

COLEÇÃO MONOGRAFIAS NEUROANATÔMICAS MORFO-FUNCIONAIS

VOLUME 23

TELENCÉFALO: V - O MOVIMENTO,
SEU PLANEJAMENTO, SUA EXECUÇÃO,
OS MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS
E AS ESTRUTURAS ANATÔMICAS ENVOLVIDAS



PROF. ÉDISOM DE SOUZA MOREIRA

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**

**COLEÇÃO MONOGRAFIAS
NEUROANATÔMICAS MORFO-FUNCIONAIS**



Volume 23

**TELENCÉFALO: V - O MOVIMENTO, SEU PLANEJAMENTO, SUA
EXECUÇÃO, OS MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS E AS
ESTRUTURAS ANATÔMICAS ENVOLVIDAS**

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

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

M835t Moreira, Édison de Souza.

Telencéfalo V: o movimento, seu planejamento, sua execução, os movimentos voluntários e as estruturas anatômicas envolvidas. [recurso eletrônico]. / Édison de Souza Moreira. - Volta Redonda: UniFOA, 2017. v.23. p.70 II

(Coleção Monografias Neuroanatômicas Morfo-Funcionais)

ISBN: 978-85-5964-063-2

1. Anatomia humana. 2. Telencéfalo. 3. Estruturas anatômicas. I. Fundação Oswaldo Aranha. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 611

Profº. 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.

Síntese do Controle da Função Motora: Estruturas anatômicas relacionadas	01
O “Cerebelo”	01 e 06
A estrutura morfo-funcional das alças diretas e indiretas.....	06
Os “Núcleos da Base” e sua importância nos Movimentos	06
O “Tálamo” e sua importância nos movimentos	14
As “Fibras Trepadeiras” e sua participação nos movimentos	28
As “Fibras Musgosas” e sua participação nos movimentos	35
As “Células de Purkinje” e os movimentos.....	35
Síntese das Regiões-Chave, para o controle dos movimentos’	62
Planificação das ações motoras, quanto às planificações motoras em relação aos Esportistas e Artistas	64
O Potencial de Prontidão, com início dos movimentos e o controle do córtex motor ...	66

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

	Pág.
O planejamento, a execução dos movimentos voluntários, e as estruturas anatômicas Envolvidas	01 e 02
O Planejamento motor dos movimentos voluntários, envolve diversas áreas Corticais.....	02
Regiões Motoras sub-corticais.....	02
A participação do Cerebelo nos Movimentos Voluntários.....	02
A participação dos Núcleos ou Gânglios da base, no Planejamento e realização Dos Movimentos	03
A participação das “Alças Anatômicas Diretas”, nos mecanismos morfo-Funcionais de realização dos movimentos voluntários	03
A participação do Tálamo na realização dos movimentos	03
Córtex Motor primário (M-I) ou Área 4 de Brodmann e sua participação nos Mecanismos morfo-funcionais dos Movimentos	03
As áreas motoras e suas importâncias nos movimentos, segundo Penfield e Rasmussen	05
Área cortical prémotora	06
Área motora suplementar.....	07
Trato (ou feixe) Corticoespinal.....	08
O papel desempenhado pelas fibras sensoriais somáticas, em suas aferências ao Córtex motor, para o desencadeamento das ações das Alças motoras corticais.....	10
O Cerebelo e sua participação nos mecanismos morfo-funcionais dos Movimentos	15
Os Tratos: Espinocerebelares Dorsal e Ventral, ascendentes ao Cerebelo e suas Participações nos mecanismos morfo-funcionais dos Movimentos	15
A importância dos órgãos: Cerebelo, Núcleos ou Gânglios da base, Alças Anatômicas Diretas, Alças anatômicas Indiretas, a Medula espinhal, nos Movimentos	20
As funções dos Núcleos da base e do Tálamo, nos mecanismos morfo-funcionais Dos Movimentos	28
O Cerebelo e sua associação às ações : da Medula espinhal, do Tronco encefálico, Dos Tratos espinocerelelares, na participação do controle dos Movimentos.....	46
Síntese das Regiões-Chave, para o Controle dos Movimentos	62
Considerações especiais sobre o Córtex cerebral, quanto à planificação das Ações Motoras em esportistas e artistas	64
O Potencial de Prontidão, o início dos Movimentos e o controle do córtex motor, Pelo Córtex cerebral	66

ÍNDICE ICONOGRÁFICO

	Pág.
Quadro sinóptico do “Planejamento dos Movimentos”	16
Áreas corticais motoras	17
Áreas da classificação de Brodmann, na superf. Lateral do hemisfério cerebral	18
Detalhes anatômicos das partes do “sulco central” do hemisfério cerebral	18
Diagrama das camadas do córtex cerebral	19
Projeções cerebelares, núcleo ventral lateral do tálamo e áreas corticais motoras.....	21
Áreas corticais motoras e as projeções dos núcleos da base	22
Tálamo, seus principais núcleos e suas conexões: aferentes e eferentes.....	22
Circuitos: córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical e cortico-ponto-cerebelo-neorrúbro-retículo-espinhal	24
Vias espinocerebelares: direta, cruzada e via interpósito-paleorrúbrica-tálamo-Cortical	25
Circuitos morfo-funcionais de regulação dos movimentos, envolvendo diversas Alças anatômicas: límbica, oculomotora, motoresquelética e de associações 1 e 2	26
Vias eferentes somáticas motoras corticais e vias supraespinhais	27
Desenho esquemático da alça direta.....	29
Desenho esquemático da alça indireta.....	30
Desenho esquemático da alça límbica	31
Desenho esquemático da alça oculomotora.....	32
Circuito morfo-funcional de regulação dos movimentos, envolvendo as alças: límbicas, e oculomotoras.....	33
Desenho esquemático da alça de associação 1	34
Circuito morfo-funcional de regulação dos movimentos, envolvendo as alças: Límbicas, oculomotoras e de associações 1	35
Desenho esquemático da alça motoresquelética.....	36
Desenho esquemático da alça de associação 2	37
Circuito morfo-funcional de regulação dos movimentos, envolvendo as alças Anatômicas: límbicas, oculomotoras, motoresqueléticas e de associações 1 e 2	38
Desenho esquemático, mostrando o mecanismo de deficiência e área de lesão Nigro-estriatal da substância negra, na doença de Parkinson.....	39
Desenho esquemático do mecanismo morfo-funcional da doença de Huntington.....	40
Desenho esquemático do mecanismo morfo-funcional do Hemibalismo	41
Complexo olivar bulbar inferior e as diversas vias ou tratos que participam da Constituição do trato tegmentar central ou (feixe central da calota)	43
Desenho esquemático do trato tegmentar central (feixe central da calota)	44
Desenho esquemático da “Citoarquitetura” do cerebelo	47
Desenho esquemático das conexões entre Paleocerebelo, paleorrúbro. Via paleo-Cerebelar-paleorrúbrica-espinhal cruzada, formação reticular e núcleos segmentares	48
Desenho esquemático do córtex do cerebelo, paralelo à sua superfície dorsal, Mostrando seus núcleos profundos (fastigio, interpósito e denteado).....	50

Complementação do Índice Iconográfico:

	Pág.
Desenho esquemático do cerebelo, mostrando suas divisões ontogenéticas (arquicerebelo, paleocereelo e neocerebelo) e respectivas conexões	51
Desenho esquemático do reflexo patelar, em seu mecanismo morfo-funcional	52
Desenho esquemático morfo-funcional do mecanismo de ações inibitórias das “Células de Renshaw”	52
Desenho esquemático do arquicerebelo, suas conexões com os núcleos vestibulares, Com a formação reticular e o fascículo longitudinal medial e suas conexões.	53
Desenho esquemático do fascículo longitudinal medial e suas conexões	55
Desenho esquemático da constituição do trato: retículo-espinhal mediano e Retículo-espinhal lateral	56
Desenho esquemático das principais conexões aferentes e eferentes do colículo Superior	58
Desenho esquemático do reflexo de piscar.....	59
Complexo olivar bulbar inferior e suas conexões	61

APRESENTAÇÃO

Após o lançamento da primeira edição de nosso trabalho, em formato de “CD-Livro”, intitulado: **“Atlas de Neuroanatomia Morfo-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, envolvidos com o ensino e a aprendizagem da mesma Disciplina, ou seja, a **“Neuroanatomia Funcional”**.

Como resultado, recebemos, de alguns dos referidos professores, sugestões para fazer o pinçamento de assuntos do referido trabalho, estruturando, assim, uma **“Coletânea de Monografias Neuroanatômicas Morfo-funcionais”**, com conteúdo, também voltado para os **“cursos de pós-graduação”**.

Considerarei as referidas sugestões totalmente válidas, surgindo, desta forma, o início da atual **“Coletânea : Monografias Neuroanatômicas Morfo-funcionais”**, dentre os quais, nesta oportunidade estamos concluindo, mais uma parte do **trabalho monográfico, intitulado: “O Planejamento e Execução dos Movimentos voluntários e as estruturas anatômicas envolvidas”**.

O ensino e a aprendizagem da **Neuroanatomia Funcional**, deve, 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, com a exposição dos textos da **“Anatomia geral** descritiva, ficando, de certa forma, alijado do estudo da **Neuroanatomia Central**.

Considerando o critério anatômico utilizado, para a divisão do **“Sistema nervoso em: Sistema nervoso central e sistema nervoso periférico”**, o **sistema nervoso central** recebe esta denominação, pelo fato de **estar localizado** no **interior** do **esqueleto axial**, formado pelas **cavidades: craniana e pelo canal vertebral**, enquanto, o **sistema nervoso periférico**, receberia esta denominação, por se encontrar localizado fora do **esqueleto axial**, ou seja: fora das **cavidades cranianas 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, essa divisão do **sistema nervoso**, segundo este **critério anatômico**, satisfaz, 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 disso, diversos gânglios pertencentes ao sistema nervoso periférico, encontram-se dentro do esqueleto axial, seja do crânio ou do canal vertebral.

O fato de se utilizar esta 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.

Desta forma, penso que, nós Professores da Neuroanatomia humana, devemos encontrar os meios mais cientificamente adequados e práticos, para a exposição de nossos cursos.

Por este motivo acrescentamos, no primeiro volume da “coletânea de Monografias”, o estudo deste sistema nervoso periférico, apresentando, inclusive, desenhos realizados pelo Autor, diretamente de peças e cortes, também por nós preparadas e dissecadas, com o objetivo de facilitar o estudo prático da “Neuroanatomia funcional periférica”.

Finalizando esta apresentação, externamos nossa gratidão Ao nosso neto, Dr. Bruno Moreira Garcia, pela inquestionável qualidade computacional gráfica emprestada ao trabalho, à Dra. Sônia Cardoso Moreira Garcia, Psicólogo da Instituição, à Sra. Loyde Cardoso Moreira, minha esposa 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) e à Direção da Fundação Oswaldo Aranha, 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

O PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DOS MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS E AS ESTRUTURAS ANATÔMICAS ENVOLVIDAS

O “Planejamento motor dos movimentos voluntários e as estruturas anatômicas relacionadas”, será precedido por uma “sinopse”, envolvendo todas as estruturas anatômicas, relacionadas a este planejamento, na seguinte ordem:

1. Planejamento motor e as áreas corticais envolvidas com os movimentos
2. Córtex motor primário (M-I) e suas funções nos movimentos voluntários.
3. Origem, estrutura, direção e destino do Trato (ou Feixe) corticoespinal
4. O Papel desempenhado pelas Fibras Sensoriais somáticas, em suas aferências ao Córtex Motor, para o desencadeamento das Ações Motoras Corticais.
5. Planejamento motor, sua execução e as regiões motoras sub-corticais envolvidas: Tronco encefálico, Tálamo, Núcleos da base (ou Gânglios Base), Cerebelo, Medula espinal.

Deste Planejamento motor, sua execução e as regiões motoras sub-corticais envolvidas: Tálamo, Núcleos ou Gânglios da base, Cerebelo, Tronco encefálico e Medula espinal, apresentamos, no item: 5º, um texto analítico, às páginas: 16.

1º) - PLANEJAMENTO DOS MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS E AS ESTRUTURAS ANATÔMICAS RELACIONADAS.

O planejamento motor dos movimentos voluntários, envolve as seguintes áreas corticais:

1. Córtex motor primário..... (figs.: 02, 03, 06 e 07)
2. Córtex pré-motor..... (figs.: 02, 03, 06 e 07)
3. Área motora suplementar..... (figs.: 02, 06 e 07)
4. Área motora somatossensorial : Cortical Parietal Posterior: 5 e 7..... (figs.: 02, 03, 11 e 18)
5. Áreas Límbicas :. (figs.: 06, 07, 08, 11, 16, 18, 20, 22 e 23)
6. Trato (ou Feixe) Corticoespinal.....(fig.:12, 23, 27 e 30)

Em relação à “execução do Projeto do Movimento voluntário”, elaborado em nível cortical (fig.; 01) e regiões motoras sub-corticais, temos:

1. O “tronco encefálico”, envolvendo: seus núcleos segmentares, em suas origens reais, os sistemas motores supraespinhais e os Tratos descendentes dos sistemas motores: medial e lateral (fig.: 01 e 23).
2. A “medula espinhal” (figs.: 01, 12 e 13). Estas estruturas são capazes de gerar, segundo as respectivas necessidades funcionais, três (03) modalidades de movimentos, ou seja:
 1. Movimentos reflexos
 2. Movimentos automáticos (involuntários)..... (fig.: 13)
 3. Movimentos voluntários, planejados em nível cortical (figs.; 01 e 12), objetivo principal, deste volume.

As “regiões sub-corticais” que, a partir da realização destes “três tipos de movimentos” acima mencionados, se responsabilizam pela “Regulação” e “Modulação” dos Movimentos a serem realizados, são:

1. Cerebelo: (figs.: 06, 09, 10, 28, 30, 31 e 32)
2. Núcleos da base: Figs.:14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22 e 23)
3. Tálamo Diencefálico: figs:... 06, 07, 08, 14, 15, 16, 17, 19, 21 e 22)
4. Medula espinhal.: (Figs.: 12, 30, 35 e 37).

1. O “cerebelo,” em sua participação, na “regulação e modulação” do planejamento dos movimentos, aliado à sua localização, extremamente, privilegiada, que lhe possibilita, inclusive, corrigir, em tempo hábil e instantâneo, eventuais erros de movimentos, recebe um exuberante e fantástico volume de contínuas informações aferenciais, oriundas de diversas localizações anatômicas, como por exemplo: (figs.: 01, 02, 06, 07, 08, 09, 10, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35 e 40).

1.1- Informações contínuas e em grande volume, aferenciais, oriundas do sistema Nervoso Central, (áreas corticais motoras: Suplementar, pré-motora e área somatossensorial parietal posterior), através das circuitárias: “Córtico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical” (fig.: 09), e “Córtico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal” (fig.: 09)

1.2. Informações contínuas periféricas aferenciais sensoriais do corpo, através dos tratos: “Espinocerebelar dorsal (direto)” (fig.: 10) e “Espino-cerebelar ventral (cruzado)” (fig.: 10), ascendentes ao cerebelo (fig.: 10).

2. Os Núcleos da Base (ou Gânglios da base): A participação dos núcleos da base (ou gânglios da base), é estruturada, através das chamadas :

2.1 - Alças anatômicas Diretas, (fig.: 14), sendo as mais conhecidas e citadas as seguintes: Alças Límbicas (fig.: 16), Alças oculomotoras (fig.: 17). Alças de Associações 1 (figs.: 19, 20 e 23). Alças de associações 2, figs.: 22 e 23). Alças Motoresqueléticas (figs.: 21 e 23).

2.2 – Alças anatômicas Indiretas (fig.: 15). Que envolvem, além dos Núcleos da base, o Núcleo sub-talâmico e a região reticulada da substância negra .

3 O Tálamo, principalmente, através dos núcleos do seu grupo lateral (Núcleos ventral lateral e ventral anterior) (figs.: 06 e 07), participa dos mecanismos morfo- funcionais de todas as alças diretas e da alça indireta, na estruturação dos movimentos, a partir do momento em que, se tornam liberados os referidos “núcleos ventral lateral e ventral anterior” e, assim, permitindo significativa ativação cortical para a realização dos movimentos. Estes mecanismos morfo-funcionais poderão ser seguidos com mais detalhes, acompanhando o desenvolver das ações motoras, nas figuras: 06, 07, 08, 14, 15, 16, 17, 19, 21 e 22).

Em virtude de suas inúmeras e diversas conexões aferenciais e eferenciais, no controle dos movimentos, o “Cerebelo”, o Mesencéfalo, os núcleos da parte inferior do tronco encefálico (figs.: 27, 28, 30, 35 e 36), têm grande participação na realização dos movimentos. Entretanto, “sem a participação” do “Tálamo”, nada do que foi resumido até aqui, ter-se-ia, realizado. Portanto, o córtex, sem o tálamo, é: inútil!

Portanto, “Sem o Tálamo”, o córtex motor, os núcleos da base, o cerebelo, o tronco encefálico e a medula espinhal, em relação aos movimentos, são: inúteis!!!!

4 A Medula espinhal e suas “Vias Eferentes somáticas voluntárias corticais” (figs.: 11, 12, 23).

Nos mecanismos morfo-funcionais de realização dos movimentos voluntários, de uma forma geral, temos, também, a participação da atividade consciente do córtex cerebral.

Entretanto, a maior parte do controle muscular, pelo córtex cerebral, utiliza “padrões de funções motoras”, relacionadas à áreas neurais inferiores, que se localizam, seja no “Tronco encefálico” ou na “medula espinhal”.

Assim, a contração de cada músculo, não é determinada, em todos os casos, diretamente, pelo córtex motor cerebral.

Isto porque, a maior parte do controle motor, utilizado pelo córtex cerebral, usa, como comentado acima, os “padrões de funções motoras”, localizados em áreas neurais inferiores (sub-corticais), que podem ser, nos seguintes níveis:

1. No nível da medula espinhal
2. No nível do Tronco encefálico
3. No nível dos Núcleos da base (ou gânglios da base)
4. No nível do Cerebelo.

Destes “Centros inferiores motores”, a partir de seus “Centros de padrões de Funções Motoras”, emergem os sinais específicos de ativação motora, em direção aos músculos, para suas respectivas contrações.

Entretanto, há um significado número de movimentos, extremamente finos e delicados, responsáveis pela realização de ações motoras, que “exigem grande ação” do “Córtex Cerebral”. Nestes casos, o córtex cerebral necessita utilizar uma “Via Direta Cortical”, sem a interveniência de qualquer destes “centros de funções padrões”, dirigindo-se, seus “axônios, diretamente, do córtex motor cerebral” aos “motoneurônios anteriores da medula espinhal”, desviando-se, desta forma, destes “centros motores de padrões de funções motoras”, acima mencionados.

Nosso objetivo, portanto, neste início dos trabalhos, será procurar relatar, “como se da a interação”, “entre as diferentes áreas do encéfalo e as áreas da medula espinhal, em um movimento”.

Quando apresentamos a fig.: 01, sobre o planejamento dos movimentos e as áreas corticais e sub-corticais, envolvidas nestes movimentos, e no quadro sinóptico dos movimentos, comentamos sobre o planejamento motor cortical, citamos todas as áreas do córtex motor, que participam deste planejamento dos movimentos, inclusive as “vias eferenciais corticais somáticas voluntárias” (fig.: 12) e seus respectivos córtices motores de origem (figs.: 02, 04, 06, 07, 11, 12 e 23).

Assim, vejamos, através de, pequenos resumos destas diversas áreas anatômicas, envolvidas com o planejamento e execução dos movimentos, alguns dos pontos mais importantes, neste estudo.

1º) – Córtex Funcional Motor Cerebral e o Trato (ou Feixe) Cortico-espinhal (figs.: 11, 12 e 23).

A (fig.: 02), que representa a superfície lateral do hemisfério cerebral esquerdo, mostra as referidas áreas funcionais corticais motoras, localizadas anteriormente ao sulco central (figs. : 02, 03 e 06), cujo conjunto, ocupa o terço posterior, de cada lado, do lobo frontal (Área motora primária: 4 e área motora

suplementar: 6 (pré-motora), as quais são, também, vistas nas figs.:3, 11, 18, 20,23 (Superfície medial do Hemisfério Cerebral e do Hemisfério lateral).

Na parte mais posterior desta área 6, encontramos o “córtex motor primário” (ou área 4 de Brodmann) (figs.: 02 e 06), cujo conjunto ocupa, em forma de cunha, toda a altura do lobo frontal, de cada lado. (figs.: 02 e 06). Ainda mais posteriormente, ao sulco central, pode-se observar, nas (figs.: 03 e 04), nesta superfície lateral do hemisfério cerebral esquerdo, o córtex sensorial somático secundário (áreas: 1 e 2 de Brodmann, figs.: 03 e 04), das quais, originam-se, sinais, que se dirigem ao córtex motor, objetivando colaborar no “controle das atividades motoras”, num percentual de, aproximadamente, 20% (vinte por cento).

Este “córtex motor” (área 6), por sua vez, encontra-se dividida, em duas sub-áreas motoras distintas, com suas respectivas áreas de representação topográfica, ou seja (fig.: 06): área motora suplementar e área pré-motora.

Nestas áreas motoras, encontram-se, portanto, as representações topográficas dos grupos musculares do corpo, localizados, como já foi mencionado, nos córtices: motor primário (4) e área pré-motora (6) suplementar (figs.: 02, 06, 07, 11, 18 e 23).

2º) – CÓRTEX MOTOR PRIMÁRIO “M-I” E SUAS FUNÇÕES NOS MOVIMENTOS VOLUNTÁRIOS

O “córtex motor primário” (M-I), (ou área 4 de Brodmann) (fig.: 02 e 06), encontra-se localizado no primeiro giro (ou circunvolução) pré-central, de cada lado do lobo frontal, imediatamente, anterior ao “sulco central” (figs.: 02, 03 e 06).

Esta área 4 de Brodmann alarga-se, superiormente, até encontrar a margem lateral do “sulco ou fissura longitudinal”, virando-se, em seu trajeto, para dentro da fissura longitudinal, que pode ser vista na (fig.: 07), em plano superficial medial do hemisfério cerebral (fig.: 07).

Inferiormente, este córtex motor (área 4 de Brodmann), se adelgaça e se estreita, progressivamente, até alcancar o “sulco lateral” do hemisfério cerebral em estudo. (figs.: 02, 06, 11, 18, 20 e 23), onde termina, junto à borda lateral do sulco pré-central.

Nesta “área cortical motora” (4 de Brodmann), encontram-se representadas, topograficamente, as diferentes áreas musculares do corpo, sendo a, mais inferiormente, situada, representada pela região da face e da boca, próximo ao sulco lateral.

A seguir, temos a “representação dos dedos das mãos”, começando com o “polegar e terminando com o dedo mínimo”. A seguir, temos as “áreas reservadas a representação das mãos, dos antebraços, do braço, do tronco”, até a “última área topográfica”, representada pelo “quadril, bem junto ao ápice cerebral”. Entretanto, com o “dobrimento desta área motora, em direção à fenda da fissura longitudinal”, as

“áreas topográficas do: quadril, das pernas, dos pés e dos artelhos, são encontradas nesta fenda longitudinal, no respectivo córtex motor que se dobrou. (figs.: 06 e 07).

O “mapa destas áreas motoras”, foi realizado por: PENFIELD e RASMUSSEN, estimulando diferentes “áreas corticais motoras de pessoas,” submetidas à processos cirúrgicos neurais. Nas figuras 02 e 07, foram representadas as localizações topográficas aproximadas dos diversos grupos musculares do corpo e numerados de: 1 a 18, ou seja: De 01 à 15: Fig.: 02 e de 16 à 18: Fig.: 07.

