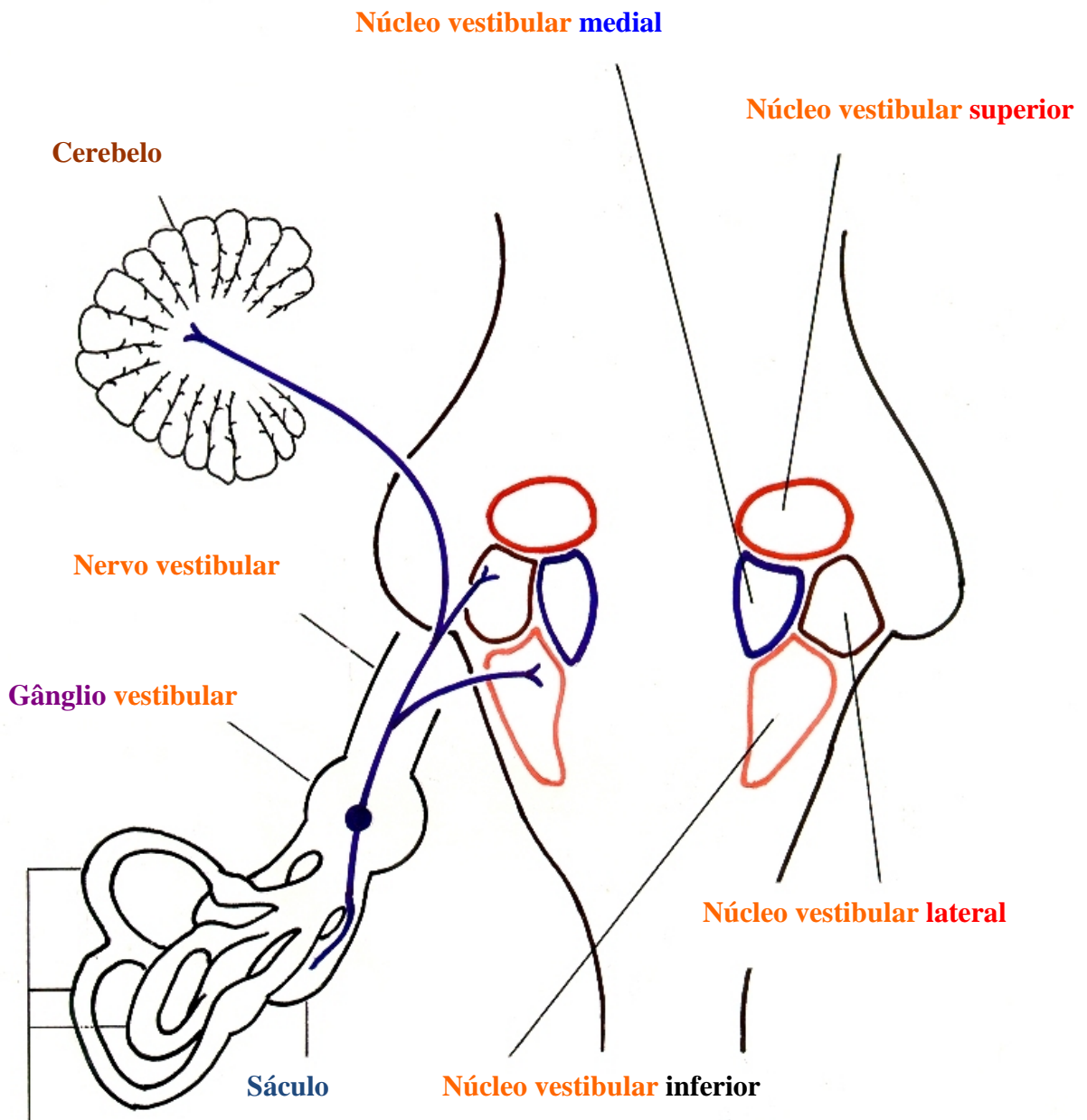


FIG.: 28

Canais Semi-circulares.

Desenho esquemático, mostrando as conexões do Cerebelo, recebendo Eferências de Impulsos do Sáculo, além de ramos destinados aos Núcleos Vestibulares: Lateral e Inferior.

Desenho esquemático mostrando a chegada das aferências primárias, com impulsos das “cristas ampulares, aos núcleos vestibulares: superior e medial e ao cerebelo.

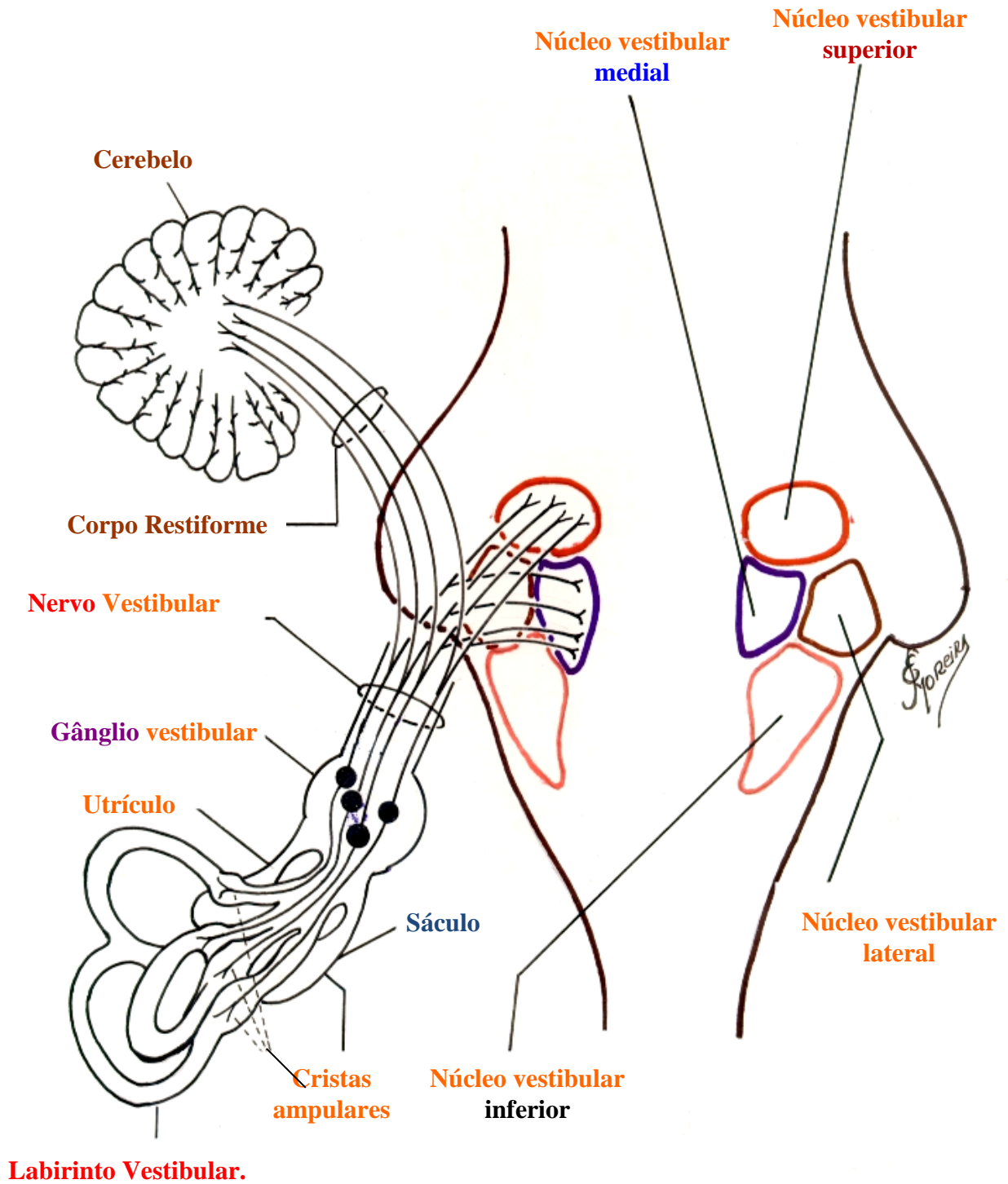


FIG.29

Fascículo Longitudinal Medial

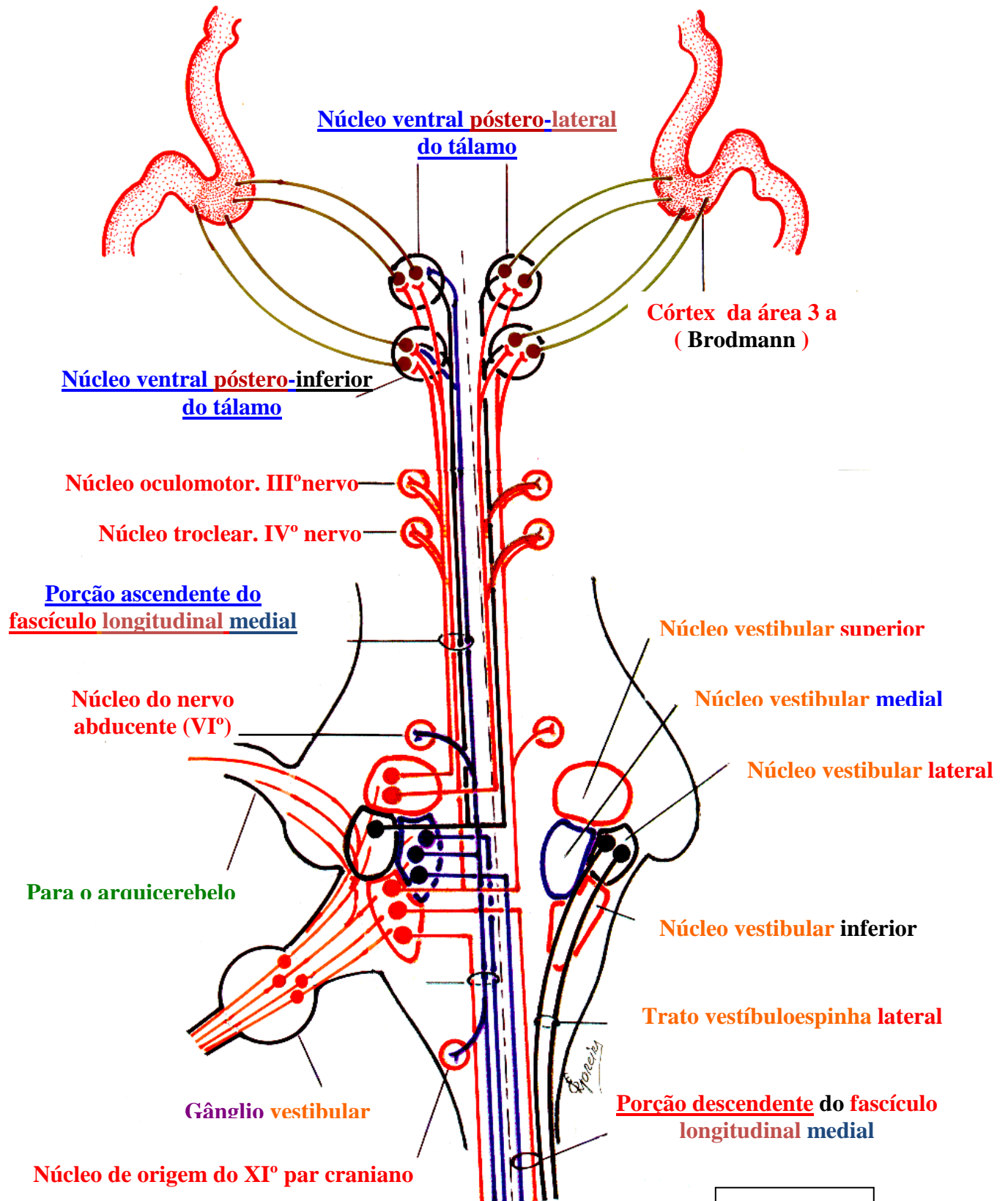
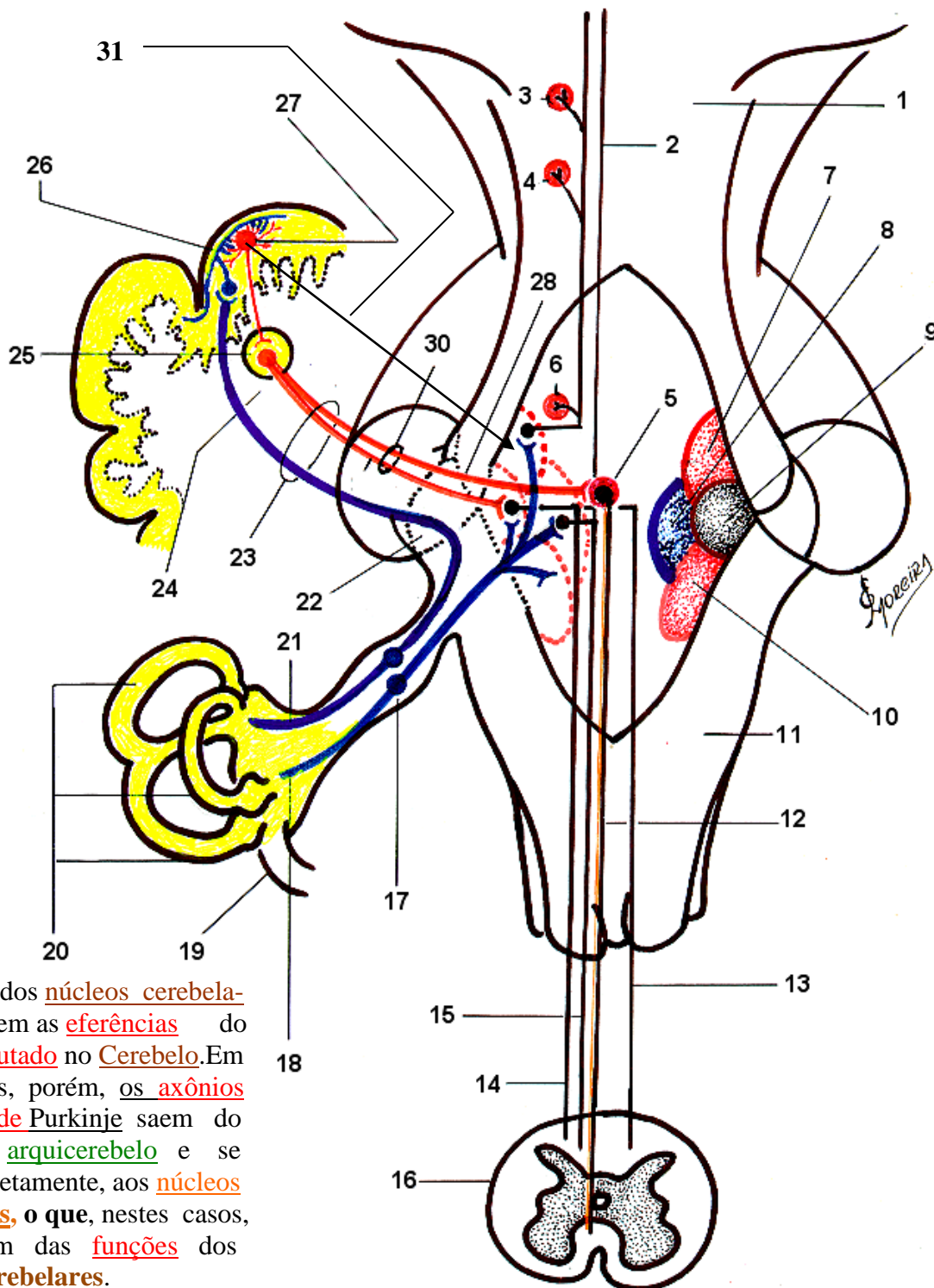


FIG.30

Arquicerebelo, Núcleos Vestibulares, Tronco Encefálico e Medula



Os axônios dos núcleos cerebelares constituem as eferências do que é computado no Cerebelo. Em alguns casos, porém, os axônios das células de Purkinje saem do córtex do arquicerebelo e se dirigem, diretamente, aos núcleos vestibulares, o que, nestes casos, os revestem das funções dos núcleos cerebelares.

Núcleos e Vias Vestibulares e suas Conexões com: Medula espinhal, Formação Reticular e Núcleos dos Nervos Cranianos: IIIº, IVº e VIº.

FIG. 31

FORMAÇÃO RETICULAR E ALGUMAS CONEXÕES COM: ARQUICEREBELO, NÚCLEOS VESTIBULARES E, ATRAVÉS DO “FASCÍCULO LONGITUDINAL MEDIAL”, COM OS NÚCLEOS DOS NERVOS: OCULOMOTOR, TROCLEAR E ABDUCENTE.

(LEGENDA DAS FIGURAS: 31 e 37)

- 1 – MESENCÉFALO
- 2 – FASCÍCULO LONGITUDINAL MEDIAL ASCENDENTE (F.L.M.)
- 3 – NÚCLEO DE ORIGEM DO NERVO OCULOMOTOR (IIIº)
- 4 – NÚCLEO DE ORIGEM DO NERVO TROCLEAR (IVº)
- 5 – REPRESENTANTE DOS NÚCLEOS DA FORMAÇÃO RETICULAR
- 6 – NÚCLEO DE ORIGEM DO NERVO ABDUCENTE (VIº)
- 7 – NÚCLEO VESTIBULAR SUPERIOR
- 8 – NÚCLEO VESTIBULAR MEDIAL
- 9 – NÚCLEO VESTIBULAR LATERAL
- 10 – NÚCLEO VESTIBULAR INFERIOR
- 11 – MEDULA OBLONGA (BULBO)
- 12 – FASCÍCULO RETICULOESPINAL
- 13 – FASCÍCULO VESTIBULOESPINAL CRUZADO
- 14 – FASCÍCULO VESTIBULOESPINAL HOMOLATERAL
- 15 – FIBRAS DESCENDENTES DO FASCÍCULO LONGITUDINAL MEDIAL
- 16 – MEDULA ESPINHAL
- 17 – GÂNGLIO VESTIBULAR (OU GÂNGLIO DE SCARPA).
- 18 – FIBRA PRIMÁRIA VESTIBULAR
- 19 – INÍCIO DO CANAL COCLEAR
- 20 – CANAIS SEMICIRCULARES: LATERAL, SUPERIOR E POSTERIOR.
- 21 – FIBRA PRIMÁRIA VESTIBULAR PARA O ARQUICEREBELO
- 22 – CORPO JUSTA-RESTIFORME
- 23 – FASCÍCULO VESTÍBULO-CEREBELAR
- 24 – ARQUICEREBELO
- 25 – NÚCLEO FASTIGIAL
- 26 – FIBRAS PARALELAS DAS CÉLULAS GRANULARES DO CEREBELO
- 27 – CÉLULA DE PURKINJE
- 28 – FIBRAS FASTÍGIO-RETICULARES
- 29 – FIBRAS FASTÍGIO-VESTIBULARES
- 30 – TRATO FASTÍGIO-BULBAR.
- 31 – RAROS AXÔNIOS DE CÉLULAS DE PURKINJE, QUE SE DIRIGEM, DO ARQUICEREBELO, DIRETAMENTE AO NÚCLEO VESTIBULARES DO TRNCO ENCEFÁLICO.

4º) - VIAS CÉREBRO-CEREBELARES E OS CIRCUITOS: FECHADO DA PARS INTERMÉDIA DO CÓRTEX CEREBELAR E O SISTEMA DE CIRCUITO ABERTO NOS HEMISFÉRIOS CEREBELARES.

O “cérebro,” não pode iniciar, qualquer ação motora, sem que, o “cerebelo” tenha, antecipadamente ou (simultaneamente), conhecimento, da “referida ação motora”.

É claro que, o córtex cerebral, constitui o “centro de comando dos movimentos”, porém, torna-se, absolutamente necessário que, “todas as instruções emitidas pelo córtex cerebral,” em direção aos mecanismos morfo-funcionais passe, simultaneamente, e na menor unidade de tempo possível, ao conhecimento dos mecanismos computacionais do córtex cerebelar, através de diversos conjuntos de: fibras musgosas, fibras trepadeiras e do núcleo reticular lateral do tronco encefálico (fig.: 45).

O “primeiro conjunto”, é constituído pelas chamadas fibras musgosas. Essas fibras constituem: “vias oriundas das áreas corticais motoras, vias com suas origens nos colículos superiores (estações sinápticas visuais) ou nos colículos inferiores (também estações sinápticas, porém, auditivas), oriundas dos núcleos cocleares, vias vestibulares inconscientes, vias oriundas de núcleos da formação reticular do tronco encefálico, vias oriundas dos núcleos pontinos basais, vias aferenciais sensoriais periféricas proprioceptivas inconscientes, vias oriundas do núcleo cuneiforme lateral, vias oriundas dos tratos: espinocerebelares: direto, cruzado, espinocerebelar rostral (figs.: 15, 30, 31, 32, 42 e 45).

Portanto, como pode ser deduzido, pelo que explicitado acima, as fibras musgosas, são todas as fibras dirigidas ao cerebelo, porém, “cujas origens, não apresentam qualquer ligação, com o complexo olivar bulbar inferior, na medula oblonga” (ou Bulbo). Por este motivo, todas estas vias citadas, são chamadas de “Vias Diretas” (fig.: 15). Todas elas passam, diretamente ao cerebelo, enviando, também, algumas colaterais, para os núcleos centrais do cerebelo (figs.: 15, 42 e 45).

Entretanto, considerando os mecanismos, relacionados à condução dos estímulos corticais motores, cujos potenciais de ação, devem ser passados instantaneamente, ao córtex cerebelar, as vias descendentes, mais importantes, são aquelas que se dirigem do córtex cerebral motor aos núcleos pontinos basais, dos quais, novos axônios, se dirigirão transversalmente, através do pedúnculo cerebelar médio, ao córtex cerebelar do hemisfério cerebelar, localizado no lado oposto à origem dos núcleos pontinos. (figs.: 42 e 45).

Neste córtex cerebelar do hemisfério cerebelar, tais axônios, estabelecerão sinapses, com células granulares, da camada granular do córtex cerebelar, encaminhando, também, ramos colaterais, para o núcleo dentado do neocerebelo (figs.: 14, 42 e 45).

O “segundo grupo de fibras,” estabelece sinapses, no núcleo reticular lateral do tronco encefálico (fig.: 45). Deste núcleo, emergem fibras, que se dirigem, à área computacional cerebelar da pars intermédia. Além disso, temos as fibras oriundas dos

neurônios motores piramidais de pequeno tamanho (parvocelulares, (fig.: 45), que se dirigem, também, para ambos os núcleos citados (pontinos e reticulares laterais), com estímulos motores corticais, prestando assim, um auxílio motor significativo, na referida ação motora.

O “terceiro conjunto de fibras”, é formado por “axônios”, cujas origens encontram-se relacionadas ao “complexo olivar bulbar inferior” do tronco encefálico (fig.: 15, 21, 22, 45). Este complexo olivar, recebe seus impulsos, diretamente do córtex cerebral, dos núcleos da base, do tálamo, da substância negra mesencefálica, dos núcleos vermelhos, e núcleos mesencefálicos e de todos os sistemas que fornecem as fibras musgosas ao cerebelo, porém, estas fibras trepadeiras, ao abandonarem os referidos sistemas, passam, antes através do complexo nuclear olivar bulbar inferior. A partir destes núcleos, os axônios se reúnem formando, em direção ao córtex cerebelar, as “fibras trepadeiras”. Devido a este detalhe de sua passagem nestes núcleos olivares, estas fibras trepadeiras, são consideradas: “fibras indiretas” (figs.: 14, 15, 21, 22 e 45).

As fibras oriundas deste complexo olivar bulbar inferior, portanto, constituem as chamadas “fibras trepadeiras” que, ao abandonarem este complexo olivar bulbar inferior, dirigem-se, através do pedúnculo cerebelar inferior, em direção ao lado oposto, ao encontro do córtex cerebelar contralateral às olivas bulbares (figs.: 21 e 22). Estas fibras trepadeiras, com esta circuitária, colaboram, de forma extraordinária, nos processos computacionais cerebelares (figs.: 21, 22 e 45).

Concluída esta etapa morfo-funcional, com a interação, destas aferências, ao córtex cerebelar, objetivando iniciar a computação dos sinais recebidos, através destes diversos conjuntos de fibras, no córtex cerebelar, inicia-se a fase final do circuito morfo-funcional, com o retorno do que foi computado no córtex cerebelar ao córtex motor cerebral, a partir dos núcleos centrais do cerebelo, portanto, “eferências do cerebelo”, cujos axônios, se dirigem à estação sináptica no tálamo, através de seu núcleo ventral-lateral contra-lateral (fig.: 14).

Deste núcleo talâmico, novos axônios neuronais, dirigir-se-ão ao córtex motor cerebral do lobo frontal (áreas: Pré-motora e Motora primária (figs.: 14, 42 e 45).

Esses núcleos centrais cerebelares, conforme a fase do movimento, em desenvolvimento, podem ser: fastigial, emboliforme, globoso ou denteado, dependendo do cerebelo funcional, que estiver envolvido com o momento ou fase do movimento.

Em se tratando do núcleo denteado (relacionado ao neocerebelo), os axônios deste núcleo, emergirão do cerebelo, simultaneamente: em direção ao núcleo neorrúbrio, do lado oposto e ao tálamo, também, do lado oposto (núcleo ventral lateral) e, d’áí, para o córtex frontal (figs.: 42 e 45).

Do núcleo interpósito (emboliforme e globoso), do paleocerebelo, emergirão as fibras “interpósito-paleorrúbricas”, das quais, um grupo tomará o destino do tálamo (núcleo ventral lateral) e d’áí em direção ao córtex motor primário (M-I) e córtex pré-motor, enquanto, outro grupo dessas fibras interpósito-paleorrúbricas, se dirigirá para o núcleo paleorrúbrio contralateral (fig.: 33). Deste núcleo, novos axônios constituirão o “trato rubro-espinhal cruzado”, alcançando os motoneurônios da medula espinhal, contra-laterais (figs.: 10, 33 e 40).

• Finalmente, em se tratando do arquicerebelo, teremos os grupos de fibras oriundas do núcleo fastigial, conduzindo os impulsos do que foi computado, no córtex do arquicerebelo (lobo flóculo-nodular), formando-se dois conjuntos de fibras: “O

primeiro conjunto”, constituindo as fibras “fastígio-vestibulares”, com destino aos núcleos vestibulares do tronco encefálico. Destes núcleos, descem novos axônios, constituindo os “tratos vestibulo-espinhal cruzado” e “vestíbulo-espinhal medial” (ambos pertencentes ao sistema supra-espinhal ou parapiramidal), enquanto, o “segundo conjunto” de fibras, se dirige aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico, constituindo, a partir destes núcleos, e em sentido descendente, os tratos: retículo-espinhal lateral (inibitório) e trato retículo-espinhal mediano (excitatório) (fig.: 38), para exercerem suas ações, sobre as alças gama da medula espinhal (figs.: 10, 31, 37 e 38). Também, estes tratos retículo-espinhais, fazem parte do “sistema extra ou parapiramidal ou supraespinhal. Portanto, pelo que foi exposto, podemos concluir que, o comando dos movimentos, é realizado, indiscutivelmente, pelo córtex cerebral, porém, enfatizamos, o cerebelo necessita receber, simultaneamente, e o mais rapidamente possível, todas as informações corticais, encaminhadas aos motoneurônios da medula espinhal.

5º) - SISTEMA DE CIRCUITO ABERTO, NOS HEMISFÉRIOS CEREBELARES.

Da massa cerebelar humana, a quase totalidade do órgão, relaciona-se aos hemisférios cerebelares (figs.: 9.1, 11 e 47).

Estes hemisférios cerebelares, recebem, a maior parte, das entradas corticais cerebrais, oriundas das áreas de associações corticais motoras (figs.: 42 e 45).

Os impulsos emitidos pelas células piramidais do trato cortico-espinhal (ou piramidal), abandonam o córtex cerebral e se dirigem, através dos axônios de seus neurônios, aos núcleos pontinos basais homolaterais e, destes núcleos pontinos, novos axônios, através do pedúnculo cerebelar médio, se dirigem ao hemisfério cerebelar contra-lateral (figs. : 42 e 45).

Além destas fibras descendentes, temos, também, as fibras dirigidas, do mesmo córtex piramidal, ao complexo olivar bulbar inferior, de onde partem os axônios que, em direção ao córtex cerebelar, constituirão as “fibras trepadeiras do cerebelo” (figs.: 21 e 22).

Terminada a necessária computação, no nível do córtex cerebelar, na parte relacionada aos hemisférios cerebelares, estabelece-se o circuito de fibras eferenciais do cerebelo, através do núcleo ventral lateral do tálamo e, deste núcleo, novos axônios emergirão, em direção ao córtex motor cerebral (figs.: 42 e 45).

Deste córtex cerebral motor, novas fibras, constituirão, o trato cortico-espinhal (fig.: 45), em direção distal, ao encontro dos motoneurônios da medula espinhal, para a execução final do movimento planejado, no nível cortical. Este é o circuito do cérebro-cerebelo, relacionado, portanto, ao neocerebelo (figs.: 42 e 45).

Nessa ocasião, as células piramidais motoras do córtex motor, estão enviando impulsos, em direção distal, através do trato cortico-espinhal cruzado e trato cortico-espinhal direto, para a realização dos movimentos voluntários (fig.: 45).

Enquanto os neurônios piramidais motores corticais, se encontram emitindo impulsos, em direção distal, ou seja, em direção à medula espinhal, através do trato

cortico-espinhal cruzado, para a realização do movimento voluntário, (comando motor), os padrões de descargas (ou seja, os movimentos desenvolvidos), são transmitidos, com detalhes, para o cerebelo, em direção à região inter-hemisférica do órgão, para que ocorra a computação cortical cerebelar.

Assim, o resultado computacional, do córtex cerebelar, retornará ao córtex motor cerebral. Todavia, na intimidade do córtex cerebelar, já ficou um “espião alerta”, cuja função principal, residirá, numa posição de poder, ou seja: o cerebelo, a qualquer momento, realizará correções do movimento, de forma contínua e progressiva. Correções estas que, serão integradas nos comandos corticais motores (agora modificados) e a serem emitidos, a partir de, agora, pelo córtex cerebral motor. O cerebelo, para poder responder, com suas correções de erros de movimentos, conta com as referidas entradas (as duas já citadas) e com a presença do “espião alerta”, em sua estrutura anatômica.

Nestes mecanismos, a parte intermédia do cerebelo, colabora consideravelmente, além de exercer significativa influência, sobre os núcleos rubros (vermelhos) e vias rubro-espinhais.

Em virtude destas condições morfo-funcionais, os hemisférios cerebelares, nos quais, não há, qualquer representação topográfica do corpo humano, como já foi comentado, relacionam-se, principalmente, com o planejamento dos movimentos, sem qualquer preocupação, com os mecanismos de correções de erros de movimentos, ou mesmo, com o desenvolvimento dos mesmos. Para estas funções existe o paleocerebelo. Os hemisférios cerebelares constituem, de cada lado do cerebelo, uma região, principalmente voltada para os aspectos de: “previsão” de possíveis erros, em relação ao plano de movimento motor central.

Para que estes hemisférios cerebelares, adquiram sua competência, necessitam basear-se, em experiências anteriores, portanto, em “aprendizados motores” infundáveis, associados às informações sensoriais, relacionadas às áreas de associações corticais. Nestes sistemas de circuitos dinâmicos, é citado também, constantemente, em relação à realização dos movimentos e seus respectivos planos motores corticais, um outro sistema de circuito morfo-funcional, envolvendo os conhecidos “núcleos da base”, dos quais, os principais representantes, são os núcleos: caudado, putâme, globo pálido medial, globo pálido lateral, substância negra (pars compacta e reticulada) e núcleo sub-talâmico.

Nestes circuitos com os referidos núcleos da base, na vigência de execução de um plano de movimento, grupos de axônios de neurônios piramidais corticais motores, se dirigem ao globo pálido medial e para a região reticular da substância negra do mesencéfalo e, destas regiões nucleares, novos neurônios emitem seus axônios, em direção aos núcleos ventral anterior e ventral lateral do tálamo (fig.: 10). Além desses circuitos, formando verdadeiras “alças anatômicas”, encontramos, também, circuitos auxiliares, envolvendo a substância negra ou o núcleo sub-talâmico.

Entretanto, todos estes circuitos, envolvem o córtex de associação cerebral, os núcleos da base e o córtex motor, através dos núcleos talâmicos.

Em realidade, todos estes circuitos, exigem a presença das alças anatômicas, conhecidas por: “alças diretas e alças indiretas”. No caso das “alças diretas” e sua participação, nos planos de movimentos, surtem as: “alças anatômicas límbicas”, as

alças anatômicas oculomotoras, as alças anatômicas motoresqueléticas, as alças anatômicas de associações 1 e alças anatômicas de associações 2.

Esses sistemas em “alças anatômicas”, para grande número de pesquisadores, existiriam em paralelo aos circuitos hemisféricos cerebelares.

Esta analogia “em paralelo”, entre esses dois sistemas, é significativa, visto que, na vigência da falha de uma dessas alças anatômicas, utilizando os núcleos da base, o “controle do movimento”, mesmo sendo coordenado e modulado e da quase total responsabilidade do cerebelo, ficará, inexoravelmente, desordenado.

Devido a essa analogia, podemos compreender diversas patologias, relacionadas à transtornos dos movimentos, quando, nessas alças anatômicas, são prejudicados, um ou vários destes núcleos da base.

É o caso, por exemplo, da doença de Parkinson, na vigência de degeneração de determinado núcleo da base (na doença citada, degeneração da parte compacta da “substância negra” mesencefálica), determinando o desaparecimento significativo das fibras nigro-estriatais e da dopamina, sendo este, um neurotransmissor necessário para a comunicação cerebral dos mecanismos morfo-funcionais dos movimentos.

Com o desaparecimento da dopamina e, conseqüentemente, o bloqueio à sua condução ao neostriado (núcleo putâmico), desaparece o necessário auxílio excitatório deste comando dopaminérgico, para a formação das “alças anatômicas diretas”, levando ao aparecimento das “alças indiretas”, situação esta que, culminará com o bloqueio da ativação cortical, necessária à realização dos movimentos.

A “Doença de Parkinson” (ou mal de Parkinson), foi profundamente estudada por James Parkinson, em torno do ano de 1800, tendo sido, o primeiro médico à caracteriza-la, como uma doença neurodegenerativa. Nesta doença, os neurônios afetados, passam a produzir menor quantidade de dopamina, em virtude de anomalias, surgidas nos “corpúsculos de Lewy”, nos quais, são encontradas as proteínas sinfilinas. Os pacientes, vítimas desta doença neurodegenerativa progressiva, apresentam, paulatinamente, dificuldades para a realização de seus eventuais movimentos, tais como: o ato de falar, cantar, andar, correr, pular, escrever, etc...etc..., apresentando tremores, lentidão na execução dos movimentos e progressiva rigidez muscular. Não é incomum, a ocorrência, também, de distúrbios do “sono”, problemas urinários e depressões variáveis. O mesmo, acontece com a coreia de Huntington, também, relacionada às referidas circuitárias das alças anatômicas dos núcleos da base, na vigência de lesão de um dos núcleos da base, envolvidos com as referidas alças.

Nas lesões cerebelares, em geral, encontramos: ataxias e tremores. Entretanto, infelizmente, até o momento atual, o conhecimento que temos nas pesquisas, são muito inexpressivos e, de certa forma, em sua grande maioria, especulativos.

Agora, com os conhecimentos sobre a citoarquitetura do cerebelo, suas conexões intrínsecas e conexões extrínsecas, mais sedimentados, torna-se possível entender melhor, a participação do cerebelo, no controle dos movimentos.

6º) - O CEREBELO E O CONTROLE DOS MOVIMENTOS

Nossas áreas cerebelares funcionais, interferem, decisivamente, em todas as fases de: início, meio e fim de um movimento, ou seja: desencadeando, executando, modulando, equilibrando (postura) e regulando esta ação motora. Todavia, não criam, jamais, o movimento.