1. Área reservada aos músculos mastigatórios e movimentos da mandíbula.
2. Área reservada aos músculos da deglutição
3. Área reservada aos músculos da língua intrínsecos e extrínsecos.
4. Área reservada aos músculos envolvidos com a palavra articulada ou falada.
5. Área reservada aos músculos do globo ocular, da pálpebra e supercílio.
6. Área reservada aos músculos do pescoço.
7. Área reservada aos movimentos do dedo polegar, em seus movimentos.
8. Área reservada aos movimentos do dedo indicador
9. Área reserada aos movimentos do dedo médio
10. Área reservada aos movimentos do dedo anular
11. Área reservada aos movimentos do dedo mínimo
12. Área reservada aos músculos, para os movimentos da mão.
13. Área reservada ao : punho, antebraço, cotovelo e braço
14. Área reservada aos músculos dos ombros, em seus eventuais movimentos.
15. Área reservada aos músculos do tórax, em seus eventuais movimentos.
16. Área reservada aos músculos do quadril
17. Área reservada aos músculos da coxa, joelho, perna e tornozelo
18. Área reservada aos músculos dos artelhos, em seus movimentos.

O simples exame visual deste “Mapa de PENFIELD e RASMUSSEN” nas figs.: 02 e 07), mostra-nos que, mais da metade deste córtex motor primário, encontra-se envolvida com: o “controle motor das mãos e respectivos dedos”, com os músculos da face e com os músculos da palavra articulada (ou falada).

ÁREA PRÉ-MOTORA SUPLEMENTAR (ÁREA 6)

A “área motora suplementar (área 6 de Brodmann)” (figs: 02 e 06) do córtex cerebral, apresenta forma semelhante à “área cortical motora primária (área 4 de Brodmann)” porém, localizada na maior parte da área 6 de Brodmann, visível na superfície lateral do hemisfério cerebral ((figs.: 02 e 06), delimitando-se com o córtex motor primário e terminando na margem ífero-lateral do sulco pré-central.

Superiormente, esta área pré-motora se dobra, em direção à “fissura longitudinal do cérebro”, na qual, se encontra delimitada, com a “área motora suplementar” (fig.: 07) ou área 6 de Brodmann.

A distribuição e organização topográfica desta área pré-motora, é semelhante àquela, apresentada para o “córtex motor primário”, sendo a área topográfica motora da face, localizada mais lateralmente.

A maior parte dos sinais neurais motores, oriundos desta área pré-motora cortical (6) (figs.: 02 e 06), determina “padrões de movimentos”, que se dirigem a grupos musculares, que se responsabilizam pela movimentação da posição do corpo (chamados: movimentos de fundo), que sustentam posições especiais do corpo, “quando, as mãos e os dedos, necessitam realizar trabalhos, extremamente, refinados, altamente precisos, perfeitos e comandados, diretamente, do córtex motor primário” (área 4), que se dirigem, diretamente, para os “motoneurônios anteriores da medula espinhal”.

Nos “movimentos de fundo”, necessários para a manutenção do corpo, em determinadas posições, enquanto, as mãos e dedos realizam trabalhos extremamente precisos e perfeitos, são utilizados os músculos: do quadril, dos membros, e do tronco. Exemplo típico, destas ocasiões, são encontrados, quando os pintores se preparam para “pintar os tetos das basílicas, deitados ou semi-deitados e em decúbito dorsal, sobre andaimes, distantes apenas 40 centímetros, das cúpulas das enormes basílicas. Tais movimentos de fundo, de sustentação e fixação do corpo, permitem a realização de verdadeiras obras de arte, como se vê, no mundo inteiro.

Assim, para que, esta “associação de movimentos grosseiros de fundo” e “de movimentos de destreza e de alta perfeição de mãos e dedos, possa acontecer”, a “área pré-motora (6) encaminha seus sinais motores, em direção ao córtex motor primário (área 4 de Brodmann), excitando os “diversos grupos musculares envolvidos, também”, com os “núcleos da base”, liberando o “tálamo” (núcleos: ventral anterior e ventral lateral) e, assim, “maior ativação muscular, através do córtex primário”, como pode ser constatado nas (figs: 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22).

Através deste raciocínio e das figuras citadas acima, , observa-se excepcional integração entre: o córtex pré-motor, os núcleos da base, os núcleos talâmicos ventral anterior e ventral lateral, o córtex motor primário, num perfeito e complexo sistema, para o devido controle dos “diversos padrões de movimentos” mais complexos, em atividades musculares multicoordenadas (figs.: 02, 06, 07, 08, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23).

ÁREA MOTORA SUPLEMENTAR

A “área motora suplementar” (figs.: 02, 06 e 07), localiza-se acima e à frente da área “pré-motora”, porém, que se dobra, também, em direção à “fissura longitudinal cerebral, superiormente, em sua maior parte (figs.: 02, 06 e 07).

Nesta região topográfica, são necessários estímulos muito mais intensos, para que sejam capazes de, determinar a contração dos músculos, muito mais do que, em qualquer outra área topográfica motora. Além do mais, são músculos muito desenvolvidos.

Todavia, desde que, tenham sido realizadas, as necessárias contrações musculares, o efeito de “contração bilateral muscular é sustentável”. Assim, com estas contrações musculares, para a manutenção do corpo, em posição ideal de equilíbrio, as mãos e os dedos poderão realizar seus delicados e perfeitos movimentos de destreza. Nestes casos, até mesmo os músculos, envolvendo os globos oculares, colaboram para a melhor perfeição dos resultados a serem demonstrados, através dos músculos destinados à mão e aos dedos.

É provável que esta área motora suplementar, funcione, em conjunto, com a área pré-motora, principalmente, quando necessitamos de movimentos que nos forneçam condições para a posição do corpo, especialmente, quando realizamos movimentos extremamente delicados e perfeitos com nossas mãos e dedos.

Aqueles “movimentos de “fixação do corpo” são, como já comentado, “movimentos de fundo” e, portanto, grosseiros, enquanto, os movimentos das mãos e dos dedos, são extremamente delicados, precisos, que exigem grande destreza.

Como outro exemplo, temos a “fixação dos olhos e da cabeça”, quando, simultaneamente, um “excepcional artista pinta uma cena de pequena duração”, como por exemplo “a explosão de luzes de um fantástico amanhecer”.

Nestes casos, os movimentos, das mãos e dos dedos, ficam por conta de potenciais de ação emanados, diretamente, do córtex cerebral motor primário e pré-motor que, através das eferenciais corticais do “trato ou feixe corticoespinal”, estabelecem conexões diretas, com os motoneurônios anteriores da medula espinal.

3º) – ORIGEM, ESTRUTURA, DIREÇÃO E DESTINO DO TRATO OU FEIXE CORTICO-ESPINHAL

O “trato (ou feixe) córtico-espinal” representa a “Via Eferente” mais importante do córtex motor (fig.: 12).

Na constituição deste “trato (ou feixe) cortico-espinal”, participam, respectivamente: 1º) – Fibras do córtex motor primário, com uma representação de 30% (trinta por cento) das fibras do trato. 2º) – Fibras das áreas: pré-motora e motora suplementar, num percentual de 30% (trinta por cento) das fibras do trato e 3º) – fibras das áreas sensoriais somáticas posteriores, em uma concentração de 40% (quarenta por cento) do total das fibras.

Após emergir do córtex, o “trato cortico-espinal” , passa, através do ramo posterior da cápsula interna (fig.: 12), entre o núcleo caudado e o núcleo putâmico, prossegue em sua descida, através do tronco encefálico, constituindo as “pirâmides bulbares” (fig.: 12), onde, grande parte das fibras do “trato corticoespinal”, cruzam, para o lado oposto e descem, através do “trato corticoespinal lateral” da medula

espinhal, terminando, em geral, em sinapses com interneurônios, localizados nas regiões intermediárias da substância cinzenta da medula espinhal (fig.: 12).

Algumas destas fibras, estabelecem conexões com os neurônios sensoriais da ponta dorsal medular e com motoneurônios anteriores da medula espinhal.

Entretanto, algumas fibras deste trato cortico-espinhal, em seu trajeto, através da medula oblonga (ou bulbo), no tronco encefálico, continuam em seu trajeto, homolateralmente, (sem se cruzarem), constituindo, na medula espinhal, o “trato corticoespinhal ventral (ou anterior)” (fig.: 12).

Todavia, no nível do pescoco, diversas destas fibras homolaterais, cruzam para o lado oposto, o mesmo acontecendo na região torácica superior. Tais fibras são consideradas as “fibras responsáveis pelos movimentos posturais de fundo”, exigidos pelo corpo, para a sua manutenção de equilíbrio e de posição incomum, durante os trabalhos das “mãos e dos dedos, em movimentos extremamente delicados e perfeitos”.

Neste “trato cortico-espinhal” (antigo trato piramidal), um número significativo de fibras, extremamente espessas e com grande quantidade de mielina (portanto, de grande diâmetro), apresentam suas origens nas conhecidas “grandes células gigantes de BETZ”, que são células, apenas encontradas no córtex motor primário. São células, de grande diâmetro, que conduzem impulsos nervosos, em direção à medula espinhal, numa velocidade, em torno de 70 metros por segundo, que representa, a maior velocidade de condução de potencial de ação, por uma célula motora encefálica, em direção à medula espinhal. Estas “células de BETZ” constituem um grupo de neurônios, em torno de 34.000 (trinta e quatro mil unidades, em cada trato cortico-espinhal. Entretanto, não podemos nos esquecer que, o número total das fibras deste trato cortico-espinhal é, em torno de, 1.000.000 ou mais, para cada trato .

Portanto, estas fibras grossas, altamente mielinizadas, oriundas das células de BETZ, representam apenas três por cento de todas as fibras de cada trato. Além destas fibras nervosas, com suas origens no córtex motor, temos as seguintes outras fibras, que constituem diversas “vias de fibras”, as quais, com suas origens no córtex motor, se dirigem, seja para as regiões profundas do cérebro e para o tronco encefálico. Assim temos:

1°) – Ramos colaterais dos axônios das células de BETZ, que se dirigem, em retorno, para as regiões profundas do próprio cérebro. Estes ramos colaterais exerceriam ações inibitórias, em regiões adjacentes ao córtex, quando as células de BETZ estiverem descarregando e, exacerbando, assim, o sinal excitatório das células de Betz.

2°) – Grande número de fibras se dirige em direção aos núcleos: Putâme e Caudado e, d’alá, através de vias adicionais, até o tronco encefálico (figs.: 14, 15, 16, 21 e 22).

3°) – Número moderado de fibras colaterais destas células de BETZ, seguem para o núcleo vermelho (rubro) e, destes núcleos vermelhos, partem novos axônios, em direção à medula espinhal, constituindo o “Feixe rubro-espinhal” (fig.: 30).

4º) – Outro significado número de fibras se dirige para a substância reticulada e para os núcleos vestibulares do tronco encefálico e, finalmente, a partir destes núcleos, novos axônios se dirigem à medula, através dos tratos: Reticulo-espinhal e Vestíbulo-espinhal, enquanto, outras fibras se dirigem ao Cerebelo (feixes: retículo-cerebelares e vestíbulo-cerebelares). (figs.: 28, 30, 35 e 36).

5º) Grande quantidade de fibras corticais, se dirige aos núcleos pontinos, originando as fibras”ponto-cerebelares e conduzindo sinais para os hemisférios cerebelares (fig.: 09).

6º -) – Outro grupo de neurônios, através de suas fibras, se dirige aos Núcleos Olivares bulbares inferiores (complexo olivar bulbar inferior) e, destes núcleos, emergem as Fibras: Olivo-cerebelares, transmitindo sinais para as diversas áreas cerebelares (figs.: 27, 28 e 40).

Assim, a cada vez, que um “sinal é transmitido do córtex motor para a medula espinhal”, simultaneamente, estes sinais serão, também, dirigidos aos: Núcleos da base, ao Tronco encefálico (núcleos vermelhos, parte reticulada da substância negra, aos núcleos pontinos, ao complexo olivar bulbar inferior e ao Cerebelo (figs.: 30, 35, 36 e 37).

4º) - O PAPEL DESEMPENHADO PELAS FIBRAS SENSORIAIS SOMÁTICAS, EM SUAS AFERÊNCIAS AO CÓRTEX MOTOR, PARA O DESENCADEAMENTO DAS AÇÕES MOTORAS CORTICAIS.

O córtex motor, em suas funções, recebe grande influência, não apenas das vias sensoriais somáticas ascendentes, como também, das vias sensoriais auditivas e visuais.

A partir do momento em que, estas fontes sensoriais somáticas (auditivas e visuais), atingem o córtex motor cerebral, este, em resposta, através de, circuitárias envolvendo o “cerebelo” e os “núcleos da base”, estabelece uma operacionalização, a partir da associação destas informações, com o objetivo de encontrar o caminho morfo-funcional adequado, para a ação motora, a ser deflagrada ou seja, no caso presente, o “movimento”.

Dentre estas vias aferenciais sensoriais somáticas, que se dirigem ao córtex motor, as mais importantes são as seguintes:

1º) – Fibras aferenciais sensoriais sub-corticais, cujas origens, se encontram muito próximas ao córtex, em áreas somáticas parietais do córtex parietal, bem como, fibras, oriundas de áreas corticais: visuais e auditivas.

2º) – Fibras sub-corticais, que transitam, através da comissura do corpo caloso, intercruzando-se e conectando áreas dos córtices motores semelhantes, porém, localizadas, em lados opostos.

3º) - Fibras sensoriais ascendentes somáticas, oriundas dos núcleos talâmicos: ventral pósteromedial, ventral pósterolateral, ventral pósterosuperior e ventral pósteroinferior, que em seu conjunto, constituem o “complexo ventrobasal do talamo” (Para melhores detalhes, ver volume: (XVI): “Tálamo”.

Estas fibras aferenciais e com estas origens, conduzem ao tálamo e, posteriormente, ao córtex motor, os “estímulos dos sistemas: antero-lateral, (fig.: 12), conduzidos, por seus diversos tratos sensoriais ascendentes (tato grosseiro, dor, temperatura, equilíbrio, postura).

4º) – Fibras oriundas dos núcleos talâmicos ventral lateral e ventral anterior. Estes núcleos recebem suas informações do cerebelo (paleocerebelo e neocerebelo), em sua parte posterior, bem como, recebem, também, informações dos núcleos da base, em sua região anterior (fig.: 08), facilitando, assim, a interação, entre o: “córtex motor, os núcleos da base e o cerebelo”, nos mecanismos de coordenação, entre as funções corticais, os núcleos da base e o cerebelo (fig.: 08).

5º) – Fibras dos núcleos intralaminares do tálamo (fig.: 08), as quais, como se vê, na figura citada, estabelecem conexões com o córtex motor frontal, com os núcleos da base e de quase toda a excitabilidade do córtex cerebral.

Portanto, controlam o nível geral de ativação do córtex cerebral. Os núcleos intralaminares do tálamo, localizam-se na espessura da lâmina medular interna, sendo, os mais conhecidos e estudados: o núcleo central medial, o núcleo paracentral, o núcleo parafascicular e o núcleo central lateral (fig.: 08).

No mecanismo de “associação e de interação, entre: o “córtex cerebral”, os núcleos talâmicos, o núcleo vermelho (ou núcleos rubros), os núcleos pontinos e o cerebelo”, o núcleo vermelho (no caso, o paleocerebelo e o neocerebelo) são utilizados, se, necessário, como “via alternativa, de condução dos potenciais de ação” das áreas corticais, em direção à medula espinhal.

Conforme ventilamos, há pouco, as descargas motoras corticais, que se dirigem, através do “trato corticoespinhal”, são também, encaminhadas, para outras regiões, como por exemplo, para os “núcleos da base”, para os núcleos pontinos, para o complexo olivar bulbar inferior, para os núcleos da formação reticular do tronco encefálico, bem como, para o núcleo vermelho (núcleos rubros) (figs.: 01, 06, 07, 08, 09, 27, 28, 30, 37 e 40).

Assim, o núcleo vermelho (ou Rubro), recebe, simultaneamente, fibras corticais idênticas às fibras do trato corticoespinhal, com estímulos corticais que, entretanto, se dirigem ao núcleo vermelho, localizado no mesencéfalo. Forma-se, desta maneira, o “trato corticorrubro” (fig.: 30).

Estas fibras corticais estabelecem suas conexões, com a parte mais antiga do núcleo vermelho (paleorrubro), localizada na parte mais inferior do núcleo vermelho e conhecido pela denominação anatômica de “região magnocelular do núcleo vermelho (ou paleorrubro), com grande quantidade de neurônios gigantes motores, semelhantes às células de Betz (figs.: 27 e 30).

Os axônios destes neurônios, em seu trajeto descendente, constiuem o “trato ou feixe rubroespinhal cruzado”, em direção ao lado oposto (figs.: 10 e 30), que desce

junto às fibras que se destinam: à medula espinhal, aos núcleos pontinos e ao complexo olivar bulbar inferior (figs.: 10, 27, 28 e 30).

Estas fibras “rubroespinhais” se dirigem aos interneurônios, localizados na substância cinzenta da medula espinhal, em áreas intermediárias, em companhia das fibras do “trato corticoespinhal” (fig.: 01) e, como já foi comentado, algumas fibras rubroespinhais, também, estabelecem conexões com “motoneurônios” anteriores da medula espinhal (figs.: 01, 10 e 12).

Além destas conexões do núcleo rubro (ou vermelho), este núcleo mantém, também, conexões com o “cerebelo”, extremamente semelhantes, morfologicamente, às conexões, entre o “córtex motor” e o “cerebelo” (figs.: 08, 09, 10 e 30).

O “Sistema corticorrubroespinhal,” utiliza a parte magnoelular do núcleo vermelho (ou paleorrubro).

Esta “via cortico-rubro-espinhal” (figs.: 10 e 30), e esta parte do núcleo vermelho, representam, somatotopicamente, “todos os músculos do corpo”, muito semelhante à ação do córtex motor, em relação aos mesmos músculos. Entretanto, as áreas de representação dos músculos, neste núcleo paleorrubro, são extremamente menores.

Por este motivo, esta “via cortico-rubro-espinhal” é utilizada, como uma “via auxiliar”, para a condução de sinais especiais, do córtex motor, em direção à medula espinhal (fig.: 30).

Assim, em eventuais acidentes, com destruição das fibras do “trato cortico-espinhal”, porém, com conservação da “via cortico-rubro-espinhal”, os movimentos, ainda estarão presentes, porém, mais discretos e lentos. Entretanto, para os movimentos das mãos e dos dedos, a situação é mais complicada, estando estas regiões das mãos e dos dedos “sensivelmente, prejudicadas em suas funções”. E aqui, novamente, enfatizamos, os “movimentos grosseiros, considerados de fundo,” podem se valer dos núcleos da base, porém, os “finos e perfeitos movimentos, realizados pelas mãos e seus dedos”, necessitam, exclusivamente, de uma “função íntegra (portanto, perfeita) das fibras cortico-espinhais”.

O “trato rubro-espinhal cruzado” se localiza, anatômicamente, na coluna lateral medular (ou funículo lateral) (figs.; 10 e 30), o mesmo acontecendo, com o “trato cortico-espinhal” (figs.: 01 e 12), os quais, terminam nos interneurônios e motoneurônios anteriores, que controlam os músculos distais dos membros (fig.: 01).

Por esta proximidade, entre estes dois tratos ou feixes, surge a constituição dos “sistemas motores: lateral e medial da medula espinhal” (fig.: 01), enquanto os tratou ou feixes: vestibulo-espinhal, retículo-espinhal e tecto-espinhal, se localizam anatômicamente, no funículo medial da medula espinhal, constituindo a união dos mesmos, o “sistema motor medial da medula espinhal” (fig.: 01).

Estes “sistemas: vestibulo-espinhal, retículo-espinhal,” e tecto-espinhal, controlam a maior parte dos músculos axiais e proximais dos membros, controlando o equilíbrio, a postura, os impulsos somatossensíveis e os impulsos visuais.

Portanto, considerando o que foi relatado, a medula espinhal pode ser excitada (ou estimulada), através: seja de impulsos do córtex motor primário, através do trato cortico-espinhal (fig.: 1), como também, através do núcleo vermelho (paleorrubro e neorrubro) (figs.: 01, 10, 11, 12, 23 e 30).

No arranjo estrutural anômico definitivo dos corpos neuronais e de suas respectivas posições no sistema nervoso central, desde o córtex cerebral (lugar de tronco encefálico), a organização é feita em colunas verticais de células e, esta organização, já presente, principalmente, no córtex cerebral, se repete ao longo do cérebro, do encéfalo, até alcançar a medula espinhal, em níveis mais inferiores.

Em cada uma, das referidas colunas, encontramos, milhares de neurônios. Assim, cada músculo (ou grupo muscular), é estimulado, a partir de uma unidade celular, objetivando realizar ações sinérgicas.

Também constatamos que, da mesma forma como, as células do córtex cerebral, assumem um arranjo, geralmente, em seis camadas diferenciadas de neurônios (fig.: 05), as colunas de axônios, também, obedecem ao mesmo arranjo.

Neste arranjo (em camadas), a partir do córtex cerebral, constatamos (fig.: 05), que as células piramidais, cujos axônios, formarão o “trato cortico-espinhal”, encontram-se localizadas, na camada V do córtex motor (fig.: 05).

Seus axônios, reunidos, descem em direção ao tronco encefálico (trato cortico-nuclear) e em direção à medula espinhal (trato cortico-espinhal).

Por outro lado, todas as aferências, em direção ao córtex cerebral, passam por estas regiões, porém, terminarão nas camadas: II (área de recepção cortical, com conexões aferentes do próprio córtex) e na camada IV (área de recepções aferenciais oriundas do tálamo, envolvendo, aí, quase todos os núcleos talâmicos que, por sua vez, recebem conexões aferenciais sensoriais somáticas específicas, especiais e gerais.

A camada VI do córtex motor é reservada às conexões inter-hemisféricas, promovendo associações corticais das comissuras cerebrais (fig.: 05), interligando-se, inclusive, com as conexões superficiais da camada cortical I.

Para que haja uma resposta contratural muscular, suficientemente rápida, em uma ação, torna-se necessária a excitação, no mínimo, de cinquenta (50) a cem (100) células piramidais, simultaneamente, do córtex cerebral, na camada V e de forma sinérgica.

Para isto, estas células piramidais recebem estímulos informativos de inúmeras fontes aferenciais sensoriais, objetivando fornecer uma resposta excitatória muscular suficiente.

Assim, mediante um processo de amplificação dos sinais, um grande número de fibras piramidais, de um mesmo músculo, recebe os impulsos necessários, para a produção da contração muscular.

Para que haja a necessária contração muscular, satisfatória e suficiente, há, também, a necessidade da presença de “dois tipos de neurônios piramidais”:

No início do movimento, assumem o comando, os chamados “Neurônios Dinâmicos”, que provocam excessiva excitação inicial do movimento, porém, por curto período de tempo, exatamente, no início da contração. Trata-se do início do desenvolvimento da força.

Posteriormente e no devido tempo, surgem as “ações” dos chamados “Neurônios estáticos”, os quais, disparam potenciais, com menor frequência, porém, de forma lenta e indefinidamente, objetivando manter a “força de contração”, durante todo o tempo, que for necessário, para a manutenção da contração.

Neste sentido, foi constatado que, o “núcleo vermelho” (paleo-rúbrio e neo-rúbrio), através de seus neurônios, também, possui as características de ter “neurônios dinâmicos” e “neurônios estáticos”.

Este fato, associado às conexões especiais, entre o “núcleo vermelho” e o “cerebelo”, torna o “Núcleo Vermelho” e o “Cerebelo” extremamente importantes, para o início rápido, de uma contração muscular (figs.: 09, 10, 11, 12, 23, 30 e 40). Uma vez que, os sinais aferenciais nervosos tomem conhecimento de que, “houve a contração do músculo”, estes sinais aferenciais nervosos retornam do músculo, em direção, ao córtex motor, que é o causador da contração.

Estes sinais aferenciais somáticos se originam, em geral, em “fusos musculares” ou em receptores táteis, localizados na pele, que se encontra em contato com o músculo em ação. Este mecanismo de estímulo de “feedback” é muito citado, nos casos de atletas, em seus incríveis movimentos de pulos e outros grandes movimentos, durante os quais, os receptores táteis da pele, são excitados, por exemplo, na planta dos pés, devido ao passo final da corrida, para o preparo do “pulo”, ocorrendo, assim, durante este último passo, uma grande compressão da pele da região plantar, contra o solo e, consequentemente, maior excitação sobre os músculos em ação, com aumento significativo da contração muscular.

Considerando o que foi explicitado acima, a estimulação dos neurônios motores espinhais, se estabelece, através de “feixes e tratos motores, oriundos do córtex cerebral (Trato cortico-espinhal) e (Feixe ou trato rubro-espinhal) que, localizados nas regiões dorsais dos funículos laterais da medula, encaminham seus axônios para interneurônios (fig.: 01), bem como, diretamente, para os motoneurônios anteriores da medula espinhal (figs.: 01 e 12). A maior concentração destas conexões, entretanto, encontra-se localizada, na região da dilatação cervical da medula espinhal, isto porque, é exatamente, nesta região cervical, que se localizam as células neuronais medulares, para a inervação dos músculos, que determinam os movimentos das mãos e dos dedos.

Nesta dilatação cervical, número significativo de “fibras cortico-espinhais e rubro-espinhais” terminam, diretamente, nos motoneurônios anteriores, estabelecendo a necessária “Via direta,” entre o “córtex cerebral motor e a contração muscular”.

Neste sentido, em acuradas pesquisas, realizadas no “córtex motor primário”, foi comprovado que, neste córtex motor primário, encontramos a maior concentração de neurônios, envolvidos com as precisas e exatas ações a serem executadas, pelas mãos e pelos dedos, principalmente, para o dedo polegar.

Além deste tipo de estimulação, através de uma “via direta”, de origem cortical, não podemos nos esquecer dos já comentados “Padrões de Movimentos”, envolvendo alguns centros da medula espinhal e do tronco encefálico. Como exemplos destes “Padrões de movimentos”, temos o conhecido “reflexo de estiramento (ou em alça gama)”. Neste, uma parte dos estímulos se relacionam ao córtex motor. Da mesma forma, ao se excitar músculos agonistas, torna-se desnecessária, a transmissão de um sinal inverso, para os músculos antagonistas, pois, esta parte da ação, fica por conta dos “interneurônios (excitatórios ou inibitórios), que agem em tempos diferentes, como acontece, também, no reflexo patelar e no hipocampo (figs.33 e 34).

Mecanismos reflexos semelhantes, são encontrados em todos os movimentos, ou seja: o reflexo de coçar, o reflexo de retirada da mão mediante um estímulo com temperatura muito alta. Todos eles se iniciam com um simples sinal cerebral inicial.

5º) – PLANEJAMENTO MOTOR, SUA EXECUÇÃO, E AS REGIÕES MOTORAS SUB-CORTICAIS ENVOLVIDAS: O TRONCO ENCEFÁLICO, A MEDULA ESPINHA, O TÁLAMO, OS NÚCLEOS DA BASE, O CEREBELO

Voluntariamente, ao pretendermos realizar um simples movimento, ou um conjunto de movimentos complexos, necessitaremos, preliminarmente, estruturar o “Planejamento dos referidos movimentos”, pois, este ou estes movimentos, podem estar sendo realizados, pela primeira vez, ou já são conhecidos e já foram, portanto, realizados, em ocasiões anteriores. Sabemos que, este “Planejamento Motor”, o primeiro passo, de uma série de inúmeros “passos”, é estruturado, no nível central do Sistema Nervoso, nas áreas motoras, conhecidas por: “Córtex Pré-motor, Área Motora Suplementar e Área Motora Somatossensorial Cortical Parietal Posterior (fig.: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) e áreas límbicas.

Concluído o “Planejamento do Ato Motor”, no nível cortical, passa-se ao período temporal de “Execução” do “Projeto do movimento elaborado”.

Assim, morfo-funcionalmente, passa-se a contar e a depende, inicialmente, da participação de duas grandes regiões motoras sub-corticais, que são: O “Tronco Encefálico” e a “Medula Espinhal”, capazes de gerar, segundo as necessidades fisiológicas, três (03) modalidades de movimentos: “Reflexos”, “Automáticos” e “Voluntários” e, posteriormente, da associação insubstituível, de três outras estruturas anatômicas do encéfalo, que passam a funcionar, de forma associada, na regulação e modulação dos movimentos a serem realizados e níveis de ativação cortical, necessários ao movimento, que são: o “Cerebelo”, os “Núcleos da Base” e o Tálamo (figs.: 6, 7 e 8), como foi mostrado na fase inicial deste capítulo.

“O Cerebelo,” recebe, continuamente, informações aferenciais, oriundas do Sistema Nervoso Central (áreas corticais motoras: suplementar, pré-motora e área somatossensorial parietal posterior), através dos grandes circuitos: “Cortico-ponto-cerebelo-tálamo-cortical” e “Cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal”, contendo detalhes informativos (figs.: 9), sobre o “Programa de contrações musculares (ou plano de movimentos), planejado no nível central cortical e informações de outras partes do encéfalo”. Assim, o Cerebelo recebe, também, aferências sensoriais periféricas do corpo, através, principalmente, dos “Tratos: espino-cerebelar dorsal (direto) e ventral (cruzado)” ascendentes ao “Cerebelo”, que lhe possibilitam, instantaneamente, prever as alterações seqüenciais nas ações musculares, de cada parte do corpo, através das quais, capacita-se no conhecimento: da posição destas partes anatômicas, das velocidades com as quais se movimentam e intensidade dos sinais motores, que atuam sobre tais segmentos anatômicos, estabelecendo, desta forma, continuamente, um referendo comparativo, entre o que foi planejado, no nível cortical e o que foi, realmente realizado, perifericamente (fig.: 10).

PLANEJAMENTO DO MOVIMENTO: ENVOLVIMENTO DAS PRINCIPAIS ÁREAS CORTICAIS, NÚCLEOS DA BASE, TRONCO ENCEFÁLICO, TÁLAMO, CEREBELO E MEDULA ESPINHAL. (QUADRO SINÓPTICO)

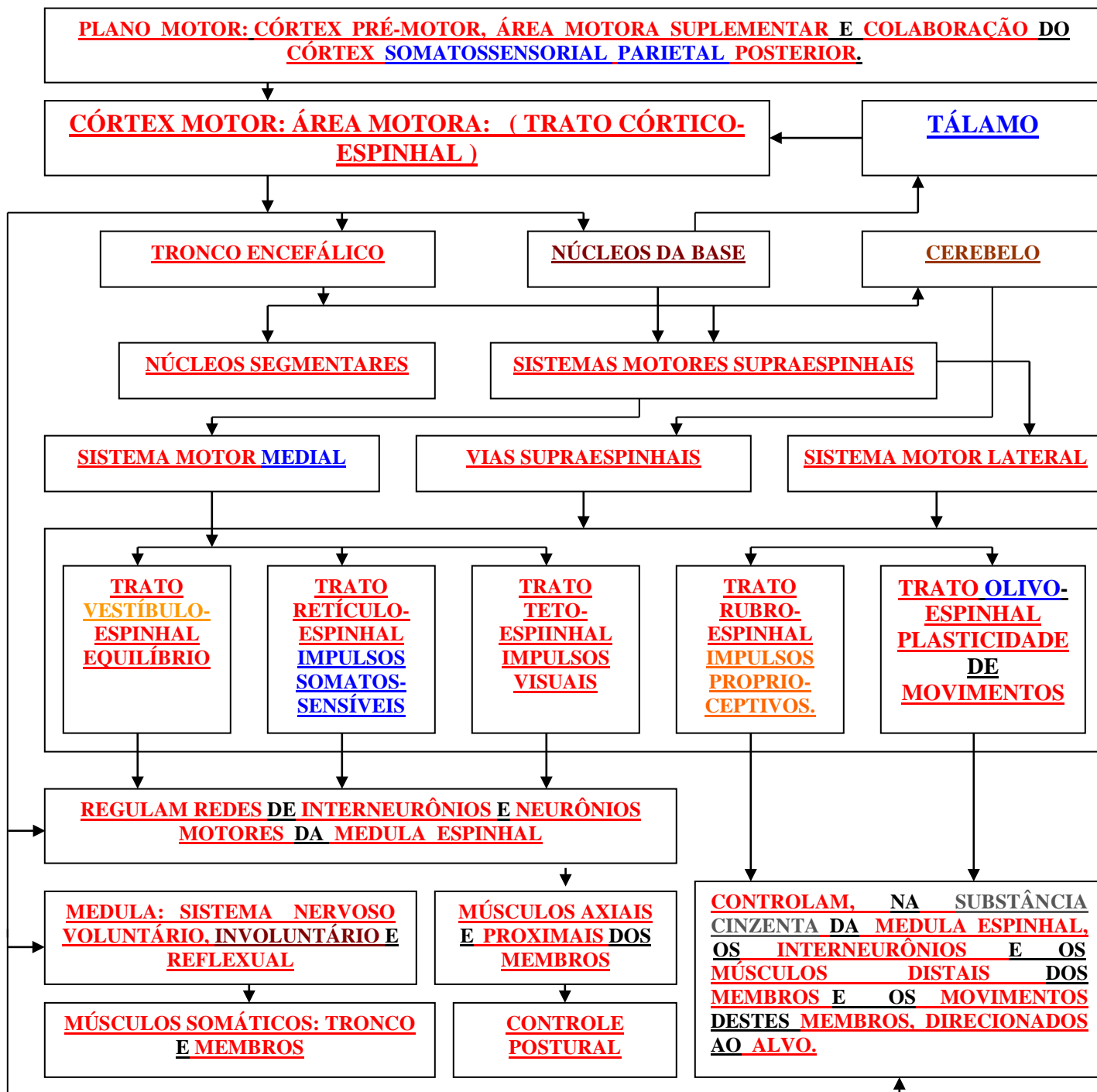
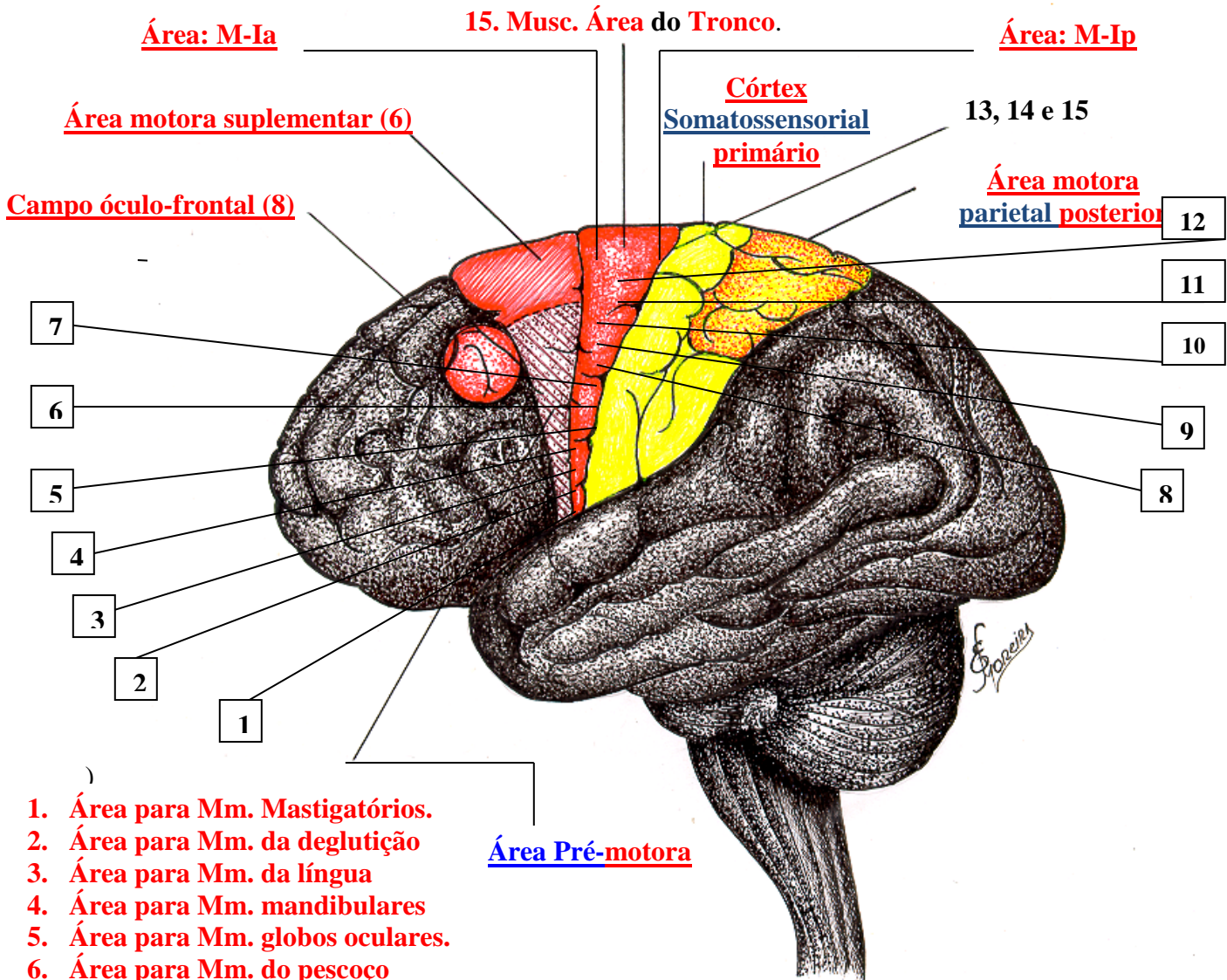


FIG.01

Localização topográfica aproximada dos diversos grupos musculares, segundo o Mapa topográfico de Penfield e Rasmussen.

Áreas Corticais Motoras



1. Área para Mm. Mastigatórios.
2. Área para Mm. da deglutição
3. Área para Mm. da língua
4. Área para Mm. mandibulares
5. Área para Mm. globos oculares.
6. Área para Mm. do pescoço
7. Área para Musc. Dedo polegar
8. Área para Musc. Dedo indicador
9. Área para Musc. Dedo médio
10. Área para Musc. Dedo anular
11. Área para Musc. Dedo mínimo
12. Área para Mm. da mão.
13. Área para Mm. antebraço e braço
14. Área para Mm. do ombro
15. Área para Mm. do Tronco
16. Área para Mm. Do quadril (fig.; 07)
17. Área para Mm. Da Coxa e Perna.(fig.: 07)
18. Área para Mm. do pé e artelhos. (fig.: 07)

Superfície lateral do hemisfério cerebral

FIG.02

A Complementação destas Áreas Deste Mapa de Penfield e Rasmussen (itens: 16, 17 e 18) encontram-se na figura: 07)

Citoarquitetura de Brodmann (superfície lateral do hemisfério Cerebral.

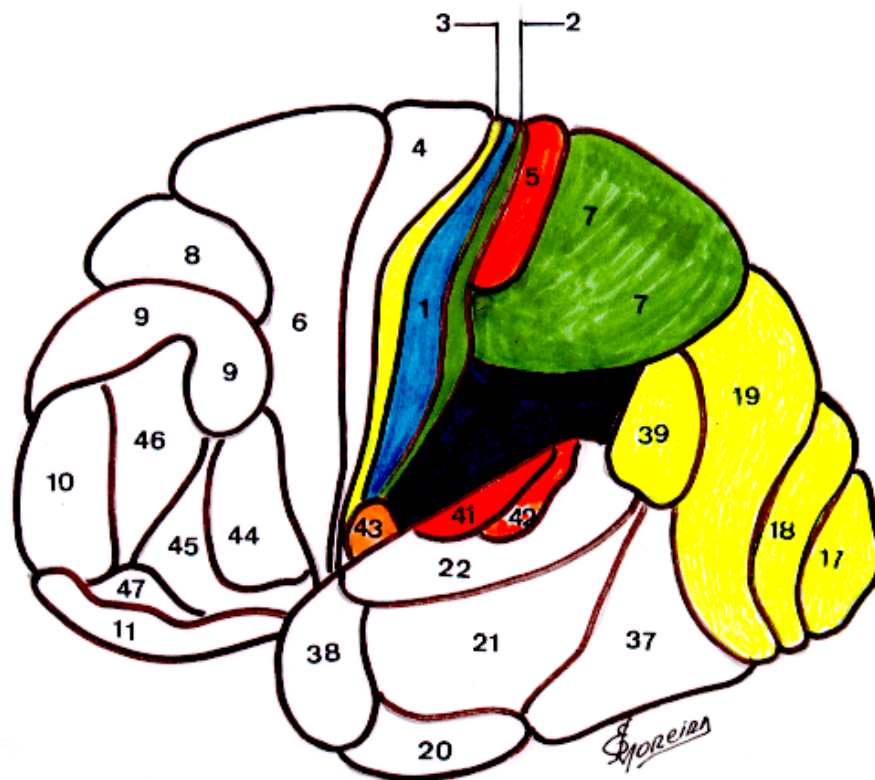


FIG.03

Desenho adaptado de Barth and Campbell, A.W. – Histological Studies on the Localization of Central Function. – New York. Cambridge Univesity Press. – 1905.

1 – Áreas 1, 2, 3a e 3b do lobo parietal, no giro pós-central, nas quais o córtex somatossensorial S-I, com as áreas: 3aa e 3b é encontrada (Detalhes na fig.: 04, na qual observa-se, também, o córtex (S-II), somatossensorial secundário 1 e 2. – 2. Áreas occipitais visuais: primária (17) e secundárias: 18 e 19. 3 – Área 39 no giro angular do lobo parietal inferior relacionado à percepção, visão e leitura da palavra escrita. 4 – Áreas auditivas (41 e 42). – 5 – Área gustativa (43).

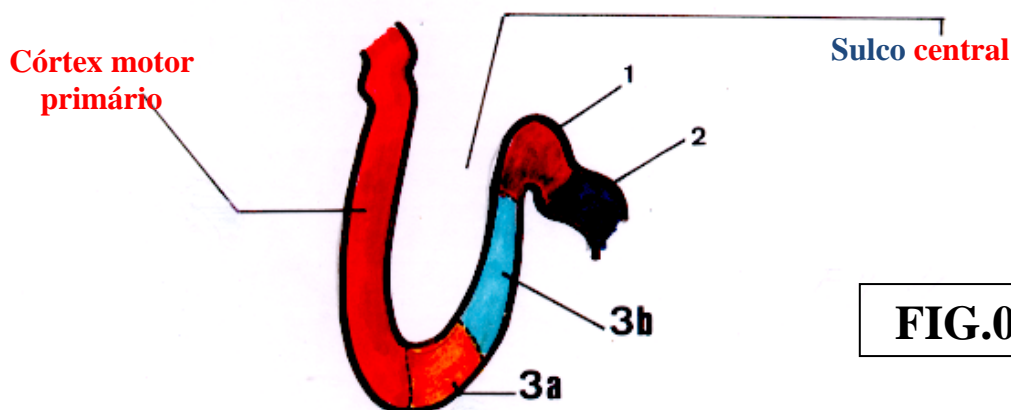


FIG.04

Detalhe das partes do sulco central do hemisfério cerebral.

Área 3a: Na profundidade do sulco Central.

Área 3b: Parede posterior do Sulco Central.

Área 1: Na crista do sulco Central.

Área 2: Já na superfície exterior

Córtex motor primário: parede anterior do sulco Central

Diagrama das Camadas do Córtex Cerebral e de Suas Relações e Projeções

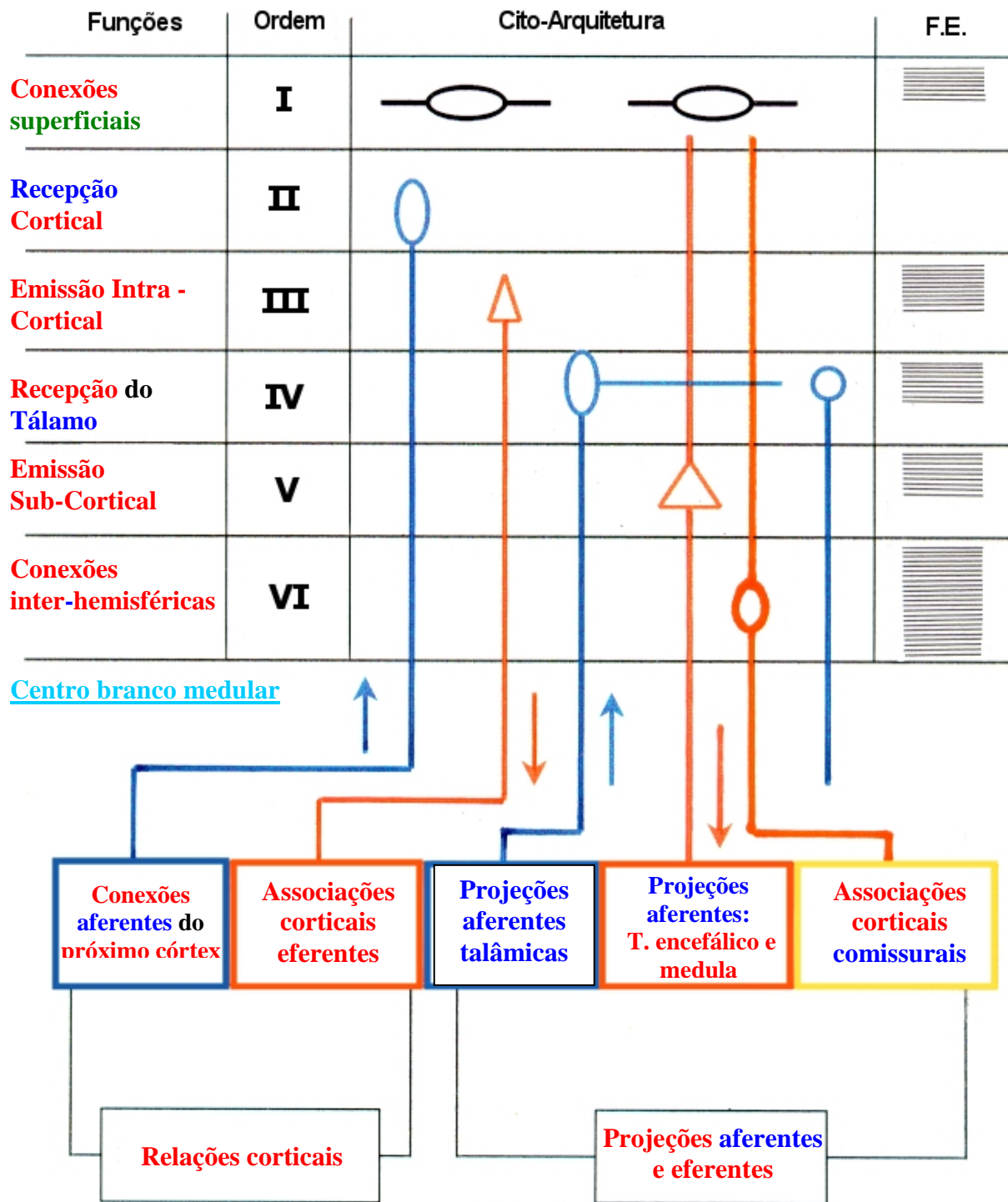


FIG.05

Se, durante o referendo comparativo realizado, surgir qualquer inadequação, entre, o “planejamento programado” e “aquele realizado”, o “cerebelo” encontra-se capacitado, em virtude de suas conexões aferenciais centrais e periféricas, ha pouco, mencionadas (figs.: 9 e 10), para, instantaneamente, enviar os sinais de correção dos movimentos ao “Sistema Motor Central”, com o objetivo de fornecer as condições para: “elevantar” ou “reduzir os “níveis de ativação cortical”, em associação com as funções dos “Núcleos da Base”, a partir de suas “Alças Anatômicas Diretas” e, quando necessário, das “alças Anatômicas indiretas”, além da participação insubstituível do “Tálamo” (figs. 6, 7 e 8) Assim, o “Cerebelo,” auxilia, tanto na seqüência de atividades motoras, como em sua monitorização, realizando, quando necessário, ajustes corretivos, nas atividades motoras, principalmente, no controle de atividades motoras rápidas auxiliando, na interação instantânea, entre as ações de músculos agonistas e antagonistas, em eventos motores.