Antes mesmo, de iniciarmos uma “ação cortical motora voluntária, específica”, surgem diversos mecanismos reflexos, que antecedem o aparecimento do ato motor, ou seja, surge o “plano de movimento”, no qual, a área neocerebelar (cérebro-cerebelo) participa do “planejamento e início da ação motora” (figs.: 42 e 45), juntamente com: as “áreas motoras, com o córtex cerebral pré-motor, envolvendo, ainda, a colaboração da área somato-sensorial parietal posterior cortical” (figs.: 25, 42, 44 e 45). O produto final deste “plano de movimento preliminar,” será encaminhado, milésimos de segundo após, ao córtex motor primário (área 4 de Brodmann), do qual, a partir da camada V do isocórtex (camada piramidal interna), surgirão as descargas dos potenciais de ação dos neurônios motores corticais gigantes (células Betz), para os tratos: corticoespinal, corticonuclear, corticopontino, inclusive, fibras destinadas aos núcleos vermelhos (paleo e neorrúbro), assim como, destinadas aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico, além de estímulos diretos e indiretos corticais, para o complexo nuclear olivar bulbar inferior (figs.: 2, 21 e 45). O paleocerebelo (espinocerebelo) supervisiona a execução e coordenação do evento motor (figs.: 32 e 33) e o arquicerebelo (vestibulocerebelo) é responsável, pela manutenção do ajustamento e da postura corporal (equilíbrio) (figs.: 31, 35 e 37). Assim, ao se planejar e iniciar um movimento, estímulos das áreas motoras corticais (lobo frontal) e das áreas parietais posteriores, são enviados, simultaneamente, aos neurônios motores laterais da medula espinal, do tronco encefálico e, (principalmente ao complexo olivar bulbar inferior) e aos (núcleos pontinos), dos quais, novos neurônios conduzirão os impulsos ao córtex cerebelar heterolateral do neocerebelo (fig.: 42 e 45), ao encontro das células de Purkinje. As células de Purkinje, dessa área neocerebelar, recebem os impulsos “cortico-ponto-cerebelares musgosos e, com estímulos inibitórios, dirigem-se, através de seus axônios, para o núcleo denteado correspondente. Deste núcleo, os estímulos de “planejamento e início do futuro movimento,” dirigem-se, simultaneamente, à região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo contralateral e ao núcleo neorrúbro contralateral. (fig.: 42 e 45). Da região posterior do núcleo talâmico ventral lateral (fig.: 25.1), os impulsos são dirigidos ao córtex cerebral frontal (fig.: 33). Assim, a excitação da área cortical cerebral, através das conexões, “tálamo-corticais”, inicia e desencadeia o evento motor, que se consubstanciará, através do “Trato corticoespinal,” de orientação descendente e responsável pela transmissão (agora modulada), das ordens motoras corticais cerebrais, aos neurônios motores da coluna anterior da medula espinal e núcleos do tronco encefálico (figs.: 44, 45). A este mecanismo, acrescenta-se os estímulos do núcleo neorrúbro, através do “trato neorrúbro-retículo-espinal cruzado (figs.: 42, 44 e 45).

Entretanto, para que possamos realizar qualquer movimento voluntário, necessitaremos da colaboração das áreas ou regiões anatômicas mais antigas de nosso cérebro, ou seja, necessitaremos: do hipotálamo, do complexo amigdalóide, do hipocampo, da região septal e do tálamo. Juntas, todas elas constituem a maior e a mais significativa parte do conhecido “Sistema Límbico”, que representa, em realidade o “berço de nossas emoções”, inclusive, o “desejo” de realizar o referido movimento. Este “Sistema Límbico” é, portanto, o responsável pelo “desejo” ou “vontade” de realizarmos, voluntariamente, qualquer evento motor (alças límbicas).

Então, a partir do momento em que “desejamos”, voluntariamente, realizar um movimento ou qualquer atividade muscular, como por exemplo “ apontar o dedo em uma direção, dar um passo, ou mesmo falar ou cantar, surgem as manifestações morfo- funcionais de que, este “Sistema límbico” já está participando do eventual movimento, através do estabelecimento ou estruturação das chamadas “Alças anatômicas límbicas”, sem as quais, o “desejo” ou “motivação” emocional voluntários, não ocorrerá e, conseqüentemente, não se verificará o referido movimento. Assim, com o “sinal verde” deste “sistema límbico”, ocorrerá o início do “plano dos movimentos desejados”, sendo este o “passo preliminar,” para a realização concreta dos demais passos do movimento.

Com o início destes movimentos de grupos de músculos agonistas, o estado de equilíbrio primitivo do corpo e, naturalmente, da “cabeça”, é perdido e, com isto, surgem os “primeiros sinais ou estímulos aferenciais periféricos proprioceptivos inconscientes”, que serão conduzidos ao paleocerebelo (espinocerebelo) ou lobo anterior do cerebelo (figs.: 01 e 47), através dos tratos ascendentes: espinocerebelar direto ou dorsal, cuneocerebelar, espinocerebelar cruzado ou ventral e espinocerebelar rostral. A partir do momento em que, os neurônios motores, iniciam o complexo de atividades musculares de qualquer ação, como por exemplo: “Dar um Passo”, surgem os sinais ou estímulos aferenciais periféricos proprioceptivos inconscientes, que serão conduzidos ao “paleocerebelo” , através dos tratos: Espinocerebelar Direto (dorsal), cuneocerebelar, espinocerebelar ventral (cruzado) e espinocerebelar rostral (figs.: 20, 32, 33), cujos axônios, ocupando, respectivamente, o pedúnculo cerebelar inferior e o pedúnculo cerebelar superior, constituirão parte das “fibras musgosas,” que entrarão em sinapses com as células granulares no córtex cerebelar (figs.: 32, 33, 40) e cujos axônios (fibras paralelas) fazem sinapses, com as células de Purkinje. Estas, por sua vez, encaminham seus axônios, em direção aos núcleos: emboliforme e globoso ou núcleo interpósito, estabelecendo sinapses nos mesmos, com neurônios encarregados da condução dos impulsos proprioceptivos, não apenas dos tratos espinocerebelares direto e cruzado, como também dos impulsos proprioceptivos, oriundos do núcleo cuneiforme lateral, que recebe os impulsos proprioceptivos, relacionados à coluna cervical (figs.: 44 e 45), através do fascículo cuneocerebelar e espinocerebelar rostral.

Dos núcleos: emboliforme e globoso (núcleo interpósito) do paleocerebelo, os impulsos serão, agora, simultaneamente, transferidos: ao “núcleo paleorrúbico contralateral” e à região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo contralateral (fig.: 33). Desse último núcleo talâmico (ventral lateral), os impulsos alcançam o córtex cerebral do lobo frontal, enquanto, por outro lado, do núcleo “paleorrúbico contralateral”, os impulsos seguirão, através do, “trato rubroespinhal cruzado”, com impulsos motores, para os neurônios motores inferiores, responsáveis pelos

movimentos a serem realizados no momento de começarmos a “dar o passo”, referido como exemplo, em epígrafe . Portanto, coordenando a execução inicial do movimento (figs.: 33, 44 e 45).

Naturalmente, durante os momentos de execução dos primeiros movimentos musculares, necessários, ao início da ação motora (dar um passo.) haverá, é claro, infinitas modificações do centro de gravidade do corpo, bem como, do segmento anatômico ou de regiões anatômicas interessadas no referido movimento que, em verdade, nunca é, apenas de um único músculo. Estas novas e inúmeras modificações do centro de gravidade, gerarão novas e infinitas aferências sensoriais periféricas proprioceptivas inconscientes, que se dirigirão, aos núcleos vestibulares e, destes, através de novos neurônios, ao córtex do arquicerebelo (vestibulo-cerebelo), do qual, após sinapses com as células de Purkinje, serão conduzidos ao núcleo fastigial. Desse núcleo, emergirão fibras aferentes, com destino aos núcleos da formação reticular do tronco encefálico e núcleos vestibulares. Através dos tratos: vestibuloespinal e reticuloespinal descendentes, haverá modulação para manutenção de nova postura corporal e equilíbrio, com as modificações necessárias do centro de gravidade do corpo ou do segmento anatômico interessado no evento motor (figs.: 27 e 31). Assim, observamos que, em qualquer ato e efeito motor, nosso cerebelo participa, integralmente, desde o início, no desencadeamento do movimento, na execução e coordenação do mesmo e em sua manutenção postural e equilíbrio.

Verifica-se, pelo que foi explicitado, que o cerebelo e seu contingente de fibras trepadeiras (fibras olivo-cerebelares, figs.: 21 e 22), desempenham um papel altamente significativo, no processo de desenvolvimento do aprendizado motor, em relação à seqüência de movimentos dos grupos musculares, na realização de tarefas motoras, submetidas à constantes modificações, quanto à forma do movimento no espaço, o tempo de duração de cada movimento, e suas diversas “tonicidades,” a serem aplicadas através, finalmente, da via final comum, aos mecanismos das conhecidas “alças gama” ou “Reflexo de estiramento” (figs.: 10, 44 e 45).

Em realidade, é um mecanismo, extremamente desenvolvido de “plasticidade motora”, associada à referida seqüência, de funções motoras de alta complexidade, utilizada no aprendizado dos movimentos submetidos, constantemente, à diversas variações e, por estes motivos, solicitadores de constantes variações de respostas mecânicas. Junte-se a este raciocínio, o fato incontestado, que confirma ser, a maior parte de nossos movimentos somáticos estriados, de natureza semi-automática.

Assim, ao iniciarmos uma ação motora consciente, nosso córtex cerebral motor voluntário, emite uma descarga de potencial primitiva e consciente. Todo o complexo associado restante, das necessárias e prováveis ações dos inúmeros movimentos, a serem submetidos, constantemente, às diversas variáveis de todo o processo, tais como: extensões, flexões, contrações, relaxamentos musculares, bem como hipotonias e hipertônias, condições posturais e de equilíbrio e força motora, fica por conta das respostas reflexas, das quais, a maior parte, já fora programada nos “geradores centrais de padrões” (G.C.P.), nos quais, toma parte, o processo de aprendizado motor do cerebelo, tornando-se, assim, possuidor de fantástico poder de plasticidade motora.

É esta extraordinária plasticidade, que nos permite, mudar constante e rapidamente, o comportamento de nossos movimentos, em respostas, às novas e súbitas exigências apresentadas, numa unidade de tempo, infinitamente reduzida (quase instantânea), em diversas e inúmeras ocasiões de nossa vida prática, como, por exemplo, acontece nas quadras de tênis, nas ginásticas olímpicas, nos espetáculos circenses, durante a realização de números acrobáticos com trapezistas, no aprendizado das artes, inclusive, na própria arte de saber falar. Em tais circunstâncias, os titulares das referidas profissões, transformam-se, em um mundo fantástico de plasticidade de movimentos semi-automáticos, aprendidos, através de anos seguidos de “aprendizado motor cerebelar”.

No desenvolvimento desta plasticidade, como já comentado, são da maior importância, não apenas o, insubstituível cerebelo, como também, as olivas bulbares (figs.: 21 e 22), suas fibras trepadeiras, as fibras musgosas e todas as áreas das quais partem os impulsos conduzidos pelas referidas fibras, desde o córtex motor cerebral, passando pelos núcleos da base, tálamo, tronco encefálico, até a medula espinhal, com seus sinais aferenciais primários sensoriais proprioceptivos inconscientes e todas as demais vias ascendentes, necessárias para que, tais sinais aferenciais sensoriais periféricos e centrais motores ao cerebelo, possam circular e permitir a ação muscular correta. Em “lesões seletivas cerebelares”, provocadas em cobaias, em laboratórios, foi possível constatar a perda da capacidade do animal mudar, uma resposta motora, além da perda de sua capacidade de fixação do aprendizado motor.

Entretanto, para que, essa plasticidade fantástica de movimentos primitivos e suas modificações secundárias, quase instantâneas, por movimentos secundários e necessariamente súbitos, seja possível, as conexões aferentes e eferentes do cerebelo, necessitam funcionar com perfeita interação. Assim, as “Vias Aferentes ao Cerebelo”, incluem fibras oriundas do Sistema Nervoso Central (sinais motores) e fibras oriundas das regiões periféricas, sensoriais proprioceptivas inconscientes (fig.: 36). No conjunto de “Vias Aferentes ao Cerebelo”, oriundas do sistema nervoso central, incluem-se, como já visto, os dois grandes circuitos, conhecidos por: “Circuito cortico-ponto-cerebelo-dento-tálamo-cortical” e “Circuito cortico-ponto-cerebelo-dento-rubro-retículo-espinhal”, através dos quais, o cerebelo, tem uma dupla oportunidade de influenciar no “movimento”: a primeira oportunidade, através dos próprios neurônios motores corticais (no primeiro circuito) e, na segunda oportunidade, através de sua coordenação, no nível do neurônio motor inferior, valendo-se do segundo circuito (Córdico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal) (figs.: 42, 44 e 45). Outro grande trato, deste conjunto de “vias aferentes ao cerebelo”, com origem no sistema nervoso central, é o “Fascículo ou Trato olivo-cerebelar Cruzado”, cujas fibras constituem as conhecidas “Fibras Trepadoras do Cerebelo” (figs.: 21 e 22) O complexo olivar bulbar inferior, do qual, partem, as referidas fibras trepadeiras, como já comentado, recebe impulsos excitatórios de diversas regiões anatômicas do sistema nervoso central, ou seja: do córtex cerebral (direta e indiretamente), dos núcleos da base, do tálamo, da substância negra, do núcleo rubro (vermelho), dos núcleos mesencefálicos, dos núcleos da formação reticular do tronco encefálico e aferências da medula espinhal (fig.: 22). Os axônios dos neurônios destas diferentes regiões anatômicas, reúnem-se, constituindo, no tronco encefálico, o “Trato Tegmentar Central” ou “Feixe Central da Calota” (fig.: 21), que se dirige à oliva bulbar principal e homolateralmente, na qual termina (figs.: 21 e 22).

Vias Espinocerebelares: Direta e Cruzada, Trato Rubro-espinhal Cruzado e Fibras Interpósito-paleorrúbricas.

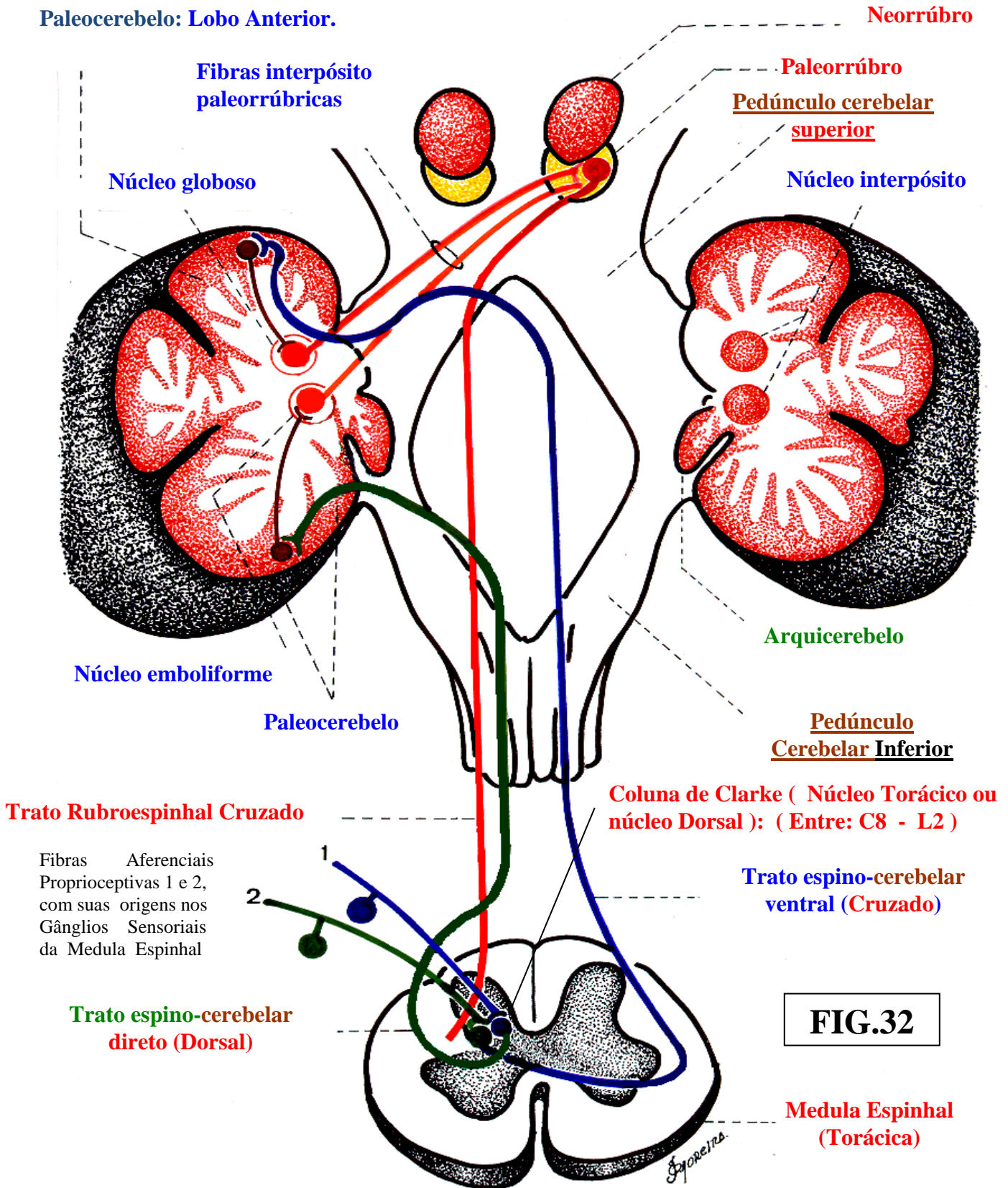
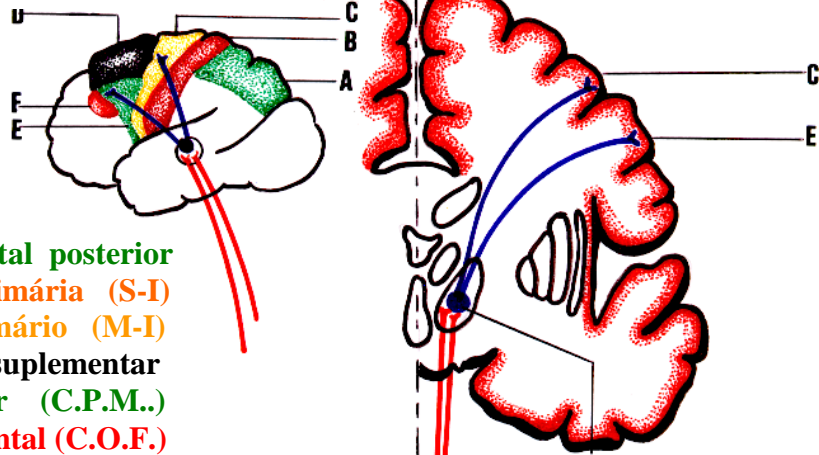


FIG.32

Vias:

- (1) : Espinocerebelar Direta,
- (2) : Espinocerebelar cruzada
- (3) : Interpósito-Paleorrúbrica-Tálamo-Cortical

Superfície lateral do hemisfério esquerdo



- A – Área motora parietal posterior
- B – Área sensorial primária (S-I)
- C – Córtex motor primário (M-I)
- D – Área motora suplementar
- E – Córtex pré-motor (C.P.M.)
- F – Campo ocular frontal (C.O.F.)

Paleocerebelo: lobo anterior

(3)Fibras interpósito-paleorrúbricas

Núcleo ventral lateral do tálamo

Neorrúbro
Paleorrúbro

Pedúnculo cerebelar superior

Núcleo globoso

Núcleo interpósito

Núcleo emboliforme

Arquicerebelo

Paleocerebelo:

(Tonsila, úvula, pirâmide)

Pedúnculo cerebelar inferior

Trato rubro-espinhal

Fibras Aferenciais proprioceptivas:
1 e 2, com suas origens nos gânglios Sensoriais da Medula

Trato espino-cerebelar cruzado(2)

Trato espino-cerebelar direto (1)

Medula espinhal (torácica)

FIG.33

As **Fibras Trepadeiras**, com suas **origens** neste **complexo nuclear olivar bulbar**, **dirigem-se** ao **cerebelo contra-lateral**, no **qual**, **penetram**, através do “**corpo medular**”, **conduzindo impulsos excitatórios**, que serão **dirigidos**, através de **colaterais**, aos **núcleos cerebelares centrais**, **prossequindo** seus **axônios**, em **direção** à **camada molecular** do **córtex cerebelar**, na **qual**, **enrolando-se**, em torno dos **dendritos** das **células** de **Purkinje**, **estabelecerão sinapses excitatórias**, com as mesmas **células**, cujos **axônios**, em direção aos **núcleos centrais** do **cerebelo**, **estabelecerão sinapses inibitórias**, com as **células** desses **núcleos centrais** (figs.: 14, 21, 22, 24 e 45).

Outros **fascículos**, também, de grande **importância funcional**, **afereciais** ao **cerebelo**, são os “**Fascículo Vestibulo-cerebelar**”(fig.: 31) e “**Reticulo-cerebelar**” (fig.: 45), relacionados ao “**arquicerebelo**”. O **primeiro**, com **origem** no **próprio aparelho vestibular** e **núcleos vestibulares**, com destino ao **córtex cerebelar** e respectivo **núcleo central** (**núcleo fastigial**). O **segundo**, com **origem** em **núcleos** da **formação reticular** do **tronco encefálico** e dirigido ao **cerebelo** e **respectivos núcleos**. As **fibras reticulo-cerebelares** terminam, nos **núcleos centrais** e no **córtex cerebelar**” (fig.: 45). Em relação às “**Vias Afereciais Periféricas** e dirigidas ao **cerebelo**” temos: O “**Trato Espino-cerebelar Dorsal (direto)** responsável pela **condução** dos **impulsos proprioceptivos inconscientes** dos **membros inferiores** e **tronco** (figs.: 32, 33 e 40). O “**Trato Cuneo-cerebelar**”, responsável pela **condução** da **propriocepção inconsciente** dos **membros superiores** e **tronco superior** (figs.: 19 e 20). O “**Trato Espino-cerebelar Cruzado (Ventral)** (fig.: 32, 33 e 40), que também, responde pelas **mesmas propriocepções**, porém, encontra-se mais relacionado à condução dos **sinais informativos** de”**descargas motoras**”, **conduzidas** aos **núcleos motores inferiores** da **ponta motora da medula espinhal** (figs.: 32, 33 e 40) e “**Trato Espino-cerebelar Rostral,**” relacionado à condução das **informações** de **sinais motores**, recolhidos no nível das **pontas motoras da medula espinhal** e para ali levados através do grande “**Trato córticoespinhal** (fig.: 45).Nestas condições as **vias ou tratos espinocerebelares cruzado (ventral)** e **rostral (direto)** **conduzem** informações de **sinais de descargas motoras** ao **cerebelo**, levadas às **pontas motoras** da **medula espinhal** pelo **trato corticoespinhal**, ou seja: informam sobre a **chegada desses sinais de descargas motoras à medula espinhal**, além de outros impulsos que se **originam nos geradores gerais de padrões** e de **padrões motores da própria medula espinhal** (figs.: 32, 33 e 40). Nestas condições a “**Via ou Trato espinocerebelar cruzado**”(**ventral**) comunica ao **cerebelo** sobre a chegada de **sinais de descargas motoras às pontas motoras anteriores da medula espinhal**, **conduzidas** pelos “**Trato Corticoespinhal**” e **Trato Rubroespinhal**” (figs.: 22, 24, 32, 33 e 40).

As “**Vias Espinocerebelares Direta e Cruzada**” são **formadas** por **axônios ricamente mielinizados**. Essa condição as coloca, como sendo, os **tratoss com as fibras de maior padrão de condução de impulsos do sistema nervoso** (**120 m/s**). Este fato é da **maior importância**, **pois permite ao cerebelo**, receber em **tempo hábil**, **quase instantâneo**, quaisquer avisos ou **sinais** relacionados aos **movimentos do corpo e de seus segmentos ou regiões anatômicas**, e suas **modificações no espaço**, com o **objetivo de assegurar a perfeita correção do evento motor**.

Um outro **trato aferencial periférico**, **relaciona-se** ao “**Trato cuneo-cerebelar**”, **formado** pelas **fibras arciformes externas**, que **se dirigem** do **núcleo cuneiforme lateral** ao **cerebelo**, **conduzindo impulsos aferenciais sensoriais proprioceptivos inconscientes** da **região cervical** ao **cerebelo** (figs.: 19 e 20).

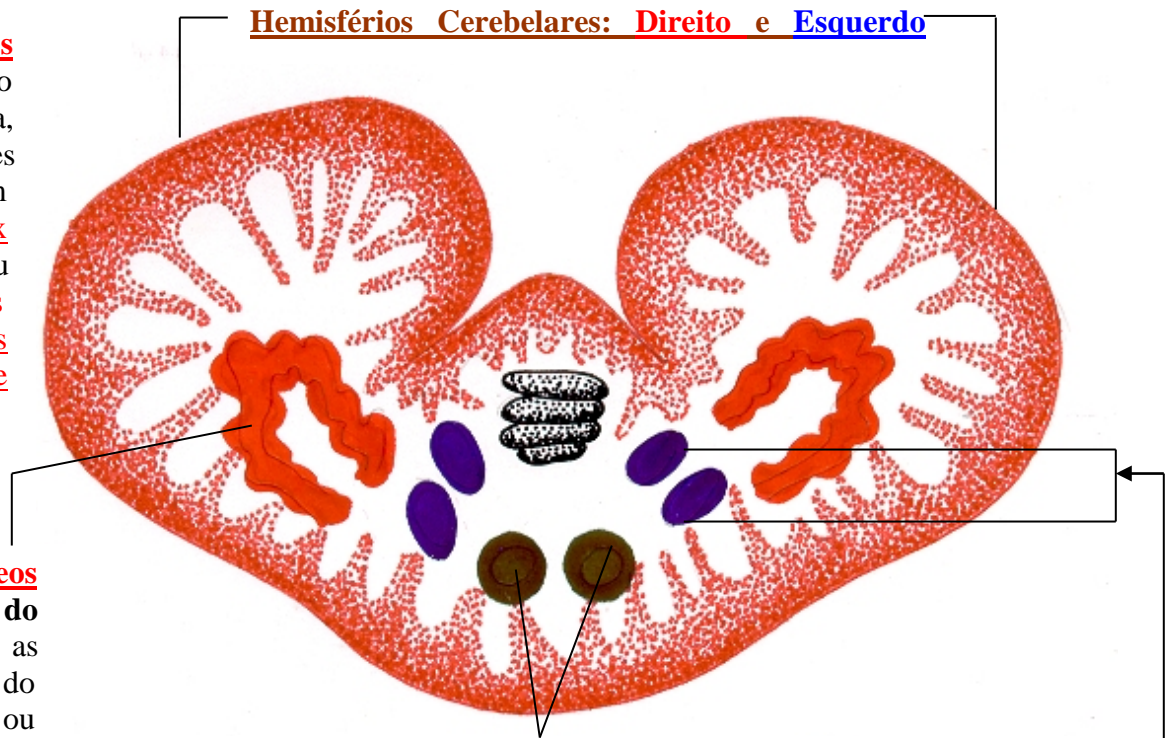
NÚCLEOS CENTRAIS DO CEREBELO

Desenho esquemático, de um corte paralelo à superfície dorsal do cerebelo, mostrando, na profundidade, as localizações relativas dos núcleos centrais do cerebelo, em cada hemisfério cerebelar.

Aos **Núcleos Centrais** do cerebelo, chega, as informações computadas em todo o **Córtex Cerebelar**, conduzidas, através dos **axônios das Células de Purkinje**.

Dos **Núcleos Centrais** do Cerebelo, saem as **fibras eferentes** do cerebelo, ou seja, através destes **núcleos centrais cerebelares** saem as **informações computadas** no **Cerebelo**

O **Núcleo Dentado** é o maior dos **núcleos centrais** do Cerebelo, em **posição mediana** e junto ao **teto do IV° ventrículo**, relacionando-se, funcionalmente ao **neocerebelo (ou Cérebro-cerebelo)** e neste **núcleo dentado** chegam os **axônios das células de Purkinje do neocerebelo**.



O **Núcleo Fastigial** relaciona-se, funcionalmente, ao **Vestíbulo-cerebelo (ou Arquice-rebelo)**. Recebe os **axônios das Células de Purkinje** do **Arquicerebelo**.

- | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1. Núcleo Dentado | (NEOCEREBELO) | ● |
| 2. Núcleo Emboliforme | (PALEOCEREBELO) | ● |
| 3. Núcleo Globoso | (PALEOCEREBELO) | ● |
| 4. Núcleo Fastigial | (ARQUICEREBELO) | ● |

FIG. 34

O **núcleo interpósito (emboliforme e Globoso)** relaciona-se, funcionalmente, ao **“Paleocerebelo”** e recebe os **axônios das células de Purkinje** do **Paleocerebelo (ou Espinocerebelo)**.

Outro trato, também, importante e relacionado à propriocepção, porém, consciente, é aquele, formado pelos componentes do “Sistema Cordão dorsal-Lemnisco Medial” (fig.: 43).

Trata-se de um trato condutor de impulsos sensoriais periféricos proprioceptivos conscientes (epicríticos) (fig.: 43). Por serem conscientes, não necessitam ter sua passagem, através do cerebelo. Todavia, os impulsos do “Cordão-dorsal” (medula), ao atingirem os núcleos: “Grácil e Cuneiforme,” no nível do bulbo, encaminham colaterais, em direção ao cerebelo, o mesmo acontecendo com as fibras dos tratos espinorreticular (fig.: 22), vestibulocerebelar (figs.: 30 e 31) e espino-olivar (fig.: 19, 20 e 43).

Neste trato “Cordão dorsal-Lemnisco Medial (fig.: 43)” o mesmo padrão é obedecido pelos tratos alternativos, não apenas desse cordão dorsal-Lemnisco medial, como também, para os tratos alternativos: grácil e cuneiforme e que poderão ser estudados no (Vol. IV) de “Vias Ascendentes e Vias Descendentes da Medula Espinhal” e suas Vias Alternativas.

Desta forma o cerebelo informado, através de tratos e fascículos proprioceptivos, consciente e inconscientes, apresenta condições para coordenar os movimentos, em seu início, meio e término, além de ser capaz de mantê-los, regularmente, corrigidos, por ser informado continuamente, das mudanças de planos, ou mesmo na constatação de erros, entre os movimentos concretamente realizados e aqueles movimentos planejados no nível cortical.

Todavia, para cumprir funções extremamente complexas, em intervalos de tempo tão reduzidos (quase instantâneos), o cerebelo, se vale de suas unidades funcionais, representadas pelas células de Purkinje e células de seus núcleos centrais (figs.:14, 21, 24, 31, 32 e 33).

Estas “Unidades celulares Funcionais” do cerebelo, figuram quantitativamente no órgão, com um número, em torno de 30 milhões (trinta milhões) de Unidades Funcionais, localizadas no córtex cerebelar (as células de Purkinje) e, no corpo medular branco, do cerebelo (núcleos centrais), em virtude da localização das células de Purkinje, na camada celular e de seus respectivos núcleos centrais no corpo medular do órgão (fig.: 14).

A excitação das células de Purkinje, pelas fibras trepadoras (trepadeiras) conduz ao aparecimento do efeito, conhecido por “Depressão de Longa Duração” (D.L.D.), que é um “estado funcional,” experimentado pelas células de Purkinje, causado pela excitação das fibras trepadoras, sobre as referidas células de Purkinje, tornando-as menos sensíveis à estimulação pelas fibras paralelas. Tal estado de depressão, pode perdurar durante horas, segundo os casos.

Sendo as células de Purkinje “inibitórias” por natureza, teremos então, uma depressão (inibição), atuando sobre uma fibra inibitória. O resultado desta dupla inibição, será uma “desinibição” dos neurônios dos núcleos cerebelares centrais, os quais, assim desinibidos, aumentam, conseqüentemente, sua freqüência basal de descargas, além de se tornarem mais sensíveis às excitações de colaterais excitatórias oriundas das fibras musgosas (fig.: 14).

Provavelmente, como já foi comentado, o neurotransmissor mais encontrado nas sinapses das fibras trepadoras, relaciona-se ao ácido aspártico.

A estimulação, a partir das fibras paralelas, nas quais o neurotransmissor relaciona-se ao ácido glutâmico, determinam o aparecimento de um potencial pós-

sináptico único, relacionado ao Na⁺ (cátion sódio) dependente, sobre as células de Purkinje, formando-se assim, uma discreta corrente pós-sináptica, que se distribui de forma passiva.

Entretanto, a estimulação de diversas fibras paralelas, leva ao aparecimento de um somatório, que se completará, no momento em que a célula de Purkinje, em seu segmento inicial, atingir seu limiar. Trata-se, portanto, de uma estimulação extremamente fraca, demorada, mesmo porque, as células granulares (as menores células do sistema nervoso central), originam as fibras paralelas, as quais apresentam sua camada de mielina, significativamente reduzida, além de serem extremamente delgadas.

7º) - COMO CONTRIBUIRIA O CEREBELO, PARA A SUTILEZA E HABILIDADE DOS MOVIMENTOS ?

O cerebelo, é uma parte do encéfalo, com funções, excepcionalmente, semelhantes às de um computador (computador de natureza orgânica), responsável pelo "controle" das complexas entradas aferenciais sensoriais, oriundas de neurorreceptores periféricos e de outras entradas ao cerebelo, provenientes de outras partes do cérebro (centrais).

Como já foi comentado, sua origem, em termos de pesquisas filogenéticas, relaciona-se aos "ciclóstomos", evoluindo e se desenvolvendo, para os "peixes", quando iniciam suas funções de "coordenação de grupos musculares," que surgiram com o "aparecimento das barbatanas dos peixes" (grupos musculares agonistas e antagonistas), recebendo aferências sensoriais proprioceptivas de receptores periféricos, localizados nas linhas laterais, daqueles seres primitivos, bem como, dos mecanismos morfo-funcionais do sistema vestibular (equilíbrio e postura). Entretanto, com a evolução, o "cerebelo", passou a receber, também, estímulos sensoriais táteis, articulares, auditivos e visuais, aumentando, assim, sua capacidade computacional orgânica, relacionando-se a todos os complexos movimentos e habilidades, envolvidas com as diversas espécies e, principalmente, o ser humano. Nesta última espécie, o falar, o cantar e o dancar, representam os pontos máximos, destas "habilidades cerebelares".

O relacionamento do "cerebelo", a estas extraordinárias ações: modulação e regulação motoras e tão diversas e ilimitadas habilidades motoras, levou os pesquisadores à conclusão, de que, o "cerebelo", "apresenta e desempenha funções extremamente importantes", no "controle, modulação e regulação dos movimentos complexos e extremamente finos e delicados".

Assim, através de, estudos experimentais, em laboratórios, provocando lesões cirúrgicas, em animais e observando lesões clínicas, em seres humanos, concluíram que, a "falta de habilidades" e todas as espécies de movimentos desordenados, que surgem são, em geral, resultantes de "lesões ou processos patológicos cerebelares".

Os fatores, que permitiram ao cerebelo, apresentar esta expressiva superioridade cerebelar, na espécie humana, estão relacionados, ao “fantástico desenvolvimento e integração do “cérebro” e do “cerebelo”, os quais, em conjunto, alcançaram tal desenvolvimento.

O estudo dos principais sintomas, observáveis, na vigência das diversas lesões do cerebelo é, extremamente importante, pois, permite o estudo do funcionamento do cerebelo e respectivas “correlações anátomo-clínicas”.

As lesões cerebelares são, extremamente, variadas, pois, podem envolver, áreas extensas do cerebelo ou pequenas áreas de regiões funcionais diversas. Por esse motivo, o estudo das lesões cerebelares, deve ser dirigido às suas regiões funcionais, ou seja:

1. Lesões do arquicerebelo (lobo flóculo-nodular).. (figs: 01, 04, 05, 9.1, 11)
2. Lesões do paleocerebelo (lobo anterior)..... (figs.: 01, 04, 05, 9.1 e 11)
3. Lesões do neocerebelo (lobo posterior).....(figs.: 01, 04, 05, 9.1 e 11)

Cada uma, dessas áreas filogenéticas e ontogenéticas cerebelares, com seu conjunto de sinais e sintomas, caracterizarão as respectivas síndromes: do “arquicerebelo”, do “paleocerebelo” ou do “neocerebelo”.

A “Síndrome do arquicerebelo,” é mais comum, em crianças, com idade inferior aos (dez) 10 anos. São lesões, geralmente, relacionadas a tumores do tecto do IVº ventrículo que, por sua compressão, comprometem o “nódulo e o pedúnculo do flóculo, provocando: a perda do equilíbrio, impossibilitando à criança, ficar de pé. Nestas síndromes, geralmente, não são constatadas perdas dos tônus musculares e, estando a criança deitada, a coordenação dos movimentos é normal. A criança tem perda do equilíbrio.

A “Síndrome do paleocerebelo”. Em geral as síndromes do paleocerebelo (relacionadas ao lobo anterior), são, extremamente, raras. Entretanto, há relatos médicos de pacientes, cujas lesões, encontravam-se, no lobo anterior do cerebelo, sendo, o sintoma típico, representado pela presença de tônus da musculatura extensora significativamente, exacerbados (hipertônias).

A “Síndrome do neocerebelo”. Nesta síndrome, em geral, encontramos incoordenação motora, a qual, poderá ser detectada, através de alguns exames especiais, ou seja:

1º) – Solicita-se ao paciente, para que coloque o dedo indicador, na ponta do nariz. Em caso positivo, da síndrome do neocerebelo, o paciente apresentará dificuldades para cumprir esta ordem e realizar este movimento. Isto porque: não apresenta condições para realizar a quantidade de movimentos necessários, envolvidos na ação. Esta condição, é conhecida, na clínica, por “Dismetria”. Perda da capacidade para a “percepção de distâncias”.