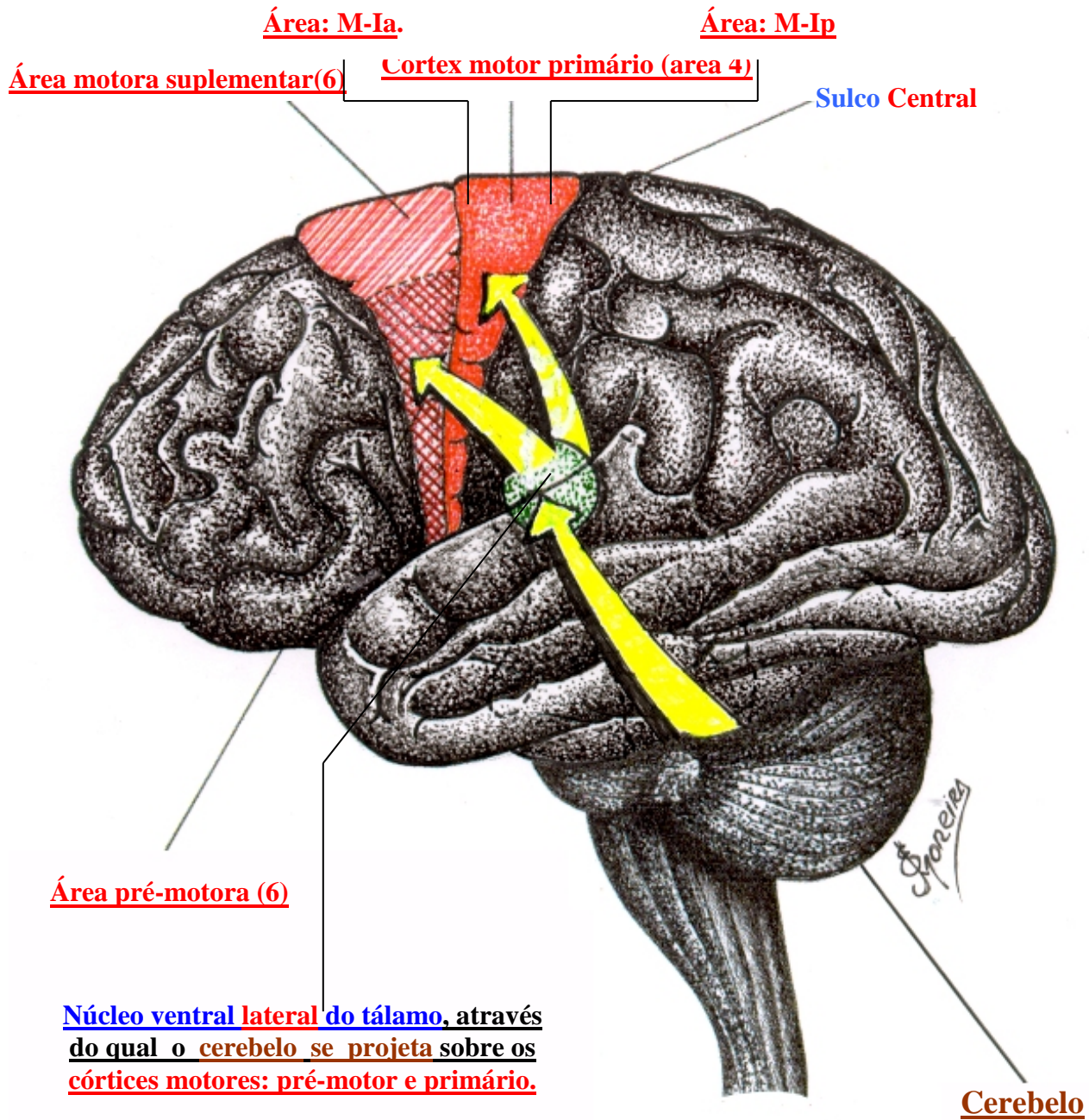
No início da atividade motora voluntária cortical (fig.: 01), estabelece-se uma disseminação dos impulsos corticais, em direção à “medula espinhal” (trato córtico-espinhal), ao “Tronco encefálico” (núcleos pontinos e núcleos segmentares) figs.: 11, 12 e 13) e, em direção aos “Núcleos da base”, estruturando-se, assim, na dependência da “fase,” em que se encontra o movimento voluntário, as conhecidas “Alças” ou “Circuitos Anatômicos”, a partir dos “Núcleos da Base”, que os ligam às diversas áreas específicas do lobo frontal, utilizando, em sua estruturação, dois tipos básicos de circuitos ou “Alças”, entre o “Córtex cerebral” e os “Núcleos da base”, conhecidas por: “Alça Direta e Alça Indireta” (figs.: 14 e 15).

A estruturação morfo-funcional da “Alça Direta”, resultará em um aumento do nível de ativação cortical, por um processo de dupla inibição ou “Desinibição” das projeções tálamo-corticais. (fig.: 14). Todavia, na estruturação da “Alça Indireta”, resultará na diminuição do nível de ativação cortical, em virtude do aparecimento de um mecanismo inibitório das projeções tálamo-corticais (fig.: 15). Tais mecanismos podem ser, facilmente, entendidos, mediante a leitura comparativa do texto e observação das diversas figuras que representam as alças: límbica, oculomotora, motoresquelética, de associação I e de associação II. (figs.: 16, 17, 18, 19. 20. 21, 22 e 23). Qualquer alteração morfo-funcional, destas alças anatômicas, pode levar ao aparecimento de distúrbios dos movimentos, associados a problemas dos Núcleos da base, de “duas categorias:” No “primeiro tipo”, poderemos encontrar ausência de movimentos (acinesias) associadas às hipertonias musculares e, num “segundo tipo”, poderemos constatar, ao exame, aparecimento de movimentos anormais (discinesias), associados à flacidez musculares (hipotonias) (figs.: 24, 25 e 26).

Ambas as alterações, em geral, levam ao aparecimento de doenças, conhecidas por: Doença de Parkinson, Coréia de Huntington, Hemibalismos e Atetoses (figs.: 24, 25 e 26). Os “Núcleos da Base”, ajudam a controlar padrões complexos de movimentos musculares, coordenando as “intensidades” relativas destes movimentos, através das, conhecidas “Alças Anatômicas” paralelas e, principalmente, “Diretas”, que controlam os níveis de ativações corticais encaminhados aos diversos movimentos, bem como, as respectivas direções de tais movimentos, seu sequenciamento, quando múltiplos e sucessivos, para alcançar objetivos motores específicos.

Assim, o “Cerebelo”, cuja participação, torna possível a correção de qualquer “inadequação,” entre o “planejamento motor elaborado a nível cortical” e o “movimento”, eventualmente realizado, corrigindo a coordenação dos movimentos,

Áreas Corticais Motoras



Superfície Lateral do Hemisfério Cerebral

FIG.06

Áreas Corticais Motoras: 16, 17 e 18 do Mapa Topográfico de Penfield e Rasmussen, na superfície medial do hemisfério cerebral.

Área:16.Mm.Quadril
Área 17.Mm. da Coxa e da Perna
Área 18;Mm. Artelhos

Área motora suplementar

Área motora do cíngulo

Área: M-Ia

Áreas: 16, Quadril

Área: 16

Área: 17

Área :18

Sulco central

Área: M-Ip

17

18

Núcleo ventral anterior do tálamo, através do qual, os núcleos da base se projetam ao córtex motor primário e área motora suplementar (áreas: 4 e 6)

FIG.07

Superfície medial do hemisfério cerebral

Tálamo: Desenho esquemático de seus Núcleos e conexões aferentes e eferentes

Funções:

- Motricidade
- Comportamento
- Emocional
- Funções viscerais
- Ativação cortical
- Sensibilidade geral
- Sensibilidade especial

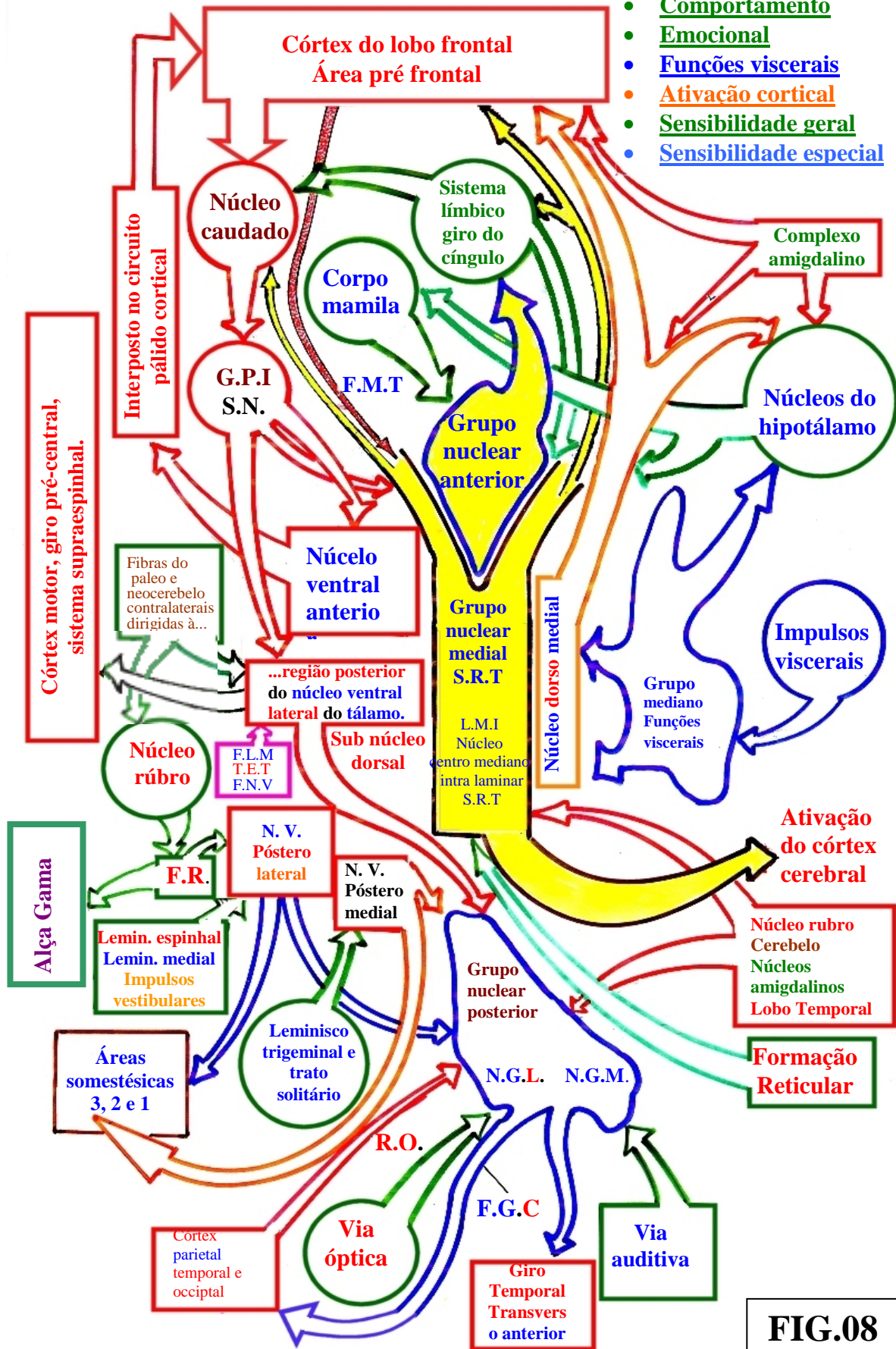


FIG.08

Circuitos: Cortico-Ponto-Cerebelo-Tálamo-Cortical e Cortico-Ponto-Cerebelo-Neorrúbrio-Retículo-Espinal

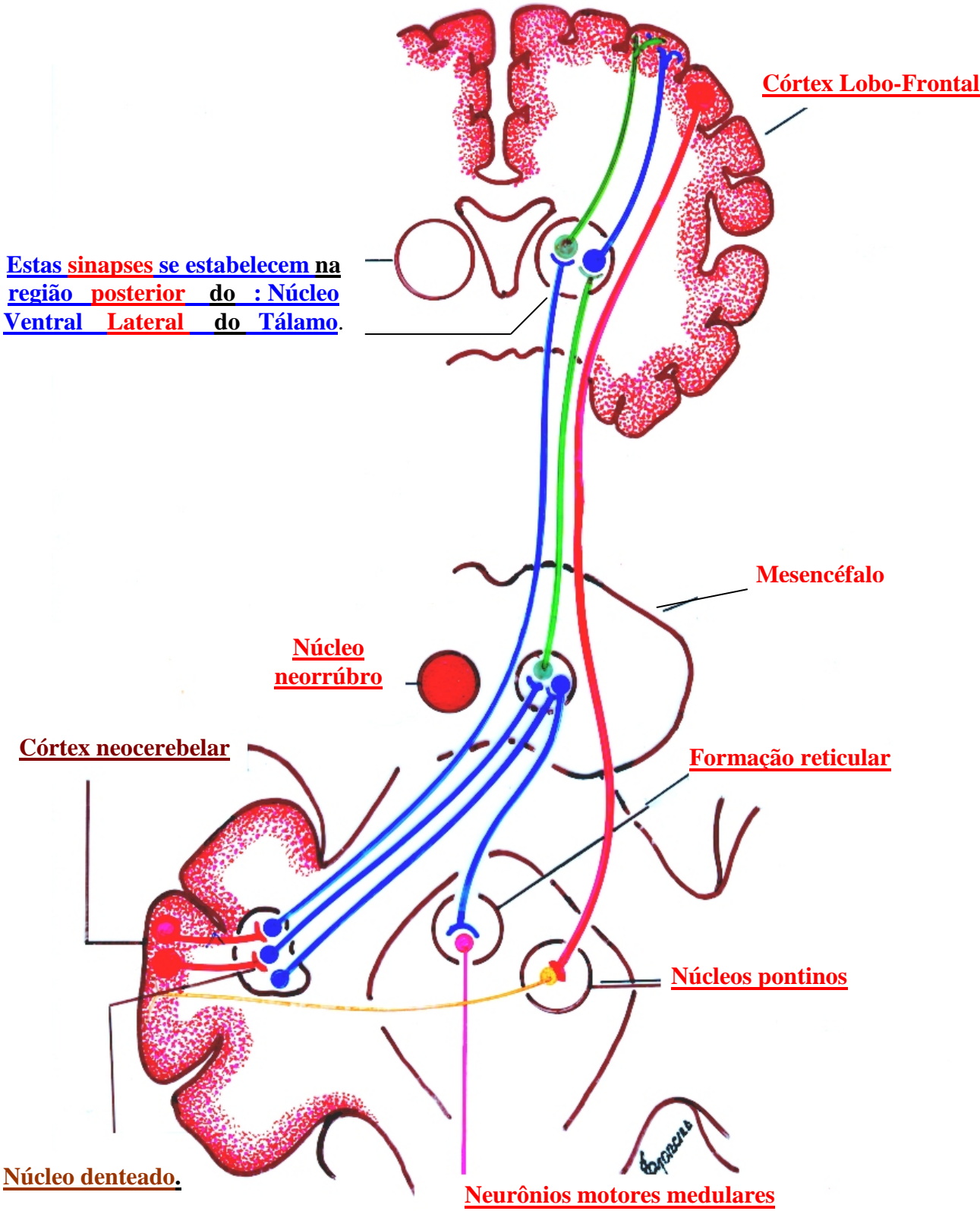


FIG.09

Vias Espinocerebelares: (1) Direta, (2) Cruzada e (3): Interpósito-Paleorrúbrica-Tálamo-Cortical

Superfície lateral do hemisfério esquerdo.

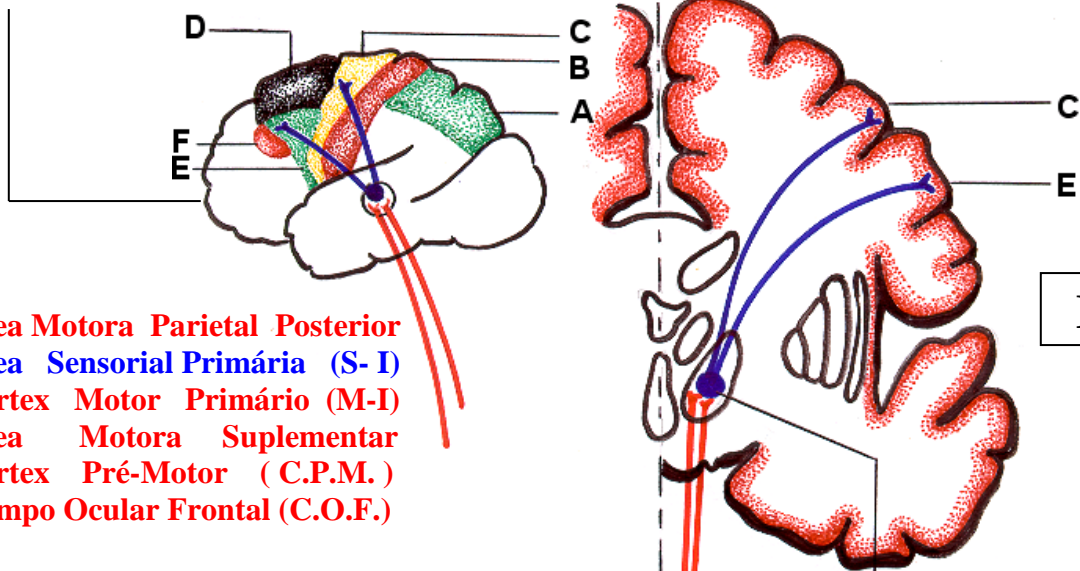
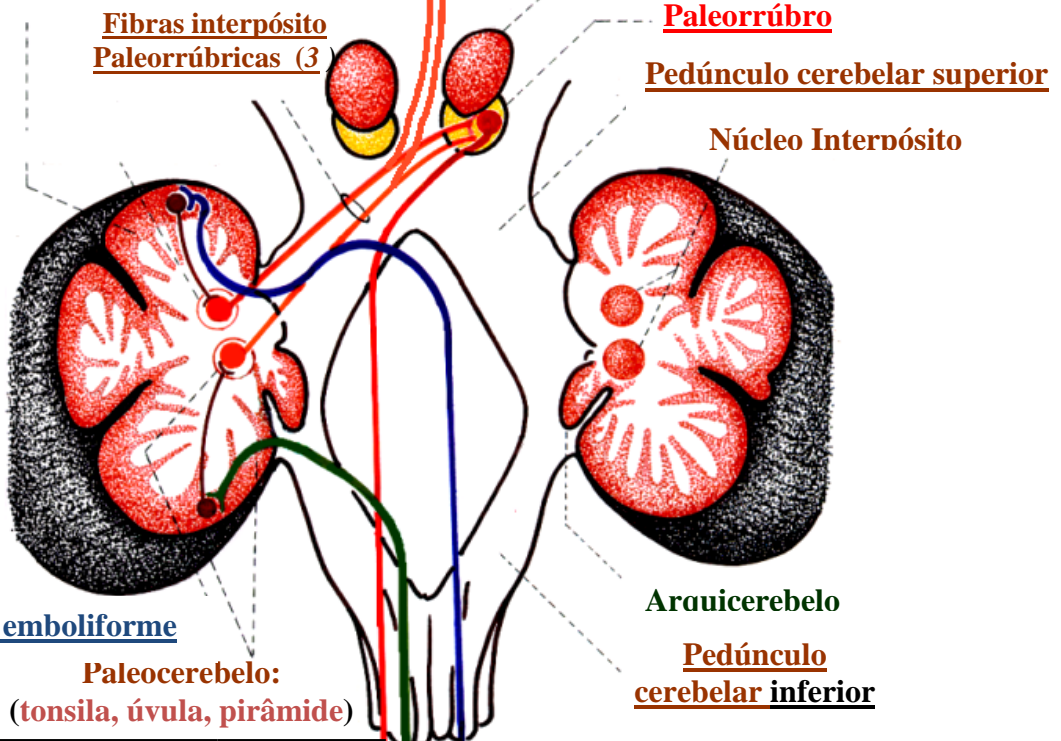


FIG.10

- 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.

Núcleo ventral lateral do Tálamo.



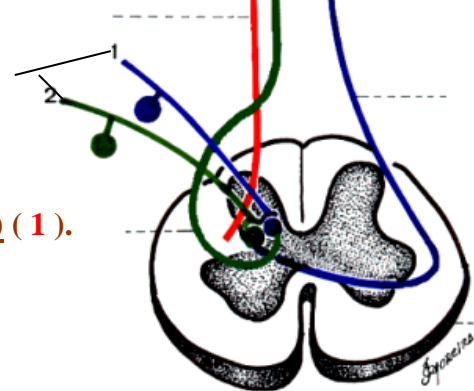
Trato Rubroespinal cruzado

Neurônios primários sensoriais proprioceptivos (1 e 2), com suas origens nos gânglios sensoriais das raízes dorsais da medula espinal

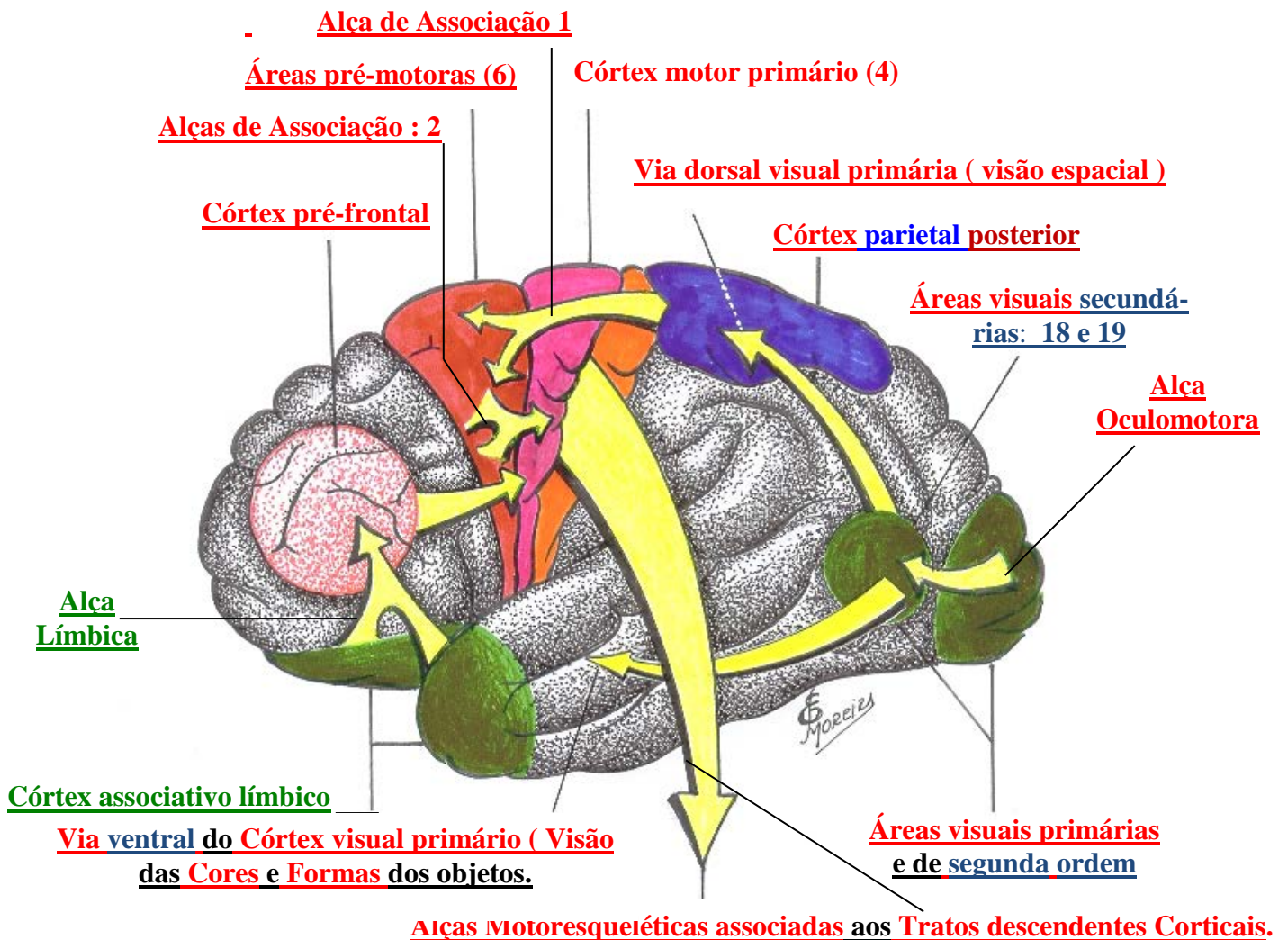
Trato espinocerebelar direto (dorsal) (1).