2º) – Uma outra condição de deficiência de movimentos é conhecida pela denominação de “Decomposição”. Nesses casos, o paciente apresenta dificuldades para realizar movimentos complexos, nos quais, tomem parte, diversas articulações, ou seja: “dificuldades para realizar diversos movimentos complexos que envolvam, simultaneamente, diversas articulações”.

3º) – Outro exame, consiste em se solicitar ao paciente, para realizar, rapidamente, movimentos alternativos, como por exemplo, tocar os dedos de cada mão, entre si, porém, de forma alternada e rápida, envolvendo os dedos: polegar, indicador e médio. Em casos positivos dessa síndrome, o paciente não conseguirá realizar esses movimentos complexos. Chamamos a isso, na clínica neurológica, de “Disdiadococinesia”.

4º) – Ao solicitarmos a um paciente, vítima desta síndrome do neocerebelo, para forçar a flexão do antebraço, aplicando, simultaneamente, uma resistência no pulso, constatamos que, em casos normais, ao se retirar a resistência do pulso, a flexão cessa, por ação imediata dos músculos extensores, coordenados pelo cerebelo. Entretanto, em pacientes, portadores desta síndrome do neocerebelo, esta coordenação cerebelar desaparece, observando-se, em geral, retardo na ação dos músculos extensores, sendo o movimento excessivamente violento, o que provoca, um movimento tão súbito que, em diversos casos, vemos o paciente dar um tapa, fortíssimo, no próprio rosto. Esta condição clínica, é conhecida, por “Rechaco”.

5º) – Uma outra manifestação da síndrome é conhecida, por “Ataxia Cerebelar”.

Nesses casos, observa-se: incoordenação da atividade muscular voluntária, durante a marcha, acompanhada de tremores, principalmente, no final do movimento.

6º) – Nistágmo. Esta condição clínica, alteradora, é observada, em pacientes com lesões do neocerebelo, representadas pelo movimento oscilatório rítmico dos globos oculares, seja: no sentido vertical, horizontal ou rotatório.

Em geral, estão associados, às lesões do “Sistema vestibular e neocerebelar”. Nesses “casos neocerebelares,” o paciente é solicitado a manter a cabeça fixa, enquanto, desvia os globos oculares, acompanhando os movimentos do dedo do examinador, até chegar, no limite do movimento ocular.

Nas pessoas normais, caso apareça, “qualquer movimento de nistágmo,” será fugaz e extremamente rápido, desaparecendo, imediatamente. Entretanto, nos indivíduos, com a “síndrome do neocerebelo,” observaremos respostas muito extensas, surgindo, quando o globo ocular, se encontra desviado, em direção ao lado lesado do cerebelo.

Na prática diária, os neurologistas, têm o hábito de distinguir, duas situações clínicas:

- Lesões do verme (*vermis*)
- Lesões dos hemisférios cerebelares

1º) - LESÕES DO VERME:

As lesões do verme (*ou vermis*) ocorrem, especialmente, na vigência de alterações da marcha do paciente (marcha atáxica), na qual, o paciente, com dificuldade para a manutenção do equilíbrio, é obrigado a andar com suas pernas abertas e, com isso, aumentar a base de sustentação de equilíbrio do corpo.

2º) - LESÕES HEMISFÉRICAS CEREBELARES:

Nos casos de lesões hemisféricas cerebelares, as manifestações periféricas das lesões, ocorrem nos membros do lado lesado, estando a sintomatologia, relacionada à coordenação dos movimentos.

Graças à peculiar condição anatômica do córtex cerebelar, no qual, a estrutura citoarquitetural é uniforme, em todas as partes do córtex cerebelar, torna-se mais fácil ao órgão (cerebelo) assumir, progressivamente, as funções das áreas lesadas. Isso se constata, principalmente, em casos de crianças, quando as lesões aparecem, progressivamente.

Algumas das grandes pesquisas, já realizadas, envolvendo as lesões do cerebelo humano, foram obtidas, durante a primeira grande guerra mundial, em meados de 1920 pelo pesquisador GORDON HOLMES. Este grande pesquisador estudou os casos de soldados, que haviam sofrido destruição parcial do cerebelo, causadas por armas de fogo. Nos soldados examinados, constatou, também, que a parte cerebelar normal conservada, podia ser aproveitada, para as “funções de controle dos movimentos.”

Estes estudos de HOLMES, são, constantemente, citados, por diversos autores. As experiências de HOLMES, consistiam em colocar, uma lâmpada elétrica, muito pequena, no dedo do paciente examinado, que se acendia e se apagava, numa frequência, de 25 (vinte e cinco) vezes, por segundo. No exame, o paciente recebia a necessária instrução, do que deveria fazer, com a lâmpada no dedo, acompanhando uma sucessão de 3 lâmpadas vermelhas, em duas pequenas e próximas colunas.

Assim, o paciente apontava e acompanhava a sucessão de luzes vermelhas, com seu braço estendido e o mais rápido que pudesse, indo de uma coluna à outra. Todos os movimentos eram, simultaneamente, fotografados, através de flashes e de uma câmara fotográfica.

Na análise dos resultados dos exames obtidos, o pesquisador constatou que, no lado normal, dos pacientes examinados, o movimento era suave, preciso, indo de um lado para o outro, em direção à cada luz vermelha, de forma extremamente normal e regular.

Entretanto, no lado lesado do cerebelo, as linhas traçadas se apresentavam disformes, irregulares, perceptíveis pelo estudo dos movimentos do dedo do lado lesado do cerebelo, no qual, o pontilhado de linhas, realizado pelo dedo, além de, extremamente irregular, apresentava tremores irregulares.

Assim, no lado são do paciente, constatou: movimentos simétricos, normais e sem tremores, porém, no lado lesado, constatou: significativa assimetria, irregularidade e muito tremor (HOLMES, G., (1939)),

Com esta conclusão dos registros dos exames, nos diversos pacientes, ficou constatado que, cada um dos lados do cerebelo (lado direito e lado esquerdo), encontra-se relacionado ao controle dos movimentos firmes, perfeitos, seguros, realizados pelo braço e mão do mesmo lado (homolateral).

Na tentativa de tirar o máximo de resultados, destas pesquisas, (pois, só aparecem, em desastres como uma guerra), HOLMES, certa vez, perguntou a um de seus pacientes examinados:

“Você faz os seus movimentos do braço, antebraço e mão do lado não lesado de forma inconsciente e sem qualquer preocupação se vai conseguir realiza-lo perfeitamente ? e de que forma você movimentou o braço, antebraço e mão do lado lesado ? O paciente questionado e estudado, respondeu-lhe: No movimento relacionado ao lado lesado, sou obrigado a pensar, em cada movimento separadamente, envolvendo, também, suas articulações, separadamente e com muita concentração. Do outro lado, não lesado, não necessito pensar. Faço todos os movimentos sem a menor necessidade de me concentrar.

Esta resposta, mostra que, com o cerebelo íntegro, polpamos mais concentração Mental, por não ser necessário nos concentrarmos em cada articulação separadamente. Imaginem se tivéssemos que soletrar, letra por letra, para assinarmos nosso nome em um cheque? Neste caso, é encaminhado apenas um comando geral pelo cérebro, sendo o restante realizado pelos circuitos morfo-funcionais “cérebro-cerebelares”, com todos os detalhes da assinatura. Este mesmo raciocínio, se aplica, aos “instrumentalistas,” e todas as “profissões,” que necessitam de perfeição e destreza, sem que haja necessidade de pensar, raciocinar ou de concentrar-se exageradamente.

Este mesmo raciocínio, se aplica às fantásticas acrobacias, contorsões musculares e grande número de movimentos complexos executados pelos grandes atletas, ginastas, dançarinos, trapezistas, instrumentalistas, profissionais de diversas profissões. Em todos estes casos, apenas é levada, em consideração, a “ordem central cerebral”, encaminhada conscientemente, para que seja realizado o ou os movimentos, através de circuitárias morfo-funcionais cérebro-cerebelares inconscientes. Não é atoa que nosso cerebelo, se encontra ligado a esta complexa organização e controle do movimento e, que, durante toda a vida, o cerebelo, esteja empenhado em um incessante programa de aprendizagem, capacitando-se, continuamente, e de forma cada vez melhor, para a realização inconsciente de todos estes circuitos morfo-funcionais.

Entre todas as habilidades de aprendizado pelo cerebelo, as mais notáveis, se relacionam: à fala, à escrita ao canto e à dança.

Conforme foi possível constatar, nas páginas iniciais deste texto, a evolução e o desenvolvimento do cérebro, foram seguidas, na mesma intensidade, pela evolução e crescimento do cerebelo, variando este crescimento, de acordo com o processo biológico da evolução dos vertebrados, passando pelos ciclóstomos, selacianos e evoluindo para inúmeras formas de vida no planeta, até alcançar a espécie humana.

Assim, o cerebelo, cuja presença já constatada, em espécies extremamente primitivas (selacianos), com suas primitivas funções, já se assemelhando às funções

de um computador primitivo, voltou-se para os trabalhos funcionais de “organizador do nadar dos peixes”, utilizando, nesta evolução, os dados informativos sensoriais primitivos aferenciais de receptores primitivos, localizados nas regiões laterais dos peixes, além de se valerem do sistema vestibular, que, àquela época, em seu desenvolvimento, já possuíam, pelo menos, dois canais semi-circulares (fig.: 26.6).

À medida que o processo evoluiu e avançou, o cerebelo adquiriu o poder e as habilidades para ser utilizado, em inúmeros e complexos mecanismos morfo-funcionais, utilizando dados informativos em, praticamente, todos os mecanismos morfo-funcionais relacionados aos movimentos, sutilezas e habilidades, relacionados às diversas espécies.

Assim, o cerebelo, passou a desempenhar importantes funções, no controle dos movimentos, inclusive, os mais complexos e mais finamente realizados.

Através deste notável desenvolvimento do cerebelo, na evolução humana, tornamo-nos capazes de, realizar as complexidades extremamente finas, com grande grau de sutileza e habilidades, em incrível número de ações motoras. Destas, enfatizamos, sobressaem-se: a arte de falar, a arte de cantar e a arte de dançar e de escrever.

Foi, exatamente, devido a estes seus extraordinários poderes, sutilezas e habilidades, relacionadas à espécie humana, que permitiram aos humanos, se tornarem seres superiores, em relação à sobrevivência.

Estas considerações, facilitarão o entendimento, ao final do texto, sobre as “Considerações morfo-funcionais do controle dos movimentos, envolvendo nos mecanismos de integração funcional dos mesmos: o córtex cerebral, o cerebelo, os núcleos da base, o tálamo, o tronco encefálico, a medula espinhal e os sistemas motores supra-espinhais”.

8º) - CONSIDERAÇÕES ESPECULATIVAS SOBRE A AÇÃO DO CEREBELO, NOS MECANISMOS DE ACIONAMENTO DOS MÚSCULOS AGONISTAS EM UM MOVIMENTO.

Sabemos que, a função mais significativa, do cerebelo, consiste num mecanismo morfo-funcional, com o objetivo de auxiliar nos sinais “liga” aos músculos agonistas no início de um movimento e, simultaneamente, sinais para “desliga” para os músculos antagonistas.

Todavia, no final do movimento, o cerebelo se transforma no principal responsável pelo ritmo do movimento, entre os “sinais de: “liga” e “desliga”.

No início de um evento motor, as diversas fases desse futuro e já planejado movimento, estão sob o domínio dos centros motores corticais, auxiliados pelas áreas somatosensoriais parietais. (fig.: 2 e 45).

Este movimento é, assim, iniciado por uma “descarga de potenciais de ações corticais,” dirigidos, diretamente, aos músculos agonistas, com o objetivo de iniciar a contração dos mesmos (fig.: 34.1) e, numa fração de tempo em torno de, aproximadamente, dois décimos de segundo (0.2), após a complementação total da primeira fase deste movimento, envolvida com a estruturção do “Plano do Movimento a ser realizado”.

Assim, esta primeira descarga motora cortical, como mostrado nas figs.: 2, 34.1 e 45), se dirige aos músculos agonistas, seja através do trato corticoespinhal, que estabelece sinapses com redes de interneurônios da medula espinhal ou mesmo, através de neurônios motores espinhais, localizados nas pontas motoras anteriores da medula espinhal (fig.: 2) ou então, através do trato rubroespinhal. Realizam-se, assim, as contrações musculares iniciais dos músculos agonistas no evento motor planejado (fig.: 42), em cujo planejamento, conforme ainda veremos nos capítulos de “Planejamento e controle motor dos movimentos”, participarão: os núcleos da base, o tálamo, o tronco encefálico com seus sistemas motores medial e lateral, além, é claro, da própria medula espinhal. Naquela oportunidade, conhecemos as “alças anatômicas: diretas, indiretas, límbicas, oculomotoras, de associações 1 e 2, motoresqueléticas e outras, necessárias e presentes, em todos estes órgãos citados do sistema nervoso central, durante a realização do evento motor. Simultaneamente a essa descarga motora de “potenciais de ação corticais inicial” através do Trato corticoespinhal, são encaminhados, os mesmos sinais, através das fibras corticopontinas e, desses núcleos pontinos, saem fibras musgosas pontinas (figs.: 14, 34.1 e 42), em direção à região cerebelar contralateral, valendo-se dos grandes circuitos “Córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical” e Córtico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal”(fig.:42). Nesses dois grandes circuitos (fig.42) as fibras pontinas musgosas dirigem-se, transversalmente, ao córtex cerebelar do lado oposto, fornecendo, preliminarmente, um ramo colateral para o núcleo denteado central do neocerebelo, indo ao encontro das células de Purkinje . Destas células de Purkinje, serão emitidos sinais, para o núcleo denteado e, deste para o tálamo. Do tálamo emergem novas fibras, com destino ao córtex motor encefálico, condição esta, que permite ao cerebelo controle motor sobre os neurônios motores corticais utilizados no referido trato descendente motor (fig.: 42). Do núcleo denteado, também emergem colaterais, dirigidas ao neorrúbrio contralateral, responsável pela sustentação das contrações iniciadas no nível medular (figs.: 34.1 e 42).

EXERCÍCIOS ESPECULATIVOS JÁ AVENTADOS POR DIVERSOS PESQUISADORES, QUE PODEM AJUDAR NO ENTENDIMENTO DO MECANISMO MORFO – FUNCIONAL PARA “LIGAR” OS MÚSCULOS AGONISTAS EM UM MOVIMENTO.

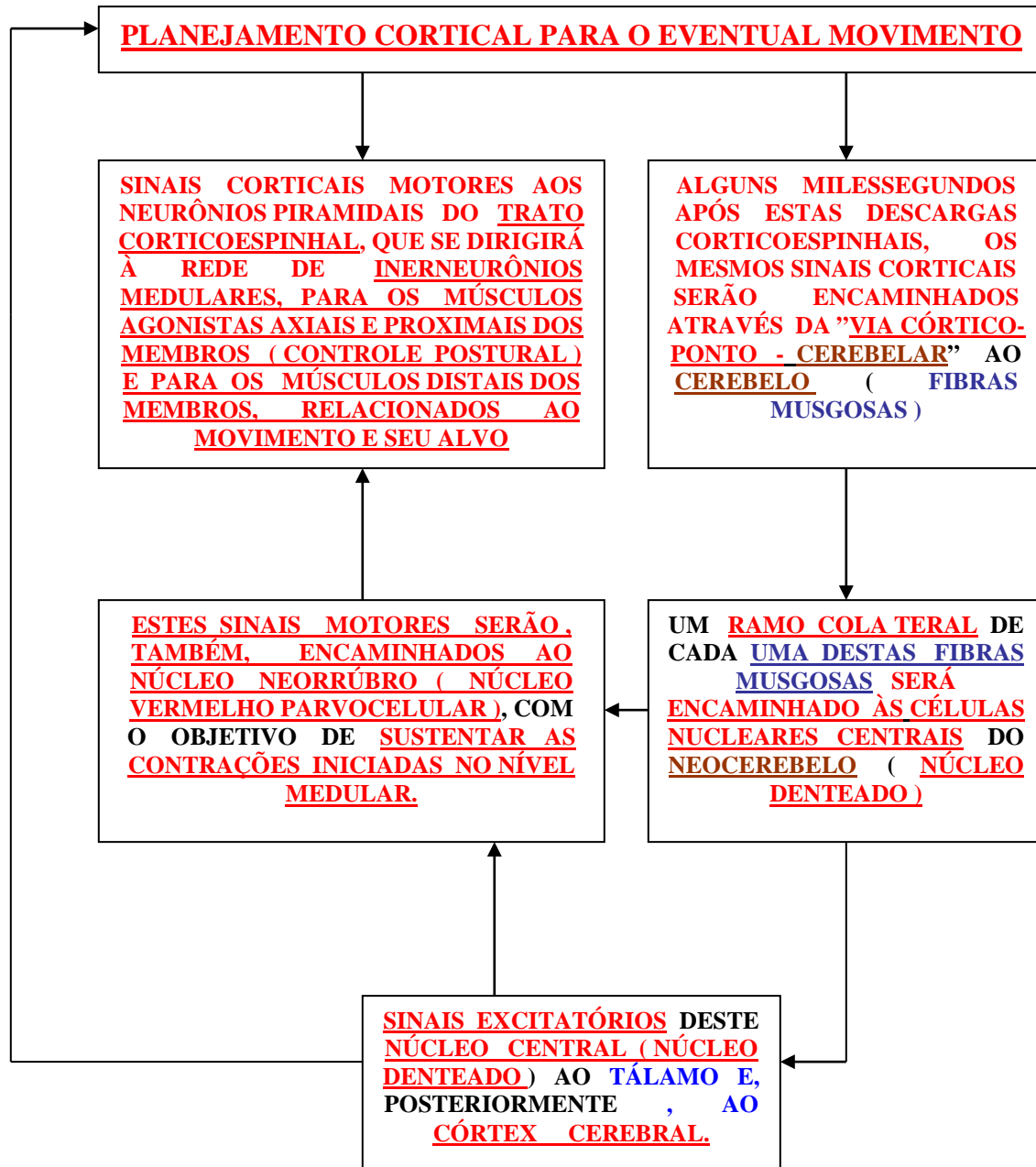


FIG.: 34.1

**EXERCÍCIO ESPECULATIVO, JÁ COMENTADO
POR DIVERSOS AUTORES, RELACIONADO AO
MECANISMO MORFO-FUNCIONAL DO “DESLIGAR”
DOS MÚSCULOS AGONISTAS, APÓS UM
MOVIMENTO.**

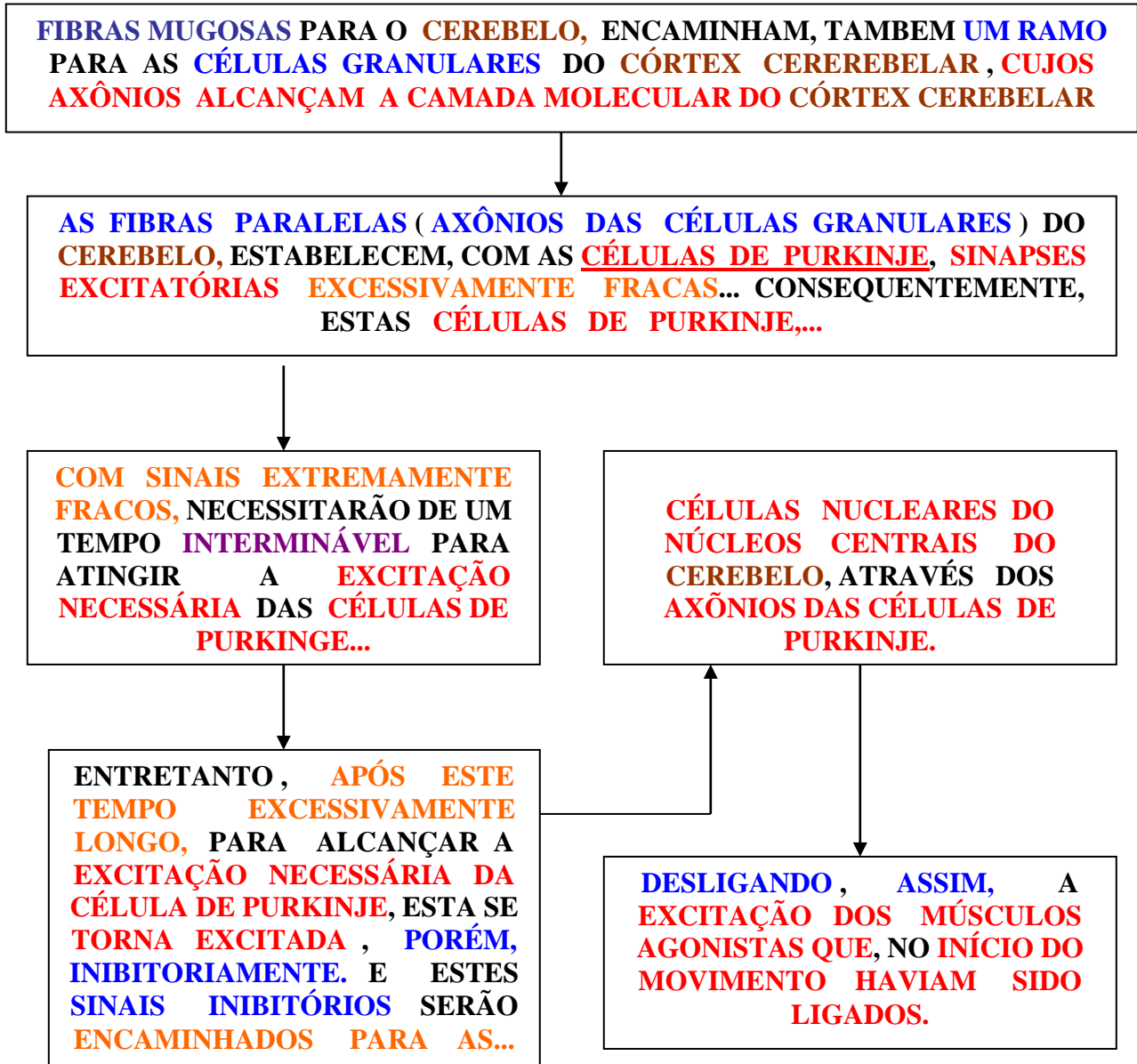


FIG.: 34.2

Por outro lado, através do segundo grande circuito (cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal, (fig.: 42), o cerebelo, também, exercerá seu controle motor sobre o evento (movimento), controlando, desta vez, os neurônios motores medulares laterais, através do tronco encefálico, com o objetivo de manter o signal de contração muscular, iniciado pelo córtex cerebral (fig.: 2), agora auxiliado por este segundo circuito: (cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal) (fig.: 42). Com este duplo mecanismo morfo-funcional de excitações ou seja os sinais motores corticais iniciais descendentes, para “ligar” os músculos agonistas, auxiliados agora, pelos sinais cerebelares, através das fibras musgosas dos dois grandes circuitos cerebelares citados, o signal de “ligar”, se torna mais potente, mais eficaz. Temos aqui, um “somatório de sinais: do córtex motor e do cerebelo.(figs.: 34.1 e 42). Tais mecanismos morfo-funcionais, nos permitem fazer estas considerações, sobre o “ligar” dos músculos agonistas (fig.: 34.1). Entretanto, quais seriam as condições que provocariam o aparecimento do signal de “desligar” para os mesmos músculos agonistas, ao final do movimento ?

Conforme pode ser visto na (fig.:14) as fibras musgosas, ao penetrarem no cerebelo, encaminham ramos colaterais excitatórios para:

1º) – As células dos núcleos centrais do cerebelo, excitando-as.

2º) – Para as células granulares da camada granular, cujos axônios, como foi visto, se dirigem para a camada molecular com estímulos excitatórios.

Nesta camada molecular, após se dicotomizarem (em T), os axônios das células granulares (fibras paralelas), estabelecem sinapses excitatórias, muito fracas com os dendritos das células de Purkinje. Todavia, estas mesmas células de Purkinje, após serem excitadas, exercem ação inibitória, sobre as células dos núcleos centrais do cerebelo, (fig.:14 e 14.2). Todavia, os sinais das sinapses das vias paralelas (axônios das células granulares, com os dendritos das células de Purkinje), como já comentado, são extremamente fracas, gerando uma “depressão de longa duração” das fibras paralelas, até atingir um estágio de excitação satisfatório. Todavia, desde que a célula de Purkinje, atinja o estágio de excitação necessário (completando a excitação satisfatória), a célula de Purkinje, então, agira, segundo sua natureza (inibitória), inibindo as mesmas células nucleares dos núcleos centrais do cerebelo (fig.: 34.2), que havia ligado, no início do movimento (fig.: 34.1) ao chegarem, como fibras musgosas ao cerebelo (fig.: 14). Este mecanismo, portanto, desligaria a excitação cerebelar dos músculos agonistas. Da mesma forma, a capacidade para a correção, por parte do cerebelo, de eventuais erros motores, está relacionada às suas células de Purkinje, as quais, recebem, através das fibras trepadeiras, oriundas do complexo olivar bulbar inferior, informações completas dos tratos corticoespinhais, bem como dos centros motores do tronco encefálico, através do circuito: cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal, com todos os mínimos detalhes do movimento em questão. Ambos, “complexo olivar bulbar inferior” (figs.: 21 e 22) e “circuito córtico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal” (fig.: 42), fornecem as condições morfo-funcionais para o estudo comparativo, por parte do cerebelo, entre o “movimento planejado” no nível cortical e o “movimento realmente realizado”. Caso apareçam, nesse estudo comparativo, discordâncias entre o “plano do movimento cortical” e aquele realizado, as fibras trepadeiras serão excitadas ou inibidas (grande variação de descargas de potenciais), em função do erro cometido, tendo por objetivo a realização dos necessários ajustes

9º. PARTICIPAÇÃO DO CEREBELO, MEDULA ESPINHAL E TRONCO ENCEFÁLICO, NO CONTROLE DOS MOVIMENTOS POSTURAIS E DO EQUILÍBRIO

No processo da “evolução filogenético do “Cerebelo” e do “Aparelho Vestibular”, ambos desenvolveram-se, simultaneamente, à mesma época, motivo pelo qual, dentre as conexões cerebelares eferentes, uma delas apresenta suas origens, como já visto, no início desse capítulo, na região do vermis cerebelar (arquicerebelo, ou também, conhecido por vestíbulo-cerebelo), constituindo fibras que, dessa região do vermis cerebelar, dirigem-se ao núcleo fastigial, do qual, através dos fascículos ou tratos, fastígio-vestibular e fastígio-reticular, em direção ao tronco encefálico, alcançam, respectivamente, os núcleos vestibulares (principalmente o núcleo vestibular lateral) e núcleos da formação reticular pontina e bulbar (figs.: 26, 27, 28, 29, 30 e 31).

Desses núcleos, originam-se diversos tratos descendentes, em direção à medula espinhal, ou seja:

- Trato vestibulo-espinhal lateral homolateral
- Trato vestibulo-espinhal medial
- Trato retículo-espinhal medial
- Trato retículo-espinhal lateral.

Estes tratos: vestibuloespinhal lateral, vestibuloespinhal medial, reticuloespinhal medial e reticuloespinhal lateral (figs.: 30, 31 e 38), participam do planejamento dos eventos motores, unindo, nestas ações: cerebelo, tronco encefálico e medula espinhal, que agem, sobre os músculos axiais e proximais dos membros e do controle postural, através de, redes de interneurônios e de neurônios motores da medula espinhal, para controle dos movimentos posturais e do equilíbrio (figs.: 2 e 38). Como sabemos, a perda do equilíbrio, está relacionada ao lobo flóculo-nodular e partes do verme do cerebelo, cujas lesões, podem determinar modificações, com distúrbios, em graus variáveis, do equilíbrio (figs.: 1, 31, 35 e 37).

Além do mais, a disfunção cerebelar, em relação ao equilíbrio, é bem mais significativa, na vigência de movimentos rápidos e, menos significativa, na vigência de movimentos lentos ou estáticos, principalmente, quando essa disfunção esteja ligada às alterações de direção, relacionadas aos canais semicirculares (figs.: 31 e 37).

Estas considerações iniciais, levam-nos à provável conclusão, de que, o cerebelo é indispensável, no controle e coordenação, entre as contrações dos músculos agonistas e dos músculos antagonistas, nos movimentos de alterações rápidas de posição do corpo, interveniados por ações do sistema vestibular.

Na estruturação das cadeias morfo-funcionais dessas rápidas mudanças de posição do corpo, o mais significativo problema a ser respondido, consiste em conhecer o tempo necessário e útil para a transmissão de sinais de posição, bem como a velocidade dos movimentos a serem realizados pelas diferentes partes do corpo, com o objetivo de manter o equilíbrio, e a chegada dos referidos sinais ao córtex encefálico.

Mesmo sabendo-se, serem as vias responsáveis pela condução de tais eferências e aferências do cerebelo as mais rápidas, para a condução de estímulos do sistema nervoso central, graças ao seu alto grau de mielinização, bem como, a velocidade de movimentos a serem realizados, com uma velocidade em torno de 120 m/s, em cujos sistemas são utilizadas fibras ricamente mielinizadas, (Tratos Espinocerebelares); mesmo assim, no processo de transmissão de impulsos das regiões da planta do pé ao córtex cerebral, observa-se um retardo de, aproximadamente, 15 a 20 m/s nesta condução de impulsos e, nessa fração ínfima de tempo, um indivíduo correndo, terá o seu pé, deslocado numa distância de 25 cm, o que torna impossível, um sinal de retorno das partes periféricas do corpo até o encéfalo, ao mesmo tempo em que se desenvolve o movimento.

Assim, nesse caso, indagamos: como seria possível ao encéfalo, saber quando encerrar um movimento, para começar outro movimento seqüencial, principalmente, em se tratando de movimentos muito rápidos ? A resposta que nos parece mais lógica, é que: os sinais provenientes da periferia em direção ascendente (estímulos sensoriais periféricos proprioceptivos inconscientes e conscientes), conduzidos pelos diversos tratos espinocerebelares e cordão dorsal-lemnisco medial, informam ao encéfalo, não apenas sobre as diferentes posições das diferentes partes do corpo, mas também, informam sobre a velocidade e direção do respectivo movimento. Nesse caso, o cerebelo, a partir das informações desta velocidade e respectiva direção dos movimentos, tem condições para calcular, onde se localizarão as diferentes partes do corpo, nos próximos milésimos de segundo.

Os resultados deste cálculo cerebelar, constituirão a base para a progressão do encéfalo para ordenar o próximo movimento seqüencial a ser realizado.

Portanto, no controle do equilíbrio, a informação do “Sistema Vestibular”, é utilizada, num típico circuito de controle por “ feed-back”, para promover a correção quase instantânea dos sinais motores posturais, de acordo com a necessidade para manter o equilíbrio, mesmo durante o movimento extremamente rápido, incluindo, aí, as modificações rápidas da duração do movimento.

Neste processo, auxiliam os sinais de feed-back das áreas periféricas do corpo e, neste particular, exerce função significativa, o verme cerebelar, que funciona, associado aos músculos axiais do corpo e músculos escapulares.

Portanto, o cerebelo computa, enfim, as posições verdadeiras das respectivas partes do corpo, em qualquer movimento, a despeito do grande retardo do envio dos impulsos da periferia para o cerebelo (figs.: 20, 32, 33, 39, 40 e 43).

O córtex cerebral, no controle do sistema nervoso voluntário, quando recebe a colaboração do cerebelo, em relação à coordenação dos padrões de movimentos, integra as funções de “duas de suas estruturas morfo-funcionais”: A “primeira auxilia” o “cerebelo”, em sua participação, quando ele elabora, com o “córtex cerebral”, na coordenação de padrões de movimentos, envolvendo as partes distais dos membros, principalmente as: mãos, os dedos, os pés e pododáctilos.

O Cerebelo, o Controle dos Movimentos e a Participação do Arquicerebelo (ou Vestíbulo-cerebelo).

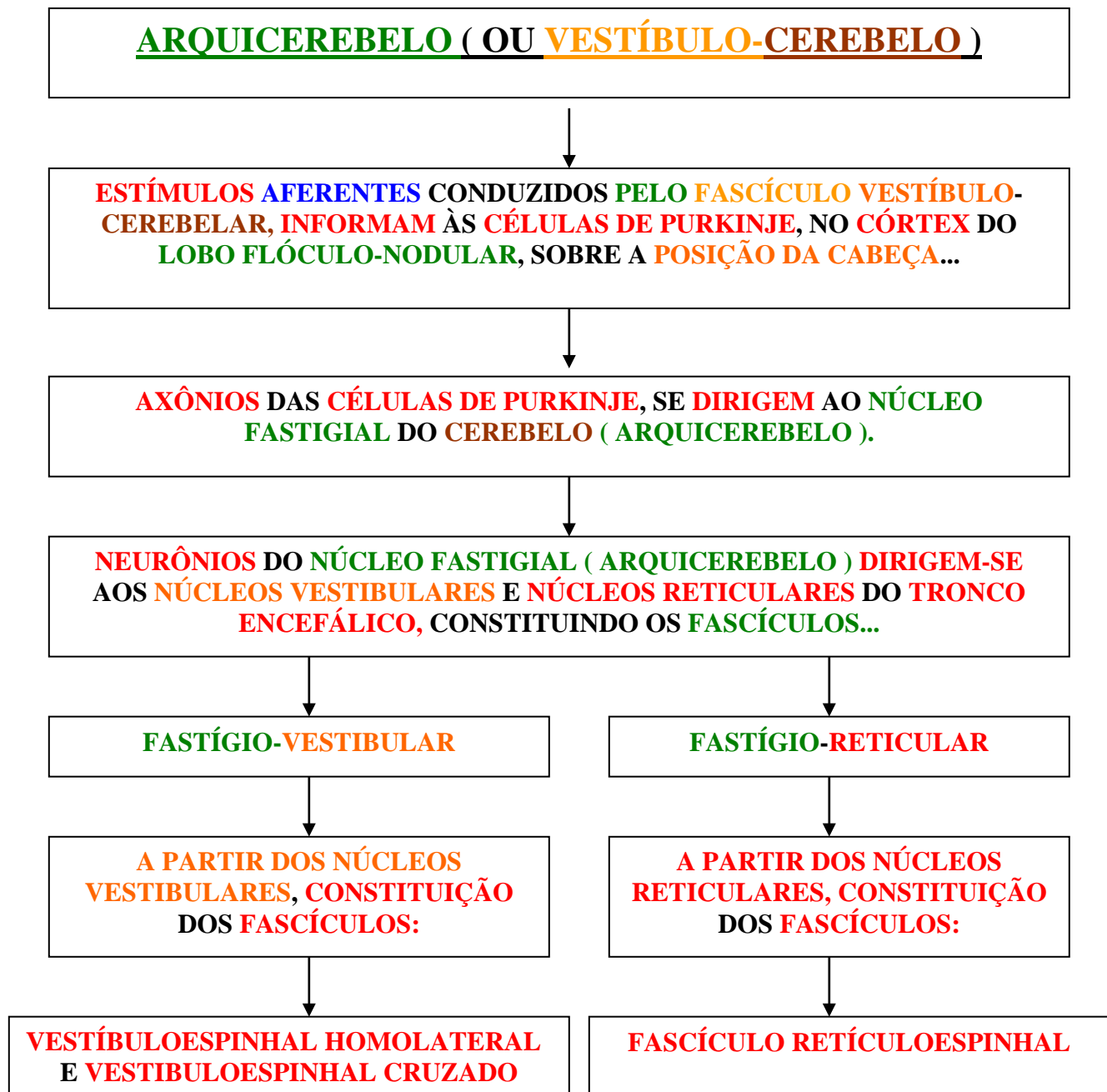


FIG.: 35

Numa “segunda” oportunidade de colaborar, com o córtex cerebral, na coordenação de padrões de movimentos, o “cerebelo,” se vale de suas “vias aferenciais sensoriais periféricas proprioceptivas inconscientes, ligadas às zonas inter-hemisféricas do córtex cerebelar funcional (paleocerebelo) (fig.: 1) e de seu núcleo interpósito (emboliforme e globoso), utilizando as vias espinocerebelar direta (dorsal) homolateral, espinocerebelar ventral (cruzada) heterolateral, cuneocerebelar e espinocerebelar rostral (figs.: 0, 32, 33, 39, 40 e 43).

Os núcleos vestibulares do tronco encefálico, também, funcionam associados aos núcleos da “formação reticular pontina”, nos mecanismos de excitação dos músculos antigravitacionais (figs.: 27, 28, 29, 30, 31, 37 e 38).

Neste conjunto de “núcleos vestibulares: (superior, inferior, lateral e medial)” do tronco encefálico, o “núcleo vestibular lateral”, através do “Trato vestibulo-espinhal lateral”, transmite significativos sinais excitatórios, inclusive, utilizando, também, o “trato vestibulo-espinhal medial” (figs.: 31 e 37).

Sem este grande auxílio excitatório, destes núcleos vestibulares, a “Formação reticular” do tronco encefálico, perde significativa força excitatória, sobre os músculos antigravitacionais.