Trato espinocerebelar ventral (cruzado) (2).

Medula espinal (Torácica)



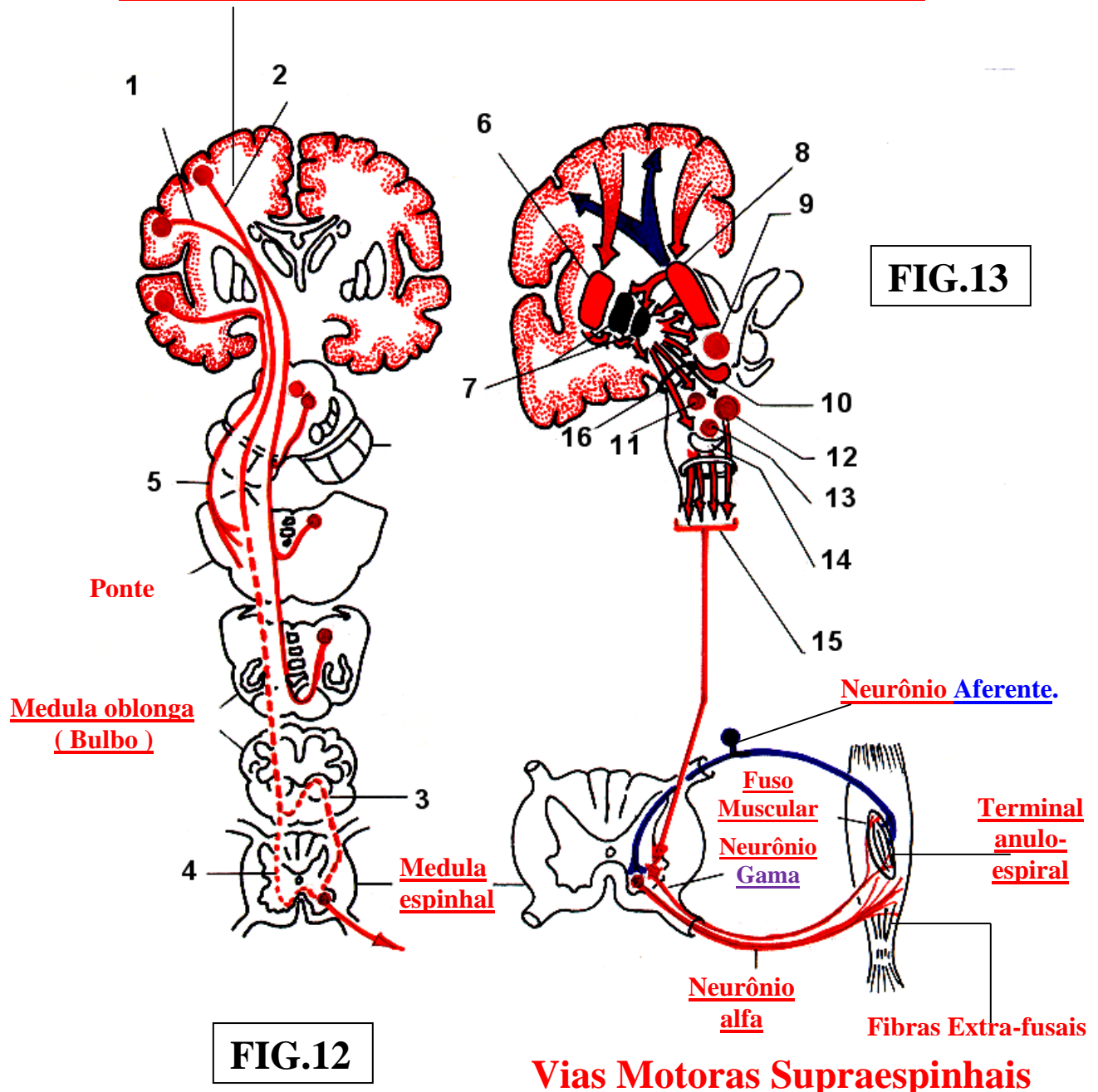
Estruturas que regulam o Funcionamento e Comportamento dos Eventos Motores, em desenho esquemático aproximado e reduzido, com início, meio e término do Movimento.



Desenho esquemático e aproximado, da **massa encefálica** e o **desencadeamento** dos **mecanismos morfo-funcionais** de um **movimento (início, meio e término)** que surgem, se nos fosse visível, na **superfície lateral do hemisfério cerebral**, envolvendo as principais **fases deste movimento**, indicando, de forma aproximada, as **localizações anatômicas** das **Alças anatômicas: Límbicas, Oculomotoras, de Associações: 1, de Associações: 2, Motoresqueléticas** e as **Vias Espaciais: Dorsal Visual Primária (Parietal)** para a **visão espacial** e a **Via Visual Primária ventral (Temporal)**, envolvida com a **visão das formas e cores dos objetos**. Além disso, temos a **representação dos tratos corticais descendentes**, destinados aos **núcleos do Tronco encefálico** e **Tratos córtico-medulares**, destinados aos **nervos periféricos medulares**.

FIG.: 11

Vias Eferentes Somáticas Voluntárias Corticais



LEGENDA:

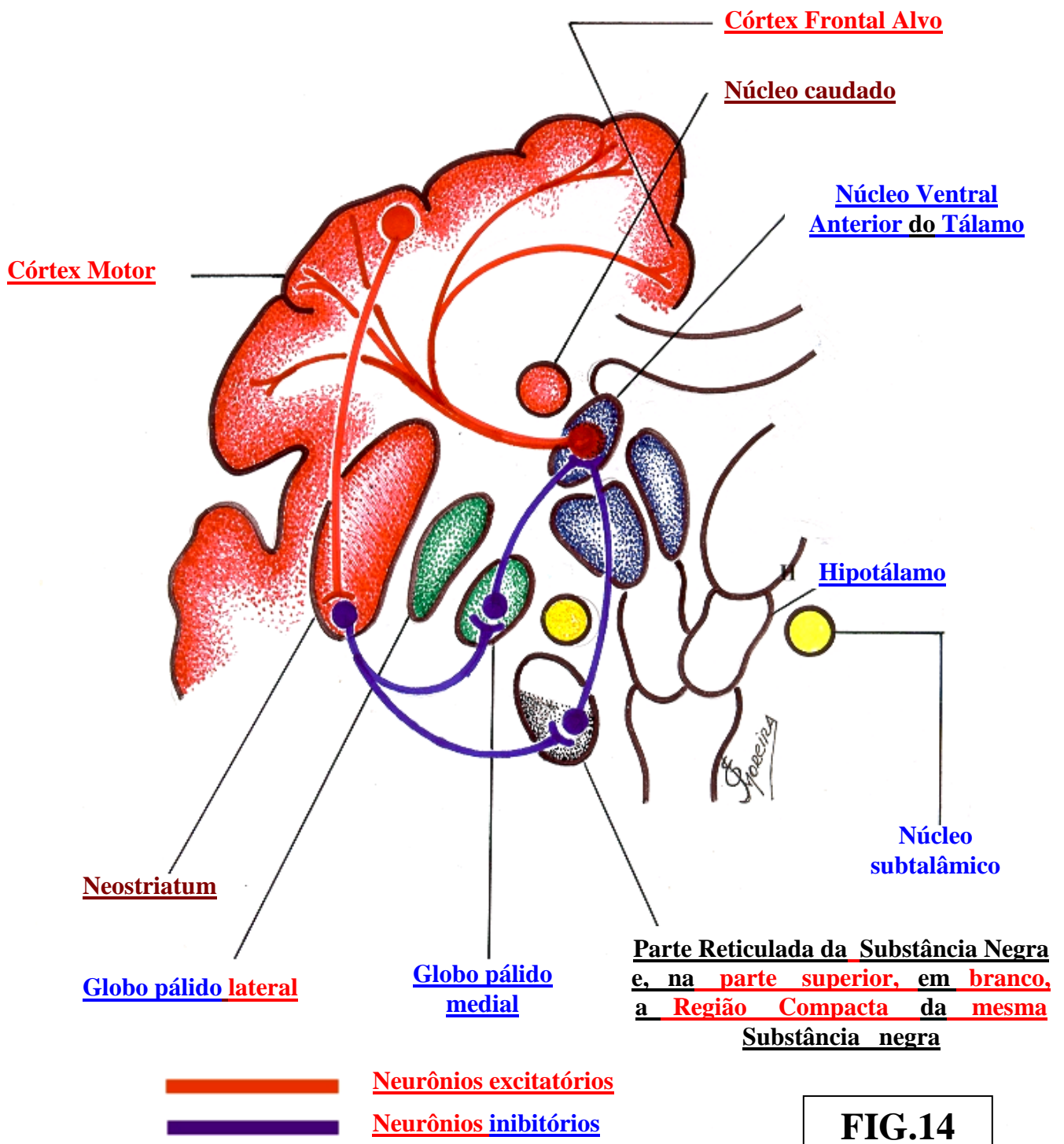
1. Trato Córtico-nuclear. – 2. Trato Córtico-espinal. – 3. Trato Córtico-espinal Lateral. – 4. Trato Córtico-espinal anterior. – 5. Trato Córtico-pontino. – 6. Putamen. – 7. Globos pálidos: medial e lateral. (Paleostriatum). – 8. Núcleo Caudado. – 9. Tálamo. – 10. Hipotálamo. – 11. Núcleo rubro (Vermelho). – 12. Núcleo Sub-talâmico. – 13. Formação Reticular. – 14. Substância Negra. – 15. Vias Supra-espinais. – 16. Campos de Forel.

cujos mecanismos morfo-funcionais, ainda serão comentados, durante o desenvolvimento do texto, e os “Núcleos da Base” que, através de suas conexões intrínsecas e extrínsecas, coordenam, juntamente com o Tálamo, o grau de maior ou de menor Ativação Cortical, que se encontram envolvidos com o Sistema Motor, modulando os movimentos, através de sua participação, tanto nos processos morfo-funcionais de planejamento dos movimentos, como também, no controle, modulação e eventuais correções dos mesmos. Com isso, tanto o “cerebelo”, como os “núcleos da base”, para o desenvolvimento de suas ações morfo-funcionais, dependem da presença, insubstituível, do “Tálamo” (figs: 6, 7 e 8), pois as alças anatômicas (diretas e indiretas), passam, através de sinapses, nos núcleos talâmicos, em seus mecanismos de maior ou menor ativação cortical, o que, também se verifica, com os circuitos incluindo o “cerebelo” que, da mesma forma, necessitam de sinapses no nível dos núcleos talâmicos (figs: 6, 7 e 8), podendo-se concluir que: o “córtex cerebral, os núcleos da base e o próprio cerebelo”, tornar-se-iam inúteis, caso o tálamo não existisse. O “Tálamo”, em virtude de sua situação anatômica, conexões aferenciais e eferenciais, participa, também, do controle dos movimentos, interligando, morfo-funcionalmente, através de sinais adequados, o cerebelo, o mesencéfalo e áreas da parte inferior do tronco encefálico, ao córtex cerebral e núcleos da base. Neste sentido, voltamos a enfatizar: sem o tálamo, o córtex motor, os núcleos da base, o cerebelo, o tronco encefálico e a medula espinhal, seriam inúteis, pois, o tálamo, representa, no contexto de suas inúmeras funções, a “principal estação retransmissora,” para a condução de sinais sensoriais, para o córtex cerebral, conexões com o sistema límbico e, no caso dos movimentos, a principal estação retransmissora, de sinais de controle muscular, envolvendo as regiões anatômicas comentadas em epígrafe”.

Neste caso, os núcleos talâmicos, mais utilizados, em se tratando do “cerebelo”, é o “núcleo ventral lateral” do tálamo, também, conhecido por “núcleo ventral intermédio lateral do tálamo” (fig.: 8), enquanto, em se tratando dos núcleos da base, o núcleo talâmico mais utilizado é o “núcleo ventral anterior ou núcleo ventral ântero-lateral do tálamo” (fig.: 8). Assim, ao realizarmos um movimento (que nunca fora, antes, realizado por nós), deverão ocorrer os seguintes mecanismos morfo-funcionais de forma irregular e, provavelmente, com alguma imperfeição:

- O impulso motor dirigido ao Cerebelo, no circuito “Cortico-ponto-cerebelar”, para o início da contração dos músculos agonistas, o qual, associado aos impulsos motores, oriundos do segundo circuito: “Cortico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal”(fig.: 09) e que, associados, realizam um “Somatório” de excitações motoras”sobre os neurônios motores inferiores da medula espinhal. Todos, associados, realizam ações insuficientes e irregulares, pois, como comentado, tais movimentos, nunca, antes, haviam sido realizados.
- Simultaneamente, o grau de inibição dos músculos antagonistas, para este início de movimento, também, pelos mesmos motivos anteriores, ainda, não é conhecido.
- O controle do tempo necessário às estimulações (excitações), para início e término dos movimentos agonistas, também, é desconhecido, pelos mesmos motivos.

Desenho esquemático de um dos circuitos básicos, entre os Gânglios da Base e o **Córtex Cerebral** (**Alça Direta**).



Desenho esquemático de um dos circuitos básicos, entre os “Gânglios da Base” e o “Córtex Cerebral” (Alça Indireta)