Portanto, a principal função, dos núcleos vestibulares, consiste no “controle dos sinais excitatórios, dirigidos aos diferentes músculos antigravitacionais”, com o objetivo de manter o “equilíbrio”, em resposta a “sinais do sistema vestibular”, o qual é formado pelos “canais semicirculares, cristas ampulares, sáculo e utrículo”(fig.: 26).

Os “núcleos da Formação reticular” do tronco encefálico, desempenham significativa função, junto aos “núcleos vestibulares”, em relação aos mecanismos morfo-funcionais de “sustentação” do corpo, contra a “força da gravidade”. Assim, estes núcleos da formação reticular do tronco encefálico, participam do contínuo antagonismo (excitatório / inibitório), entre os núcleos reticulares pontinos (excitatórios sobre os músculos antigravitacionais (Trato retículo espinhal medial pontino excitatório) e o (Trato retículo-espinhal lateral bulbar inibitório), sobre os mesmos músculos antigravitacionais (fig.:38).

As fibras do “trato retículo-espinhal medial pontino (excitatório), terminam em motoneurônios ântero-mediais da medula espinhal e excitam os músculos, que sustentam o corpo contra a força da gravidade, ou seja: “músculos da coluna vertebral (axiais) e músculos extensores dos membros (fig.: 38).

Estes “núcleos da formação reticular pontina”, além de serem normalmente excitatórios, também, recebem estímulos excitatórios de outros circuitos do tronco encefálico, também, excitatórios, principalmente dos “núcleos vestibulares do tronco encefálico” e dos “núcleos centrais do cerebelo” (figs.: 37 e 45).

Portanto, quando o “trato retículo-espinhal pontino” não se encontra sob a influência opositora do “Sistema reticular bulbar lateral”, ele excita, significativamente, os músculos antigravitacionais de todo o corpo, permitindo, inclusive, aos animais, ficar de pé, contra a força da gravidade, independente de quaisquer outros Sinais do sistema nervoso central.

Por outro lado, o “sistema reticular bulbar inibitório”, conduz sinais inibitórios para os mesmos motoneurônios anteriores medulares antigravitacionais. Trata-se, neste caso do “trato retículo-espinhal bulbar inibitório, lateral.

Estes núcleos reticulares bulbares, recebem grandes impulsos colaterais das seguintes estruturas anatômicas:

- Do trato cortico-espinhal
- Do trato rubroespinhal
- De outras vias motoras.

Todos eles ativam o sistema inibitório bulbar da formação reticular, num mecanismo de “compensação”, aos sinais excitatórios do “sistema reticular pontino excitatório”.

Entretanto, outros sinais, oriundos do: Córtex cerebral, do núcleo vermelho (rubro) e das vias cerebelares, “desinibem” este “sistema bulbar reticular inibitório, em ocasiões, nas quais, o “cérebro” deseja “excitação,” através do “sistema excitatório pontino, para que o animal fique de pé.

Portanto, os “núcleos da formação reticular” do tronco encefálico, , com seus dois sistemas: (excitatório pontino medial e inibitório bulbar lateral), constituem dois sistemas controlados, através de sinais motores corticais e de outras regiões, para facilitar as contrações musculares, necessárias para que um animal, possa ficar de pé, contra a ação da gravidade, ou mesmo, exercer ações inibitórias, sobre determinados grupos musculares, em função das necessidades funcionais.

TRATO ESPINOCEREBELAR DIRETO (DORSAL) E TRATO CUNEO-CEREBELAR

Estes tratos: Espinocerebelar direto (dorsal), Espinocerebelar (cruzado) e Cúneo-cerebelar, conduzem informações periféricas sensoriais somáticas proprioceptivas inconstitientes, dos membros inferiores, tronco e membros superiores. Os impulsos aferenciais destes tratos, são recebidos pelas fibras aferentes primárias, altamente mielinizadas e, por este motivo, de grande diâmetro, diretamente dos: fusos musculares, dos órgãos tendíneos de Golgi, dos grandes receptores táteis cutâneos e dos receptores articulares (figs.: 20, 32 e 33).

São sinais, que alertam o cerebelo, em relação ao estado momentâneo, da contração muscular, grau de tensão das forças agindo ao nível dos tendões musculares, posição e velocidade de movimento, das partes interessadas no evento motor e do corpo.

Os axônios destes neurônios, dirigem-se para a coluna ou núcleo de Clarke, situado na região intermediária da ponta sensorial da medula espinhal, sendo os estímulos oriundos dos membros inferiores e regiões inferiores do tronco., conduzidos através do trato espinocerebelar direto (dorsal), enquanto, sob a responsabilidade do

“Trato cuneo-cerebelar”, ficam os impulsos relacionados: às regiões superiores do tronco e dos membros superiores (figs.: 20, 32, 33, 40).

O “Trato cuneo-cerebelar,” apresenta suas origens no núcleo cuneiforme lateral, localizado na região caudal do bulbo (medula oblonga), apresentando significativa semelhança morfo-funcional com a coluna de Clarke, pois, recebe fibras aferentes, altamente mielinizadas e de grande diâmetro, relacionadas às regiões superiores do tronco e aos membros superiores (figs.: 19 e 20).

Ambos os tratos comentados, alcançam o cerebelo, através do pedúnculo cerebelar inferior homolateral (figs. : 32, 33 e 40), após a ascensão de seus axônios, em progressão ascendente, na medula espinhal, terminando em sinapses nas células granulares da camada granular do cerebelo (fibras musgosas (fig.: 14), além de enviarem um ramo colateral excitatório, para os núcleos centrais do paleocerebelo (núcleos: emboliforme e globoso), para os axônios do trato espinocerebelar direto, para o núcleo fastigial, e regiões corticais do vermis cerebelar e do hemisfério intermediário do cerebelo, para o caso do trato cuneo-cerebelar.

TRATO ESPINOCEREBELAR VENTRAL (CRUZADO) E TRATO ESPINOCEREBELAR ROSTRAL (DIRETO).

Os “tratoss: espinocerebelar ventral (cruzado) e espinocerebelar (direto)rostral,” também, conduzem ao cerebelo, informações iguais àquelas relacionadas aos tratoss comentados anteriormente, porém, sua maior importância relaciona-se à condução de “Sinais motores”, que chegam aos neurônios motores das pontas motoras da medula espinhal, conduzidos, através dos tratoss: corticoespinhal (figs.: 23, 24 e 45) e rubroespinhal cruzado (figs.: 23, 24, 32 e 40), além de impulsos fornecidos pelos geradores internos de padrões da medula espinhal.

A “via espinocerebelar ventral (cruzada), semelhante à via espinocerebelar dorsal (direta) transmitem informações aferenciais periféricas sensoriais proprioceptivas inconscientes dos membros inferiores e da parte inferior do tronco, enquanto, o “Trato espinocerebelar (direto) rostral, conduz as mesmas informações, porém, dos membros superiores e tronco superior.

Portanto, estas vias espinocerebelares (direta e cruzada), fornecem ao cerebelo, informações, não apenas sensoriais, como também, informações motoras, que estariam chegando às pontas medulares, numa velocidade, em torno de 120 m/s (figs.: 24, 32, 33, 40 e 45).

A segunda estrutura morfo-funcional cerebelar, utilizada nesta função de controle do sistema nervoso voluntário, pelo próprio cerebelo, ocasião em que ele

auxilia o córtex cerebral, no planejamento do movimento seguinte em seu curso temporal e suas diversas e sucessivas fases, após o término do movimento em evolução, relaciona-se à utilização do “Neocerebelo” e seu núcleo central associado “núcleo denteado” (fig.: 42).

Para isso, um grande conjunto de informações corticais encefálicas, dirige-se ao neocerebelo e respectivo núcleo central (núcleo denteado), através do “Circuito Córtico-ponto-cerebelo-dento-neorrúbrio-tálamo-cortical” e, conseqüentemente, também, ao núcleo rubro, informando ao cerebelo sobre o “plano seqüencial dos movimentos a serem realizados, voluntariamente, nas mínimas frações de tempo subseqüentes. (fig.: 41), além do controle periférico dos neurônios medulares anteriores, integrados na realização deste e dos demais futuros movimentos a serem realizados, nestas mínimas frações de tempo, principalmente nas partes dos músculos distais dos membros e movimentos dos mesmos, relacionados ao alvo a ser atingido (fig.: 41 e 42).

Com todas estas informações, o paleocerebelo, auxiliado pelo neocerebelo com seu circuito: córtico-ponto-cerebelo-neorrúbrio-tálamo-cortical (segunda função citada), estabelecem uma análise comparativa dos movimentos planejados, com aqueles movimentos, verdadeiramente, realizados. Para tanto, o paleocerebelo encaminha, através do núcleo interpósito (emboliforme e globoso), sinais eferentes corretivos, em direção ao córtex motor, com a interveniência do núcleo ventrolateral do tálamo (fig.: 39) e para o núcleo paleorrúbrio contralateral, de onde se origina o “Trato rubroespinal Cruzado” (fig.: 40), que se une ao “Trato corticoespinal”, para inervar os neurônios motores medulares espinhais, que controlam os músculos distais dos membros (principalmente, mãos e dedos), direcionados ao alvo (figs.: 1, 24, 32, 33, 39 e 40).

Assim, o cerebelo exerce uma ação coordenadora, adequada, sobre o evento motor, tornando-o uniforme, regular e ajustado entre os músculos agonistas e antagonistas distais dos membros, para movimentos padronizados, em direção ao alvo eleito.

Há, portanto, numa análise comparativa, entre o ou os movimentos que foi ou foram planejados, em níveis corticais, uma ação integrada do cerebelo que, através do grande circuito, já citado anteriormente, do neocerebelo (córtico-ponto-cerebelo-dento-neorrúbrio-tálamo-cortical), integra-se ao neocerebelo e ao paleocerebelo e, á partir destes resultados, realizam, realmente, a execução dos movimentos planejados (figs.: 32, 33, 41 e 42).

Além disso, o cerebelo, conta com o “Trato espinocerebelar ventral” (cruzado) portador dos sinais dos fusos musculares, dos órgãos tendíneos de Golgi, enfim, dos impulsos proprioceptivos inconscientes, que ascendem ao cerebelo, através de fibras, altamente mielinizadas, nas quais, a velocidade de progressão dos estímulos, como já visto, é a maior do sistema nervoso central (120 m/s). Além disso, conta com as informações valiosíssimas, dos sinais motores, que chegam aos neurônios motores inferiores da medula espinhal, incluindo aí, o grande quantitativo e qualitativo conjunto de informações aferenciais, oriundas de diversas partes do sistema nervoso central, que se dirigem ao cerebelo, através do, complexo olivar bulbar inferior. Este complexo nuclear olivar, como já comentado, é responsável,

CONDIÇÕES BÁSICAS MORFO-FUNCIONAIS NECESSÁRIAS PARA QUE O CEREBELO SEJA CAPAZ DE CORRIGIR EVENTUAIS ERROS, OCORRIDOS ENTRE O "MOVIMENTO, PLANEJADO" CORTICALMENTE, E O "MOVIMENTO REALIZADO"

1º) – VIAS AFERENCIAIS AO CEREBELO, ORIUNDAS DO (S):

1.1 – SISTEMA NERVOSO CENTRAL (S.N.C.): MOTORAS:

- 1.1.1 – CIRCUITO CÓRTICO-PONTO-CEREBELAR-TÁLAMO-CORTICAL (FIG.: 42).
- 1.1.2 – CIRCUITO CÓRTICO-PONTO-CEREBELO-RETÍCULO-ESPINHAL (FIG.: 42).

1.2 – COMPLEXO OLIVAR BULBAR INFERIOR, ATRAVÉS DOS:

- 1.2.1 – FEIXE CENTRAL DA CALOTA (FIG.: 21)
- 1.2.2 – TRATO OLIVO-CEREBELAR (FIG.: 22)

1.3 – NÚCLEOS VESTIBULARES DO TRONCO ENCEFÁLICO E APARELHO VESTIBULAR.

- 1.3.1. – TRATO VESTÍBULO-CEREBELAR (FIG.: 31)

1.4 – NÚCLEOS DA FORMAÇÃO RETICULAR DO TRONCO ENCEFÁLICO:

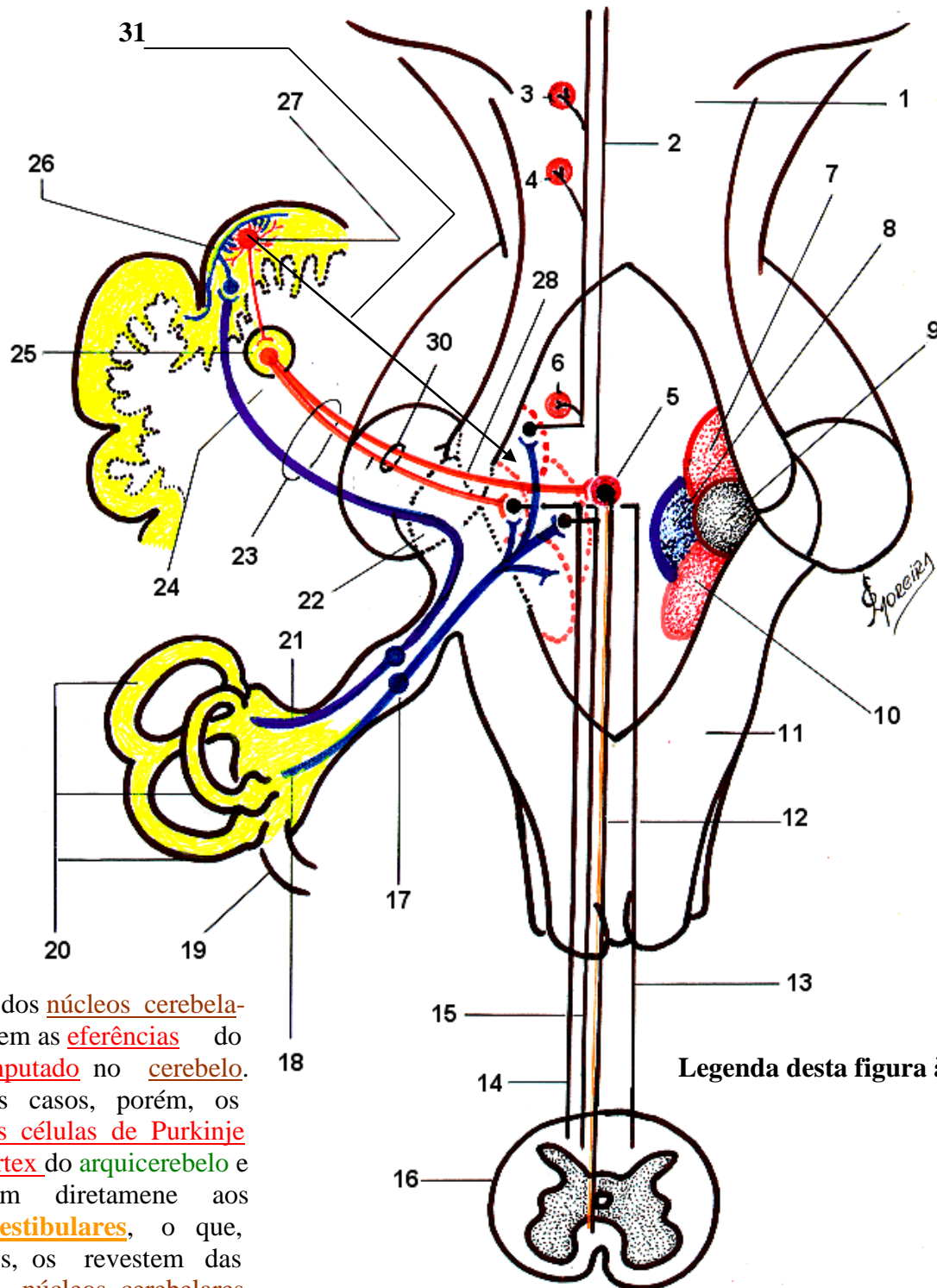
- 1.4.1. – TRATO RETICULOESPINHAL MEDIAL (FIG.: 38)
- 1.4.2. – TRATO RETICULOESPINHAL LATERAL (FIG.: 38)

2º) – FIBRAS AFERENTES AO CEREBELO, PERIFÉRICAS SENSORIAIS PROPRIOCEPTIVAS INCONSCIENTES E EPICRÍTICAS.

- 2.1 – TRATO ESPINO-CEREBELAR DIRETO (DORSAL)
- 2.2 – TRATO ESPINO-CEREBELAR CRUZADO (VENTRAL)
- 2.3 – TRATO CUNEO-CEREBELAR
- 2.4 – TRATO ESPINO-CEREBELAR ROSTRAL
- 2.5 – SISTEMA CORDÃO -DORSAL-LEMNISCO MEDIAL

FIG. 36

Arquicerebelo, Núcleos Vestibulares, Tronco Encefálico e Medula



Os axônios dos núcleos cerebela-
res constituem as referências do
que é computado no cerebelo.
Em alguns casos, porém, os
axônios das células de Purkinje
saem do córtex do arquicerebelo e
se dirigem diretamente aos
núcleos vestibulares, o que,
nestes casos, os revestem das
funções dos núcleos cerebela-

Legenda desta figura às páginas: 83

Núcleo e vias vestibulares e suas conexões com: Medula espinhal, formação reticular e núcleos dos: IIIº, IVº e VIº nervos cranianos.

FIG. 37

Desenho esquemático da constituição dos tratos:

1º) Reticuloespinal mediano

2º) Reticulo espinal lateral

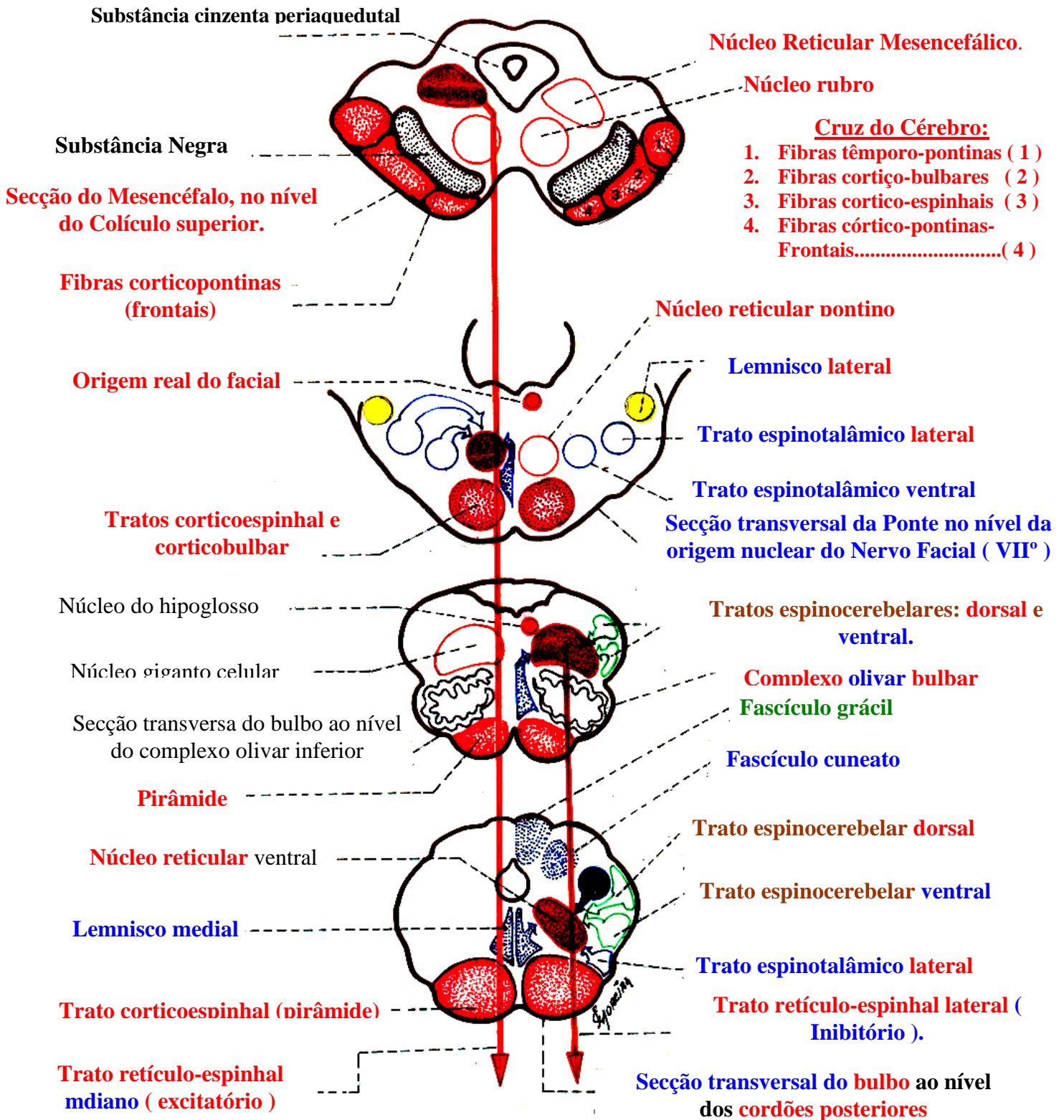


FIG. 38

pela condução de informações ao cerebelo, provenientes das seguintes regiões do sistema nervoso central: corticais cerebrais, dos núcleos da base, da substância negra, do núcleo rubro (vermelho), dos núcleos da formação reticular pontina e bulbar que, operacionalizados, no referido complexo olivar bulbar inferior, são encaminhados através das fibras trepadeiras, às células de Purkinje. Portanto, uma grande participação, de todas estas estruturas anatômicas citadas, no processo do aprendizado cerebelar motor, com o objetivo de, oferecer a correção necessária aos movimentos (em tempo útil e de forma adequada), mediante a execução de uma ação motora perfeita (figs.: 15, 21 e 22).

Aprendida a licção, na realização dos padrões de cada tipo de movimento, o cerebelo colabora com o córtex cerebral para o início do movimento específico planejado, ativando grupos de músculos agonistas e, simultaneamente, inibindo grupos musculares antagonistas (figs.: 34.1 e 34.2).

Quando o movimento, nestas condições, chega ao seu término, novamente, as cadeias morfo-funcionais cerebelares se renovam, agora, desativando os grupos de músculos agonistas e, simultaneamente, ativando os músculos antagonistas, estabelecendo-se, assim, uma inversão automática do estado de “excitação e de inibição,” entre os músculos agonistas e antagonistas, que estarão, continuamente, na dependência da (o):

- velocidade do movimento
- Conhecimento (aprendizado motor, realizado pelo cerebelo, sobre os padrões de movimentos)
- Seu ponto de inércia
- Momento de inversão entre o estado dos músculos agonistas e antagonistas e que estará relacionado ao ponto de inércia: (quanto mais rápido o movimento e maior a inércia, mais rapidamente atingimos o ponto de inversão, no curso dos movimentos).

O Cerebelo e o Controle dos Movimentos. A Participação do Paleocerebelo (ou Espino-cerebelo)

PALEOCEREBELO (OU ESPINO-CEREBELO).

ESTÍMULOS PROPRIOCEPTIVOS INCONSCIENTES QUE CHEGAM À COLUNA DE CLARKE (ENTRE C8 -L2), SÃO CONDUZIDOS, ATRAVÉS DOS TRATOS ESPINOCEREBELAR DIRETO (DORSAL), ATRAVÉS DO PEDÚNCULO CEREBELAR INFERIOR E ESPINOCEREBELAR CRUZADO (VENTRAL) ATRAVÉS DO PEDÚNCULO CEREBELAR SUPERIOR) às CÉLULAS DE PURKINJE NO CÓRTEX DO PALEOCEREBELO (LOBO ANTERIOR).

AXÔNIOS DAS CÉLULAS DE PURKINJE DIRIGEM-SE AOS NÚCLEOS EMBOLIFORME E GLOBOSO (INTERPÓSITO) DO PALEOCEREBELO

DESTES NÚCLEOS, NOVOS NEURÔNIOS, ENCAMINHAM-SE AO PALEORRUBRO MESENCEFÁLICO HETEROLATERAL, ENQUANTO OUTROS NEURÔNIOS SE DIRIGEM AO NÚCLEO VENTRAL LATERAL DO TÁLAMO (FIBRAS INTERPÓSITO - TALÂMICAS), DE ONDE, NOVAS NEURÔNIOS, SE DIRIGEM CÓRTEX CEREBRAL MOTOR

DESTE PALEORRÚBRO, PARTEM NOVOS NEURÔNIOS, EM DIREÇÃO À MEDULA ESPINHAL (CRUZADO), CONSTITUINDO O FASCÍCULO RUBRO-ESPINHAL CRUZADO.

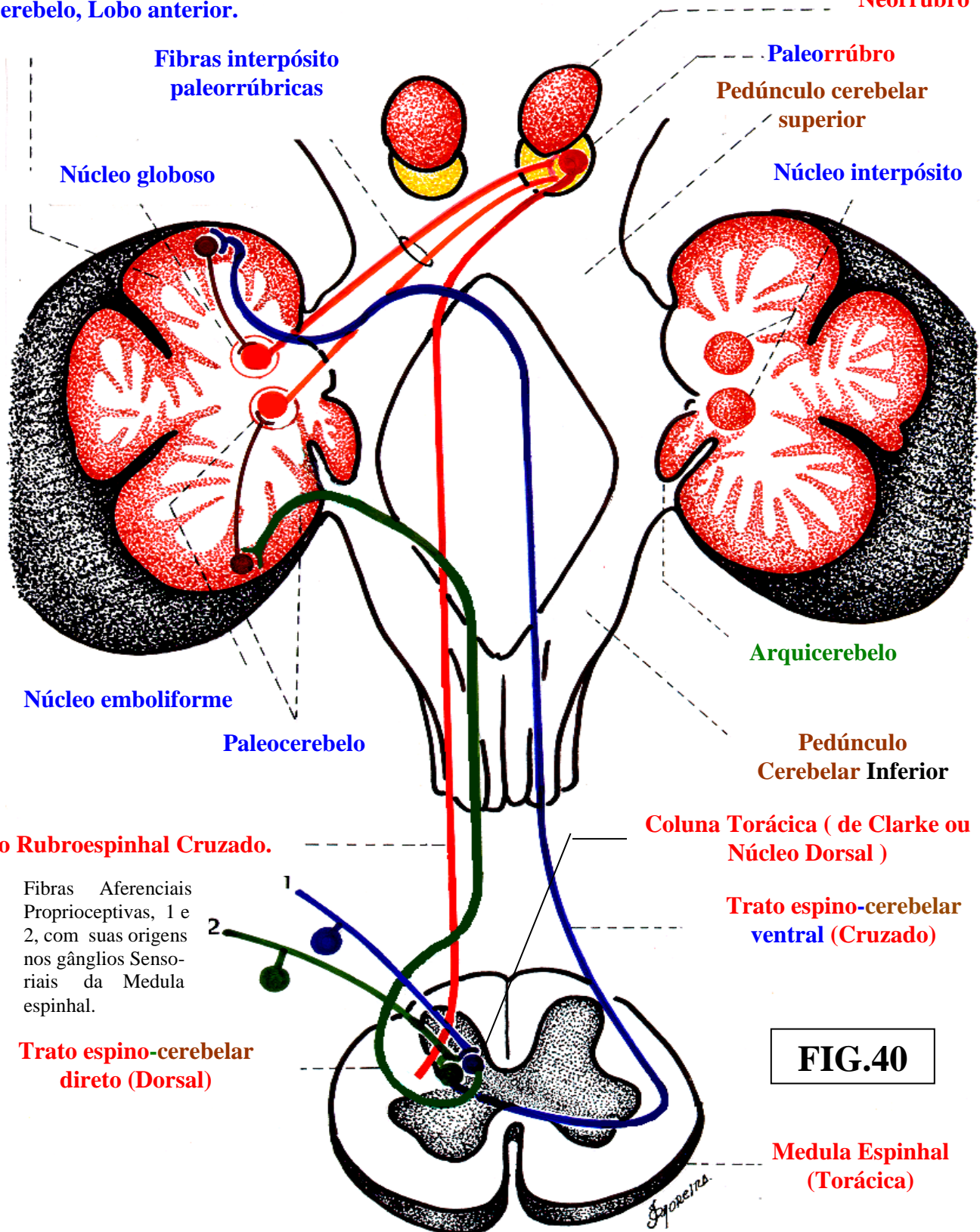
ACÃO DO PALEORRÚBRO, SOBRE OS NEURÔNIOS DA PONTA ANTERIOR DA MEDULA ESPINHAL, COORDENANDO O TÔNUS MUSCULAR (ALCA GAMA).

FIG.: 39

Vias: Espino-cerebelar direta, Espino-cerebelar Cruzada, Trato Rubro-espinal Cruzado e Interpósito Paleorrúbico.

Paleocerebelo, Lobo anterior.

Neorrúbro



O Cerebelo e o Controle dos Movimentos. A Participação do Neocerebelo (ou Espino-cerebelo).

NEOCEREBELO (OU CÉREBRO-CEREBELO)

IMPULSOS ORIUNDOS DO CÓRTEX DOS LOBOS FRONTAL E TEMPORAL, SÃO CONDUZIDOS AOS...

NÚCLEOS PONTINOS HOMOLATERAIS, DOS QUAIS, OS AXÔNIOS DE NOVOS NEURÔNIOS, ATRAVÉS DO PEDÚNCULO CEREBELAR MÉDIO, DIRIGIR-SE-ÃO ÀS CÉLULAS GRANULARES DO CÓRTEX NEOCEREBELAR CONTRALATERAL, CUJOS AXÔNIOS (FIBRAS PARALELAS), PASSARÃO OS ESTÍMULOS EXCITATÓRIOS, PARA AS CÉLULAS DE PURKINJE.

DO CÓRTEX NEOCEREBELAR CONTRALATERAL OS AXÔNIOS DAS CÉLULAS DE PURKINJE, ENCAMINHAM OS ESTÍMULOS AO NÚCLEO DENTEADO DO CEREBELO HOMOLATERAL...

DO NÚCLEO DENTEADO, OS AXÔNIOS DE NOVOS NEURÔNIOS PARTEM COM DESTINO AOS NÚCLEOS...

NÚCLEO VERMELHO (NEORRÚBRO CONTRALATERAL)

TÁLAMO (NÚCLEO VENTRAL LATERAL CONTRALATERAL)

UMA PARTE DOS AXÔNIOS DESTE NÚCLEO SE DIRIGE AO TÁLAMO

OUTRA PARTE DOS AXÔNIOS DESTES NÚCLEOS DIRIGE-SE AOS NÚCLEOS DA FORMAÇÃO RETICULAR CONTRALATERAL

CÓRTEX CEREBRAL

MEDULA ESPINHAL (FASCÍCULO RETICULOESPINHAL CRUZADO)

CÓRTEX CEREBRAL

FIG.: 41

O Cerebelo e o Controle dos Movimentos. A Participação do Neocerebelo:
Circuitos: “Córtico-Ponto-Cerebelo-Tálamo-Cortical” e “Córtico-Ponto-Cerebelo-
Neo-rúbro-Retículo-Espinal”

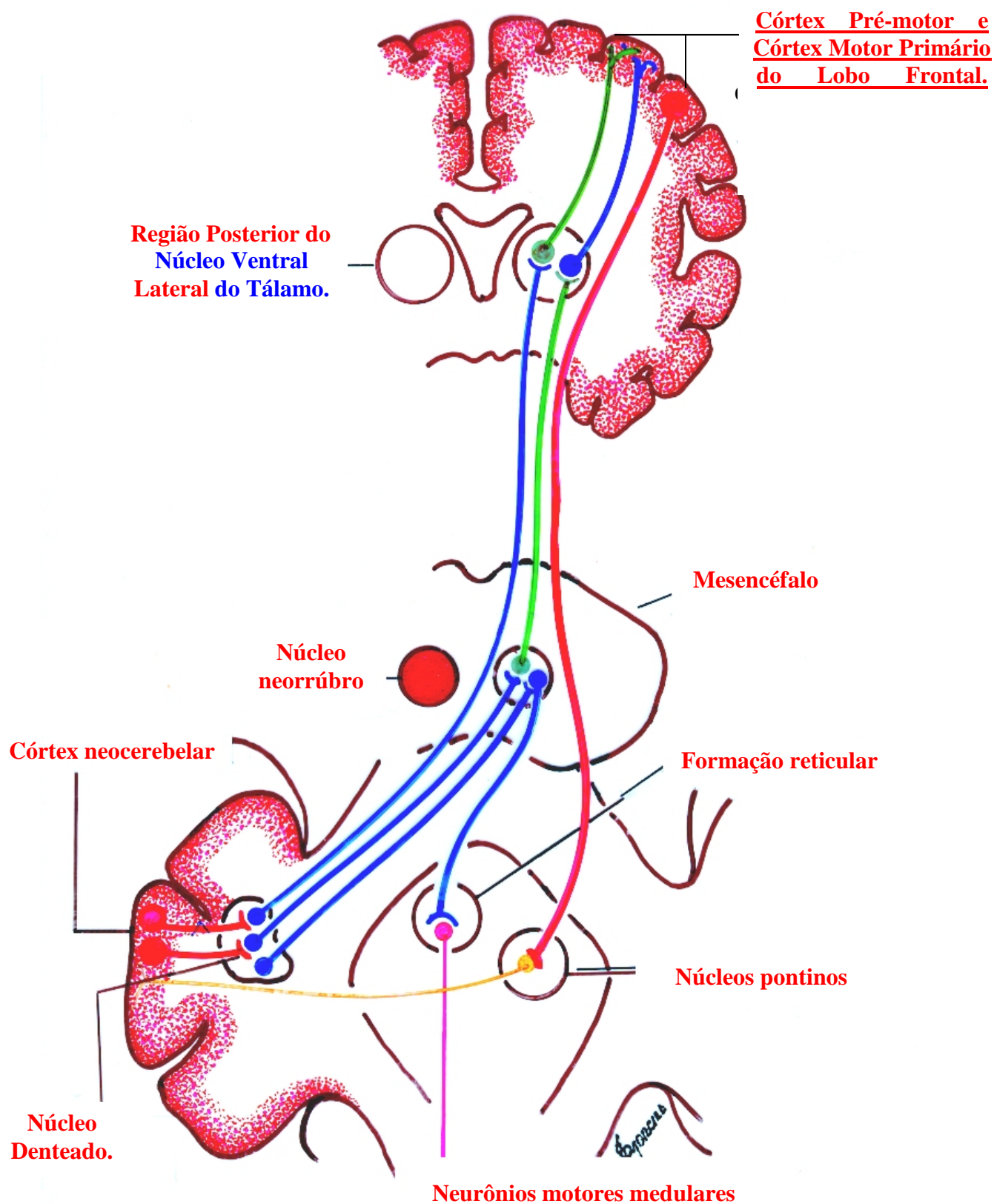


FIG.42

Sistema Cordão Dorsal-Lemnisco Medial (e a Propriocepção Consciente)