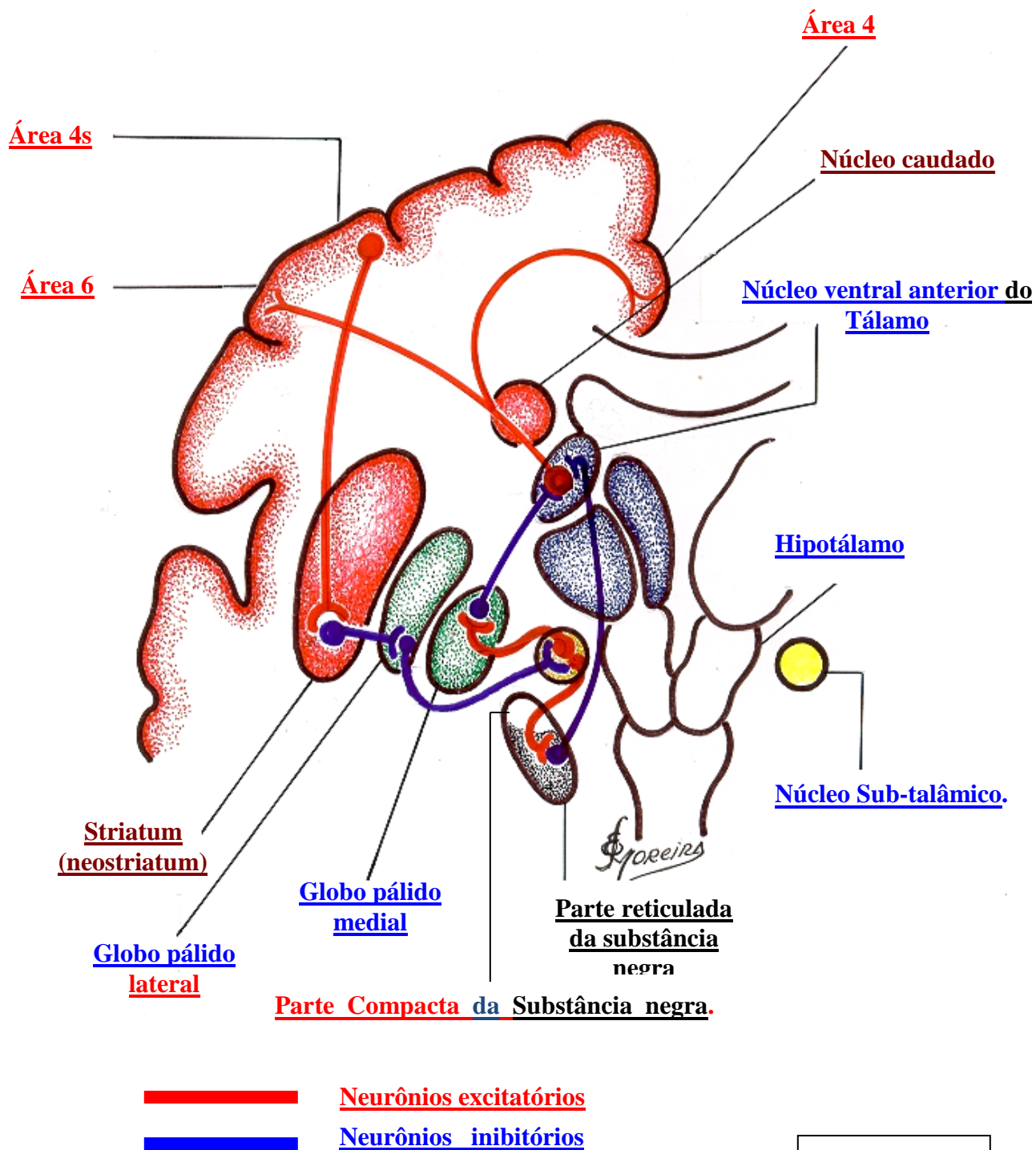


FIG. 15

Desenho Esquemático da Alça Límica

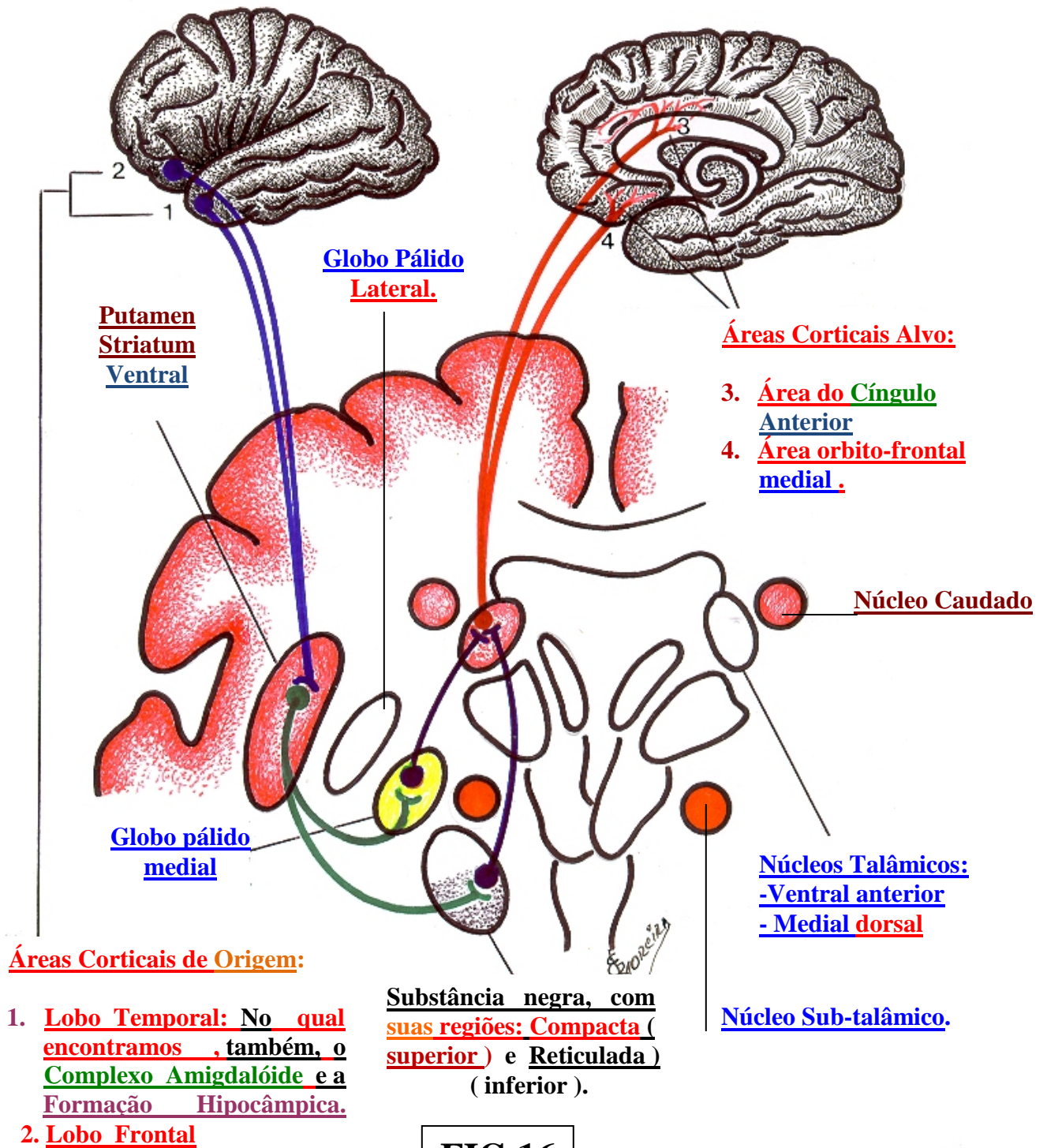


FIG.16

Alça Oculomotora

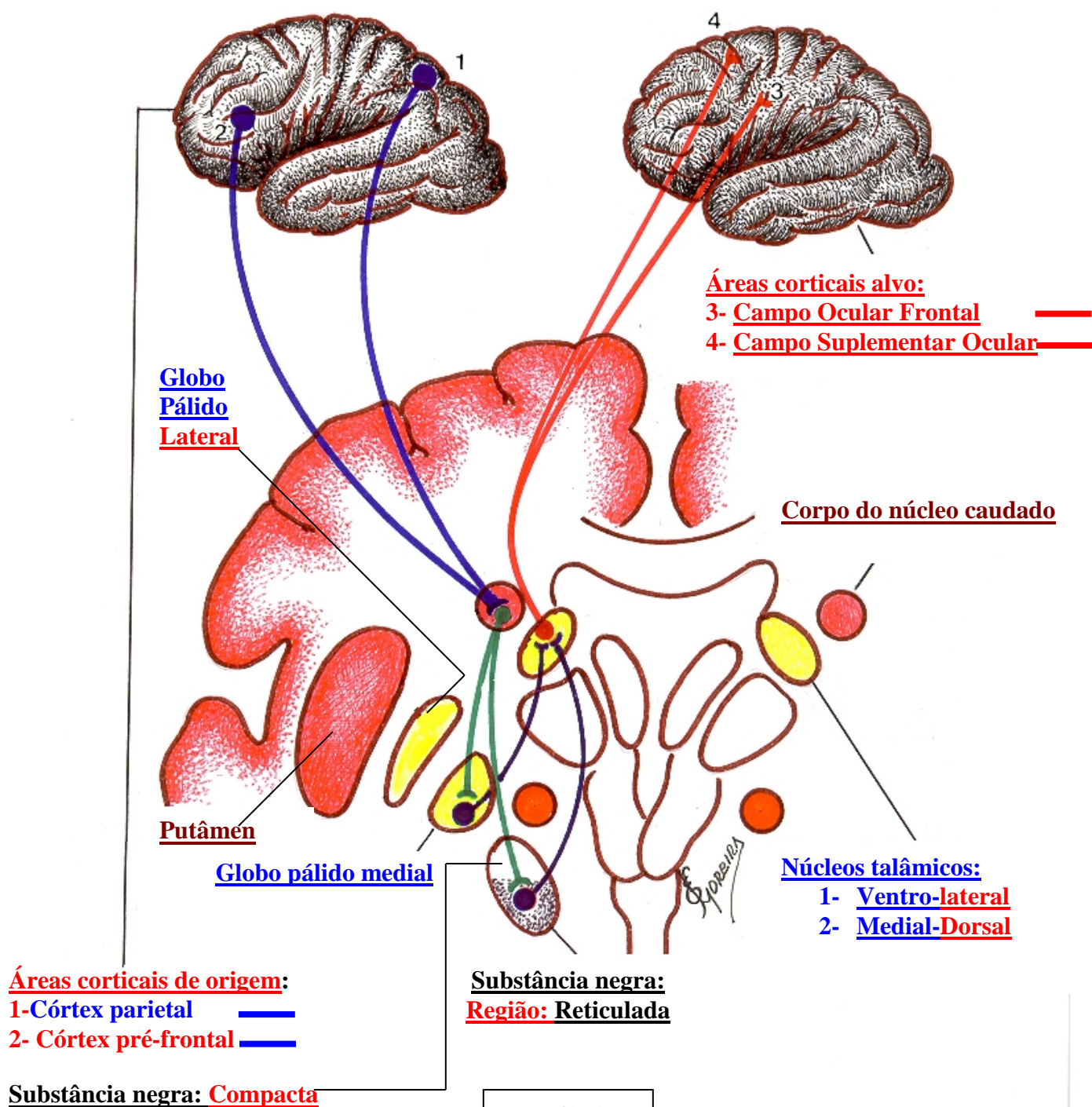
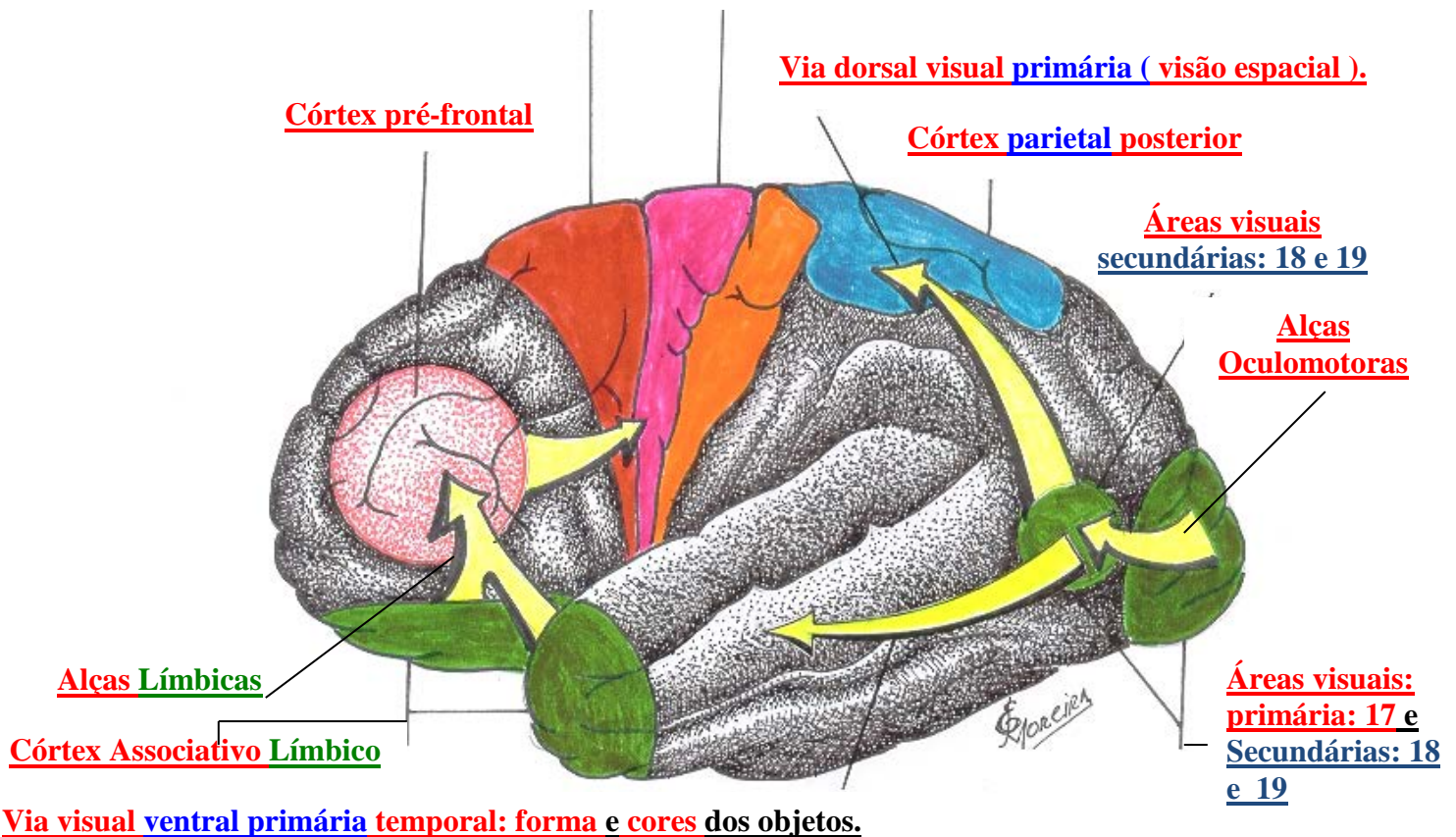


FIG.17

Estruturas que Regulam o Funcionamento e Comportamento dos Eventos Motores, ao se iniciar um Movimento, com a representação aproximada, na superfície lateral do hemisfério cerebral, envolvendo, neste início de movimento, as alças límbicas, e as alças oculomotoras. Vê-se, também: as vias visuais primárias ventral e dorsal

Áreas pré-motoras (6)

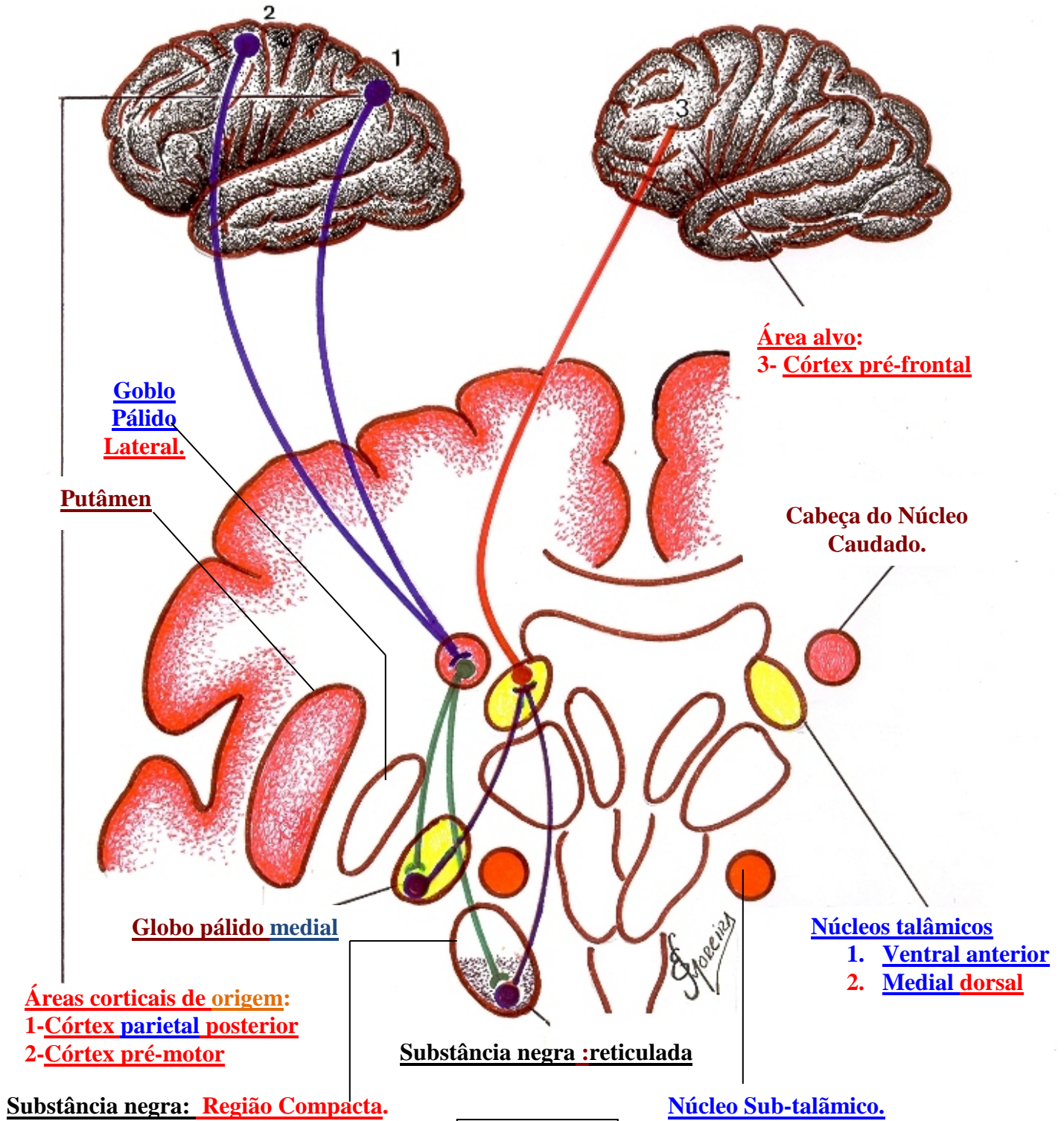
Córtex motor primário (4)



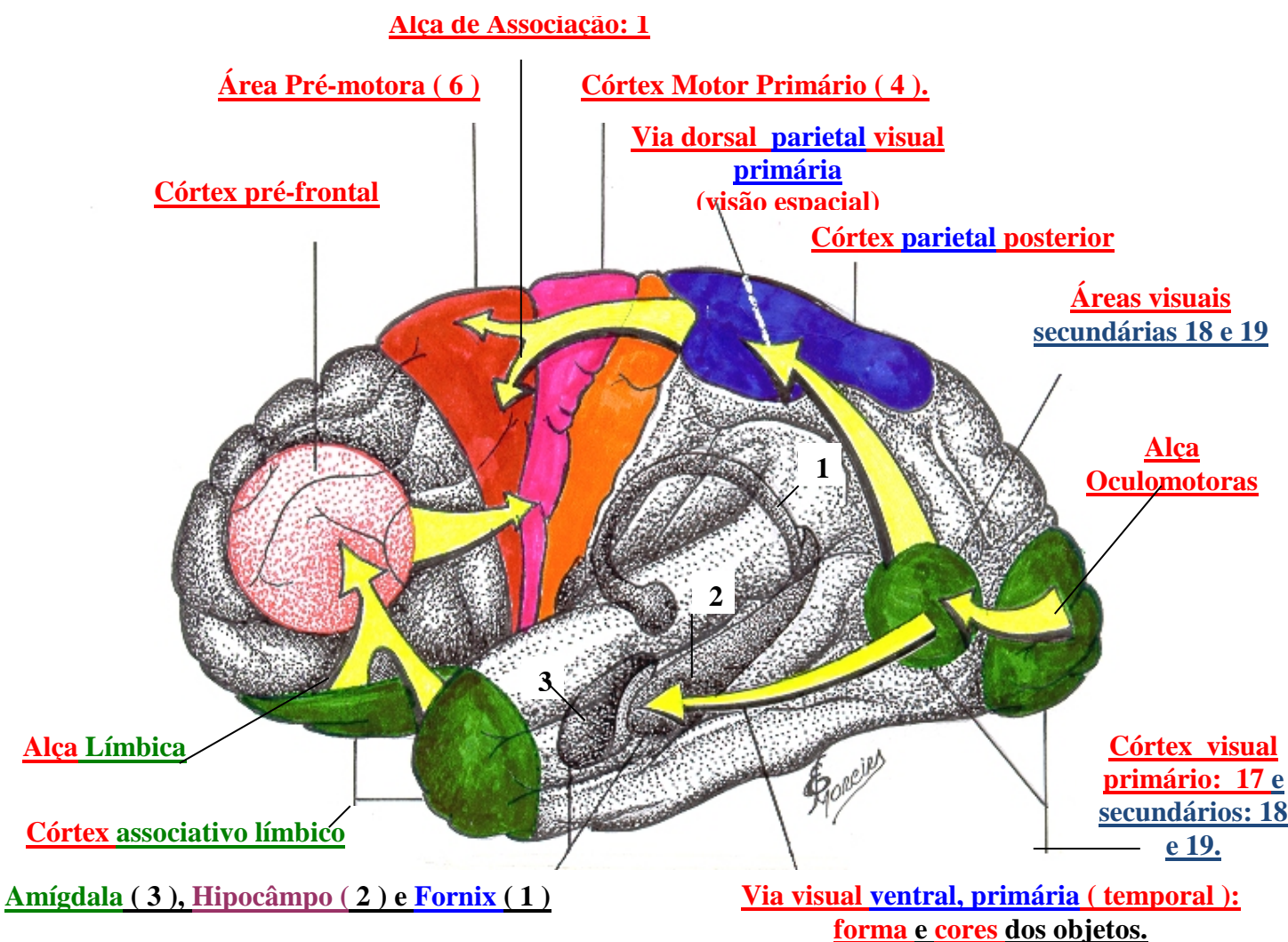
Início dos mecanismos morfo-funcionais centrais encefálicos reduzidos, de um evento motor, com a representação esquemática e aproximada, da localização anatômica das alças límbicas, seguidas das alças oculomotoras e das Vias: Visual primária dorsal (temporal): envolvida com a forma e cores dos objetos. Tudo isto precedido, em uma rápida fração de segundos, por diversos outros mecanismos, inclusive reflexuais, que antecedem, em frações de segundos, o real início da ação motora (Movimento), ocasião, na qual, surgem as primeiras descargas corticais, a partir das células gigantes corticais de Betz, que atuarão, através dos tratos eferenciais descendentes corticais, em direção aos neurônios Medulares laterais (ou periféricos).

Fig.: 18

Desenho Esquemático da alça de Associação 1 (Circuito Associativo 1)



Desenho esquemático dos mecanismos morfo-funcionais, desenvolvidos na massa encefálica, durante um movimento, com a representação das alças límbicas, oculomotoras e de associações: 1 e as vias visuais primárias: Dorsal (parietal) e Ventral (temporal) e as relações anatômicas com: a amígdala (3), Hipocampo (2) e fornix (1)



Desenho esquemático aproximado dos Mecanismos Morfo-funcionais desenvolvidos na Massa Encefálica, com a representação das Alças Límbicas fronto-temporais, seguidas da representação das Alças Oculomotoras na região Occipital e das Vias Visuais Primárias: Dorsal (Parietal), envolvida com o deslocamento dos corpos no espaço e Via Ventral-temporal, envolvida com a forma e cores dos objetos, além da visão da Alça de associação 1, responsável pela união das Alças citadas: Límbicas e oculomotoras. Legenda: 1: Comissura do Fornix. 2. Formação Hipocampal. 3. Complexo Amigdalóide (ou Amígdala).

Fig.: 20

Desenho Esquemático da Alça Motoresquelética

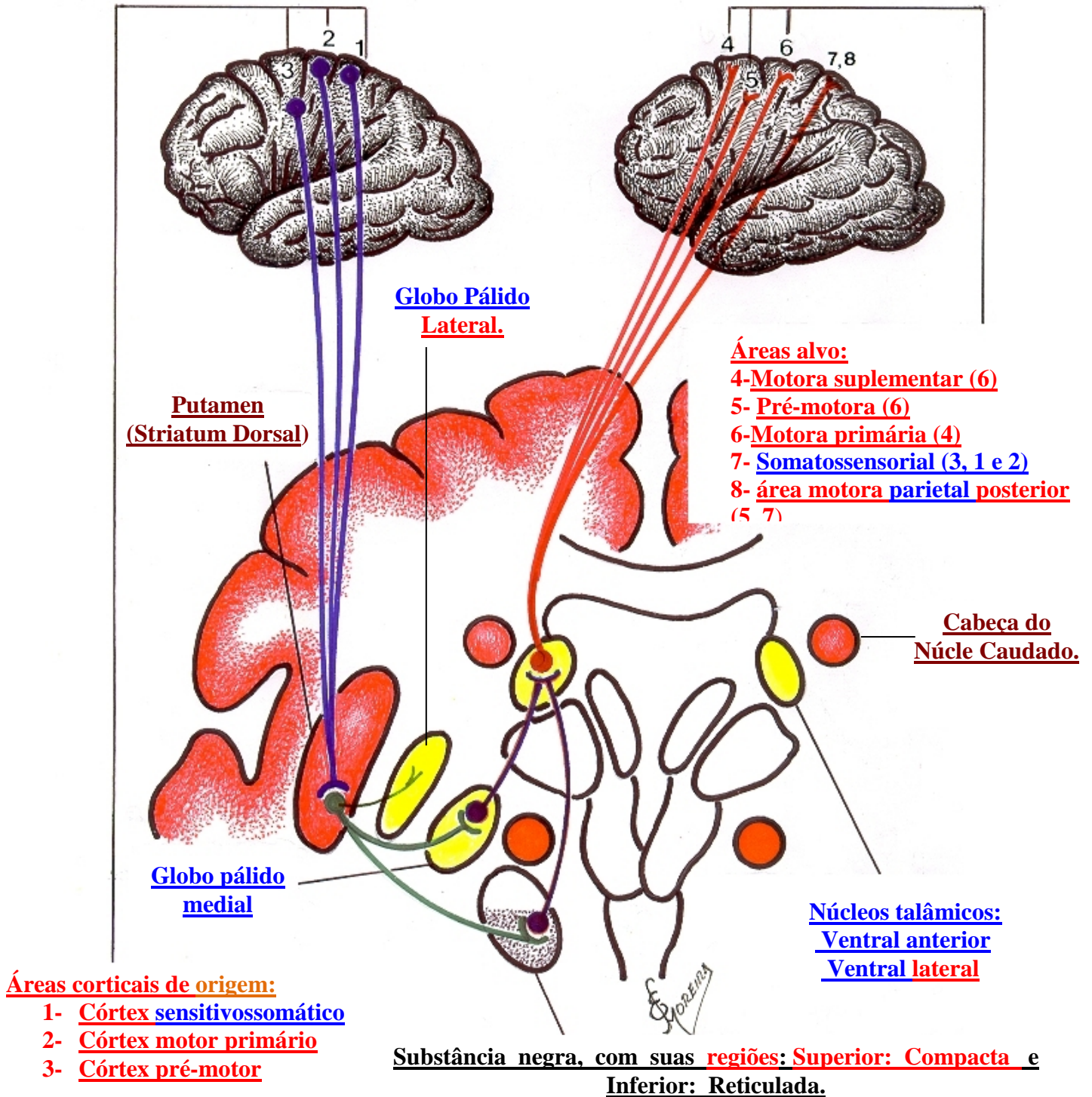


FIG.21

Desenho Esquemático da alça de Associação 2 (Circuito Associativo 2)

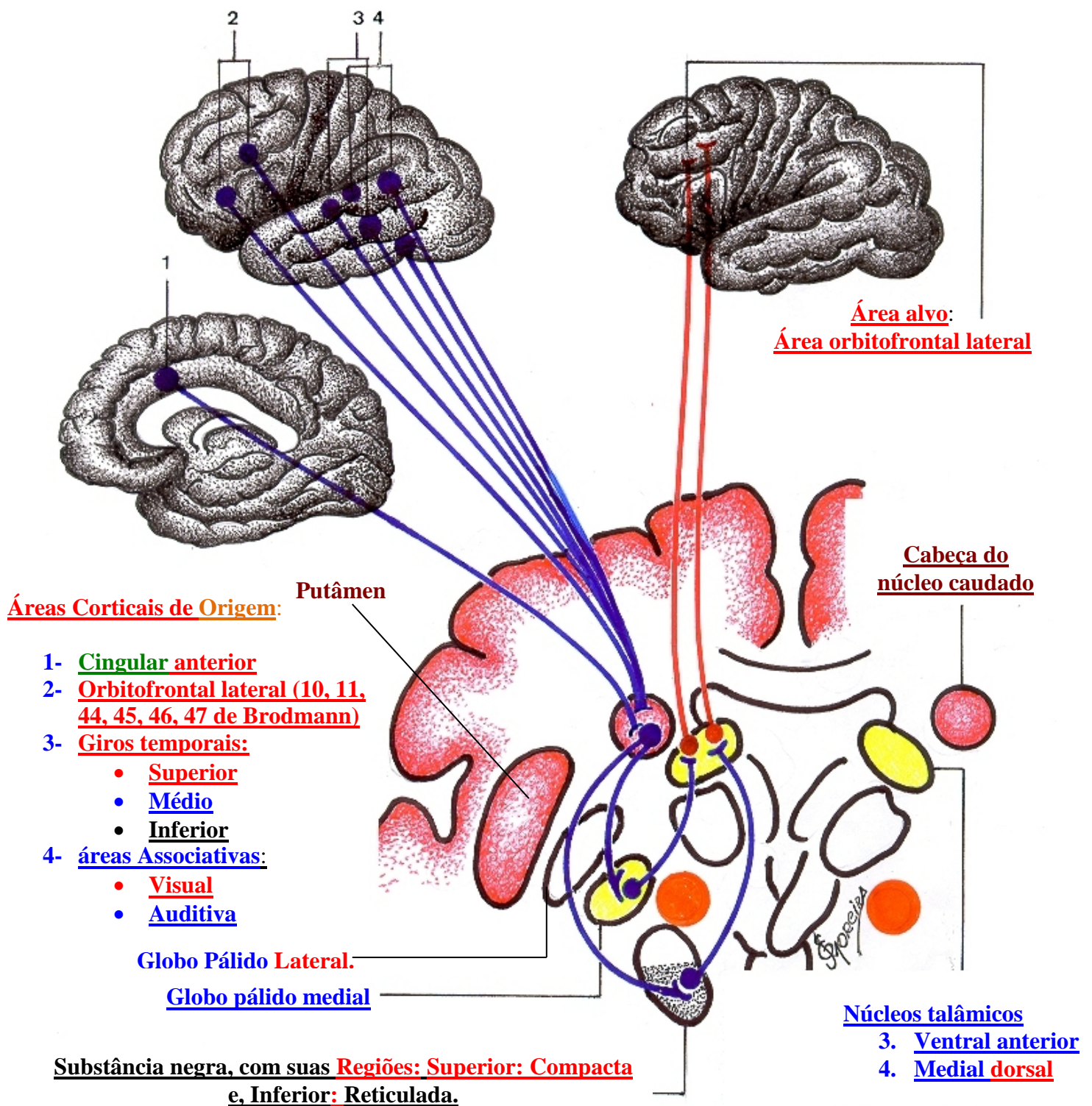
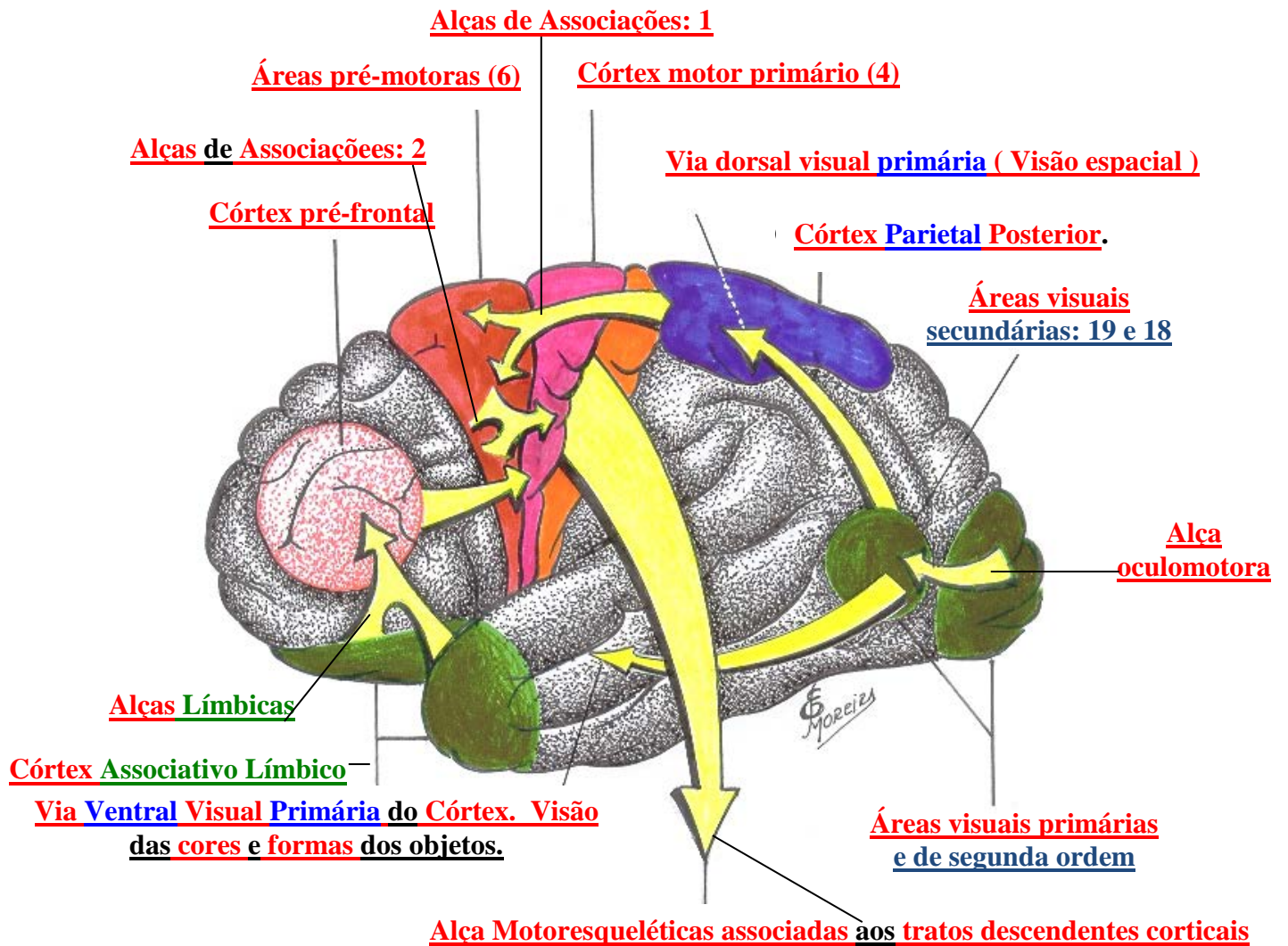


FIG.22

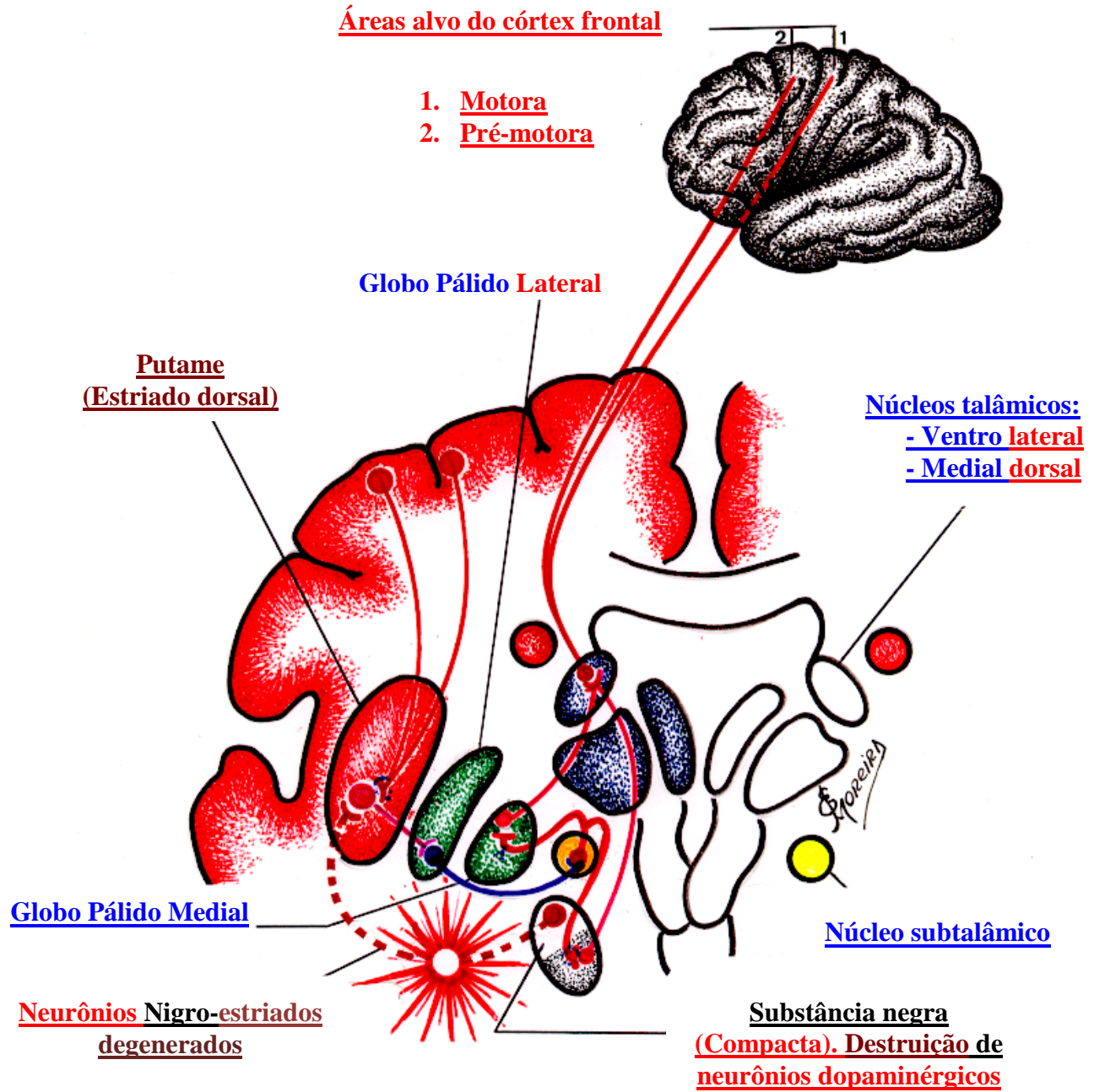
Estruturas que regulam o Funcionamento e Comportamento dos Eventos Motores, em desenho esquemático aproximado e reduzido, do Início ao Término do Movimento.



Desenho esquemático da massa encefálica, em visão da superfície lateral, dos Mecanismos morfo-funcionais, envolvendo todas as principais fases de um Movimento, indicando, aproximadamente, as localizações anatômicas das Alças Anatômicas: Límbicas, Oculomotoras, de Associações 1, de Associações 2, Motoresqueléticas e as Vias Espaciais “Dorsal Visual Primária (Parietal), “para a Visão Espacial” e a Via Visual Ventral Primária (Temporal), para a “Visão das formas e cores dos objetos de uma cena”. Além disso, temos a constituição dos Tratos corticais descendentes: Cortico-nucleares, destinado aos núcleos do Tronco Encefálico e Trato Cortico-medular, para os nervos laterais ou periféricos medulares.

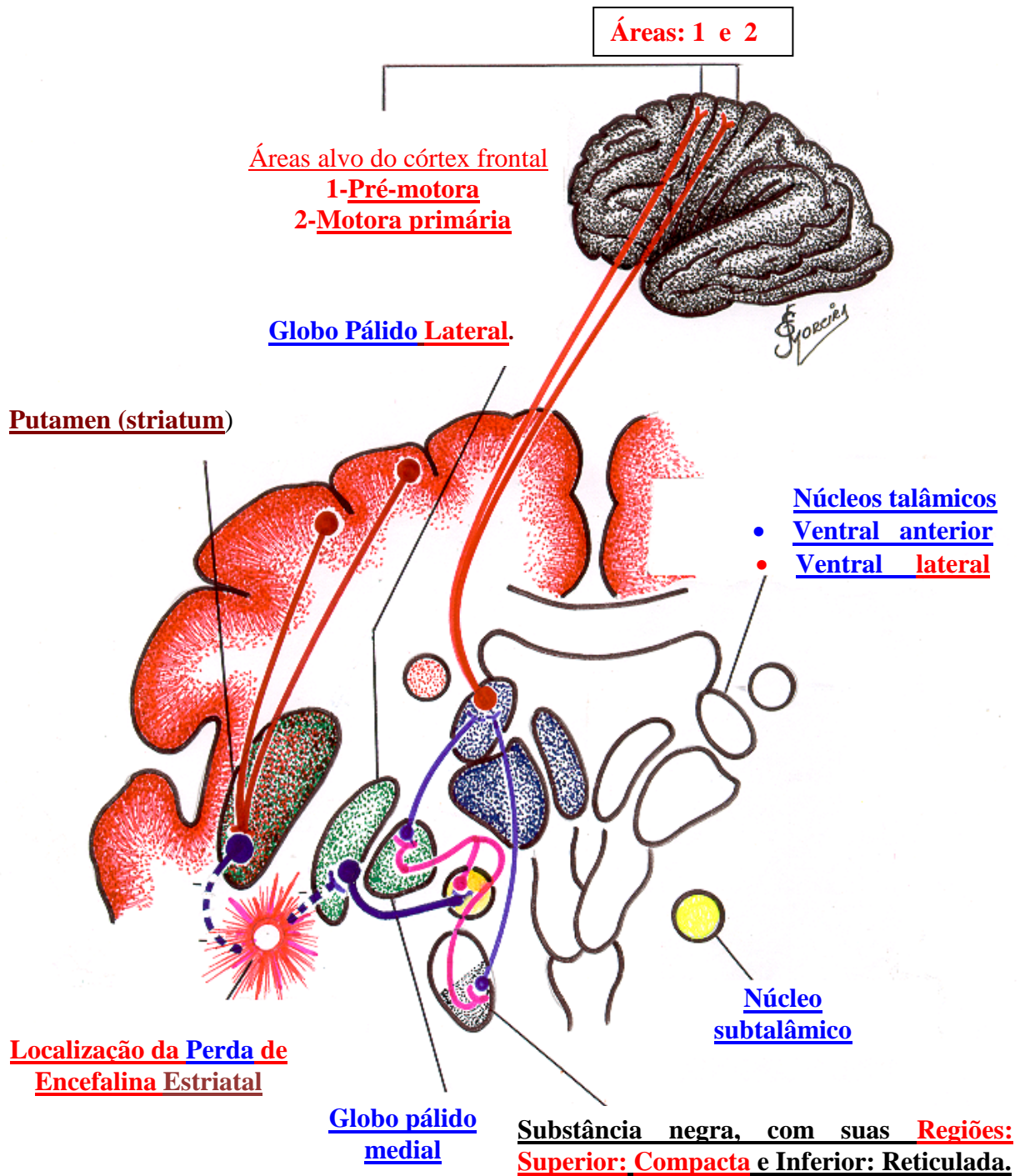
FIG.: 23

Doença Idiopática de Parkinson e a deficiência de Fibras Nigro-estriatais ao Estriatum, devido a Problemas da Pars Compacta da Substância negra Mesencefálica e o comprometimento da quantidade do Neurotransmissor Dopamina.



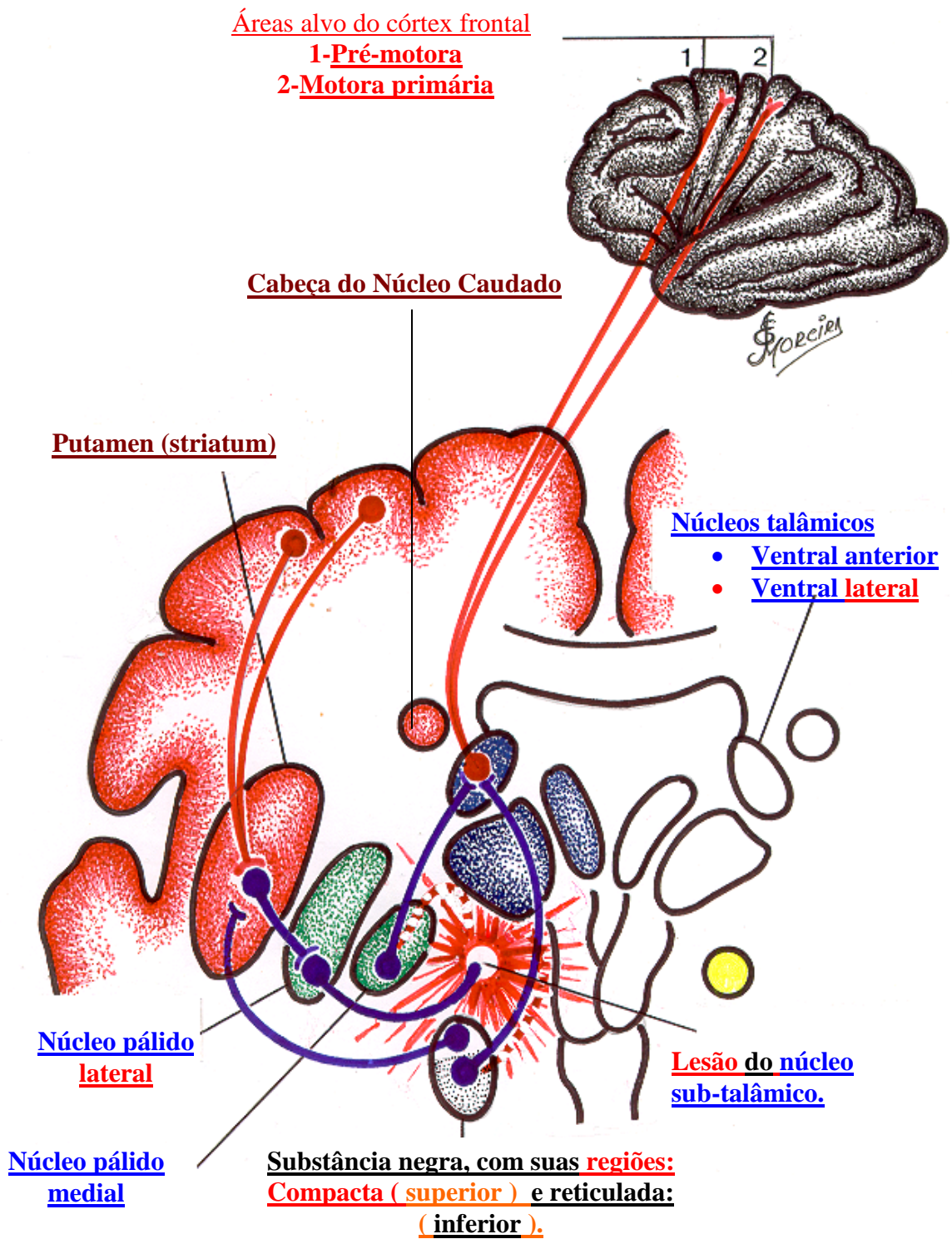
Desenho esquemático de Conexões dos Núcleos da base, assinalando a “deficiência” de fibras Nigro-estriadas ao “Striatum”, por diminuição do número de neurônios dopaminérgicos, na Pars Compacta” da Substância negra

FIG.24



Desenho esquemático, dos Núcleos da Base, assinalando a localização da perda de Encefalina estriatal, com diminuição da Inibição sobre o Núcleo Globo Pálido Lateral. (Doença de Huntington)

FIG.25



Desenho esquemático, de conexões dos Núcleos da Base (ou Gânglios), assinalando a Lesão do Núcleo Sub-talâmico (Conhecida pela denominação de “Hemibalismo”.

FIG.26

O grau de inibição dos músculos agonistas, pelos mesmos motivos expostos, também, é desconhecido.

- O grau de excitação dos músculos antagonistas, para sua contração, também, é desconhecido.
- O tempo necessário, para a execução correta, destas diversas funções motoras, também, é desconhecido. Portanto, as seis (06) funções necessárias ao desempenho perfeito das ações musculares, num determinado movimento, realizado pela primeira vez pelo indivíduo, são, na verdade, desconhecidas.

Entretanto, após a realização, em caráter repetitivo, do referido movimento, (exercícios), este movimento ou conjunto de movimentos complexos, a pouco e pouco, aperfeiçoam-se, chegando-se ao ponto de realizá-los, com extrema perfeição morfo-funcional.

As “Fibras Trepadeiras”, oriundas do complexo olivar bulbar inferior contra-lateral, que recebem, através do “Trato Tegmental Central” ou “Feixe Central da Calota”, (fig.: 27, 28, 29), impulsos corticais: dos núcleos da base, dos núcleos rubros (vermelhos), dos núcleos da formação reticular pontinos e bulbares e da própria medula espinhal e que, os conduz, simultaneamente, aos dendritos das Células de Purkinje e às Células dos núcleos centrais do cerebelo (figs.: 28, 29 e 30), em condições normais de repouso muscular, apresentam uma freqüência de disparos em torno de um (01) disparo por segundo (1/s), de natureza eferente e, sempre que ocorram tais disparos, destas “fibras trepadeiras”, haverá despolarização de toda a árvore dendrítica da célula de Purkinje, com duração de um (01) segundo, levando à ativação dos canais de Ca⁺⁺, extremamente sensíveis à voltagem das membranas dendríticas. Com a ativação dos canais de Ca⁺⁺, estabelece-se um potencial de ação na árvore dendrítica da célula de Purkinje que, para sua devida propagação, utiliza os mesmos canais de Ca⁺⁺, recentemente ativados e sensíveis à voltagem criada.

Neste mesmo intervalo de tempo, como comentado, a célula de Purkinje dispara, durante um (01) segundo, com um potencial de ação, de natureza eferente, inicial, extremamente, forte.

A despolarização da célula de Purkinje é significativa, complexa e atenuada, sendo, esta despolarização atenuada, o prosseguimento da despolarização da árvore dendrítica da célula de Purkinje, provocando o aparecimento, do mediador Na⁺, na região inicial do axônio da Célula de Purkinje, sensível à voltagem, ali existente (potencial de ação), mediado, pelo, Na⁺.

Em tais circunstâncias, quando uma pessoa realiza, pela primeira vez, um movimento novo, em geral, o resultado morfo-funcional, do novo movimento realizado, é diferente do movimento desejado e planejado a nível cortical central. Isto porque, sendo pela primeira vez, executado tal movimento, associado às possibilidades extremamente reais de aparecimento de tais erros, as “Fibras Trepadeiras”, objetivando corrigir os eventuais erros, passam a apresentar descargas mais freqüentes ou mais reduzidas, de acordo com as necessidades, que estarão relacionadas aos impulsos conduzidos pelas vias proprioceptivas ascendentes inconscientes, ao cerebelo, e também, pelas vias aferenciais motoras centrais ao cerebelo (figs.: 9 e 10), podendo, inclusive, atingir uma freqüência de quatro (04) descargas por segundo ou, pelo contrário, serem, significativamente, reduzidas.

Complexo Olivar Bulbar Inferior e suas Conexões com: 1. - Córtex cerebral. 2. Núcleos da base. – 3. Tálamo. – 4. Substância Negra. – 5. Núcleo Vermelho (ou Rubro). – 6. Cerebelo. – 7. Medula espinhal.

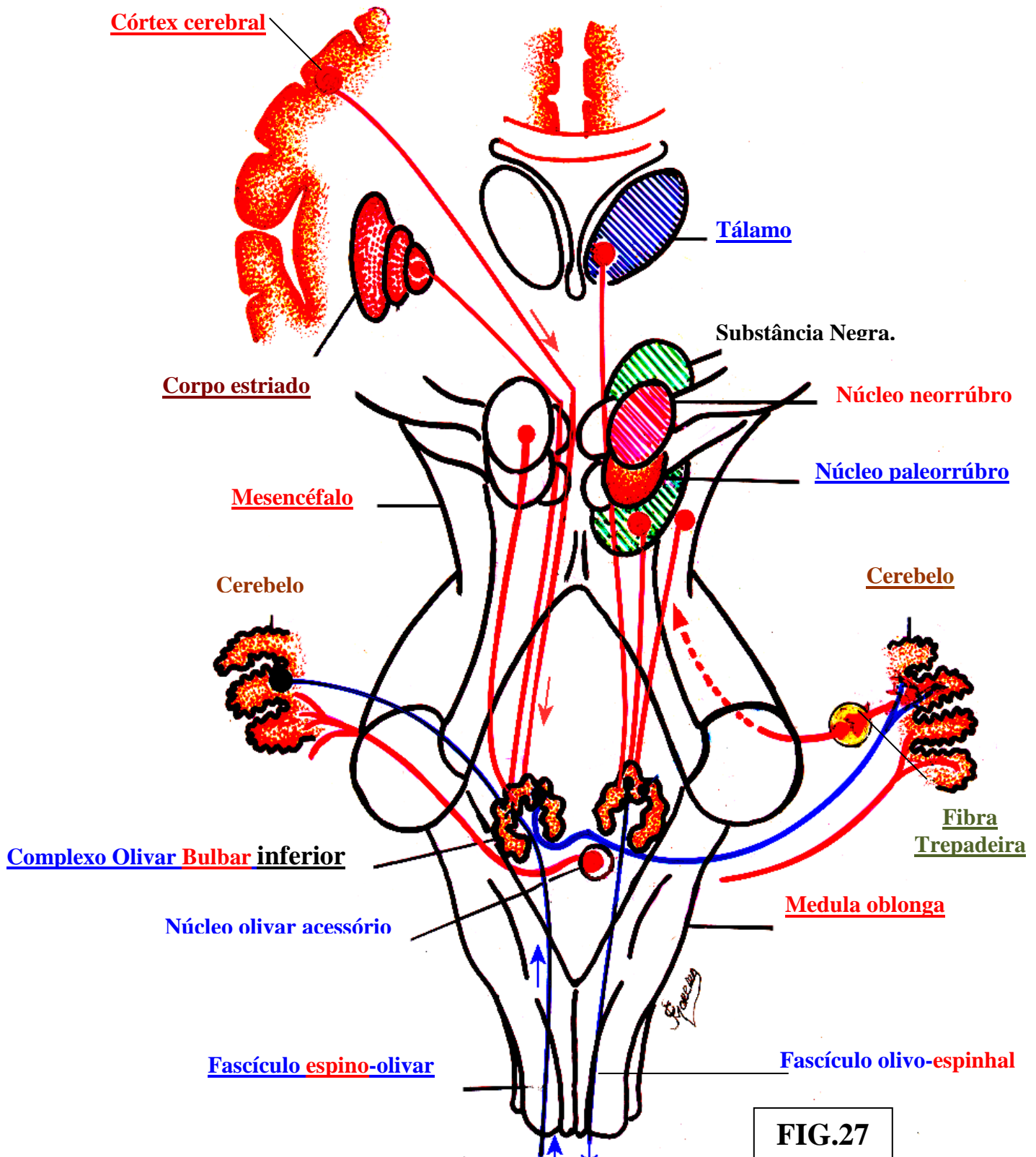


FIG.27

Complexo Olivar Bulbar Inferior e suas Conexões.