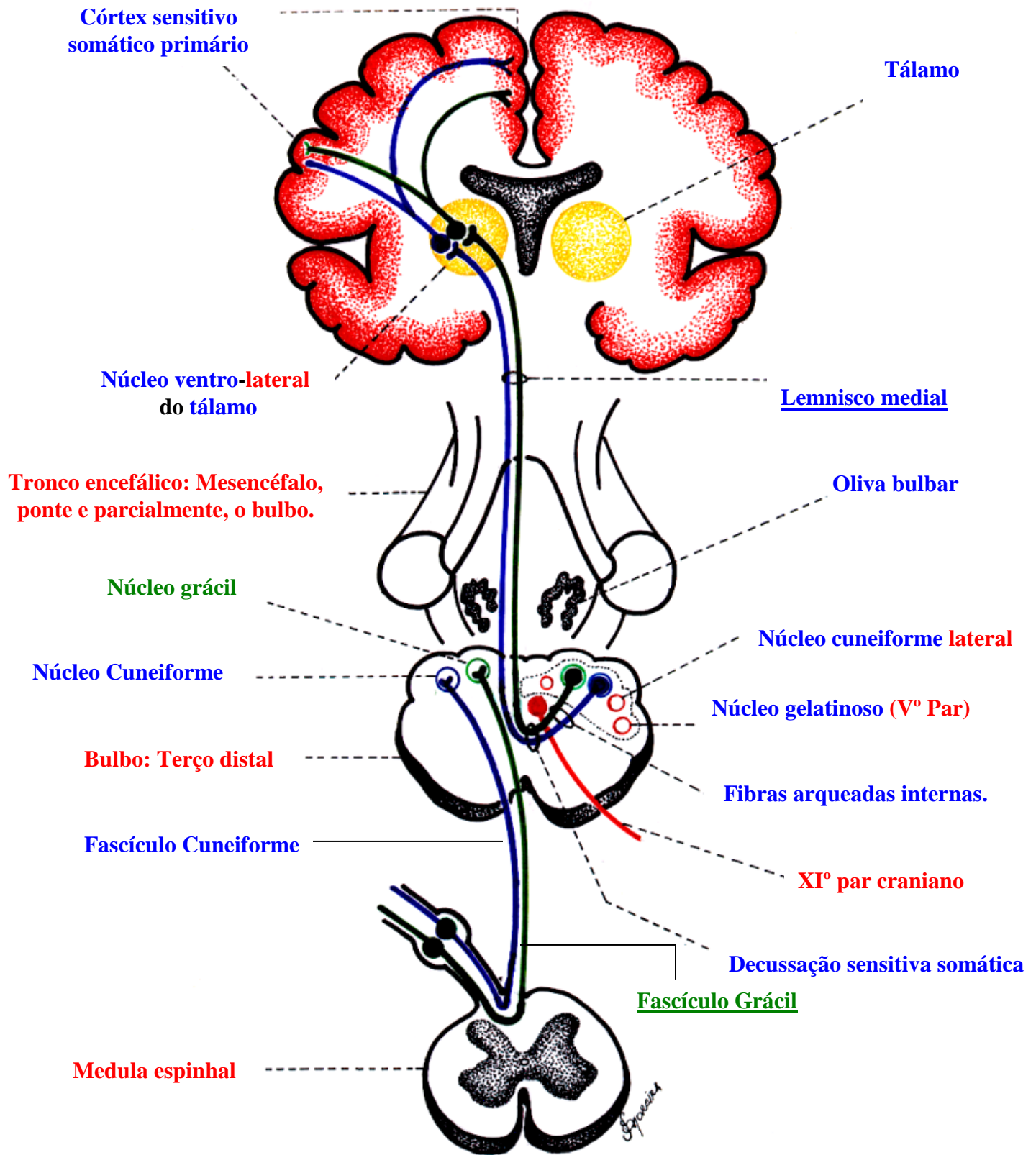


FIG.:43

VIAS CÉREBRO-CEREBELARES

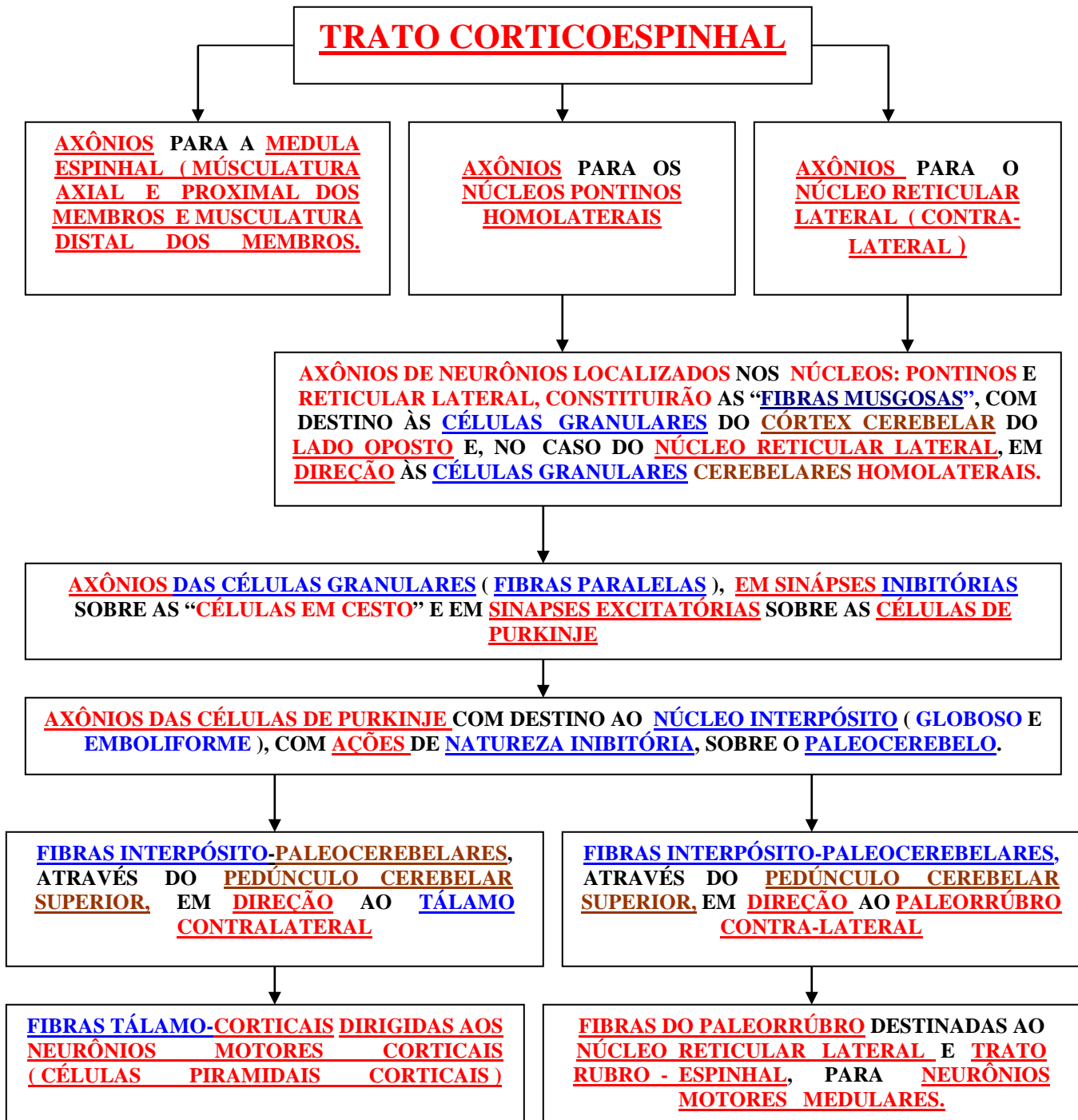


FIG.: 44

10º) - PEDÚNCULOS CEREBELARES

(FIGS.: 20, 21, 22, 24, 32, 33, 40, 45, 46 e 48, 49 e 50)

Os “Pedúnculos cerebelares” são três pares de “troncos de fibras”, responsáveis pela integração morfo-funcional, entre o cerebelo e o tronco encefálico e as demais estruturas anatômicas do sistema nervoso central. (figs.: 23, 24, 32, 33, 40, 46, 49, 50)

A localização anatômica do “cerebelo,” é ideal para a regulação e modulação dos “sinais motores” descendentes e das informações aferenciais sensoriais ascendentes, oriundas da medula espinhal, principalmente, as informações proprioceptivas e do sistema vestibular (figs.: 26, 27, 28, 29, 30 e 31).

Estímulos maciços do córtex cerebral que, para o cerebelo, se dirigem (via córtico-ponto-cerebelar), são da maior importância na execução e planejamento dos movimentos. É o cerebelo, quem delibera, a forma, através da qual, será executada esta ou aquela ação (plano de movimento). Justamente, devido às suas conexões, com o córtex cerebral (Sistema córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical), sendo importantes, nestas ações, as suas conexões “cérebro-cerebelares” citadas, bem como a “via córtico-ponto-cerebelo-rúbrio-retículo-espinhal”, coordenação e execução do ou dos movimentos (figs.: 42 e 45).

Além disso, o cerebelo, durante a coordenação e execução do (ou dos movimentos), auxilia, mantendo a posição e o equilíbrio do corpo, através do sistema vestibulo-cerebelar, possibilitando, desta forma, o ajuste corporal, necessário.

Além destas funções, o cerebelo permite o “aprendizado de realizações motoras”, associando estas tarefas motoras aos “padrões motores anteriores e já aprendidos”, quando for necessário (figs.: 27, 28, 29, 30, 31 e 37).

Assim, considerando as diversas ações do cerebelo, suas eventuais “disfunções” podem estar (e, geralmente, estão) associadas às seguintes condições: “Falta de equilíbrio e instabilidade postural”, relacionadas ao “vestíbulo-cerebelo” (ou arquicerebelo) (figs.: 27, 28, 29, 30, 31, 35 e 37).

A ausência de controle motor, na vigência de execução de atividades motoras, relacionam-se, geralmente, ao “paleocerebelo” (ou espinocerebelo) (fig.: 39) e, finalmente, temos os “assincronismos” e planejamentos inadequados dos movimentos, relacionados ao “cérebro-cerebelo” (ou neocerebelo) (fig.: 41).

Todas estas condições disfuncionais, podem surgir associadas ou isoladamente, estando as mesmas ligadas às disfunções das regiões específicas afetadas do cerebelo, ou seja: arquicerebelo (fig.: 35), paleocerebelo (fig.: 39) ou neocerebelo (fig.: 41).

Nestes troncos ou pedúnculos, encontram-se todas as fibras, que se dirigem ao cerebelo (fibras aferentes) e todas aquelas que dele emergem (fibras eferentes), constituindo, como já foi comentado, três pedúnculos cerebelares, de cada lado:

- Pedúnculo Cerebelar superior (*brachium conjunctivum*)
- Pedúnculo Cerebelar médio (*brachium pontis*)
- Pedúnculo Cerebelar inferior (corpo restiforme e corpo justa restiforme).

10.1º) - PEDÚNCULO CEREBELAR SUPERIOR (*BRACHIUM CONJUNCTIVUM*)

O “Pedúnculo cerebelar superior, é formado pela maioria das fibras eferentes do cerebelo (que emergem do cerebelo), assim como, de fibras oriundas de três dos quatro núcleos cerebelares (denteado, globoso e emboliforme).

Além destas fibras, contém uma única exceção, em relação às fibras aferentes, que se relaciona ao “Trato Espinocerebelar Ventral (cruzado), responsável pela condução dos impulsos proprioceptivos inconscientes dos membros inferiores e tronco inferior, porém, como já tratado, ao comentarmos sobre este trato espinocerebelar cruzado, sua maior importância, relaciona-se à condução de sinais motores, levados aos neurônios motores inferiores, localizados nas pontas anteriores da medula espinhal, pelos “Tratos: Corticoespinhal e rubroespinhal” e que, a partir destas regiões medulares, são conduzidos ao cerebelo, pelo trato espinocerebelar cruzado, cujas fibras, no nível do pedúnculo cerebelar superior, novamente, cruzam, para o lado oposto, localizando-se assim, novamente, no mesmo lado de origem dos estímulos proprioceptivos inconscientes da medula espinhal.(figs.: 24, 32, 33, 40, 42, 46, 48, 49 e 50).

Este pedúnculo cerebelar superior, devido à sua posição anatômica, toma parte na constituição da parede dorso-lateral do IVº ventrículo, de ambos os lados, , juntamente com as fibras do trato espinocerebelar anterior (cruzado) e pouco posterior à origem dos núcleos do nervo trigêmeo (de cada lado) na ponte.

Posteriormente, este pedúnculo ascende, com suas fibras, em direção ao mesencéfalo, ocasião na qual, muda de orientação e apresenta suas fibras em início de cruzamento com as fibras do lado oposto, constituindo este, o momento de início da decussação destes pedúnculos cerebelares (um de cada lado), os quais, nesta posição se encontram circundados pelas fibras do lemnisco medial, do lemnisco espinhal e do lemnisco lateral.

As fibras do pedúnculo cerebelar superior, são as mais importantes do sistema de fibras eferentes do cerebelo.

Grande Célula Piramidal Cortical.

Córtex do lobo frontal

Pequena célula piramidal

FIG:45

**Tálamo:
Núcleo Ventral
Lateral.**

**Trato corticoespinal
(piramidal)**

Núcleo rúbro

Mesencéfalo

Célula de Purkinje.

**Célula
granular**

**Núcleo
Denteado**

**Núcleos
Pontinos**

F.M.

F.M.

F.T.

Cerebello

Núcleo emboliforme

Núcleo olivar inferior

**Núcleo
Denteado**

Núcleo Reticular lateral.

Cérebro-cerebello

**Trato Rubroespinal, para neurônios
motores medulares.**

Córtex cerebral e, conexões eferentes para: Núcleo vermelho, núcleos pontinos, núcleo olivar bulbar inferior, núcleo Reticular Lateral da Formação Reticular e Medula espinal (neurônios motores)

10.2º) - PEDÚNCULO CEREBELAR MÉDIO (*BRACHIUM PONTIS*)

O “Pedúnculo cerebelar médio (*Brachium Pontis*) é formado pelas fibras dirigidas ao cerebelo e oriundas dos núcleos pontinos do lado oposto da ponte (fibras ponto-cerebelares), as quais, fazem parte do grande circuito cortical, conhecido por: “Circuito cortico-ponto-cerebelo-dento-neorrúb-ro-tálamo-cortical” (fig.: 42, 46 e 48, 49 e 50), responsável pela condução de impulsos corticais ao “Cérebro-cerebelo” ou neocerebelo.

10.3º) - PEDÚNCULO CEREBELAR INFERIOR (CORPO RESTIFORME E JUSTA RESTIFORME)

O “Pedúnculo cerebelar inferior” (fig.: 24, 32, 33, 40, 46, 49 e 50), apresenta-se constituído por duas estruturas anatômicas:

- Corpo restiforme
- Corpo justarrestiforme

O “Corpo restiforme,” contém as fibras aferenciais sensoriais periféricas proprioceptivas inconscientes espinhais ascendentes, com destino ao “Cerebelo” (fig. 32)

Estas fibras, são encontradas nos “Tratos: espino-cerebelar direto (dorsal) e cuneocerebelar” (figs.: 20, 32 e 40).

Além das fibras dos dois tratos mencionados, o pedúnculo cerebelar inferior contém, também, as “Fibras olivo-cerebelares cruzadas” que, em direção ao cerebelo, constituirão em sua estrutura intrínseca, as chamadas “Fibras Trepadeiras, em sinapses com as células de Purkinje (fig.: 22).

O “Corpo justarrestiforme”, é formado, por fibras aferentes e fibras eferentes, dentre as quais se destacam:

- Fibras vestibulo-cerebelares
- Fibras cerebelo-vestibulares
- Fibras reticulo-cerebelares
- Fibras cerebelo-reticulares.

Tronco Encefálico (Vista Dorsal), Parte do Diencéfalo e da Medula Espinal Cervical

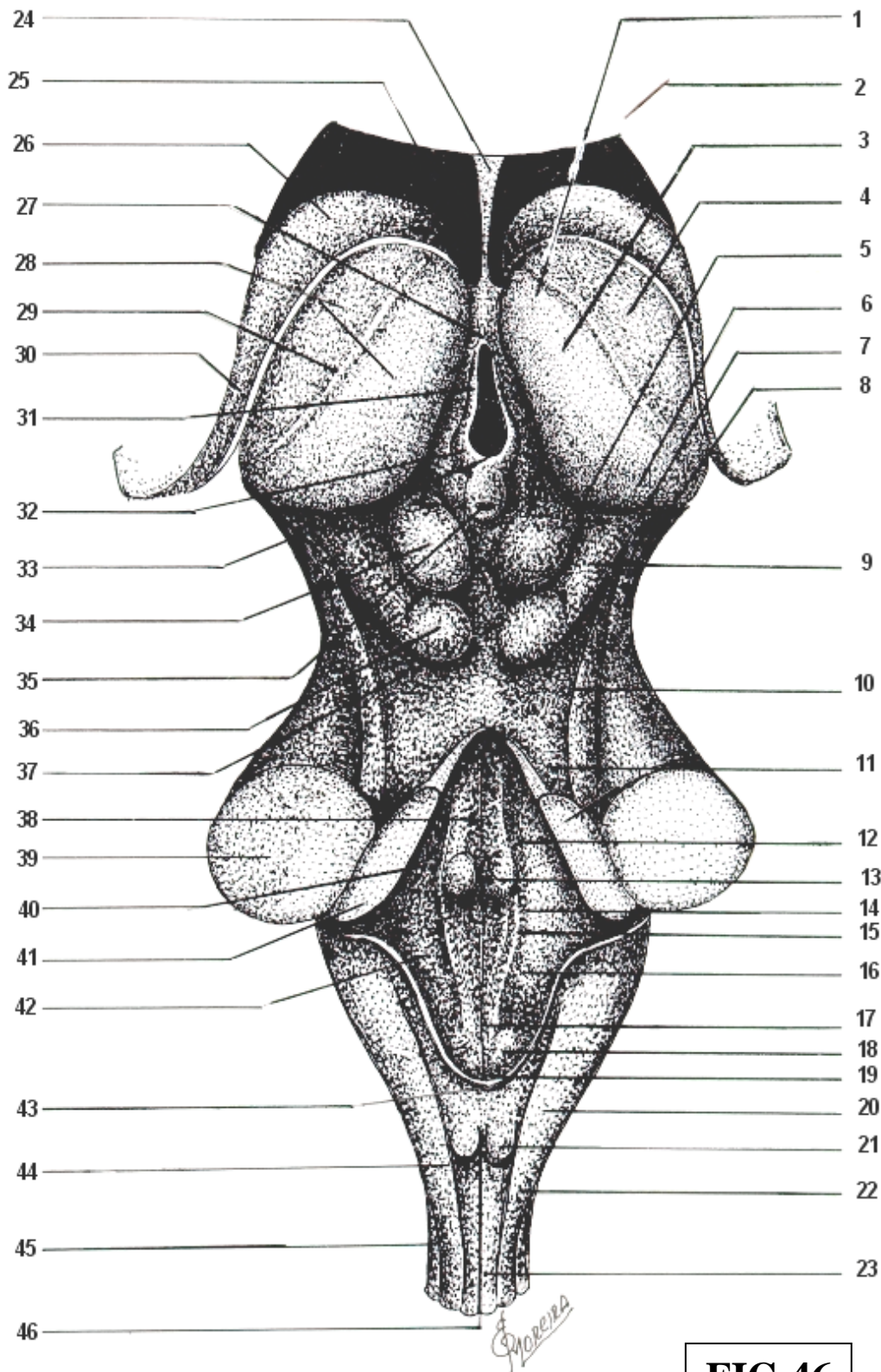


FIG.46

**DESENHO ESQUEMÁTICO DA FACE DORSAL DO TRONCO
ENCEFÁLICO E PARTES DO DIENCÉFALO. RELAÇÕES
COLÍCULO SUPERIOR E CORPO PINEAL**

(LEGENDA DA FIGURA: 46)

- 1 – TUBÉRCULO ANTERIOR DO TÁLAMO
- 2 – CORPO CALOSO
- 3 – ÁREA MEDIAL DA SUPERFÍCIE DO TÁLAMO
- 4 – ÁREA LATERAL DA SUPERFÍCIE DO TÁLAMO
- 5 – BRAÇO DO COLÍCULO SUPERIOR
- 6 – PULVINAR DO TÁLAMO
- 7 – CORPO GENICULADO MEDIAL
- 8 – CORPO GENICULADO LATERAL
- 9 – BRAÇO DO COLÍCULO INFERIOR
- 10 – SULCO LATERAL DO MESENCÉFALO
- 11 – PEDÚNCULO CEREBELAR SUPERIOR
- 12 – LOCUS COERULEUS
- 13 – COLÍCULO DO NERVO FACIAL
- 14 – SULCO LIMITANTE
- 15 – ÁREA VESTIBULAR
- 16 – ABERTURA LATERAL DO IVº VENTRÍCULO
- 17 – TRÍGONO DO NERVO HIPOGLOSSO
- 18 – TRÍGONO DO NERVO VAGO
- 19 – ÁREA PÓSTREMA
- 20 – TUBÉRCULO DO NÚCLEO CUNEIFORME
- 21 – TUBÉRCULO DO NÚCLEO GRÁCIL
- 22 – FASCÍCULO CUNEIFORME
- 23 – FASCÍCULO GRÁCIL
- 24 – SÉPTO PELÚCIDO
- 25 – VENTRÍCULO LATERAL
- 26 – CORPO DO NÚCLEO CAUDADO
- 27 – FÓRNIX
- 28 – TÁLAMO LATERAL E MEDIAL
- 29 – ESTRIA TERMINAL E VEIA TÁLAMO-ESTRIADA
- 30 – CAUDA DO NÚCLEO CAUDADO
- 31 – ESTRIA MEDULAR DO TÁLAMO
- 32 – TRÍGONO DAS HABÊNULAS
- 33 – COMISSURA DAS HABÊNULAS
- 34 – COLÍCULO SUPERIOR
- 35 – CORPO PINEAL
- 36 – COLÍCULO INFERIOR
- 37 – NERVO TROCLEAR
- 38 – SULCO MEDIANO POSTERIOR
- 39 – PEDÚNCULO CEREBELAR MÉDIO
- 40 – FÓVEA SUPERIOR
- 41 – PEDÚNCULO CEREBELAR INFERIOR
- 42 – FÓVEA INFERIOR
- 43 – ÓBEX
- 44 – SULCO INTERMÉDIO POSTERIOR
- 45 – SULCO LATERAL POSTERIOR
- 46 – SULCO MEDIOPOSTERIOR.

11º) - CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS E MORFO-FUNCIONAIS SOBRE O CEREBELO

11.1º) – CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS.

A análise do que foi explicitado em “Cerebelo,” deixa clara a posição insubstituível dos núcleos rubro (vermelho), dos núcleos da formação reticular, dos núcleos vestibulares, dos núcleos pontinos, do complexo olivar bulbar inferior e de núcleos talâmicos, como “Núcleos Relés,” necessários à sua ação sobre os neurônios motores periféricos, com o objetivo de coordenar e regular o tônus muscular, a postura e o equilíbrio dos movimentos nos diversos eventos motores (figs.: 22, 24, 31, 32, 27, 40, 42, 45).

Além disso, a especial relação anatômica das fibras trepadoras (olivo-cerebelares) terminando em sinapses com a árvore dendrítica das células de Purkinje em todo o córtex cerebelar, bem como das fibras musgosas que, para o cerebelo se dirigem conduzindo miríades de impulsos das mais diversas regiões anatômicas, conferem ao cerebelo, significativa função, em qualquer das fases de um evento motor. (início, meio e fim).

Observa-se que, no processo de condução de impulsos, através dos diversos tratos, fascículos e neurônios de associação, cada hemisfério cerebelar, coordena e regula os neurônios motores periféricos do mesmo lado (homolaterais), o que nos leva à sintomatologia subjetiva e objetiva homolateral, em contraste com as lesões do hemisfério cerebral, no qual as lesões do hemisfério de um lado, levam ao aparecimento de sintomatologia contralateral (heterolateral).

Os estudos do desenvolvimento filogenético do cerebelo, permitem, em casos de lesões cerebelares, constatar o aparecimento de sintomatologia própria a cada área filogenética atingida, ou seja: (fig.: 1):

- Áreas do arquicerebelo.....(figs.: 35 e 37)
- Áreas do paleocerebelo.....(figs.: 39 e 40)
- Áreas do neocerebelo (figs.: 41, 42, 44 e 45)

Assim, nas “síndromes do arquicerebelo”, mais freqüentes, em crianças, em geral, até dez anos de idade e quase sempre provocadas por processos tumorais, em crescimento, no teto do IVº ventrículo, o nódulo e o pedúnculo do flóculo (partes do arquicerebelo), são comprimidos, surgindo em conseqüência, perturbações do equilíbrio da criança (dificuldade para a criança manter-se em pé), porém, sem qualquer comprometimento do tônus muscular (figs.: 1, 31, 35 e 37).

As “síndromes do paleocerebelo“, parte filogenética do cerebelo, responsável pela coordenação do tônus muscular de grupos musculares e pela fase de desenvolvimento do evento motor, relacionam-se, em geral, às lesões localizadas no lobo anterior do cerebelo, com o aumento do tônus muscular dos grupos musculares extensores (figs.: 1, 39 e 40).

Nas “síndromes do neocerebelo (Cérebro-cerebelo)”, os sintomas mais evidentes, em geral, relacionam-se ao aparecimento de: falta de coordenação motora dos movimentos (figs.: 1, 42 e 45).

Sob o ponto de vista clínico, as lesões cerebelares se dividem em: 1º) lesões do “verme”(vermis) e 2º) lesões dos hemisférios cerebelares (fig.: 1):

Em se tratando de: 1º) - “lesões do “Verme””, observa-se o aparecimento de irregularidades no equilíbrio e postura do indivíduo, obrigando o paciente a abrir (aumentar) a distância entre as pernas, com o objetivo de aumentar a base de sustentação do equilíbrio e melhorar a marcha. Nestes casos torna-se necessário, para o diagnóstico, bom conhecimento do desenvolvimento filogenético do cerebelo, bem como, das áreas funcionais do mesmo.

2º) - Nas “lesões dos hemisférios cerebelares”, em geral, observamos serem homolaterais e a sintomatologia é: neocerebelar e páleocerebelar, com significativa incoordenação dos movimentos.

Em síntese, o significado morfo-funcional do cerebelo, é da mais absoluta importância, pois, o cerebelo, na estrutura total do sistema nervoso central, controla e coordena, todos os mínimos movimentos do corpo, durante todo o tempo de sua evolução (início, desenvolvimento e término) e todos sabemos, que o movimento é essencial, sob os pontos de vista : funcional, emocional e psíquico para o ser humano.

Desta forma, após o “pré-estabelecimento do planejamento de qualquer movimento”, o “córtex cerebral”, valendo-se dos “núcleos da base”, delega a ação, ao cerebelo. Este, por sua vez, decide, valendo-se de: seus “sistemas e circuitos cérebro-cerebelares”, de seus padrões de eventos motores já gerados e utilizados no aprendizado, do extraordinário conjunto de informações aferenciais oriundas do sistema nervoso central e da periferia, conduzidas através de suas fibras trepadoras e musgosas, como executar, coordenar e regular os movimentos, distribuindo as funções, segundo sua evolução filogenética, divisão funcional e regiões topográficas, responsabilizando-se o “arquicerebelo” (vestibulo-cerebelo), pela manutenção da posição e equilíbrio, durante a execução do referido movimento, ao “paleocerebelo” a responsabilidade de coordenar todo o desenvolvimento do evento motor planejado no nível cortical e, ao “neocerebelo”, auxiliado pelo córtex cerebral, as funções de iniciar e concluir o evento motor. (figs.: 37, 40, 42, 44 e 45).

Portanto, diante das considerações extremamente reduzidas epigrafadas, julgamos poder concluir que, os principais Sinais de disfunção cerebelar, relacionam-se à:

- Dificuldade na manutenção do equilíbrio e da postura (vestibulo-cerebelo) ou arquicerebelo (figs.: 1, 31, 35 e 37).
- Dificuldade para a manutenção da coordenação e evolução perfeita de um movimento (espinocerebelo ou paleocerebelo) (figs.: 1, 39 e 40).
- Impossibilidade para planejar as ações motoras, necessárias ao desencadeamento do referido evento motor e seu término (cérebro-cerebelo ou neocerebelo) (figs.: 1, 41, 42, 44 e 45).

Diante das considerações apresentadas, sobre o cerebelo, suas principais funções, podem ser resumidas em:

- Coordenador, modulador e regulador da função motora.
- Coordenador da postura estável e do equilíbrio.
- Coordenador do aprendizado motor e modulador de padrões motores complexos.
- Importância significativa, no planejamento do movimento, a nível subcortical.

Entretanto, apesar das considerações apresentadas sobre as principais funções do cerebelo, provavelmente, em futuro, não muito distante, tais conclusões, sobre suas funções, venham a sofrer, não necessariamente, modificações significativas, do que já está pesquisado e divulgado, porém, às mesmas, serão adicionadas novas funções de significativa importância clínica.

11.2º) – CONSIDERAÇÕES MORFO-FUNCIONAIS

O cerebelo apresenta em sua citoarquitetura, um córtex estruturado, em três (03) camadas e, na profundidade, um centro branco, conhecido por “Corpo medular” (fig.:14).

O córtex cerebelar é estruturado em três camadas, as quais, são denominadas, da superfície para a profundidade: 1º) – Camada molecular superficial, 2ª) – Camada celular (intermédia) e 3ª) – Camada granular (a mais profunda) (fig.: 14).

Nessa organização citoarquitetural do cerebelo, reunindo seu “córtex” e seu “corpo medular,” encontramos seis (06) tipos de células neuronais, ou seja: Células estreladas, Células em cesto, Células de Golgi, Células de Purkinje, Células granulares e Células neuronais, dos núcleos centrais do cerebelo. Além dessas células, encontramos, também, dois tipos de “fibras aferenciais ao cerebelo (Fibras trepadoras, que são “fibras olivo-cerebelares cruzadas”, fibras musgosas, com as mais variadas origens e dirigidas ao cerebelo e, finalmente, as “Fibras eferentes do cerebelo (fig.: 14).

Na “camada molecular superficial do cerebelo”, encontramos incontável número de fibras, dispostas paralelamente à superfície do órgão, conhecidas por “Fibras paralelas”. São fibras extremamente finas e destituídas de mielina, densamente dispostas. Tais fibras representam as terminações dicotomizadas dos axônios das células granulares da camada mais profunda do córtex cerebelar (Camada Granular) e são de natureza excitatória (fig.: 14).

Em meio a estas fibras paralelas, encontramos, nesta camada molecular superficial, dois tipos de neurônios cerebelares, conhecidos por: “Células Estreladas” e “Células em Cesto”, bem como as exuberantes árvores dendríticas das células de Purkinje da “Camada Celular do órgão” (fig.: 14).

Na “Camada celular”, como já mencionado, reúnem-se, em fileiras, os corpos celulares das grandes células de Purkinje (as maiores do sistema nervoso central). Estas células, em seu “cone de implantação,” apresentam a parte inicial de seus

respectivos axônios, que se dirigem, em trajeto descendente, até as células neuronais dos núcleos centrais do cerebelo, localizados no corpo medular do órgão (fig.: 14). Cada uma dessas células de Purkinje, ao estabelecer sinapses, com uma célula neuronal, de núcleos centrais do cerebelo, está constituindo “uma unidade morfo-funcional do cerebelo”. No cerebelo, encontramos, em torno de trinta milhões dessas unidades morfo-funcionais”. Esta “camada de células de Purkinje,” encontra-se situada, entre as camadas: molecular e granular (fig.: 14).

Na “Camada granular,” encontramos, em média, uma densidade de seis milhões de “células granulares”, para cada milímetro cúbico, as quais, representam os únicos neurônios excitatórios do cerebelo, além de serem os menores neurônios do Sistema nervoso central e de serem os mais numerosos. Todos os demais neurônios cerebelares (células estelares, células em cesto, células de Golgi e células de Purkinje, são de natureza inibitória).

A “célula de Purkinje” é, como comentado acima, um neurônio de projeção, de natureza inibitória. Assim, quando essa célula de Purkinje, inibitória, efetua uma descarga de potencial de ação, determinará, entre os neurônios, localizados nos núcleos centrais do cerebelo, um processo de “hiperpolarização”. Como existe significativo número de células de Purkinje, cujos axônios, se dirigem, diretamente aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, portanto, sem passagem nos núcleos centrais do cerebelo (principalmente, em relação ao arquicerebelo ou vestibulo-cerebelo), a “mesma hiperpolarização”, poderá ocorrer nos referidos núcleos vestibulares (figs.: 27, 28, 29, 30 e 31).

Portanto, esses neurônios dos núcleos cerebelares centrais, à medida que recebem as sinapses das células de Purkinje, são inibidos (fig.: 14).

Neste caso, pergunta-se: “De que forma, esses neurônios nucleares centrais do cerebelo, que estão sendo inibidos, conseguem descarregar seus potenciais de ação ?

Para responder a essa questão, torna-se necessário, recordarmos que, esses neurônios nucleares centrais do cerebelo, também, recebem sinais excitatórios da maioria das fibras musgosas, que chegam ao cerebelo (oriundas: da medula, da formação reticular, bem como, grande quantidade de fibras, oriundas dos núcleos pontinos). Portanto, esse somatório, de sinais excitatórios, que se dirigem aos núcleos cerebelares centrais, aumentam sua excitabilidade, com manutenção da capacidade dos mesmos, para descarregar seus potenciais de ação.

As células de Purkinje e as células neuronais nucleares centrais do cerebelo normalmente, descarregam, seus potenciais de ação, porém a frequência das descargas das células nucleares centrais, é maior do que as descargas das células de Purkinje. Essas últimas, descarregam, com uma frequência de 50 a 100 potenciais de ação por segundo.

Assim, pode-se ter uma variação das descargas de ambas, para cima ou para baixo. Caso haja grande redução das descargas das células nucleares dos núcleos centrais do cerebelo e cuja frequência fique abaixo do “nível normal de descargas”, constataremos o surgimento de “sinais eferentes inibitórios” destas células nucleares centrais, em direção ao sistema motor em ação.

Pelo contrário, na vigência das descargas, acima do nível normal dessas descargas, resultará, em resposta, o surgimento de sinais eferentes excitatórios, em direção ao mesmo sistema motor, acima mencionado.

Portanto, o cerebelo pode controlar essas emissões de sinais excitatórios ou inibitórios, de volta ao sistema motor, de acordo com as eventuais necessidades.

Observando-se, o desenho esquemático, da citoarquitetura do cerebelo (fig.: 14), na região dos neurônios dos núcleos centrais do cerebelo, constatamos que, as fibras trepadoras e as fibras musgosas, excitam esses neurônios centrais nucleares, enquanto a célula de Purkinje os inibe. Entretanto, em geral, como foi explicitado acima, há mais estímulos excitatórios, do que estímulos inibitórios e, assim, o equilíbrio, entre esses dois tipos de estímulos, tende para uma maior significância, em relação à “excitação”, o que significa que, as eferências das células dos núcleos centrais do cerebelo, estão, praticamente, em permanente condição, de estimulações excitatórias, sobre os sistemas motores.

Além do mais, na vigência de realização de eventuais movimentos rápidos, constatamos que, o rítmo dos dois efeitos (inibitórios e excitatórios), sobre as células neuronais dos núcleos centrais do cerebelo, é tão rápido que, a “eferência excitatória”, aparece antes da eferência inibitória. Assim, esta inibição, apenas ocorrerá, alguns milésimos, após a “estimulação excitatória”.

Portanto, temos, primeiramente, o signal excitatório rápido, encaminhado à via motora, com o objetivo de modificar o movimento motor, porém, este sinal excitatório, milésimos após, é seguido, por sinais eferentes inibitórios, transmitidos, de volta à mesma via motora.

Este signal inibitório, influenciará o movimento, como se fosse um “fator de amortecimento do movimento”, com o objetivo de impedir que, o referido movimento, exceda, seus reais limites, evitando suas oscilações.

Além dessas células de Purkinje e das células granulares, como já mencionado, na inicial desta, são encontrados, no córtex cerebelar, outros três tipos de neurônios. O primeiro é a “Célula em cesto”, o segundo as células estelares e o terceiro, as células de Golgi (fig.: 14). Todos eles são interneurônios inibitórios, com axônios extremamente curtos.

As “Células em cesto” e as “Células esteladas”, como já frisado, localizam-se na camada molecular superficial do córtex cerebelar, entre as fibras paralelas e das quais, recebem estímulos excitatórios. Entretanto, essas células encaminham seus respectivos axônios em direção às células de Purkinje. Todavia, os locais de contatos dos terminais sinápticos desses axônios, com as células de Purkinje, são diferentes. Essa diferença de localização dos terminais sinápticos das referidas células neuronais, é da maior importância, sob o ponto de vista funcional, quanto ao poder de inibição de cada tipo celular citado.

As “células em cesto” formam árvores terminais sinápticas em forma de “cestos”, que estabelecem suas sinapses, envolvendo o corpo celular das células de Purkinje, como se fossem um “cesto” (fig.: 14), principalmente, na área do cone de implantação do axônio da célula de Purkinje. Devido a essa forma de sinapses, exercem com maior intensidade sua inibição, sobre as referidas células.

Portanto, as células em cesto, com seu bloqueio inibitório tão denso, interrompem os disparos das células de Purkinje, que são, como já comentado, de natureza inibitória.

‘As células esteladas”, de natureza, também, inibitória, dirigem-se à árvore dendrítica das células de Purkinje, estabelecendo sinapses em seus dentritos, portanto, distantes dos cones de implantação dos respectivos axônios das células de Purkinje.

Por esse motivo, e por serem suas conexões sinápticas, menos densas, possuem menor significado inibitório, do que as células em cesto.

Essas células estreladas também, são interneurônios inibitórios, que recebem seus estímulos excitatórios das fibras paralelas da camada molecular.

As células de Golgi, através de, suas conexões axônicas inibitórias, com as células granulares (estas excitatórias) e com os terminais, das fibras musgosas (também, excitatórias) e com os dendritos das células granulosas, constituem o chamado “Glomérulo cerebelar” (fig.: 14).

Essas conexões, dos axônios das células de Golgi (inibitórios), sobre os dendritos das células granulares, têm, como objetivo, limitar as excitações das células granulares ao córtex cerebelar, através de seus axônios, que são representados, pelas fibras paralelas (fig.: 14).

Com esse mecanismo, após o estímulo inicial excitatório da célula granular, milionésimos segundos após, o estímulo excitatório da célula granular sofre a ação inibitória da célula de Golgi (fig.: 14), reduzindo, assim, a frequência de descargas das células granulares, em suas excitações, provocando, uma redução da descarga excitatória inicial, cuja duração, perdurará, até o desaparecimento do sinal aferente.

Portanto, considerando o que explicitado, sobre os interneurônios cerebelares, esses exercem ação inibitória, tanto sobre as células de Purkinje (células estreladas e células em cesto), como os interneurônios de Golgi sobre as células granulares, estas últimas, as únicas células excitatórias do córtex cerebelar.

12º) - MECANISMOS MORFO-FUNCIONAIS RELACIONADOS ÀS FUNÇÃO DO CEREBELO, NOS MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS E OS CIRCUITOS DA PARS INTERMEDIA DO CEREBELO E O CIRCUITO CÉREBRO-CEREBELAR.

Objetivando facilitar a compreensão dos mecanismos morfo-funcionais, responsáveis pelo desempenho do “cerebelo”, nos eventuais movimentos voluntários, torna-se necessário conhecer, não apenas as circuitárias de “circuitos fechados do córtex cerebelar”, através das “vias da Pars intermédia” do cerebelo, mas, também, a “circuitária cérebro-cerebelar” (figs.: 33, 42 e 45).

Os impulsos conduzidos, através do “trato corticoespinal”, para iniciar, de fato, o movimento desejado, voluntariamente (fig.: 45), através da ativação dos neurônios motores laterais (ou inferiores) da medula espinal, dirigem-se, simultaneamente, após sinapses nos núcleos pontinos basais, de onde, novos axônios dirigir-se-ão, em direção ao córtex cerebelar contralateral e para o mesmo lado, na

medula espinhal, no qual, o movimento se desenvolverá, constituindo esta, uma entrada perfeita dos eferentes corticais cerebrais, em direção ao cerebelo (fig.: 45).

Em um movimento, o início e execução, desta ação, motora voluntária, é desencadeado pelo córtex cerebral motor (fig.: 45).

Entretanto, o “processo decisório”, que regula: “quando, este córtex motor, deverá deflagrar o movimento voluntário”, é um “processo decisório.” colocado em nível “superior ao córtex motor e às áreas motoras primárias e secundárias”, as quais, entretanto, respondem, rapidamente, a “este comando superior decisório”.

Portanto, o córtex motor primário (M-I), representa a fonte do sinal final de comando superior que, neste ponto, encontra-se altamente acelerado e envolvido.

Inicialmente, o “córtex motor M-I, desencadeia suas ações motoras” e, a seguir, as “áreas corticais secundárias”, também, encaminham sinais, para o “trato corticoretículoespinal”, desencadeando as “ações motoras secundárias”, de : músculos axiais, músculos da pelve e músculos proximais dos membros (isto, já de forma indireta).

Portanto, o “cerebelo”, em hipótese alguma, poderá iniciar qualquer ação motora, sem que, preliminarmente, tenha recebido, devidamente, informações completas dos desejados movimentos, em frações de tempo de milionésimos de segundos.

Na verdade, o “cérebro” é o “centro fornecedor da energia,” necessária ao movimento, através dos “disparos de potenciais de ação, de seus neurônios corticais piramidais motores”. Portanto, todo e qualquer mecanismo morfo-funcional motor cortical cerebral, dirigido à medula espinhal, para, realmente “iniciar o movimento”, será, preliminarmente, “precedido, inquestionavelmente”, num tempo de duração de milionésimos de segundo, por idênticos estímulos, dirigidos a todo o dispositivo computacional do cerebelo, através das “fibras musgosas”, envolvendo os “núcleos pontinos basais (figs.: 23 e 45), em sua circuitária, além dos núcleos da formação reticular (fig.: 45).

Além disto, estas “descargas piramidais de potenciais de ação motora corticais”, conduzidas, através deste “trato corticoespinal”, também, são encaminhadas ao “complexo olivar bulbar inferior (figs.: 21 e 22) e, de sua constituição, participam axônios, tanto das células piramidais gigantes corticais motoras, como também, dos pequenos neurônios piramidais corticais motores (fig.: 45).

Este complexo olivar bulbar inferior (figs.: 21, 22 e 45), constitui outra significativa fonte informativa computacional, dirigida ao córtex cerebelar, representada pelas fibras trepadeiras. Estas fibras trepadeiras, são oriundas deste complexo olivar bulbar inferior que, agora, se dirigem, através do pedúnculo cerebelar inferior, ao cerebelo, fornecendo, ainda, em sua passagem, no centro branco medular telencefálico, ramos para os núcleos cerebelares centrais e, prosseguindo em direção ao córtex cerebelar. Ao penetrarem, na estrutura do córtex cerebelar (fig.: 14), tais fibras trepadeiras, perdem sua camada de mielina, terminando, ao atingirem a camada molecular (superficial), na qual, enrolam-se, em forma de trepadeiras, nos dendritos das células de Purkinje, em plena camada molecular do cerebelo (figs.: 14, 21, 22, 42 e 45). Nesta camada molecular, as fibras trepadeiras, estabelecerão inúmeras sinapses com: as células estreladas, células em cesto e com as fibras

paralelas, que são os axônios dicotomizados das células granulares da camada granular do cerebelo.

Concluída esta primeira fase de integração “cérebro-cerebelo”, ou seja, entre o córtex motor cerebral e o córtex cerebelar, teremos a segunda fase, destas importantes circuitárias, agora, de “retorno, do córtex cerebelar”, em direção ao córtex motor cerebral.” (fig.: 45). Nesta figura, podemos observar que, as células de Purkinje, do neocerebelo e do paleocerebelo, inibem seus respectivos núcleos centrais (denteado, emboliforme e globoso), os quais, também, receberão estímulos excitatórios de fibras trepadeiras e de fibras musgosas. Nestas condições, os neurônios dos núcleos centrais do cerebelo, estão recebendo, simultaneamente, estímulos excitatórios, oriundos das fibras trepadeiras e das fibras musgosas e, por outro lado, os mesmos neurônios nucleares cerebelares, também, estão recebendo impulsos inibitórios, oriundos das células de Purkinje (fig.: 45).

Temos aqui, novamente, um outro ponto importante, na comunicação cerebelar, entre as “ações excitatórias e as ações inibitórias (fig.: 45). Entretanto, a partir deste ponto, as comunicações, entre o córtex cerebelar e o córtex cerebral, serão rápidas, pois, entre ambos, encontramos, apenas, uma estação sináptica, na pars intermédia, representada pelo núcleo ventral lateral do tálamo (figs.: 43 e 45).

Deste núcleo ventral lateral talâmico, emergirão, novos axônios, em direção ao córtex motor cerebral do lobo frontal (figs. 33, 42 e 45).

Outra circuitária, também, importante, nestes mecanismos, é representada pelas conexões, entre os núcleos: “eboliforme e globoso” do paleocerebelo e o núcleo paleorrúbrio contralateral, conexões estas que, se continuam, com o trato rubro-espinhal descendente cruzado, em direção aos neurônios motores laterais (ou inferiores) da medula espinhal (figs.: 3, 33, 40 e 45).

Através do texto e dos desenhos apresentados, vemos que, as informações, envolvendo conexões com o cerebelo são mais longas e com menores trepidações sinápticas, seja do córtex cerebelar para o tálamo dorsal e, d’áí, para o córtex motor ou do córtex cerebelar (via paleorrúbrica) contralateral, em direção aos motoneurônio espinhais.

Uma outra circuitária, muito importante, nestes mecanismos morfo-funcionais, é representada pelo chamado “circuito aberto do hemisfério cerebelar” (figs.: 43 e 45), que constituem as “circuitárias cérebro-cerebelares”.

Estes circuitos abertos dos hemisférios cerebelares (figs.: 43 e 45), recebem a maior parte das entradas cerebelares, a partir de fibras oriundas de extensas áreas do córtex cerebral (córtex de associação motora) e pequeno contingente de fibras oriundas do trato corticoespinhal, sendo a proporção final de concentração destes tratos da circuitária, representada por alguns milhares de fibras do córtex de associação, e de um pequeno número de fibras corticoespinhais.

As fibras, cujas origens se encontram no córtex motor de associação e participantes do trato corticoespinhal, dirigem-se ao hemisfério cerebelar contralateral, através de sinapses nos núcleos pontinos basais e através do complexo olivar bulbar inferior (figs.: 21, 42 e 45).

Após as devidas computações das informações, fornecidas pelas fibras musgosas dos núcleos pontinos basais contralaterais e das fibras trepadeiras do complexo olivar bulbar inferior, igualmente contralateral, estrutura-se o circuito de retorno ao córtex cerebral, ocasião, na qual, os neurônios dos núcleos centrais

cerebelares, principalmente, do núcleo denteado, se encaminharão em sentido ascendente, até atingirem o núcleo ventral lateral do tálamo contralateral (figs.: 21, 42 e 45). Deste núcleo talâmico, novos neurônios enviarão seus respectivos axônios em direção ao córtex motor cerebral do lobo frontal (córtex pré-motor e motor primário) (figs.: 42 e 45). A partir deste córtex motor cerebral, originar-se-á o “trato corticoespinhal” (fig.: 45), conduzindo as descargas de ações motoras corticais, os quais permitirão a execução do movimento desejado, através das descargas dos referidos potenciais de ação motora nos motoneurônios, localizados nas pontas motoras da medula espinhal. Estes motoneurônios, por sua vez, dirigir-se-ão às alças gama, para as devidas contrações musculares (figs.: 21, 42 e 45).

Ao início das eventuais descargas de potenciais de ação motora cortical, a partir dos neurônios piramidais gigantes do córtex motor primário (M-I ou área 4), “iniciam-se os sinais de comando para o desencadeamento do movimento”. Neste momento, os “padrões de descargas motoras”, que permitirão a execução do movimento, serão transmitidas ao cerebelo (*Pars intermédia*), através de colaterais das fibras corticoespinhais. Entretanto, a computação, será realizada no córtex cerebelar.

A saída deste resultado computacional, do córtex cerebelar, é realizada, através dos axônios das células de Purkinje que, aliás, constituem as únicas saídas ou eferências do córtex cerebelar (fig.: 14).

Parte destas fibras de saída do córtex cerebelar, retornará ao córtex motor cerebral (área 4), criando, assim, condições para que o cerebelo, se encontre constantemente ciente, do que ocorre com aquilo que ele encaminha ao córtex motor cerebral, funcionando, desta forma, como se fosse uma espécie de “vigilante”, atento do cerebelo junto ao córtex motor.

Este é um processo de natureza permanente, pois, para cada comando motor computado no cerebelo, haverá um tempo útil de ação de reduzidos milionésimos de segundo, para a devida comprovação, do que foi realizado, para cada comando.

Esta observação relacionada às funções de “vigilância atenta do cerebelo”, é, portanto, uma espécie de “correção antecipada, progressiva e contínua do cerebelo”, correções estas que, se por acaso vierem a existir de fato, serão, imediatamente, incorporadas aos comandos motores corticais que, por ventura, sejam alterados, em função de alguma inadequação motora.

Nestes casos, e sempre acompanhando estas circuitárias teremos, simultaneamente, um mecanismo de retro-alimentação (feed-back), o qual, surge quando o córtex motor realiza as descargas de potenciais de ação motora, dando, como resultado, também, a excitação de outros neuroreceptores periféricos, localizados tanto nos músculos, como na pele que os reveste, nas articulações, tendões, etc...etc., e estes sinais táteis e proprioceptivos, retornarão ao córtex cerebelar e d’áí para o córtex motor, determinando uma exacerbação da ação motora contrátil (fig. 54).

São, portanto, dois circuitos da maior importância nos movimentos, ou seja, dois circuitos de entradas (fig.: 54).

Alem destas circunstâncias morfo-funcionais positivas, no desenvolvimento do movimento contamos, também, com a contribuição, na pars intermédia do cerebelo”, com a presença do núcleo vermelho (núcleo paleorrúbro), do qual se origina o trato rubroespinhal cruzado, encurtando a distância, entre o cerebelo e os centros

medulares espinhais, possibilitando, assim, melhores resultados na correção de movimentos, nos quais tenham surgido quaisquer inadequações, em relação aos planos de movimento traçados corticalmente.

Assim, esta Pars intermédia cerebelar, é possuidora de um verdadeiro sistema de controle e de correção do movimento inadequado.

Desta forma, as correções do movimento (ou movimentos), obedecem a uma organizada e atualizada seqüência de mensagens, através destes circuitos comentados.

A “entrada,” para as informações ascendentes sensoriais, que retro-alimentam estes dois circuitos comentados, se estrutura através das “vias multissinápticas da sensibilidade”, em direção ao córtex cerebral e a partir daqueles neurorreceptores localizados nos: músculos, pele, articulações e tendões, há pouco comentados. Estas fibras sensoriais ascendentes, são conhecidas por “fibras sensoriais Ia”, que ascendem às áreas somestésicas corticais 3, 1 e 2 (fig.: 33), no pequeno quadro em detalhe ao lado), 43 e 54).

Em virtude “destas condições morfo-funcionais muito especiais”, o hemisfério cerebelar encontra-se, muito mais relacionado e associado às áreas de associações corticais no planejamento dos movimentos, do que mesmo, com as correções do movimento, durante a execução dinâmica.

O hemisfério cerebelar, atua, principalmente, em caráter preliminar ao aparecimento do erro (ou em vias de ser cometido), baseado em suas experiências passadas e no respectivo aprendizado assim adquirido, além, é claro, das informações instantâneas sensoriais preliminares, extremamente facilitadoras, de sua grande missão de correção de erros motores, oriundas de áreas de associações sensoriais corticais.

Além destes sistemas circuitarios dinâmicos, envolvendo, morfo-funcionalmente, a participação do cerebelo, no controle e coordenação dos movimentos, encontramos um outro sistema, cuja participação operacional, envolve os conhecidos “núcleos da base” (ou gânglios da base). Estes, são núcleos de substância cinzenta, localizados na substância branca medular dos telencéfalos, de cada lado (figs.: 10, 21 e 22).

Estes “núcleos da base,” são formados por grandes neurônios e se encontram localizados na base de cada telencéfalo, em plena substância branca telencefálica. São também, conhecidos, individualmente, por: núcleo caudado, núcleo putâmico, conjunto do globo pálido (lateral e medial), além de outros núcleos agregados e conhecidos por: núcleo sub-talâmico e o núcleo de substância negra mesencefálico, com suas duas partes: compacta e reticulada. (figs.: 10, 21, 22, 24 e 46).

Todos estes núcleos citados, participam da estruturação de diversas “alças anatômicas diretas”, das quais, as mais conhecidas são: alças límbicas, alças oculomotoras, alças de associações 1 e 2 e alças motoresqueléticas.

São as “alças”, que constituem sistemas abertos e paralelos aos circuitos abertos, mais estudadas até o momento presente. Estes sistemas necessitam funcionar de forma integrada, paralela e regular, pois, a deficiência de qualquer um destes sistemas, em suas respectivas alças anatômicas (ou circuitos abertos), é da maior importância, pois, esta possível deficiência, inquestionavelmente, estará envolvida com o descontrole e a desorganização dos movimentos a serem realizados.

Assim, em relação aos núcleos da base (figs.: 10, 21, 22, 24 e 46), processos degenerativos, envolvendo qualquer um deles, poderá determinar o aparecimento de

diversas doenças (ou quadros patológicos), como por exemplo, no caso da Doença de Parkinson ou mesmo, nas doenças Parkinsonianas, como também, nas “doenças coréicas, como soe acontecer, na “doença de Huntington”, nos hemibalismos, nas atetoses, etc. .etc..

Por outro lado, “lesões” das regiões cerebelares, podem provocar inúmeros transtornos no “desenvolvimento de um movimento”, em geral ligados, não a processos de paralisias ou paresias, porém, com hipo ou hipertonias relacionados às ataxias (hipo ou hipercinesias), acinesias musculares, ou mesmo, acinesias ou tremores.

De qualquer forma, tanto o cerebelo, como os núcleos da base, dependem decisivamente: do excelente estado morfo-funcional do córtex cerebral, do cerebelo, do tálamo, dos núcleos da base, do tronco encefálico, da medula espinhal e de suas vias supra-espinhais.

Portanto, quando se pensa em “movimento voluntário”, deveremos ter em mente e sempre, estas diversas e importantes estruturas anatômicas, acima mencionadas. Não é possível falar e pensar, em movimento voluntário, sem que se pense, simultaneamente, nas diversas estruturas anatômicas mencionadas acima. Todas, sem exceção, funcionam totalmente integradas e associadas morfo-funcionalmente, conforme é mostrado no quadro 02.

13º) - CONSIDERAÇÕES MORFO-FUNCIONAIS SOBRE O CONTROLE DOS MOVIMENTOS ENVOLVENDO, NOS MECANISMOS DE INTEGRAÇÃO FUNCIONAL, O CÓRTEX CEREBRAL, CEREBELO, NÚCLEOS DA BASE, TÁLAMO, TRONCO ENCEFÁLICO A MEDULA ESPINHAL E AS VIAS MOTORAS SUPRAESPINHAIS.

Conforme será comentado, em outro volume desta “Coletânea monográfica neuroanatômica morfo-funcional,” o “córtex motor,” é uma estrutura anatômica, da maior importância e insubstituível, na “realização dos movimentos”. Entretanto, este

córtex motor, não é o “iniciador primário,” definitivo dos movimentos voluntários reais. (figs.: 02 e 45).

Na realidade, o “córtex motor”, representa a “fase final” das “conexões morfo-funcionais preliminares,” que darão origem ao desejado “processo do movimento”, ou seja, das contrações musculares, propriamente ditas, a partir de estímulos conduzidos pelos “neurônios motores laterais ou inferiores” (figs.: 02, 25 e 45).

As “origens dos mecanismos morfo-funcionais” que, na realidade, iniciam os movimentos propriamente ditos, encontram-se distribuídas, em diversas regiões anatômicas do córtex cerebral, sendo, da maior importância, determinadas áreas do lobo frontal, do lobo parietal posterior, do córtex auditivo, do córtex do lobo temporal e do lobo occipital (figs.: 25 e 45), as quais, inicialmente, associam-se aos “núcleos da base” e ao “tálamo” (fig. 02). Os trabalhos de investigações científicas a este respeito, foram iniciados por Gray Walter e, mais tarde, continuados por Kornhuber, , culminando com a descoberta de que, nos “processos morfo-funcionais dos movimentos”, preliminarmente, haveria a criação de “potenciais negativos” e de elevações lentas, entremeadas com pequenos potenciais positivos, condição esta que recebeu dos citados pesquisadores, a denominação de “Potencial de Prontidão”.

Este “potencial de prontidão,” é representado por padrões complexos de “descargas neuronais corticais”, projetadas sobre as células piramidais do córtex motor cerebral, para “descarregar”, produzindo, desta forma, a priori, “ondas” que antecedem o surgimento do (ou dos) movimentos concretos propriamente ditos, num tempo de duração média de aproximadamente de 0,2 (dois décimos) de segundo, antes do “início do movimento desejado e necessário para a referida ação motora” (fig.: 02).

Aquelas áreas corticais anatômicas há pouco citadas, encontram-se relacionadas ao aparecimento, neste período de tempo preliminar, aos movimentos desejados, das “alças anatômicas diretas”, ou seja: alças límbicas, alças oculomotoras, alças de associações , alças motoresqueléticas, que são as alças anatômicas envolvidas com os planejamentos dos movimentos, sendo estas as alças anatômicas mais conhecidas, até o momento.

Nestes processos de “observações experimentais”, realizados pelos referidos pesquisadores em animais de laboratório, imediatamente, após o tempo “0 (zero)”, marcados nos registros computados, surgem agora, grandes ondas, provocadas pelos “potenciais ativos dos músculos envolvidos no (ou nos) movimentos”.

Com as respostas obtidas através destas experiências, os citados autores, agora com a participação de outros grandes nomes (Deecke, L., Scheid, P. e Kornhuber, H.H.), forneceram, pelo menos parcialmente, uma resposta à pergunta sempre presente: “Como pode, a vontade ou desejo, para realizar um ou vários movimentos, envolvendo diversos músculos, colocar em ação, a complexa série de mecanismos morfo-funcionais que, por sua vez, produzirão as descargas das células piramidais do córtex cerebral ?

Portanto, provavelmente, no final do aparecimento do “potencial de prontidão,” é estabelecido o “início e desenvolvimento específico de descargas destes neurônios piramidais, gerando, ao “final da fase preliminar” das “conexões circuitárias morfo-funcionais”, ou seja, gerando o aparecimento dos movimentos desejados.

Uma outra condição neuro-fisiológica neste sentido, relaciona-se ao que se observa, quando é estimulada a pele de revestimento, de um ou mais músculos (fig.: 54). Estas estimulações aferenciais ascendem ao tálamo e, finalmente, ao córtex motor, terminando com a estimulação de células piramidais, ou seja, exatamente aquelas células piramidais, que inervarão o (ou os) músculos, revestidos pela pele da região utilizada e envolvidos com o movimento. Tais fibras de projeções ascendentes aferenciais, são conhecidas, também, por “fibras Ia” (fig.: 54).

Em suas projeções, estas “fibras Ia” (aferenciais sensoriais ascendentes) fornecem informações essenciais ao córtex motor cerebral, sobre os processos de movimentos, que o córtex motor irá iniciar, num tempo com a duração média de “0,2” (dois décimos de segundo), antes da real execução dos movimentos desejados.

Landgren, Oscarsson e Col. constatarem em suas pesquisas que, o grupo de fibras Ia, aferenciais ao córtex cerebral ascendem, através de vias multissinápticas, fornecendo importantes informações ao córtex cerebral motor, relacionadas ao movimento e posicionamento dos respectivos membros (figs.: 33 e 45).

Com estas informações, tais “fibras Ia,” indicariam ao córtex cerebral, o processo de movimento, que foi programado pelo próprio cérebro.

É claro que, além destas informações das “fibras Ia”, temos todo o conjunto de outras informações aferenciais ao córtex cerebral, oriundas dos membros (figs.33 e 45).

Estas descobertas foram, mais tarde, confirmadas por Mathews e Col., adiantando que, nestes casos, se trata de um processo de retro-alimentação ao córtex motor, fornecido pelo referido grupo de “fibras Ia” (fig.: 54).

Situações morfo-funcionais semelhantes e relacionadas às informações aferenciais ao córtex cerebral e a partir de determinados órgãos receptores periféricos ocorrem, em relação à audição e à visão, que são informações, que provocam sensações auditivas e visuais imediatas.

Entretanto, os receptores periféricos, além de suas informações aferenciais específicas conhecidas, também, nos passam, algumas sensações não reconhecidas e, por isto, menos intensas. Isto ocorre, por exemplo, em relação aos receptores do “sistema vestibular da orelha interna”, os quais nos fornecem uma “sensação de direção e de orientação de nossa posição”. Isto porque, os receptores vestibulares encaminham sinais para nossa conscientização (figs. 27, 28, 29, 30 e 31).

Este fenômeno, é comparável, ao que acontece com os receptores e “fibras Ia” aferenciais aos músculos (fig.: 54).

Esta sensação de hipertrofia do poder da “força,” é o mesmo fenômeno, que observamos, quando colocamos um objeto na palma da mão de um bebê, que o segurará, com tanta força, que será difícil para solta-lo.

Da mesma forma, este detalhe de “fibras Ia,” em direção ao córtex cerebral, explica o que ocorre, quando um atleta, no último passo que dará, para vencer grande altura, aumentará a compressão sobre a pele de revestimento de sua região da planta do pé, gerando este acréscimo de estimulação (feed-back) a partir daquela região cutânea.

A mesma explicação, poderá ser utilizada, para o entendimento do “aumento da força”, em um simples aperto de mãos (fig.: 54).

Trata-se de um circuito aferencial exteroceptivo de auto-estimulação, com um controle de retro-alimentação positiva (fig.: 54).

Então, na fase inicial de um movimento e antecedendo-o, já necessitamos da presença do “cerebelo”, principalmente, de seu cérebro-cerebelo (figs.: 02, 42, 44, e 47).

As “vias eferentes do cerebelo originam-se, de seus núcleos centrais (denteado, emboliforme, globoso e fastígio, (figs.: 14, 24, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 44 e 45).

Estando o cerebelo em “repouso”, seus núcleos centrais apresentam uma frequência de descargas de potenciais de ações, por segundo, entre 20 e 30 descargas.

A partir deste “repouso funcional”, toda e qualquer modificação desta “descarga de potenciais de ação”, significa a existência de “sinais cerebelares,” para a “modulação de atividades motoras do cerebelo e do próprio córtex motor cerebral”. Entretanto, cada uma das “três regiões funcionais” do cerebelo (neo-cerebelo , paleocerebelo e arquicerebelo), influencia, especificamente, “uma modalidade funcional cerebelar” (figs: 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 44 e 45).

Estas “regiões funcionais cerebelares”, acima citadas, que também, recebem as denominações respectivas filogenéticas: cérebro-cerebelo, espino-cerebelo e vestíbulo-cerebelo, participam, portanto, de forma extremamente específica, em cada fase do evento motor desejado.

Assim, o “neocerebelo” (ou cérebro-cerebelo), encontra-se envolvido com o “planejamento e desencadeamento das ações motoras”. As “vias eferentes do núcleo central deste neocerebelo, conhecido por “núcleo denteado”, são os “axônios de seus neurônios nucleares, que se encaminham para a “região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo”, de onde, novos axônios partirão, em direção às áreas motoras corticais (córtex pré-motor e córtex motor primário, ambos do lobo frontal (figs.: 41 e 42). Pequena parte destas fibras oriundas do núcleo denteado, dirigem-se para o neorrúbrio contralateral, de onde, novos neurônios encaminharão seus axônios, em direção contra-lateral, ao encontro dos núcleos da formação reticular do tronco encefálico e, finalmente, destes núcleos da formação reticular, novos axônio serão dirigidos à medula espinha, constituindo o “trato rubrorretículo-espinhal cruzado (figs.: 41 e 42).

O “paleocerebelo ou espino-cerebelo”, relaciona-se, funcionalmente, com a “execução e coordenação do evento motor”. Uma parte das “fibras eferentes dos núcleos do paleocerebelo (emboliforme e globoso), emerge dos referidos núcleos, projetando-se, a seguir, para a “ região posterior do núcleo ventral lateral do tálamo”, de onde, através de novos neurônios, teremos novos axônios, dirigidos às áreas motoras corticais (motora primária M-I e Córtex pré-motor (C.P.M.). O restante das fibras, oriundas destes núcleos do paleocerebelo (emboliforme e globoso), dirige-se ao núcleo paleorrúbrio contra-lateral, de onde novos axônios emergirão e, com destino distal e cruzado, constituirão, em direção à medula espinha, o “trato rubro-espinhal cruzado”. (figs.; 32, 33, 39 e 40).

Finalmente, o “arquicerebelo” (ou vestíbulo-cerebelo), envolver-se-á com o movimento, durante toda a fase de execução do mesmo, mantendo e ajustando o equilíbrio e a postura corporal. Neste mecanismo morfo-funcional, suas fibras eferentes podem seguir dois caminhos: A maior parte, destas fibras eferentes apresentam sua origem no núcleo fastígio do arquicerebelo, projetando-se, tanto em direção aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, como para os núcleos

motores da formação reticular deste tronco encefálico. (figs.: 31, 35 e 37). Todavia, pequena quantidade das fibras das células de Purkinje, do córtex arquivocerebelar emerge diretamente, em direção aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, sem passar pelo núcleo fastigial. Esta condição confere, a estes núcleos vestibulares do tronco encefálico, as qualidades próprias do núcleo fastigial.

Em realidade, o córtex cerebral motor, não é o responsável pela fase inicial preliminar do movimento. Este córtex motor, apenas começará a agir (ação motora), após o “desencadeamento de diversos mecanismos morfo-funcionais”, envolvendo diversas “ações corticais” e dos “núcleos da base”. É claro que, o “córtex motor cerebral” é da maior importância e insubstituível, na realização dos movimentos. Todavia, não é o desencadeador da ação, ou seja, do movimento voluntário (fig.: 02).

Na verdade, segundo provas significativamente convincentes, o “cerebelo”, através de sua região “cérebro-cerebelar” (fig.: 45), é que, de fato, “inicia a resposta motora”, pois, a frequência de descargas de potenciais de ações dos núcleos cerebelares, estando o cerebelo em repouso, esta, entre 20 e 30 descargas por segundo e, sem qualquer variação desta frequência, não teremos qualquer sinal cerebelar para agir. Porém, caso haja “qualquer variação desta frequência de descargas de potenciais de ação”, surgirão, imediatamente, os “sinais cerebelares”, para modulação da atividade motora e, neste caso, o núcleo central cerebelar, responsável pelo fornecimento dos neurônios e axônios, que deflagrarão o “início do planejamento motor” e o conseqüente “desencadeamento da ação motora”, será o “núcleo denteado” do cérebro-cerebelo (ou neocerebelo) (figs. : 34, 42 e 45).

No caso dos “movimentos voluntários”, o desejo ou a vontade de realizar um determinado movimento, é a “condição límbica preliminar”, necessária para o surgimento das “alças anatômicas límbicas”, as quais, representarão o “sinal límbico” encaminhado ao neocerebelo, em cujo núcleo central (núcleo denteado), temos as fibras eferentes nucleares e respectivos axônios, direcionados, principalmente, ao tálamo e, d’áí, ao córtex cerebral, conforme já foi comentado anteriormente (fig.:45).

Neste ponto da circuitária preliminar, ainda a nível cortical, estará sendo comunicado ao córtex motor, que haverá um evento motor, quase instantaneamente (figs. : 42 e 45).

Portanto, o “cérebro-cerebelo” é, de fato, o iniciador da resposta motora. Após este desencadeamento de ações, haverá o desenvolvimento do evento motor propriamente dito, ocasião na qual, com a preliminar formação das referidas “alças anatômicas límbicas” necessárias, acompanhadas das demais alças: (oculomotoras, de associações e motoresqueléticas), o sistema córtico-espinhal, estará em condições de realizar a condução das descargas motoras descendentes, através das “alças motoresqueléticas”. Tudo isto acontece, segundo as pesquisas publicadas, em torno de 0,2 (dois décimos de segundo, após a total preparação do plano motor do movimento, no nível cortical. (fig.: 45).

O conjunto destas manifestações morfo-funcionais do evento motor (ou movimento), ocorre, portanto, preliminarmente ao “desenvolvimento ou execução” do movimento, propriamente dito, ou seja, antes das descargas dos neurônios motores laterais (ou inferiores) e conseqüentes contrações musculares (fig.: 02).

Neste sentido, as modificações dos padrões de descargas de potenciais de ação dos neurônios dos núcleos cerebelares (emboliforme e globoso), encontram-se em

seus mais elevados níveis e em simultaneidade com o início das contrações musculares. Esta situação perdurará até o término do evento motor. (fig.: 33).

Portanto, enfatizamos, o conjunto destas manifestações morfo-funcionais corticais, que ocorrem, preliminarmente, à “execução do movimento” é de localização anatômica apenas cortical e, cujo conjunto total, é conhecido neurofisiologicamente, por “plano cortical do movimento” (fig.: 02).

Este planejamento cortical ocorre, em torno, aproximadamente, num tempo de 0.2 (dois décimos de segundo, antes da execução concreta do movimento, propriamente dito, o qual, estará, agora, depois das descargas preparatórias de alguns neurônios piramidais corticais, responsáveis pelo “Potencial de Prontidão, na dependência de outras descargas de potenciais de ação, porém, desta feita, “a partir de neurônios motores laterais (ou inferiores), responsáveis pelas contrações musculares envolvidas na realização do movimento desejado e em foco” (figs.: 10 e 45).

O “período ou fase de execução” do movimento, desencadeado imediatamente após, consistirá, evidentemente, conforme já foi ventilado, em um conjunto organizado de contrações musculares do segmento (ou segmentos) do corpo, envolvidos com o referido movimento e, no caso, de qualquer segmento anatômico, como por exemplo, dos membros superiores ou dos membros inferiores, etc...etc..., cujo início de ações, provocará os sinais aferenciais ascendentes, informando sobre as mudanças dos centros de gravidade, com modificações do equilíbrio e da postura (fig.: 33).

Estas fibras aferenciais ascendentes, em virtude de seu significativo revestimento mielínico e, por isto, possuidoras de grande velocidade de condução de estímulos, conduzirão estes impulsos aferenciais ascendentes, em sua maior parte, ao cerebelo, através dos tratos ascendentes: espino-cerebelar direto (dorsal), espino-cerebelar cruzado (ventral), cuneocerebelar e espino-cerebelar rostral, todos eles conhecidos, em relação ao cerebelo, como “fibras musgosas do cerebelo” (figs.: 32, 33 e 40), projetando-se em direção ao espino-cerebelo (ou paleocerebelo) e respectivos núcleos centrais (emboliforme e globoso) (fig.: 33).

Com esta ativação aferencial ascendente (fig.: 33), os neurônios dos citados núcleos cerebelares centrais (emboliforme e globoso), serão ativados e encaminharão seus resultados computadorizados, pois, estes núcleos estão recebendo, também axônios das células de Purkinje do córtex cerebelar, em duas direções:

Por um lado, seus axônios dirigir-se-ão ao núcleo ventral lateral do tálamo e, deste núcleo, novos axônios neuronais, serão endereçados ao córtex motor primário e ao córtex pré-motor (fig.: 33).

Por outro lado, os axônios dos núcleos : emboliforme e globoso, tomarão a direção do núcleo paleorrúbro (núcleo vermelho) contralateral (fig.: 33), modulando, assim, tanto por meio das áreas motoras primária e pré-motora, como, através do paleorrúbro, em direção à medula espinhal, coordenando uniformemente, a execução do evento motor (figs.: 32 e 33).

A compreensão desta fase, é importante para a percepção das explicações de estabelecimento de diversos quadros patológicos, nos quais, observamos, ao exame neuro-clínico, incoordenações motoras, com espasmos, tremores e outras manifestações.

Em relação ao controle ao equilíbrio e postura, envolvendo a realização do movimento em execução (ou mesmo, já executado, recentemente), as referidas aferenciais sensoriais ascendentes, são conduzidas pelas fibras espinocerebelares dos tratos já citados pouco acima, provocando as grandes e variáveis mudanças do centro de gravidade do corpo (figs.: 32, 33 e 40).

Estas fibras aferentes ascendentes e relacionadas ao equilíbrio, agora estarão com suas origens, no núcleo central fastigial do vestíbulo-cerebelo ou arquicerebelo ou, então, são fibras que emergem, diretamente das células Purkinje, no córtex do arquicerebelo e se dirigem, através de seus axônios, diretamente aos núcleos vestibulares do tronco encefálico, podendo, também, alcançar os núcleos da formação reticular do tronco encefálico (figs.: 31, 35 e 37).

Assim, os tratos descendentes destes núcleos do tronco encefálico (trato vestibulo-espinhal cruzado e trato retículo-espinhal), passarão a modular o movimento, mantendo o equilíbrio e postura corporal, em função do evento realizado.

Tendo o cerebelo, desta forma, colaborado no desenvolvimento do “Plano do Movimento”, com o início, execução e equilíbrio do referido movimento, necessita, entretanto, realizar, ainda, duas grandes funções:

A primeira função, relacionada ao “aprendizado motor e fases seqüenciais do movimento realizado” e a Segunda, relacionada à respectiva “plasticidade motora”.

Para o exercício destas funções, o cerebelo lança mãos do grande sistema de “fibras trepadeiras olivo-cerebelares” (figs.: 14, 21 e 22).

Quando realizamos um movimento, integralmente, em geral aplicamos, neste movimento, diversos grupos musculares, às vezes, duas ou mais articulações, porém, não fragmentamos nossa vontade ou desejo, ao fazermos um movimento complexo segmentar anatómico, como por exemplo: levantarmos e simultaneamente, flexionarmos as articulações do ombro, do cotovelo, as diversas articulações dos ossos da mão e dos dedos, para limparmos nossos óculos !

Não pensamos, jamais, separadamente, no movimento fracionado de qualquer das pequenas partes do membro envolvido neste movimento de limpar nossos óculos. Nossa única decisão (voluntariedade) é, como foi dito, limpar nossos óculos.

Nestes movimentos, cujo número de pequenos movimentos, que entram em sua constituição completa é significativo, jamais utilizamos “frações de segmentos anatómicos” ou “frações de vontades ou de desejos”...Nestes casos, surge a necessidade da pré-programação, das quais, grande número é de respostas semi-automáticas ou automáticas.

Nestes movimentos surgem as necessidades dos conhecidos “geradores centrais de padrões”. Com o auxílio destes “geradores”, podemos seguir os movimentos de um corpo e, assim, assegurarmos a movimentação de nossos globos oculares, quando acompanhamos o deslocamento de um objeto no espaço. Tudo isto é realizado de forma automática, coordenada e sincrônica.

Para que possamos desfrutar de tal situação morfo-funcional, que se resume no processo de “plasticidade motora do aprendizado”, o sistema de fibras trepadeiras olivo-cerebelares, participante da circuitária do cerebelo, é da maior importância funcional. Por isto mesmo, este sistema de “fibras olivo-cerebelares” (ou fibras

trepadeiras) é, também, conhecido, como o grande sistema analisador computacional do cerebelo.

Por este motivo, o perfeito funcionamento deste “sistema olivo-cerebelar,” permite, ao cerebelo, em tempo útil, realizar as correções de possíveis erros de movimentos, que não estejam em consonância com os planos de movimentos traçados no nível cortical. (fig.: 02). Lesões destas fibras olivo-cerebelares, por exemplo, podem impedir a realização das análises computacionais do cerebelo, impedindo, conseqüentemente, o aparecimento da plasticidade motora, impedindo a capacidade de correção de erros dos movimentos, além de impedir o aprendizado motor ou modificar qualquer resposta motora.

O “complexo olivar bulbar inferior”, origem das “fibras trepadeiras” (figs.: 14, 21 e 22), como já foi comentado, recebe aferências das áreas motoras corticais , do corpo estriado (núcleos da base) , do núcleo vermelho (paleorrúbro e neorrúbro) , dos núcleos vestibulares, da substância negra, dos núcleos pontinos e da medula espinhal, re-encaminhando seus importantes impulsos eferentes, para o córtex cerebelar do neocerebelo, do paleocerebelo e do arquicerebelo (figs.: 20, 21, 22 e 24).

Assim, o “sistema de fibras trepadeiras e o cerebelo”, são essenciais na realização dos movimentos corretos, em suas modificações, além de participar, provavelmente, do armazenamento destas modificações, estando a plasticidade motora do aprendizado, extremamente relacionado às suas células de Purkinje e às fibras paralelas (axônios das células granulares ou grânulos do cerebelo) (fig.: 14).

Com a preocupação de fornecer mais subsídios ao conhecimento de tão importante órgão (cerebelo), apresentamos, a seguir, um resumo envolvendo alguns trabalhos significativos sobre a evolução do estudo do cerebelo, além, é claro, das “Sugestões de Leitura e de “Referências” inseridas no final do capítulo.

14º) - O CEREBELO E A EVOLUÇÃO DE SEU ESTUDO

Em 1850, portanto, há 165 anos, foi lançada a seguinte acertiva sobre a função principal do cerebelo: “Órgão principal de controle da organização dos movimentos”.

Em 1920 , durante a primeira grande guerra mundial, GONDON HOLMES, realizou importantes estudos, observando o comportamento dos soldados feridos no campo de combate, que apresentavam destruição parcial de seus respectivos cerebelos.

Em 1958, SNIDER, R.S., já adiantava que o cerebelo era um órgão sutil e provocante em seus mistérios, cuja função escapa aos estudiosos do órgão.

Em 1975, LLINAIS, R.R. afirmava:...”Não há mais dúvidas, o cerebelo é o ponto central de controle da organização dos movimentos”.

Em 2003, BOWER, J.M. and PARSONS, L.M., Em seu trabalho: “ O Cerebelo reconsiderado”, em seus trabalhos experimentais no próprio homem, relatam que o cerebelo possui outras inúmeras funções, inclusive, sendo responsável pela aquisição de informações sensoriais e sua coordenação.

Para que chegassem a estas conclusões, basearam-se, inicialmente, nos trabalhos, já realizados por outros pesquisadores, que evoluíram na seguinte ordem:

1 – O cerebelo, ao longo da evolução da espécie humana, aumentou significativamente de tamanho (em torno de quatro vezes o seu tamanho) no último milhão de anos

2 – O cerebelo, contém mais células individuais (neurônios) que o resto do encéfalo

3 – Os tipos e formas de conexões de seus neurônios permanecem, essencialmente constante há, aproximadamente, quatrocentos milhões de anos.

4 – Em casos de lesões, extremamente significativas ou mesmo, de remoções do cerebelo, é possível constatar-se dificuldade imediata, na coordenação e modulação dos movimentos.

5 – IVRY, R.B. e KEELE, S.W., 1989, observaram em pacientes com lesões significativas do cerebelo:

5.1– Incapacidade para avaliar a duração de um determinado som ou de determinados sons.

5.2 – Incapacidade para avaliar o intervalo de tempo que separa dois sons

6 - FIEZ, J.A., em 1990, constatou:

6.1 – Pacientes com lesões cerebelares, cometiam mais erros, em tarefas verbais

6.2 – Pacientes com lesões cerebelares, apresentavam grande dificuldade, para avaliar a diferença de tonalidades, entre dois sons consecutivos.

7 – PETER, T., na Alemanha constatou:

7.1 – Pessoas com lesões cerebelares, desconheciam a velocidade, na realização de um evento (tempo de duração do evento).

7.2– Pessoas com lesões cerebelares, apresentavam dificuldades, para distinguir sons de palavras semelhantes, como por exemplo: “ aberta” e “aperta”.

8 – Pacientes com lesões cerebelares, apresentavam dificuldades, para modular suas emoções, tanto em adultos, como em crianças examinadas.

9 - Pacientes, com lesões cerebelares, apresentam dificuldade para realizar raciocínios espaciais.

- 10 – Pacientes com lesões cerebelares, apresentavam acentuada dislexia.
- 11 – Portadores de lesões cerebelares, apresentavam dificuldades nas tarefas de aprendizados e atividades cerebelares reduzidas.
- 12 – Alguns trabalhos, sugerem a associação, do cerebelo, à memória de trabalhos, funções e planejamentos mentais
- 13 – Pacientes, portadores de lesões cerebelares, apresentam dificuldade de planejamento e articulação temporal..
- 14 – O cerebelo, encontra-se ativado, durante: processos sensoriais, auditivos, olfativos, sensação de sede, de fome e percepção dos movimentos.
- 15 – NANCY, C.A., 1991, relacionou esquizofrenia às lesões do cerebelo, por perda da capacidade de processamento de informações, relacionadas ao humor e ao pensamento.
- 16 – Outros cientistas relacionaram o progressivo aumento do cerebelo, no desenvolvimento da espécie humana, à uma prevenção, utilizando para suporte de tarefas psicológicas, a possibilidade de, deslocar, tais sobrecargas do cérebro, para o cerebelo.
- 17 – Segundo as últimas pesquisas realizadas por BOWER, J.M. e PARSONS, L.M., em 2003, o cerebelo, estaria envolvido, na coordenação da aquisição de informações sensoriais, pelo encéfalo.

Visão Posterior do Cerebelo, parte do Mesencéfalo e do Tálamo.

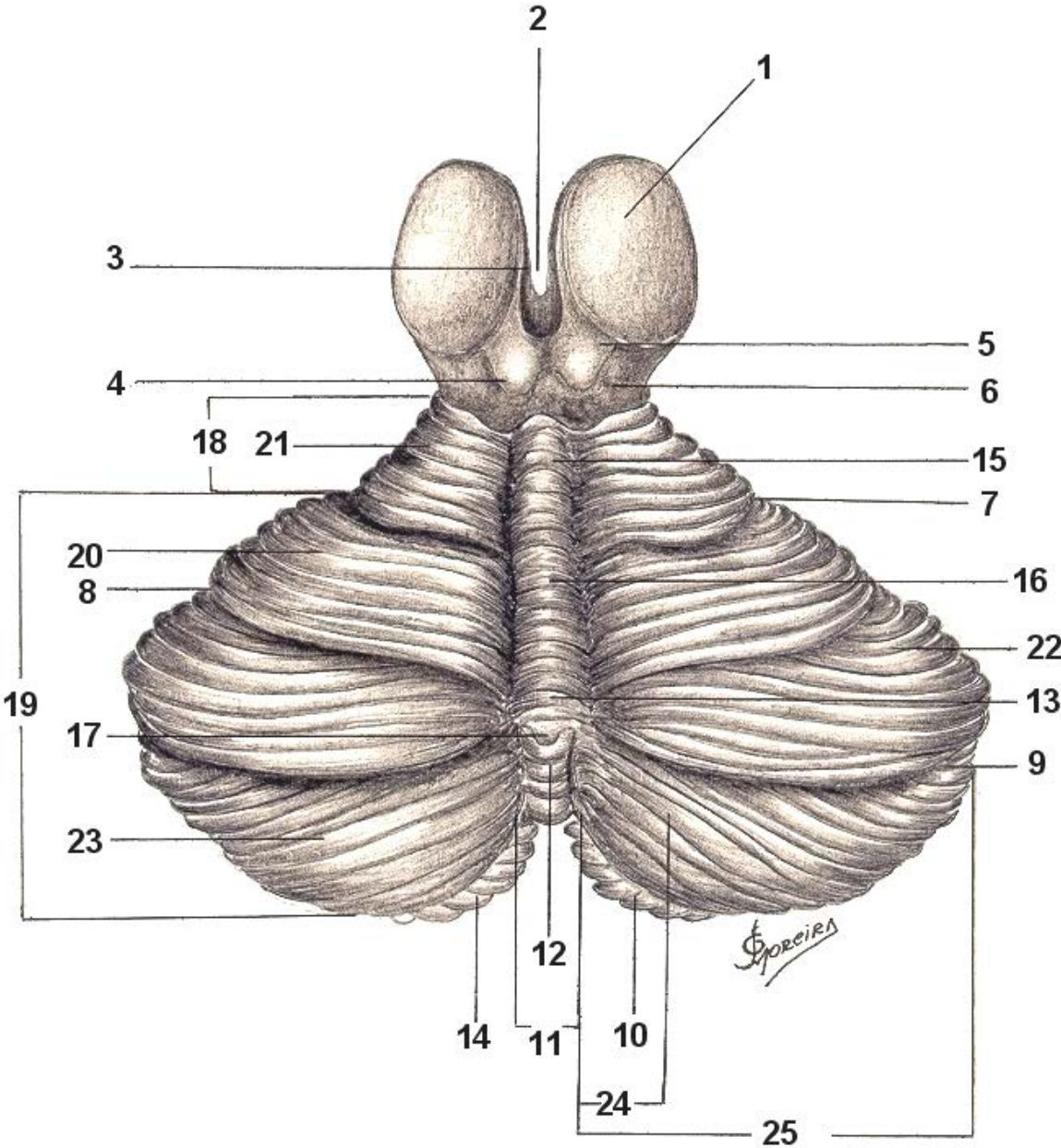


FIG.47

(LEGENDA DAS FIGURAS : 11 E 47):

- 1 – TÁLAMO
- 2 – III° VENTRÍCULO
- 3 – ESTRIA MEDULAR
- 4 – COLÍCULO SUPERIOR
- 5 – BRAÇO DO COLÍCULO SUPERIOR
- 6 – MESENCÉFALO
- 7 – FISSURA PRIMA
- 8 – FISSURA PÓSTERO-SUPERIOR
- 9 – FISSURA HORIZONTAL
- 10 – FISSURA SECUNDA
- 11 – VERME
- 12 – PIRÂMIDE DO VERME
- 13 – FÓLIO DO VERME
- 14 – TONSILA CEREBELAR
- 15 – CULMEN
- 16 – DECLIVE
- 17 – TUBÉRCULO DO VERME
- 18 – LOBO ANTERIOR
- 19 – LOBO POSTERIOR
- 20 = LÓBULO SIMPLES
- 21 – LÓBULO QUADRANGULAR
- 22 – LÓBULO SEMILUNAR SUPERIOR
- 23 – LÓBULO SEMILUNAR INFERIOR
- 24 – ZONA INTERHEMISFÉRICA
- 25 – HEMISFÉRIO CEREBELAR.
- 26 – ÁREAS AUDITIVAS E VISUAIS (ESTE ÚLTIMO ÍTEM DA LEGENDA É MOSTRADO NA **FIG. 11**, NA ANATOMIA MACROSCÓPICA DO CEREBELO.

Visão anterior do Tronco Encefálico, Parte da Medula Espinhal e Parte do Cerebelo.

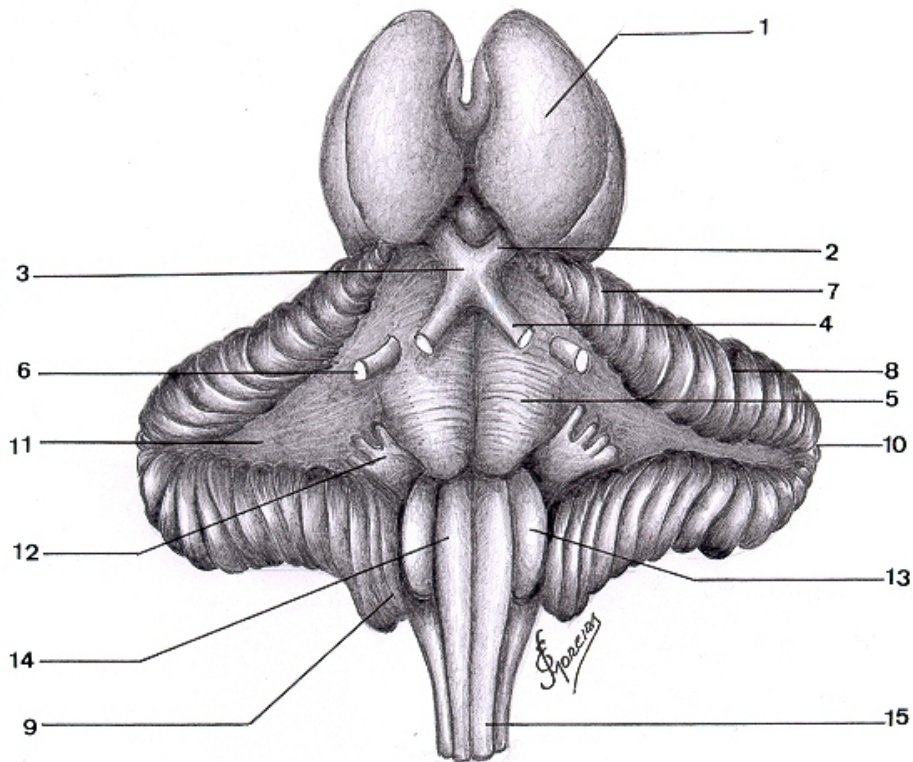


FIG.48

LEGENDA:

1. Putâmen
2. Trato Óptico
3. Quiasma Óptico
4. Nervo Óptico
5. Ponte
6. Raízes (Motora E Sensorial Do Nervo Trigêmeo)
7. Fissura Prima
8. Fissura Pósterio-Superior
9. Fissura Secunda
10. Fissura Horizontal
11. Pedúnculo Cerebelar Médio
12. Regiões Terminais Do Flóculo (De Ambos Os Lados)
13. Olivar Bulbar
14. Pirâmide
15. Medula Espinhal

Visão Anterior do Cerebelo, após a ressecção do Tronco Encefálico e do Putamen mostrando, seccionados, os três pedúnculos cerebelares (Superior, Médio e Inferior) e a face profunda do Cerebelo.

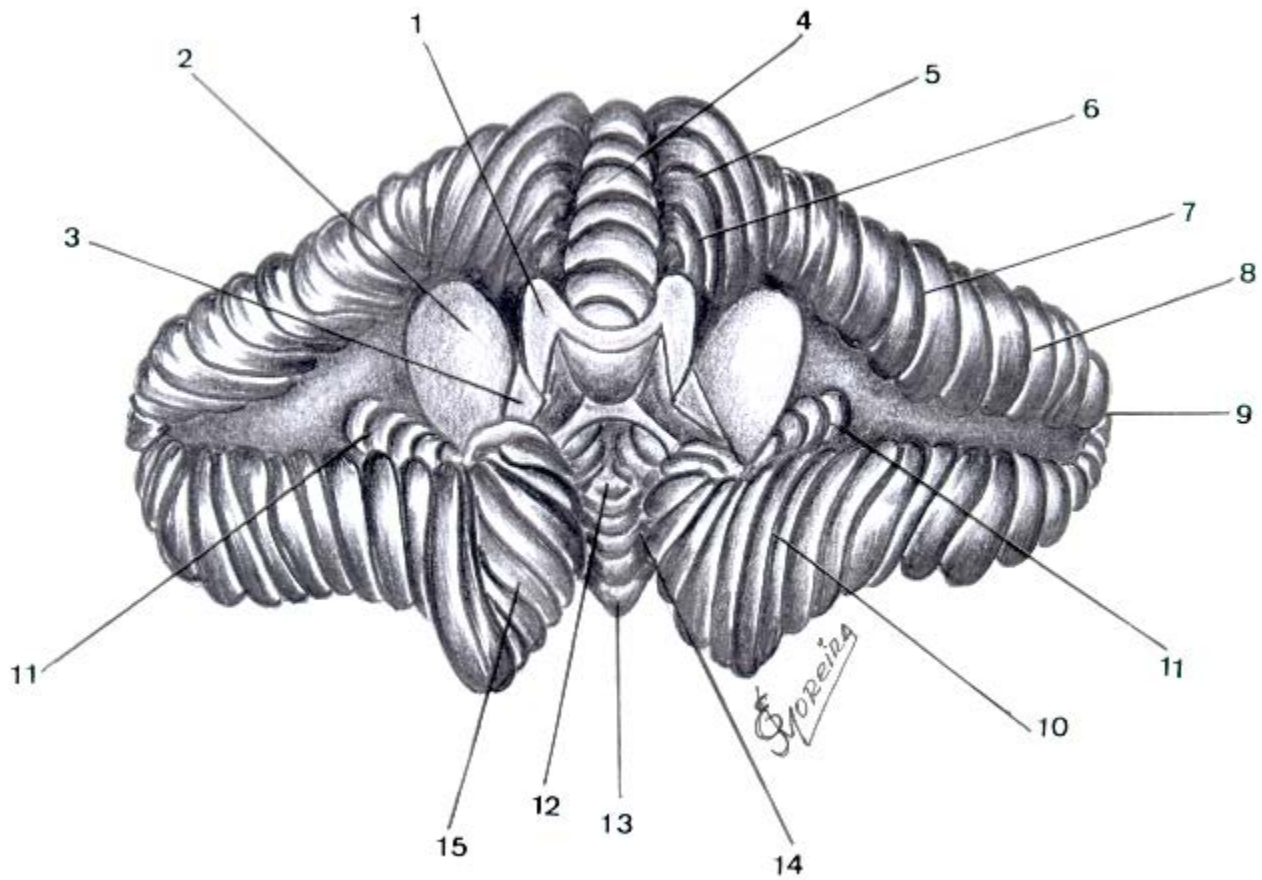


FIG.:49

Legenda

2. Pedúnculo Cerebelar Superior
3. Pedúnculo Cerebelar Médio
4. Pedúnculo Cerebelar Inferior
5. Cúlmen no Vermis
6. Fisura Pré-culmen
7. Língula
8. Fisura Prima
9. Fisura póstero-superior
10. Fissura horizontal
11. Fissura secunda
12. Flóculo
13. Nódulo
14. Úvula
15. Fissura
16. Tonsila

Localização, Relações anatómicas e Conexões do Cerebelo, do Tronco encefálico, do Cérebro e da Medula Espinhal.

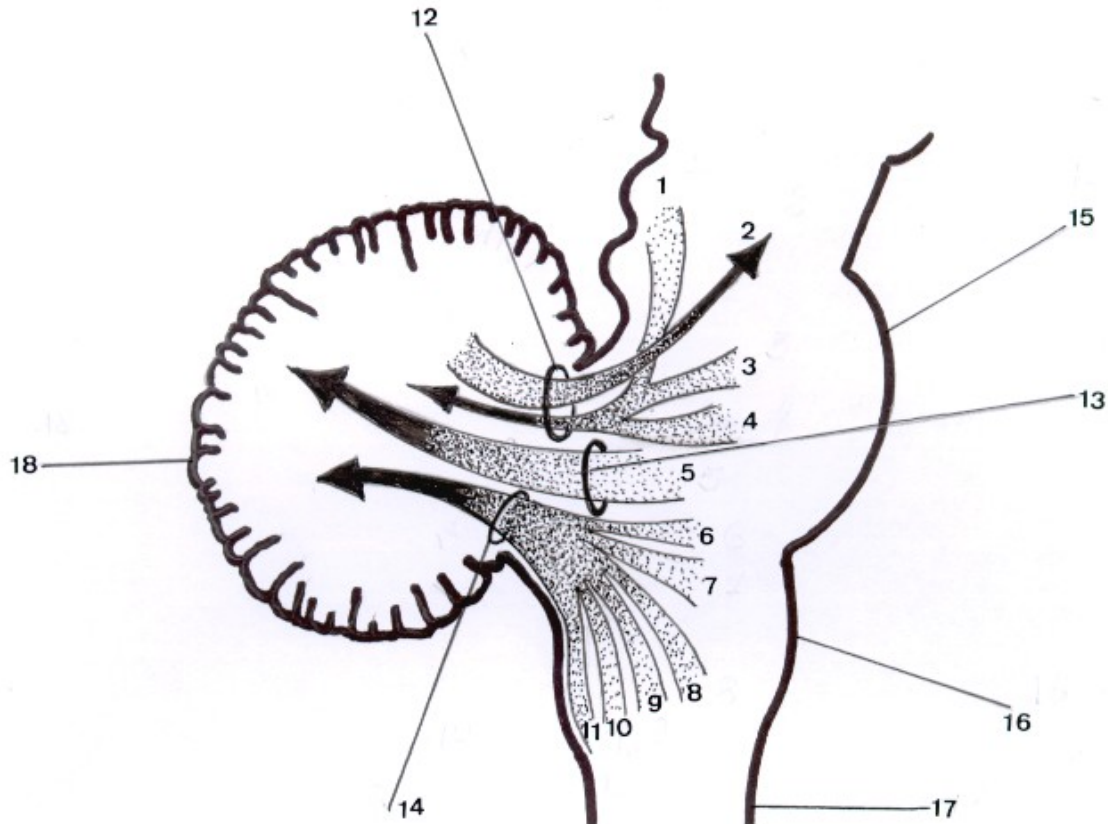


FIG.:50

A Importância da Localização Anatômica do Cerebelo e do Tronco Encefálico

Legenda:

1. Fibras Tecto-cerebelares
2. Braço Conjuntivo (Pedúnculo Superior do Cerebelo)
3. Fibras Trigêmeino-cerebelares
4. Trato Espinocerebelar Ventral (Cruzado)
5. Fibras Ponto-cerebelares
6. Fibras Cuneocerebelares
7. Fibras Cuneocerebelares
8. Fibras Olivocerebelares (as únicas fibras trepadoras)
9. Fibras Reticulocerebelares
10. Fibras Espinocerebelares dorsais (diretas)
11. Fibras Arciformes Diretas
12. Pedúnculo Cerebelar Superior
13. Pedúnculo Cerebelar Médio
14. Pedúnculo Cerebelar Inferior
15. Ponte
16. Medula Oblonga
17. Medula Espinhal

15º) - VASCULARIZAÇÃO DO CEREBELO

O cerebelo recebe sua vascularização através de três importantes artérias: Artéria cerebelar superior, artéria cerebelar antero-inferior e artéria cerebelar pósteroinferior.

ARTÉRIA CEREBELAR SUPERIOR

A “artéria cerebelar superior” (figs.: 51, 52 e 53), ramo da artéria basilar, e muito próxima à origem da artéria cerebral posterior, dirige-se ao mesencéfalo e à parte superior do cerebelo (fig: 53). Alguns de seus ramos penetram em direção à profundidade do cerebelo (fig.: 53), vascularizando os núcleos profundos do cerebelo (denteado, emboliforme, globoso e fastigial), além de encaminhar alguns ramos direcionados aos pedúnculos cerebelares médio e superior (fig.: 53). Esta artéria cerebelar superior, devido ao seu trajeto (fig.: 53) é considerada uma “artéria circunferencial longa).

ARTÉRIA CEREBELAR ÂNTERO-INFERIOR

A “artéria cerebelar antero-inferior”, é um ramo da artéria basilar, no momento em que as artérias vertebrais se juntam para formar a basilar. (figs.: 51 e 52). Além disso, através de seus ramos vasculariza a maior parte do tegmento pontino inferior é vascularizada (fig.: 51).

Em seu trajeto, circunda, inicialmente ventrolateralmente, a ponte, fornecendo-lhe a necessária vascularização. A seguir, dirige-se ao ângulo cerebelo-pontino (fig.: 51) e muito próxima aos nervos facial e vestibulo-coclear.

A seguir passa acima do “flóculo cerebelar, distribuindo-se na superfície inferior do hemisfério cerebelar (fig.: 51) e em parte do verme. Alguns de seus ramos profundos vascularizam, também, o núcleo denteado do neocerebelo de cada lado (fig.: 51).

ARTÉRIA CEREBELAR PÓSTERO-INFERIOR

A “artéria cerebelar póstero-inferior” (figs.: 51, 52, 54), ramo da artéria vertebral de cada lado e junto à superfície da medula oblonga (bulbo), em seu trajeto vasculariza as regiões: inferior e posterior do cerebelo e a superfície e área lateral da medula oblonga (bulbo).

A seguir, em seu trajeto, alcança a região do verme cerebelar, vascularizando sua região inferior, o complexo amigdalóide e a superfície ínfero-lateral do hemisfério cerebelar, terminando com a vascularização do plexo coróide do IVº ventrículo.

Assim, na vascularização do Cerebelo, participam, em síntese, as seguintes artérias (figs.: (51, 52 e 53):

- 1º) – Artéria Cerebelar Superior
- 2ª) – Artéria Cerebelar Antero-inferior
- 3ª) – Artéria Cerebelar Póstero-inferior

Desenho Esquemático de uma Preparação Anatômica das Artérias da Base do Encéfalo, com a Distribuição das Mesmas e a Vascularização do Cerebelo.

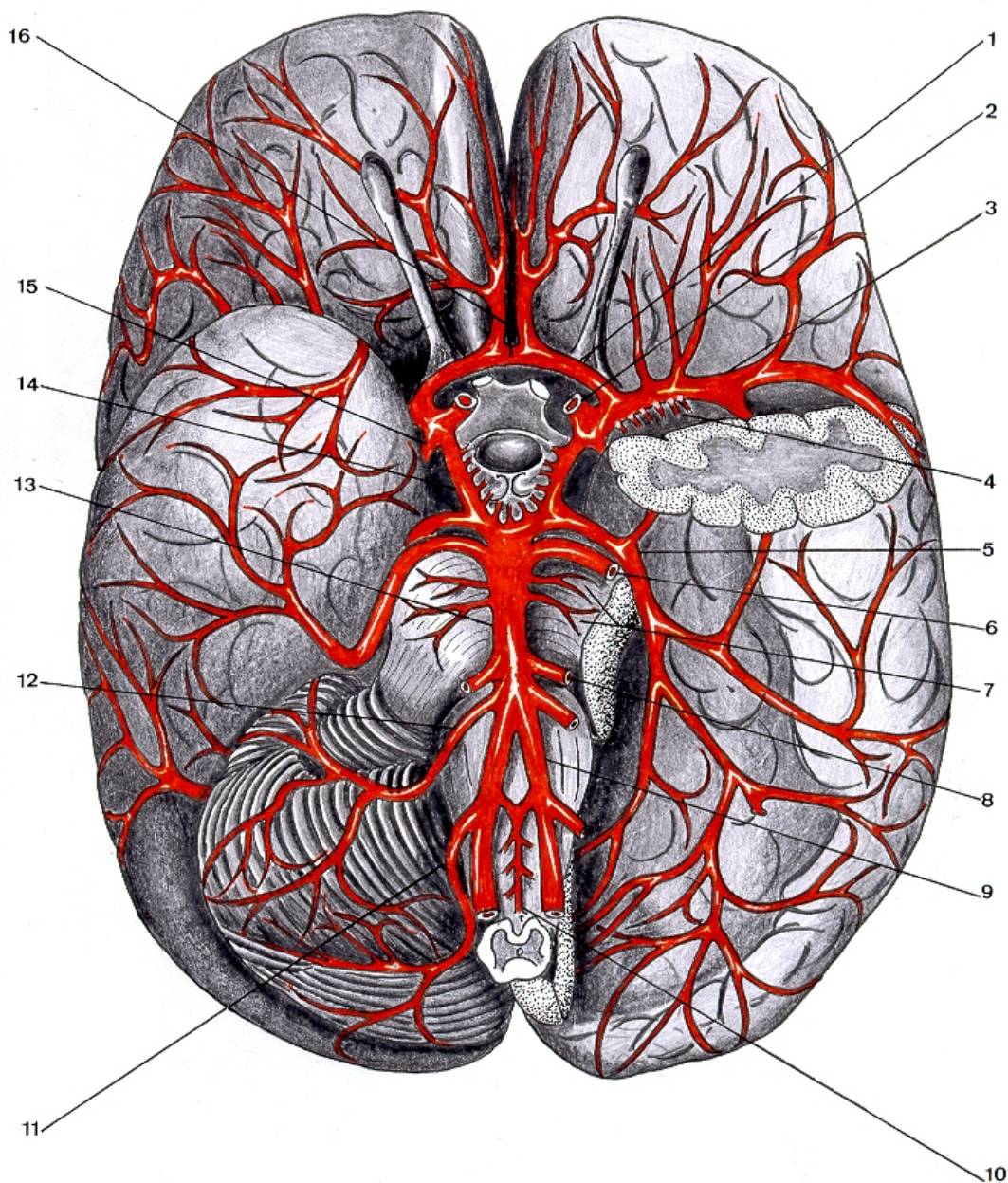


FIG.: 51

ARTÉRIAS DA BASE DO ENCÉFALO

LEGENDA DA FIG.: 51

- 01 – Artéria cerebral anterior
- 02 – Artéria carótida interna seccionada
- 03 – Artéria cerebral média
- 04 – Artérias estriadas laterais
- 05 – Artéria cerebral posterior
- 06 – Artéria cerebelar superior
- 07 – Artérias pontinas
- 08 – Artéria labiríntica
- 09 – Artéria vertebral
- 10 – Artéria espinhal anterior
- 11 – Artéria cerebelar pósterio-inferior
- 12 – Artéria cerebelar ântero-inferior
- 13 – Artéria basilar
- 14 – Artéria comunicante posterior
- 15 – Artéria corióide anterior
- 16 – Artérias comunicantes anteriores.

Desenho Esquemático da Associação dos Sistemas Arteriais Vertebrobasilar e Carotídeo, Utilizados na Vascularização do Encéfalo.

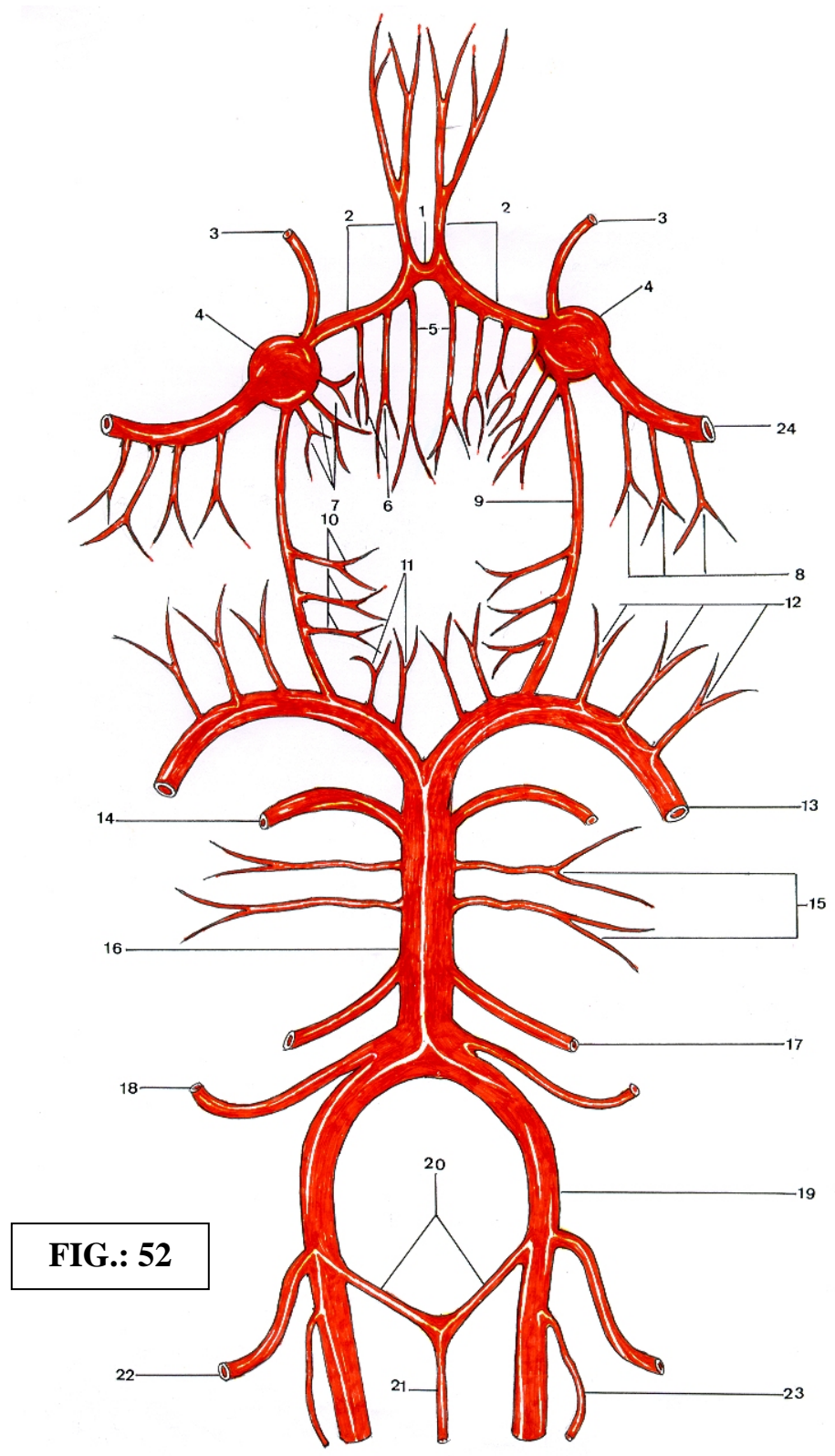


FIG.: 52

Sistemas arteriais “Vertebrobasilar” e “Carotídeo” envolvidos na Vascularização do Encéfalo

(LEGENDA DA FIGURA: 52)

- 01 – Artéria comunicante anterior
- 02 – Artéria cerebral anterior
- 03 – Artéria oftálmica
- 04 – Artéria carótida interna
- 05 – Artéria antero-meial
- 06 – Artérias estriadas laterais
- 07 – Artérias ânero-laterais
- 08 – Artérias lentículo-estriadas laterais
- 09 – Artéria comunicante posterior
- 10 – Artérias póstero-mediais
- 11 – Artérias tálamo-perfurantes
- 12 – Artérias tálamo-geniculadas
- 13 – Artéria cerebral posterior
- 14 – Artéria cerebelar superior (Circunferencial longa)
- 15 – Artérias pontinas paramedianas.
- 16 – Artéria basilar
- 17 – Artéria labiríntica
- 18 – Artéria cerebelar antero-inferior (também é uma artéria Circunferencial longa).
- 19 – Artéria vertebral
- 20 – Artéria espinhal anterior (à direita e à esquerda).
- 21 – Artéria espinhal anterior (formada pela fusão das duas artérias Espinhais anteriores, com origens nas artérias vertebrais.
- 22 – Artéria cerebelar póstero-inferior
- 23 – Artéria espinhal posterior
- 24 – Artéria cerebral média.

(LEGENDA DA FIGURA: 53)

1. Gânglio sensorial trigeminal. – 2. Ramo oftálmico (V-1) do Nervo Trigêmeo. – 3. Ramo maxilar (V-2) do Nervo trigêmeo. – 4. Ramo mandibular (V-3) do nervo trigêmeo. – 5. Globo ocular esquerdo. – 6. Glândula lacrimal. – 7. Alça lacrímal. – 8. Gânglio esfenopalatino. – 9. Revestimento mucoso nasal. – 10. Nervo vidiano. – 11. Gânglio geniculado do nervo facial. – 12. Gânglio sensorial superior do nervo glossofaríngeo, para fibras (F.A.S.G.) 13. Gânglio sensorial inferior do nervo glossofaríngeo. – 14. Ramo do nervo facial com (F.A.S.G.), para a região de Hansey Hunt. – 15. Ramo do nervo facial com (F.A.S.G.) para a mesma região. – 16. Nervo petroso profundo (carotídeo). – 17. Ramo do nervo facial com (F.E.V.G.), parassimpáticas unindo-se às fibras simpáticas do nervo petroso profundo, constituindo o nervo vidiano. – 18. Gânglio óptico. – 19. Nervo timpânico, ramo do nervo glossofaríngeo. – 20. Ramo auriculo-temporal do nervo trigêmeo. – 21. Ramo de divisão anterior (sensorial) do nervo mandibular com: (F.A.V.G.), (F.A.V.E.) e (F.E.V.E.). 22. Ramo de divisão (motor) do nervo mandibular (F.E.V.E.). – 23. Nervo da corda do tímpano, ramo do nervo facial. – 24. Tronco principal do nervo facial, com (F.E.V.E.), para os músculos mímicos da hemiface esquerda. – 25. Ramo do nervo glossofaríngeo, com (F.A.V.E.) e (F.A.S.G.) destinadas ao terço posterior da mucosa dorsal da hemilíngua esquerda, para a sensibilidade geral e especial desta região da lingual – 26. Nervo lingual com fibras do nervo trigêmeo (F.A.S.G.) e fibras do nervo facial (F.A.V.E.) e (F.E.V.E.). 27. Lingual com seus dois terços anteriores relacionados ao nervo trigêmeo (sensibilidade geral) e facial (Sensibilidade gustativa) e seu terço posterior, com ramos para a sensibilidade geral e especial (Nervo glossofaríngeo). – 28. Glândula sub-lingual. – 29. Glândula sub-mandibular. – 30. Gânglio sub-mandibular. – 31. Glândula parótida. – 32. Nervo glossofaríngeo com: (F.A.V.G.), para o seio e corpusculos carotídeos. – 33. Fibras (F.E.V.E.) do nervo glossofaríngeo para o músculo estilo-faríngeo esquerdo. – 34. (F.E.V.E.) do núcleos branquiomotor inferior do nervo facial esquerdo, com destino aos músculos mímicos faciais homolaterais. – 35. (F.E.V.E.) do núcleo branquiomotor superior do nervo facial, destinados aos músculos mímicos (parte inferior). – 36. Nervo auricular, ramo do nervo vago. – 37. Nervo meníngeo, ramo do nervo vago, para a duramater da fossa craniana posterior. – 38. Gânglio sensorial superior (jugular), do nervo vago. – 39. Gânglio sensorial inferior do nervo vago. – 40. Artéria comunicante posterior. – 41. Artéria cerebral posterior. – 42. Artéria cerebelar superior. – 43. Artérias pontinas. – 44. Artéria basilar. – 45. Artéria cerebelar antero-inferior. – 46. Artéria vertebral. – 47. Artéria espinhal anterior. – 48. Artéria cerebelar pósterio-inferior. – 49. Artéria espinhal posterior.

“FEED-BACK “ SOMATOSSENSORIAL PARA O CÓRTEX MOTOR.

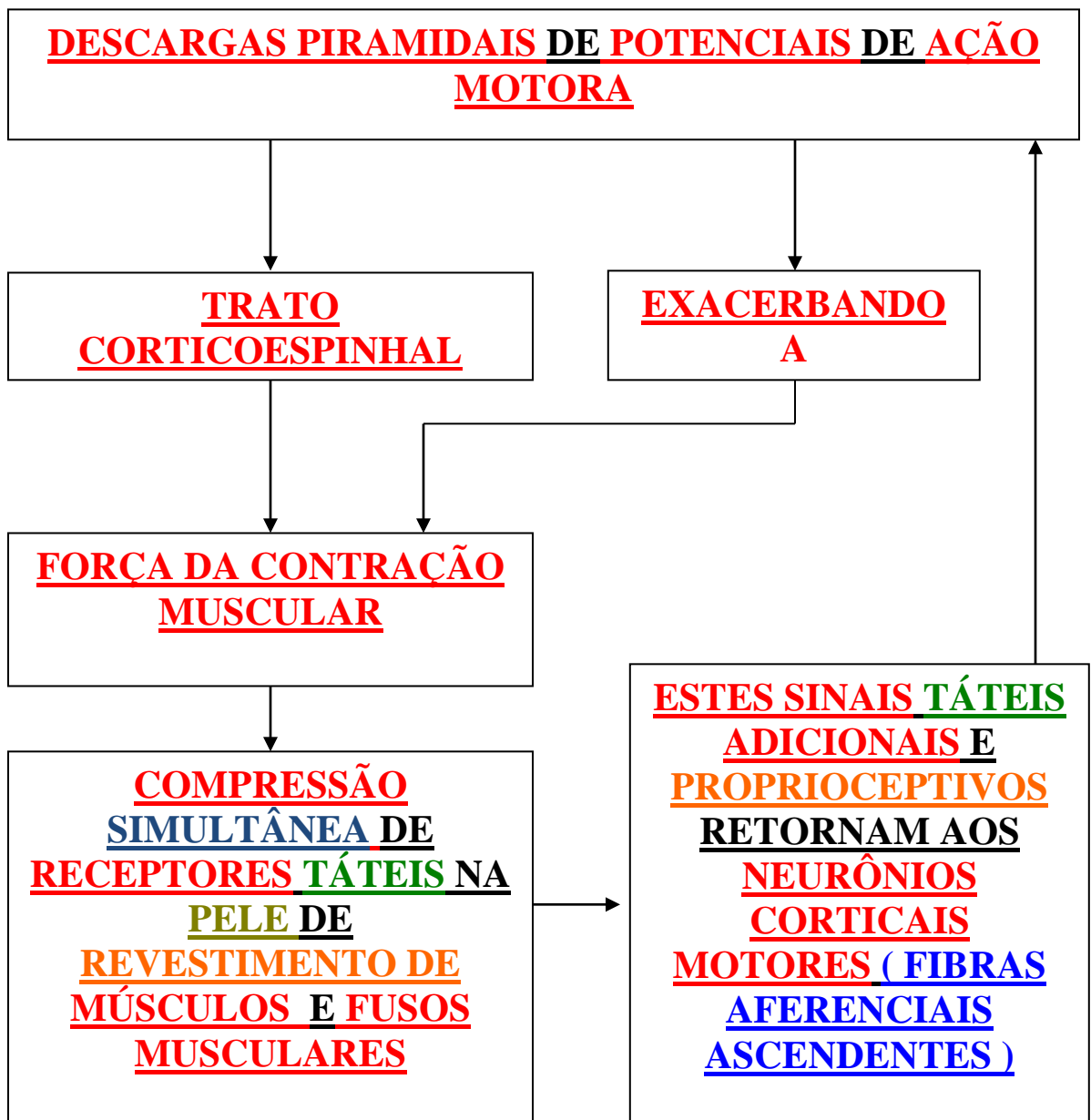


FIG.: 54

16º) - CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DO CEREBELO

O “cerebelo” é uma das estruturas anatômicas do Sistema Nervoso Central, da maior importância, na realização dos movimentos, sob o ponto de vista morfo-funcional, sendo, sua citoarquitetura, uma das mais perfeitas, homogêneas e organizadas do referido sistema.

Entretanto, infelizmente, no seu estudo, ainda não possuímos todos os dados reais, que nos permitam compreender, sua real e completa programação computacional.

Para que tal estágio do conhecimento, sobre este órgão, seja totalmente dominado, necessitaremos, ainda, de muitas investigações experimentais, utilizando métodos e registros celulares cerebelares, ainda desconhecidos.

Significativa parte dos conceitos emitidos, em função do controle dos movimentos, pelo cerebelo, permanecem no terreno especulativo. Todavia, os prognósticos especulativos, na verdade, são necessários ao desenvolvimento das pesquisas. São verdadeiros “guias teóricos”, orientando as experiências, em seus testes.

Entretanto, diversos aspectos, quanto às suas funções, são inquestionáveis, ou seja:

- As lesões cerebelares, não produzem paralisias ou paresias.
- Tais lesões, pelo contrário, estabelecem uma queda ou desaparecimento da energia muscular.
- Sua presença funcional perfeita, é de suma importância, na realização de ações motoras uniformes, precisas e coordenadas.
- É importante, na manutenção da postura estável, seja ela: estática ou dinâmica
- Sua integridade morfológica e funcional, é da maior importância, no aprendizado de padrões motores complexos.
- É da maior importância, nos processos morfo-funcionais de correções de movimentos, inadequadamente realizados, se comparados com os planos dos movimentos corticais traçados.

Finalmente, em relação aos principais sinais de “disfunções cerebelares”, estas se encontram envolvidas com:

- Instabilidade postural (arquicerebelo ou vestíbulo-cerebelo), envolvendo distúrbios relacionados ao equilíbrio, orientação e postura.
- Disfunção motora, durante o estágio de realização do movimento (paleocerebelo ou espino-cerebelo): execução do movimento.
- Distúrbios do sincronismo regular, entre o “início” e o término dos movimentos, demonstrando inadequação, entre os “planos de movimentos traçados corticalmente” e o movimento, realmente realizado (envolvido com o neo-cerebelo ou cérebro-cerebelo).

Tais quadros, que caracterizam “síndromes cerebelares”, podem surgir isoladamente ou combinados, do “arquicerebelo, do paleocerebelo ou do neocerebelo (ou cérebro-cerebelo).

17º) - RESUMO DOS OBJETIVOS FUNCIONAIS DO CEREBELO.

O “cerebelo” (figs.: 11, 12, 13, 47, 48 e 49), considerando seus objetivos funcionais, a serem cumpridos, auxilia, tanto na seqüência das atividades motoras dos movimentos, como também, em sua monitorização e modulação, sendo capaz, inclusive, de realizar, de forma extremamente, rápida, correções em movimentos executados, porém, em desacordo com o “plano motor cortical”, passado ao conhecimento do cerebelo (fig.: 02).

Para a realização de tais funções de tamanho importância, chegando ao ponto de influenciar taxativamente, outras estruturas importantes encefálicas e envolvidas com as atividades motoras, o “cerebelo” recebe, de forma contínua e atualizada, inúmeras informações completas, de todos os lados, ou seja: recebe informações das áreas corticais motoras (principalmente das áreas corticais motoras: 4 e 6 de Brodmann, associadas às áreas corticais sensoriais parietais 5 e 7 de Brodmann), além de receber informações, oriundas de áreas periféricas (informações aferenciais sensoriais contínuas (conexões aferenciais sensoriais de áreas periféricas, através das “fibras musgosas”, que são fibras aferenciais ao cerebelo, oriundas dos sistemas somatossensoriais, através dos tratos: espino-cerebelar ventral cruzado, espino-cerebelar direto (dorsal), cuneocerebelar, espino-cerebelar rostral, das vias vestibulares inconscientes, bem como, de vias específicas auditivas, a partir dos núcleos cocleares, vias visuais, oriundas das áreas corticais occipitais e do colículo superior mesencefálico. Estas fibras constituem o maior contingente de fibras, para a condução de estímulos ao cerebelo, além, é claro, das vias originadas nos núcleos da formação reticular do tronco encefálico e dos núcleos pontinos, que participam das projeções “cortico-ponto-neocerebelares” (figs: 15, 30, 31, 32, 42 e 45). Finalmente, das “fibras trepadeiras”, ambas conduzindo informações eferenciais corticais motoras ao cerebelo (figs.: 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 25.1, 30, 31, 32, 42 e 43).

Tais informações, recebidas pelo cerebelo, o capacitam determinar as modificações seqüenciais, de cada parte anatômica do corpo, em relação à sua posição no espaço, num dado momento do movimento, sua velocidade de movimento (ou de deslocamento) e nível, dos diversos tendões e grupos musculres, envolvidos com os respectivos movimentos.

Neste processo comparativo, entre o “plano cortical motor do movimento” e o “movimento realmente realizado” (ou em fase de realização), havendo qualquer discordância, o cerebelo interfere, encaminhando seus sinais computadorizados e instantâneos, não apenas de volta ao “sistema motor cortical”, para a “redução ou aumento” dos níveis de atividade cortical dos músculos específicos do referido movimento, como também, encaminha estes sinais aos diversos fascículos componentes do sistema supra-espinhal do tronco encefálico. (ou extra piramidal), para a ação sobre as “alças gama musculares” (fig.: 10).

Além do mais, o cerebelo, antevendo a necessidade de uma perfeita coordenação e modulação de músculos, entre o movimento planejado no nível cortical e aquele movimento em desenvolvimento, porém, inadequado, se antecipa, auxiliando o córtex cerebral no planejamento do próximo movimento seqüencial, quase instantaneamente, objetivando, com esta interferência, evitar transtornos mecânicos, entre os dois movimentos, simultaneamente, evitando a todo o custo, qualquer trepidação neuronal, durante o transcurso, entre o “final” de um movimento e o “início” de outro movimento adequado”.

Assim, o cerebelo é, também, uma “fabrica de realização e fixação de aprendizados motores e respectivas memórias”, para movimentos aprendidos e realizados, através dos “neurônios geradores de padrões cerebelares” (G.P.C.).

Para isto, os núcleos cerebelares centrais: denteado (neocerebelo), capacidade de, através das “variações para maior ou para menor, modificar os “disparos de potenciais de ação dos referidos núcleos em repouso (20 a 30 disparos de potenciais de ação por segundo), encaminhando informações computadas no cerebelo, na unidade de tempo de um segundo.

Estas informações cerebelares abandonam o cerebelo, através destes núcleos cerebelares centrais. (figs.: 14, 15, 21, 25.1, 31 e 33).

Assim, as descargas de potenciais de ações médios, de cada um dos núcleos cerebelares centrais, varia em torno de 20 / 30 potenciais de ação, por segundo. Neste caso, poderemos ter esta variação, para maior ou para menor.

No caso de termos uma variação destes disparos de potenciais de ação, para menos de 20 descargas de potenciais de ação por segundo, os sinais nucleares cerebelares se tornam “inibitórios” e serão encaminhados ao “córtex cerebral”, reduzindo a intensidade da atividade cortical cerebral”.

Da mesma forma, a variação destas descargas de potenciais de ação, por segundo, acima desta média basal, em repouso, proporcionará uma maior ativação cortical motora, gerando, portanto, “sinais excitatórios”, os quais serão, da mesma forma, encaminhados, de volta ao córtex motor cerebral”, aumentando a ativação cortical motora”

Com isso, o cerebelo poderá, portanto, “reduzir” ou “aumentar” os “sinais de ativação cortical”, de forma instantânea, melhorando, desta forma, a realização do próximo movimento” ou de suas “correções de erros de movimentos”.

Portanto, para que o cerebelo possa executar estas ações coordenadoras e moduladoras, com fidelidade e qualidade, sobre os movimentos, necessitará das afferências e eferências, centrais e periféricas, além de ser imprescindível, o apoio dos: “núcleos da base”, do tálamo, do hipotálamo, do tronco encefálico, da medula espinhal e do sistema supra-espinhal (figs.: 02, 10, 14, 18, 25 e 33).

Enfim, agora, temos consciência, de que todas as estruturas anatômicas de nosso encéfalo, são da maior importância, no perfeito desenvolvimento dos movimentos, em sua coordenação, regulação e modulação, envolvendo sua integração, entre sua divisão funcional, filogenética e ontogenética.

18°) - RESUMO FINAL DO PROVÁVEL PADRÃO “LIGA / DESLIGA” DOS MECANISMOS MORFO-FUNCIONAIS DAS CONTRAÇÕES MUSCULARES: AGONISTAS / ANTAGONISTAS.

O “padrão liga / desliga” das contrações “agonistas / antagonistas”, se inicia com um “sinal excitatório potente”, oriundo do córtex cerebral, na formação do grande “trato cortico-espinhal descendente da medula espinhal (fig.: 45), que se dirige diretamente aos “músculos agonistas”, com o objetivo de desencadear as contrações musculares agonistas de “início do movimento” (figs.: 42 e 45).

Entretanto, simultaneamente a estas descargas de potenciais de ação, através do trato cortico-espinhal, são encaminhados sinais paralelos excitatórios, através das “fibras musgosas” do “circuito: cortico-ponto-cerebelar”, em direção ao cerebelo, conforme explicitado, às páginas: 166 em: “Resumo dos objetivos funcionais do cerebelo” (fig.: 42 e 45).

De cada fibra musgosa deste circuito, segue, também, um “ramo colateral”, em direção às células nucleares centrais do cerebelo (núcleos: denteado, globoso e emboliforme e fastígio) (fig.: 42).

Assim, no caso do neocerebelo (ou qualquer outro núcleo cerebelar), do núcleo denteado, emergem fibras com sinais excitatórios, em retorno ao sistema motor cortical espinhal (Trato cortico-espinhal), em seu córtex motor primário de origem, que se faz, seja através da região posterior do núcleo talâmico ventral lateral, de onde, outros neurônios, encaminharão seus axônios ao córtex motor primário e suplementar (fig.: 42) e através do núcleo vermelho (núcleo neorrúbrio) (fig.: 42), contralateral do tronco encefálico.

Deste núcleo vermelho (neorrúbrio contralateral, (fig.: 42), novos axônios emergirão, em direção descendente e contralateral, até alcançar os núcleos da formação reticular do tronco encefálico, (fig.: 42) (agora, contralaterais), com o objetivo de sustentar os sinais iniciais de contração muscular, que já foram estabelecidos, através do trato cortico-espinhal (figs.: 02, 24, 41 e 45).

Devido a este auxílio excitatório, prestado pelo cerebelo (neocerebelo, no caso) e realizado através do “circuito: cortico-ponto-cerebelo-dento-neorrúbrio-retículo-espinhal” (figs.: 41 e 42), o sinal de ligar músculos agonistas, millessegundos após, se torna mais forte, mais potente, pois, agora, teremos um somatório, envolvendo os primeiros sinais fornecidos pelo trato cortico-espinhal (fig.: 45)

aos músculos agonistas, associados, agora, aos sinais excitatórios musgosos do cerebelo (fig.: 42).

Assim, em casos de irregularidades do funcionamento do cerebelo, seja por doenças ou por traumatismos, estes sinais acessórios musgosos cerebelares de auxílio, não existirão e, com isso, a contração muscular, tornar-se-á mais fraca (figs.: 14 e 42).

Entretanto, este mecanismo de ligação dos músculos agonistas, deverá ser desativado, no devido tempo, ou seja, ao final do movimento.

No texto desta discussão, em seu segundo parágrafo acima, vimos que todas as fibras musgosas, encaminham um ramo colateral excitatório, para as células dos núcleos centrais do cerebelo (figs.: 42 e 14).

Além disso, estas fibras musgosas encaminham, também, um ramo colateral para o córtex cerebelar (fig.: 14 e 42), que termina, na camada das células granulares do cerebelo, em conexões, envolvendo, em torno de mais ou menos quinhentas células granulares, para cada célula musgosa, na camada granular do cerebelo (fig.: 14).

Os axônios destas células granulares cerebelares, conduzem os impulsos, para a camada molecular (ou camada superficial) e, por fim, colaterais destas fibras paralelas da camada molecular, estabelecerão conexões, com os dendritos das células de Purkinje (fig.: 14).

Entretanto, por serem, as células de Purkinje, inibitórias, inibirão as células dos núcleos centrais cerebelares (figs.: 14 e 42).

Todavia, os sinais excitatórios, das fibras paralelas, são extremamente fracos e levam algum tempo, para que haja, um somatório suficiente, para agir sobre as células de Purkinje, excitando-as. (figs.: 14 e 42). Porém, desde que tenha alcançado um somatório suficiente, a célula de Purkinje será excitada pelas fibras paralelas, ocasião, na qual, os sinais inibitórios das células de Purkinje, se dirigirão para as células dos núcleos cerebelares centrais (que, originalmente haviam sido ligados, no início do movimento), determinando, assim, o “desligamento dos músculos agonistas”.

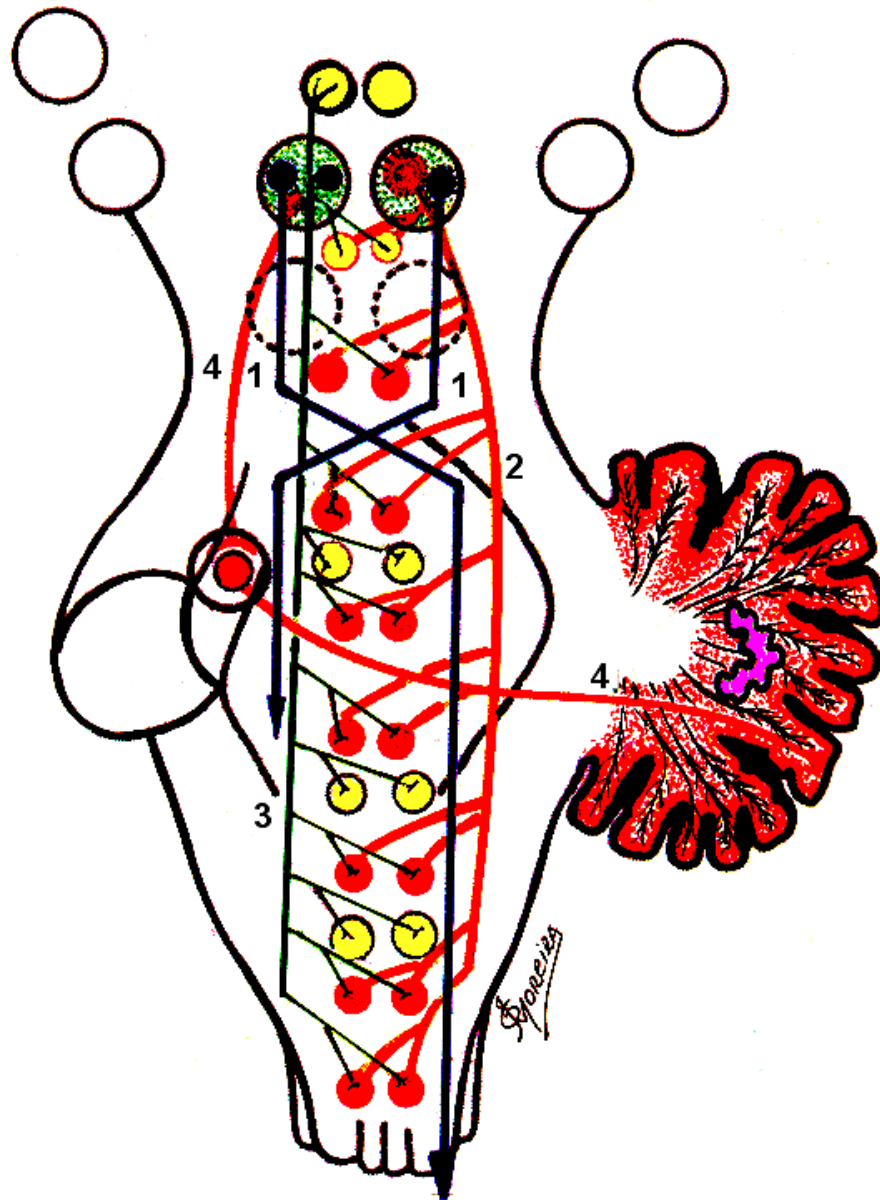
Na medula espinhal, encontramos os circuitos agonistas / antagonistas recíprocos, para, praticamente, todos os movimentos musculares, que possam se iniciar na medula espinhal.

Assim, os circuitos, para os mecanismos morfo-funcionais relacionados ao “liga/desliga” dos músculos antagonistas”, são circuitos semelhantes aos que foram descritos, porém, que agirão, em condições, inteiramente opostas, ou seja, enquanto, os mecanismos morfo-funcionais liga/desliga, para os músculos agonistas (ou seja, para o início dos movimentos), se encontram em desenvolvimento, desenvolvem-se, simultaneamente, idênticos mecanismos morfo-funcionais, que entram em ação, promovendo as mesmas modificações, porém, desta feita, em relação aos músculos antagonistas e com ações totalmente opostas, ou seja: no exato momento, em que os músculos agonistas, são desligados (final de movimento), acontece o mesmo, porém, para os músculos antagonistas.

Estes mecanismos morfo-funcionais, como já foi comentado, de certa forma, são especulativos, em significativa parte, pois, não se menciona nenhuma das condições funcionais nestes mecanismos, relacionadas aos neurônios corticais cerebelares (células estreladas, células em cesto, células de Golgi), todas elas de natureza inibitória, mas que, naturalmente, exercem influências ponderáveis, em ambos os mecanismos descritos de liga/desliga músculos agonistas e liga/desliga músculos antagonistas.

Conexões Eferentes do Colículo

Núcleos da formação reticular..... ■
 Núcleos motores segmentares do tronco encefálico..... ■
 Colículos superiores..... ■



1º) Trato tecto-espinhal cruzado..... —
 2º) Trato tecto-nuclear..... —
 3º) Trato tecto-reticular..... —
 4º) Trato tecto-ponto-cerebelar..... —

FIG.55

ÍNDICE ALFABÉTICO

Pág.

(A)

Anatomia macroscópica do cerebelo.....	1
Arquecerebelo.....	03, 04 e 05
Artéria cerebelar superior.....	118
Artéria cerebelar ântero-inferior.....	118
Artéria cerebelar pósterio-inferior.....	119
Artérias da base do encéfalo: preparação anatômica mostrando os sistemas arteriais Da base do encéfalo e a distribuição de suas artérias e polígono de Willis.....	120

(C)

Camada de células de Purkinje.....	06 e 23
Camada molecular do cerebelo.....	23
Camada granular do cerebelo.....	23 e 26
Cerebelo.....	01
Cérebro-cerebelo.....	04, 14 e 28
Células de Purkinje.....	06
Cerebelo: origem do sistema nervoso supra-segmentar.....	22
Células em Cesto.....	23 e 24
Células de Golgi.....	24, 26, 27 e 30
Células granulares.....	24
Células estreladas.....	34
Circuitos intrínsecos do cerebelo.....	30 e 41
Circuito: cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical.....	50 e 97
Citoarquitetura do cerebelo.....	23
Corpo restiforme.....	06 e 102
Corpo justa-restiforme.....	06 e 102
Corpo medular do cerebelo.....	22
Córtex cerebelar.....	28
Complexo olivar bulbar inferior, grande analista de programa.....	31

Conexões do núcleo cuneiforme lateral com o cerebelo.....	41
Conexões do cerebelo com os núcleos pontinos.....	43
Conexões do cerebelo com o complexo olivar bulbar inferior.....	43
Conexões do cerebelo com o núcleo vermelho (rubro).....	50
Conexões do cerebelo com os núcleos vestibulares.....	51
Conexões do cerebelo como tálamo.....	54
Conexões do cerebelo com o hipotálamo.....	54

Conexões do cerebelo com os núcleos da formação reticular do tronco encefálico.....	55
Conexões teto-ponto-cerebelares.....	55
Conexões trigêmeino-talâmicas.....	55
Conexões e relações anatômicas do cerebelo.....	116
Como contribuiria o cerebelo para a sutileza e habilidade dos movimentos.....	75
Condições básicas morfo-funcionais necessárias ao cerebelo, para que o mesmo Possas corrigir erros de eventuais movimentos.....	90
Considerações especulativas sobre a ação do cerebelo, no mecanismo de acionamento Dos músculos agonistas em um movimento.....	80
Considerações finais clínicas e morfo-funcionais sobre o cerebelo.....	105
Considerações morfo-funcionais sobre o cerebelo.....	107

(D)

Desenvolvimento ontogenético do cerebelo.....	05
Depressão de longa duração (D.L.D.)L.....	33
Dismetria.....	76
Decomposição dos movimentos.....	76
Disdiadococinesia.....	76

(E)

Evolução filogenética do cerebelo.....	03
Evolução filogenética do cerebelo e o relacionamento morfo-funcional de cada fase.....	08
Espinocerebelo.....	04, 14 e 18
Exercícios especulativos aventados por diversos pesquisadores, que podem ajudar No entendimento do mecanismo morfo-funcional para ligar os músculos agonistas Em um movimento.....	81 e 82

(F)

Fases do desenvolvimento do sistema vestibulo-coclear.....	52
Fascículo longitudinal medial.....	59
Fibras trepadeiras (ou trepadoras ou olivo-cerebelares).....	01, 06, 23, 24, 30 e 34
Fibras musgosas.....	01, 24 e 34

Fibras fastígio-vestibulares.....	29
Fibras fastígio-reticulares.....	29
Fibras paralelas.....	23 e 34
Fibras aferentes monoaminérgicas para o cerebelo.....	36
Fibras interpósito-paleorrúbricas.....	71
Fissuras do cerebelo.....	17 e 18
Folhas (ou fólhos) do cerebelo.....	05, 06 e 17

Continuação do índice alfabético

(G)

Glomérulo cerebelar.....	26, 27 e 34
--------------------------	-------------

(I)

Importância do cerebelo.....	02
Inervação simultânea da célula de Purkinje pelas fibras: paralelas e trepadeiras.....	32
Interneurônios do cerebelo.....	34

(L)

Lesões hemisféricas cerebelares.....	77
Lesões do verme (ou vermis).....	77
Lobo posterior do cerebelo.....	05 e 18
Lobo anterior do cerebelo.....	05 e 18
Lobo flóculo-nodular.....	05 e 18
Lobos cerebelares.....	18
Lóbulos e fissuras do cerebelo.....	18

(M)

Mecanismo morfo-funcional simplificado, das ações do arquicerebelo e o Equilíbrio.....	86
Mecanismo morfo-funcional simplificado, da ação do paleocerebelo, na Coordenação do tônus muscular das alças gama.....	94
Mecanismo morfo-funcional simplificado da ação do neocerebelo sobre os Neurônios laterais motores da medula espinhal.....	96

(N)

Neocerebelo.....	04, 05, 17 e 18
Nistágmo.....	77
Núcleos cerebelares.....	17 e 28
Núcleos profundos do cerebelo.....	06 e 75

Núcleo denteado.....	06, 17 e 28
Núcleo emboliforme.....	06, 17, 28 e 29
Núcleo globoso.....	06, 17 e 29
Núcleos centrais do cerebelo.....	17 e 28
Núcleo fastigial (ou fastigio).....	28 e 29
Núcleo interpósito (ou interposto).....	29
Núcleos e vias vestibulares e suas conexões.....	60

Continuação do Índice Alfabético

Pág.

(O)

Organização somatotópica dos segmentos corporais, entre as informações cerebelares e dos Núcleos da base dirigidas ao núcleo talâmico ventral lateral.....	49
O cerebelo e o controle dos movimentos.....	66
O cerebelo e a evolução de seu estudo.....	110

(P)

Paleocerebelo.....	03, 04, 05 e 18
Pedúnculo cerebelar médio.....	06 e 102
Pedúnculo cerebelar inferior.....	06 e 102
Pedúnculo cerebelar superior.....	06 e 100
Planejamento do movimento.....	09
Participação do cerebelo, medula espinhal e tronco encefálico, no controle dos movimentos posturais e do equilíbrio.....	84

(R)

Rechaço.....	76
Representação topográfica do corpo humano, no cerebelo.....	14

(S)

Síndrome do arquicerebelo.....	76
Síndrome do paleocerebelo.....	76
Síndrome do neocerebelo.....	76
Sistema nervoso supra-segmentar e o cerebelo.....	22
Sistemas aferenciais que participam da formação das fibras musgosas e das fibras trepadeiras.....	31

Sistemas que fornecem as fibras musgosas ao cerebelo e fibras trepadeiras.....	37
Sistema modulador extratalâmico da atividade cortical e para o cerebelo, Serotoninérgico.....	38
Sistema modulador extratalâmico da atividade cortical e cerebelo, norepinefrínico.....	39
Sistema modulador extratalâmico da atividade cortical e do cerebelo, Histaminérgico.....	40

Complementação do Índice alfabético

	Pág.
Sistema modulador extratalâmico da atividade cortical e do cerebelo, Gabaérgico.....	40
Sistema de circuito aberto no hemisfério cerebelar.....	64
Sistemas arteriais vertebrobasilar e carotídeo na vascularização do cerebelo.....	122
Vista ventral do tronco encefálico, mostrando sua circulação arterial (sistema Vértebro-basilar).....	124

(T)

Trato espinocerebelar direto (ou dorsal).....	03
Trato espinocerebelar cruzado (ou ventral).....	03 e 04
Trato espinocerebelar rostral.....	03 e 04
Trato cuneocerebelar.....	03 e 87
Trato tegmentar central e suas conexões com as fibras trepadeiras.....	43
Tratos: espinocerebelar direto (ou dorsal) e ventral (ou cruzado).....	71, 87, 92 e 95

(U)

Unidades funcionais do cerebelo.....	01, 24 e 74
--------------------------------------	-------------

(V)

Vascularização do cerebelo.....	118
Verme (ou vermis).....	07, 14 e 17
Vias ascendentes espinocerebelares.....	04
Vias cérebro-cerebelares: os circuitos fechados da pars intermédia do córtex Cerebelar e o sistema de circuito aberto nos hemisférios cerebelares.....	62
Vias espinocerebelares: direta e cruzada.....	69
Vias cérebro-cerebelares.....	99

(Z)

Zona intermediária do hemisfério cerebelar.....	07 e 14
Zona lateral do hemisfério cerebelar.....	07 e 14

SUGESTÕES DE LEITURA:

- BEAR, M.L., KIERNAN, A. – *The Human Nervous System.* - 5th ed. , J.B. Lippincot Philadelphia, 1988.**
- BEAR, M.L., CONNORS, B.W., PARADISE, M.A. – *Neuroscience. Exploring the Brain.* – 2. Aufl, Williams u. Wilkins, Baltimore, 2.000.**
- BURT, A.M. – *Neuroanatomia.* – Ed. Guanabara Koogan S/A, R. Jan. , 1999**
- CASAS, A.P. e BENGOCHEA, M.E. – *Morfologia, Estructura y Funcion de Los Centros Nerviosos.* – Ed. Paz Montavo, Madrid, 1967**
- . CARPENTER, M.D. – *Human Neuroanatomy.* – 18a. ed., Ed. Baltimore, Williams & Wilkns, 1983.**
- . DELMAS, A. – *Voies et Centres Nerveux.* 9éme. ed., Masson et Cie. Éd. Paris, 1970**
- . GUYTON, A.C. – *Neurociência Básica. Anatomia e Fisiologia.* – R.Jan., 1993 Sul Ltda., S. Paulo, 1996.**
- GHYTON, A.C. and HALL, J.E. – *Textbook of Medical Physiol.- 9th ed.,* Ed. Saunders, Philadelphia, 1996.**
- . MARTIN, J.H. – *Neuroanatomia.* – Ed. Artes Médicas Sul Ltda., Porto Alegre, 1998.**
- . MACHADO, A. – *Neuroanatomia Funcional.* – Ed. Livr. Atheneu S/A, 2^a. ed. Rio de Jan., 1974**

- . MENESES, M.S. – *Neuroanatomia Aplicada*. – Ed. Guanabara Koogan S/A, Rio de Jan., 1999.
- MOREIRA, E.S. – *Atlas de Neuroanatomia Funcional em C.D.Livro, com vinte e Seis volules*. Ed. F.O.A. do Centro Universit. De Volta Redonda, (UniFOA), Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2010.
- MOREIRA, E.S. – *Atlas Anatômico de Dissecações Segmentres: Nervos e Plexos Medulares*. – Ed. F.O.A. do Centro Universit. De Volta Redonda, (UniFOA), Volta Redonda, Rio de Jan., 2011.
- . NOBACK, C.R. and DEMAREST, R.J. – *The Human Nervous Sistem. Basic Principles of Neurobiology*. – 2a. ed., Mc Graw-Hill Book Co., A Blakiston Publ. , New York, 1975.
- . SCHÜNKE, M. e Col. – *Prometheus. Atlas de Anatomia: Cabeça e Neuro-Neuroanatomia*. - 1ª ed., Ed. Guanabara Koogan, S.A., R .J., 2007
- . SNELL, R.S. – *Neuroanatomia Clínica, para estudantes de Medicina*. - Ed. Guanab. Koogan, S.A., Rio de Jan., 20
- . TORTORA, G.J. – *Princípios de Anatomia Humana*. – 10ª ed., Ed. Guanabara Koogan S.A., R.J., 2007

REFERÊNCIAS:

- ALLEN, G.I. and TSUKAHARA, N. – *Cerebrocerebellar Communication Systems*. – *Physiol. Rev.*, 54:957-1006, 1974
- BLOEDEL, J. R., and COURVILLE, J. – *Cerebellar Afferent Sistem*. - In BROOKS, V. B., (Ed.): *Handbook of Physiology*. II(1), Bethesda, M.d., American Physiological Society, 1981.
- BROOKS, V.B., and THACH, W.T. – *Cerebellar Control of Posture and Moviment*.- In *Handbook of Physiology*, II (1), Tethesda. Md., American
- BOWER, J.M. e PARSONS, L.M. *O Cerebelo reconsiderado*. *Scientific Americam Brasil*, 16: 68-73, 2003.

- ECCLES, J.C.** – *The Cerebellum as a Computer. – Patterns in Space and Time.* – **J. Physiol., 228:32, 1973a.**
- ECCLES, J.C.** – *O Conhecimento do Cérebro.* – Ed. Aheneu e Ed.Univ.S.Paulo, **1979.**
- . HOLMES, G.** – *The Cerebellum of Man.* – **Brain, 62: 11-30** Physiological Society, (62): 11 – 30, **1939.**
- ITO, M.** – *The Cerebellum and Neural Control.* – **New York, Raven Press, 1984.**
- . ITO, M.** – *A new Physiological concept of Cerebellum.* – **Rev. Neurol., 1990**
- . KING, J.S. (Ed.)** – *New Concepts in Cerebellar Neurobiology.* – **Alan R. Liss. Inc. New York, 1987.**
- KORNHUBER, H.H.** – *Cerebral Cortex, Cerebellum and Basal Ganglia. – Ab Introduction to Their Motor Function, in F.O. Schimitt and F.G. Worden (eds), 1974.*
- . LLINAR, R.R.** – *The Cortex of the Cerebellum.* – **Sc. Am., 232: 56, 1975.**
- . MARR, D.A.** – *Theory of Cerebellar Cortex.* – **J. Physiol., 202:437-470, 1969.**
- . PAULIN, M.G.** – *The Role of the Cerebellum in Motor Control and Perception.- Brain Behavior and Evolution., 41:39-50, 1993.*
- . STRATA, P. (Ed.)** – *The Olivocerebellar System in Motor Control. P- Springer Verlag., Berlin, 1989.*
- THACH, W.T.** – *Cerebellar Output: Properties, Synthesis and Uses.* – **Brain Res., 40:89-97, 1972**
- . THACH, W.T.; GOODKING, H.G.; KEATING, J.G.** – *Cerebellum and The Adaptive Coordination of Movement.- Ann. Neurosc., 15:403-442,1992.*