Trato Tegmentar Central ou Feixe Central da Calota

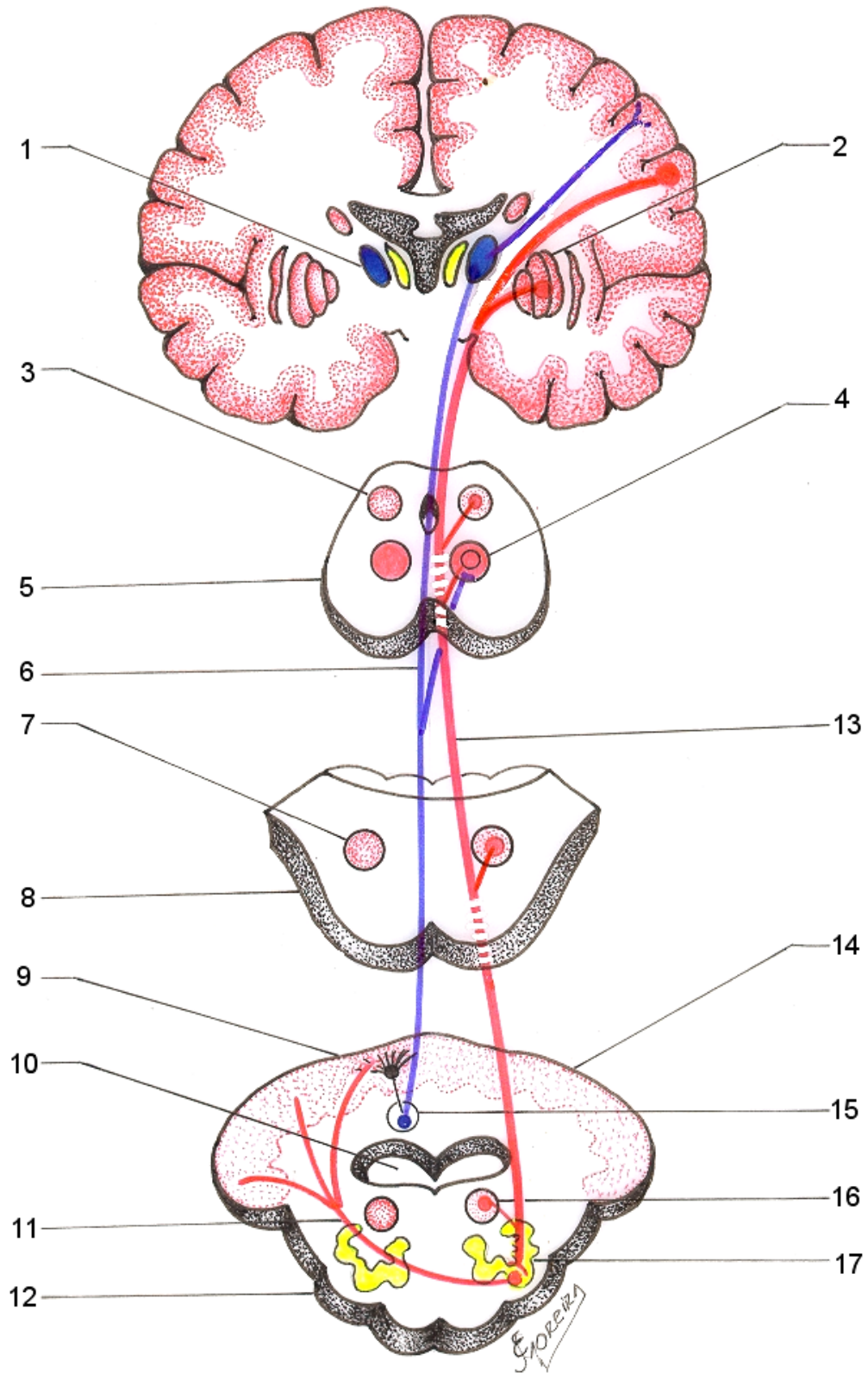


FIG. 28

FEIXE CENTRAL DA CALOTA (TRATO TEGMENTAR CENTRAL).

LEGENDA DA FIGURA: 28

- 01 – Tálamo
- 02 – Núcleos da Base
- 03 – Núcleo da formação reticular mesencefálica
- 04 – Núcleo neorrúbrio
- 05 – Mesencéfalo
- 06 – Via cerebelo-tálamo-cortical
- 07 – Núcleo da formação reticular pontina
- 08 – Ponte.
- 09 – Célula de Purkinje
- 10 – Cavidade do IV^o ventrículo
- 11 – Fibra trepadeira do cerebelo
- 12 – Parte do bulbo, vendo-se posteriormente o cerebelo.
- 13 – Feixe central da calota (Trato tegmentar central)
- 14 – Cerebelo
- 15 – Núcleo denteado (neocerebelo)
- 16 – Núcleo da formação reticular bulbar
- 17 – Núcleo **olivar** bulbar principal

Neste momento, as funções do cerebelo, associam-se à medula espinhal e ao tronco encefálico, no controle do movimento, postura e equilíbrio. Destarte, o “Trato Espino-cerebelar direto”(dorsal), (fig.: 10), juntamente com o trato Cuneocerebelar, terminam no vermis e nas zonas intermediárias, homolateralmente, conduzindo impulsos proprioceptivos inconscientes, oriundos dos fusos musculares, órgãos tendíneos de Golgi, grandes receptores cutâneos exteroceptivos e articulares, além de pouquíssima quantidade de outros receptores somáticos de todo o corpo. São sinais, que alertam o cerebelo, sobre o estado momentâneo de contração muscular, grau de tensão dos referidos tendões, posição e velocidades de movimento das partes do corpo e as forças que atuam, sobre sua superfície.

Todavia, os “Tratos: espinocerebelar Ventral (Cruzado) (fig.10) e Rostral”, através do pedúnculo cerebelar superior, também, se dirigem às mesmas regiões cerebelares (vermis e zona intermediária), porém, de ambos os lados (homolateral e heterolateral), conduzindo, principalmente, impulsos de sinais motores, a serem levados, através dos neurônios inferiores das pontas motoras medulares, aos diversos músculos e que, ali chegam, provenientes do córtex cerebral motor e sensorial, conduzidos, através dos, tratos: corticoespinhal e rubroespinhal cruzado (figs.: 12 e 30), além de “sinais de geradores internos de padrões motores da medula espinhal”. Por este motivo, as vias cerebelares ventrais, são, também, conhecidas por “Cópias das eferências de atividade motora das pontas anteriores da medula espinhal” (fig.: 10).

Tais variações de descargas das fibras trepadeiras, a longo prazo, levam ao aparecimento de alterações da sensibilidade das Células de Purkinje” aos sinais oriundos das fibras Musgosas ao cerebelo. Tais variações de descargas das Fibras Trepadeiras, (seja para maior ou para menor), criam uma situação de “Somatórios de pequenas variações cumulativas das referidas descargas, tornando as Células de Purkinje, mais sensíveis às descargas Musgosas, retransmitidas. pelas células granulares do cerebelo (fig.: 29).

Tal situação, associada às constantes informações cerebelares, oriundas das regiões aferenciais periféricas (Tratos Espino-cerebelares), comentados acima, bem como, das informações aferenciais centrais ao cerebelo, (“circuitos: córtico-ponto-cerebelar-tálamo-cortical” e “córtico-ponto-cerebelo-rubro-retículo-espinhal”(fig.: 09)), criam as condições de aprendizado motor, objetivando, realizar o referido “movimento” (ou movimentos), exatamente iguais ou melhores do que seu “planejamento no nível cortical” (figs.: 9 e 10).

Neste momento, as fibras trepadeiras tornam a descarregar, como antes, ou seja, com uma “freqüência de disparos de um (01) por segundo”, freqüência esta que, caracterizaria o “desaparecimento da necessidade de intervenção” das “fibras trepadeiras” para corrigir os “erros” de “movimento”.

Portanto, o “Movimento”, em última análise, estabelece um padrão de estímulos, necessários aos mecanismos de ativação muscular inicial, para músculos agonistas (excitação), seguido, no devido tempo, de desaparecimento desta excitação muscular agonista, substituída, agora, por um mecanismo de inibição dos músculos agonistas e, simultaneamente, excitação dos músculos antagonistas.

No “início do movimento”, o referido “padrão” inicia-se, isoladamente, com “excitação muscular agonista”, com “impulsos motores” diretamente “córtico-espinhais” ou “córtico-nucleares”, partindo, diretamente, do “córtex motor frontal” e

parte “somatossensorial parietal posterior”, dirigidos aos músculos agonistas, objetivando, desencadear as “contrações iniciais do evento motor”, sem a interferência do “Cerebelo”, neste primeiro instante.

Entretanto, simultaneamente, a estas “descargas corticais”, direcionadas diretamente, através do “trato córticoespinal”, aos músculos agonistas, para o início do movimento, das mesmas regiões corticais Motoras frontais e parte somatossensorial parietal posterior, acima citadas, partem impulsos motores descendentes, através do grande “Circuito: Cortico-ponto-cerebelar-tálamo-cortical”, que, em realidade, são “Fibras Musgosas”, dirigidas ao “Cerebelo”, conduzindo os mesmos impulsos motores aferenciais ao “Cerebelo”, de origem central (fig.: 09).

Destas fibras Musgosas, de origem central, emergem, então, colaterais, que se dirigem aos núcleos profundos do “Cerebelo” (denteado, interpósito e fastigial), estabelecendo sinapses com suas respectivas células nucleares (fig.: 32).

Destes núcleos cerebelares, imediatamente, partem fibras, com impulsos excitatórios, em direção ao “Sistema motor cortical”, seja através de sinapses no núcleo ventral anterior do tálamo ou núcleo ventral lateral do mesmo e, também, neurônios que, partindo destes mesmos núcleos cerebelares profundos, segundo o caso, dirigir-se-ão ao “Núcleo neorrúbrio” ou “paleorrúbrio”, localizados no tronco encefálico, do lado oposto dos quais, emergem neurônio com impulsos excitatórios, dirigidos à “Medula espinal”, através dos “trato rubrorreticuloespinal e rubroespinal cruzado” (figs.: 09 e 32), cujo objetivo é eleva a sustentação dos sinais excitatórios, num movimento somatório, para as necessárias contrações musculares iniciais que, como já foi comentado, exacerbam os “sinais motores” conduzidos anteriormente e diretamente aos “músculos agonistas”, através do “trato corticoespinal (fig.: 09).

Citoarquitetura do Cerebelo

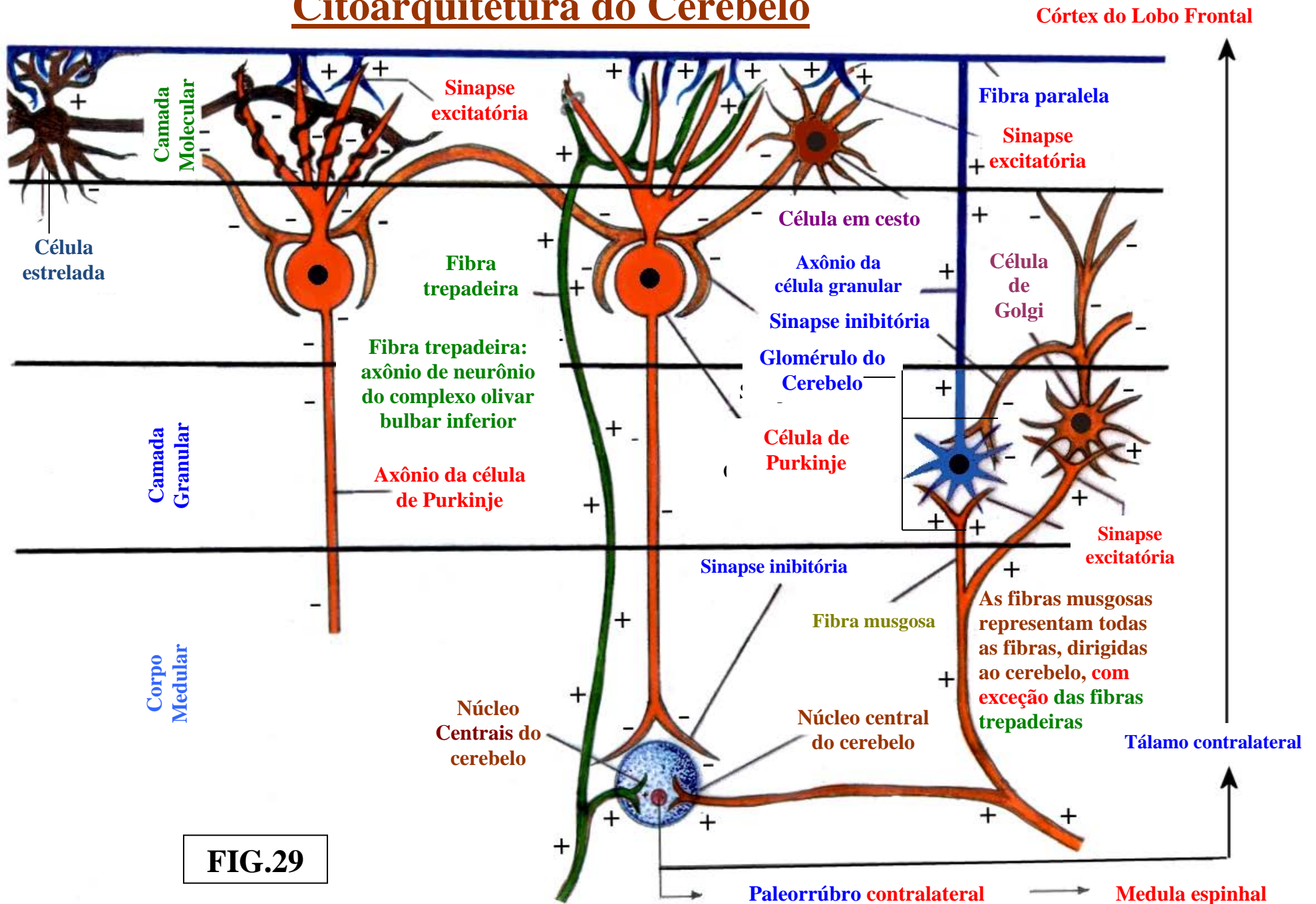
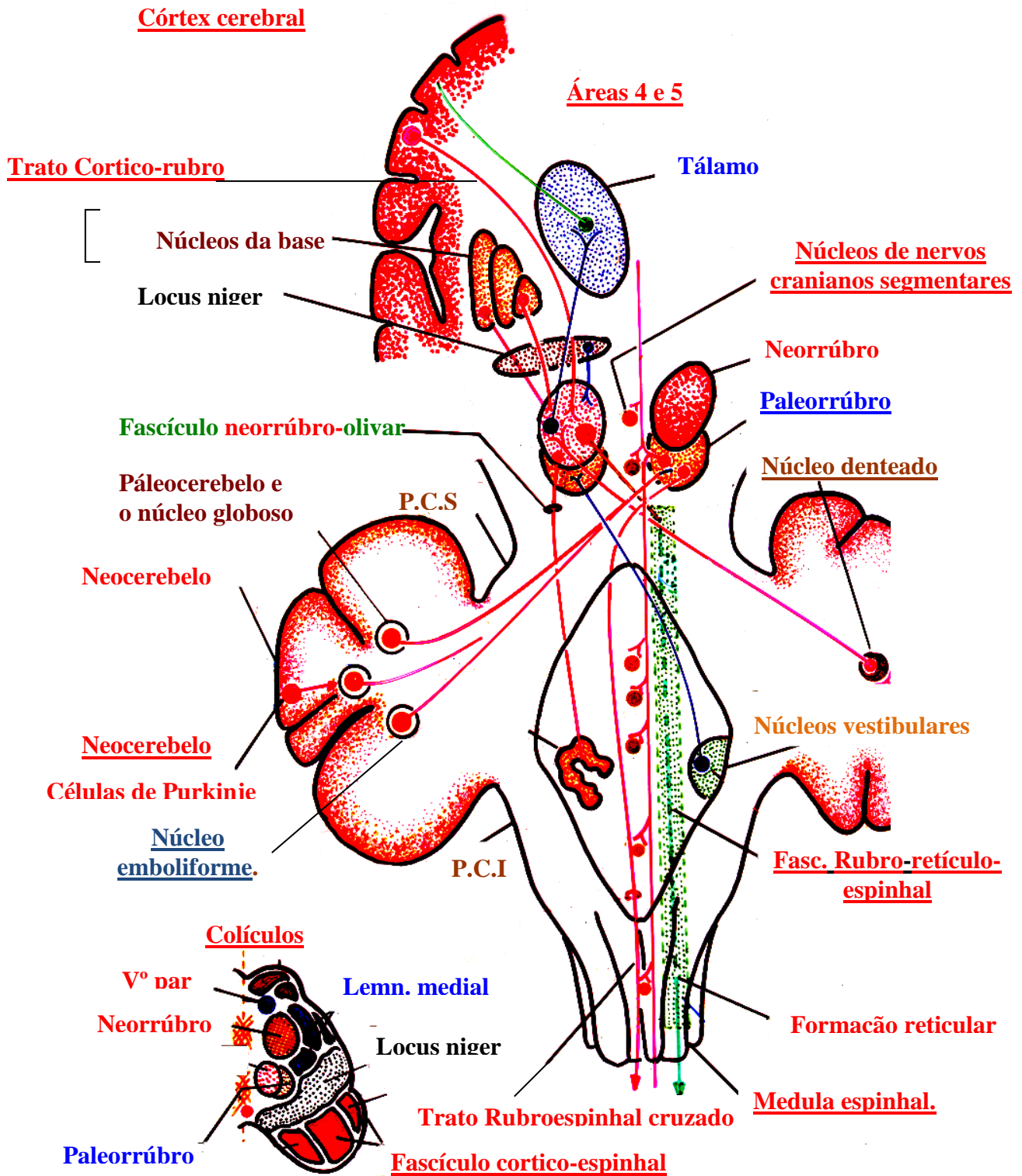


FIG.29



Desenho esquemático do Tronco encefálico, Cerebelo e parte do CórTEX Cerebral e conexões entre o Paleocerebelo e o núcleo pálocorrúbrio, entre o CórTEX cerebral e o Neorrúbrio, entre os Núcleos da base e o neorrúbrio e Entre a Subst.Negra e o Neorrúbrio.

FIG.30

Por este mecanismo, já se pode deduzir que, o neocerebelo, principalmente, na zona lateral do hemisfério cerebelar, além do próprio hemisfério, em sua zona lateral, necessitam estar em perfeitas condições morfo-funcionais, pois, caso contrário, este duplo mecanismo de estimulação motora ao neurônio motor periférico, não se realizará (fig; 33), ou seja, caso o “cerebelo” se apresente com problemas morfológicos ou funcionais, este duplo sinal motor excitatório, não estará presente na estimulação dos músculos agonistas no início dos movimentos (fig.: 33).

Durante o mecanismo normal de contração muscular agonista, estas ações ocorrerão até o momento do término das contrações musculares agonistas e que dariam as chances necessárias para que, o início das ações musculares antagonistas se verificasse.

Para que possamos seguir os mecanismos destas ações, agora de excitações dos músculos devemos recordar que, durante o estudo das conexões aferentes e eferentes do cerebelo, bem como do estudo de suas conexões intrínsecas que, as “Fibras Musgosas”, ao atingirem o cerebelo, não apenas encaminham ramos colaterais excitatórios para as células de seus núcleos profundos, como também, encaminham ramos colaterais às “Células Granulares” do cerebelo, que, em última análise, conduzirão estes estímulos excitatórios (muito reduzidos), através de seus axônios dicotômicos, constituindo as “Fibras Paralelas do Cerebelo”, às Células de Purkinje”, criando nestas células de Purkinje, um potencial de ação pós sináptico único, dependente de Na+, na árvore dendrítica da célula de Purkinje, as quais, entretanto, pouco depois, sofrerão a ação inibitória das “Células em Cesto”. Com tal mecanismo, os impulsos conduzidos pelas Células de Purkinje, aos seus núcleos profundos, desaparecerão (fig.: 30).

Conforme é possível constatar, através do estudo microscópico, da citoarquitetura do cerebelo, a quantidade de células granulares (as menores do sistema nervoso) é extremamente significativa, sendo, calculados na proporção de 500 a 1.000 células granulares, para cada célula de Purkinje. Entretanto, por serem os axônios destas células granulares, muito curtos e pobres em mielina, os sinais, por elas conduzidos, são, também, pelos mesmos motivos, pouco significantes, o que determina a necessidade de incontável número de impulsos, para que se complete os níveis excitatórios, necessários e suficientes, para as devidas estimulações das células de Purkinje.

Neste montante, de inúmeras sinapses, de impulsos excitatórios, significativamente reduzidos, gasta-se um tempo, mais prolongado, para que se consiga a total excitação das referidas células de Purkinje.

Desenho esquemático, de um Corte do Cerebelo, paralelo à Superfície Dorsal do Órgão, vendo-se na profundidade, as localizações relativas, de seus Núcleos Centrais: Fastigial, Emboliforme, Globoso e Denteado.



1. Núcleo Denteado (NEOCEREBELO) ●
2. Núcleo Emboliforme (PALEOCEREBELO) ●
3. Núcleo Globoso (PALEOCEREBELO) ●
4. Núcleo Fastigial (ARQUICEREBELO) ●

FIG. 31

Evolução Filogenética do Cerebelo e o Relacionamento Morfo-funcional de Cada Fase: Arquicerebelo, Paleocerebelo e Neocerebelo.

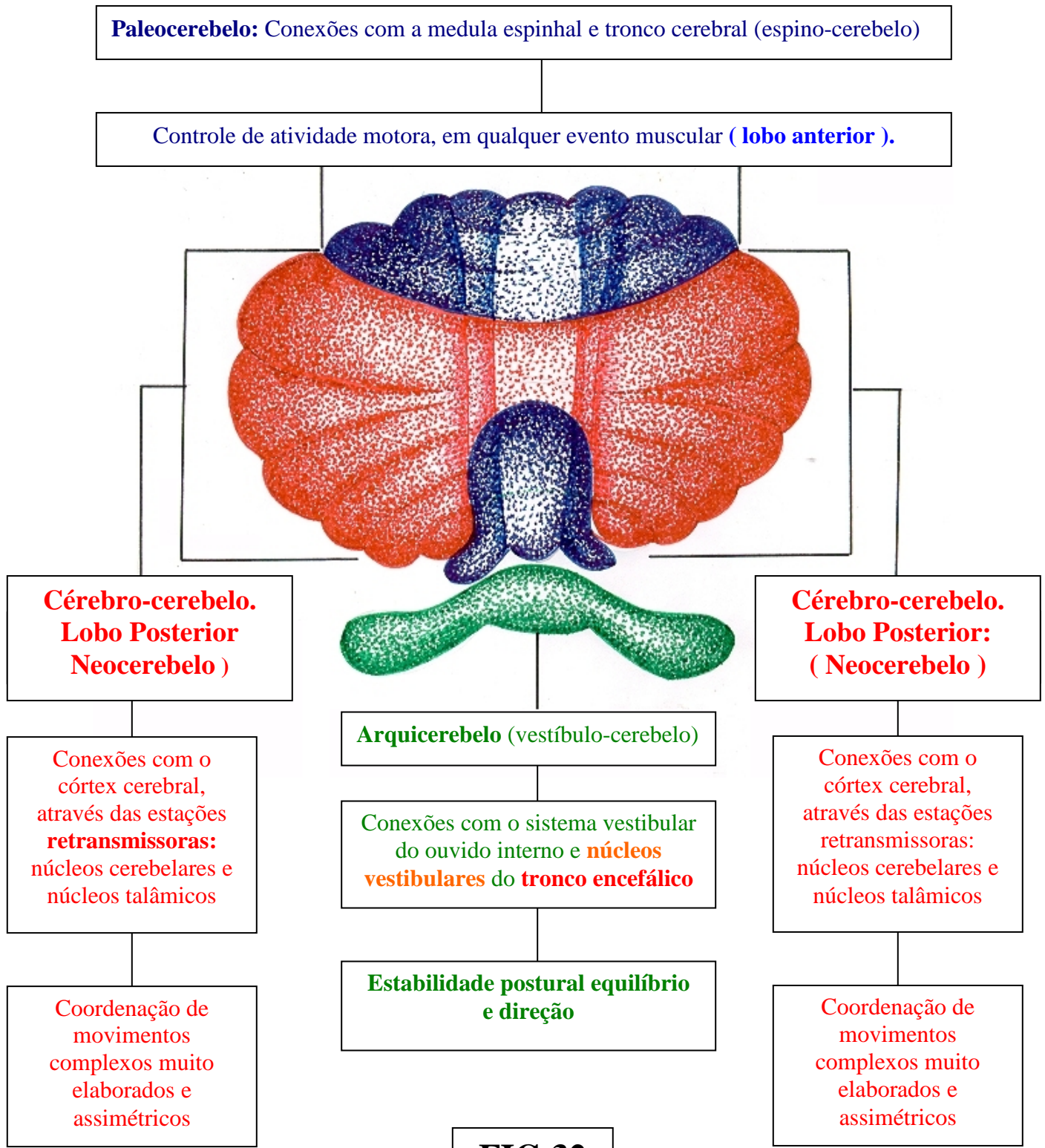
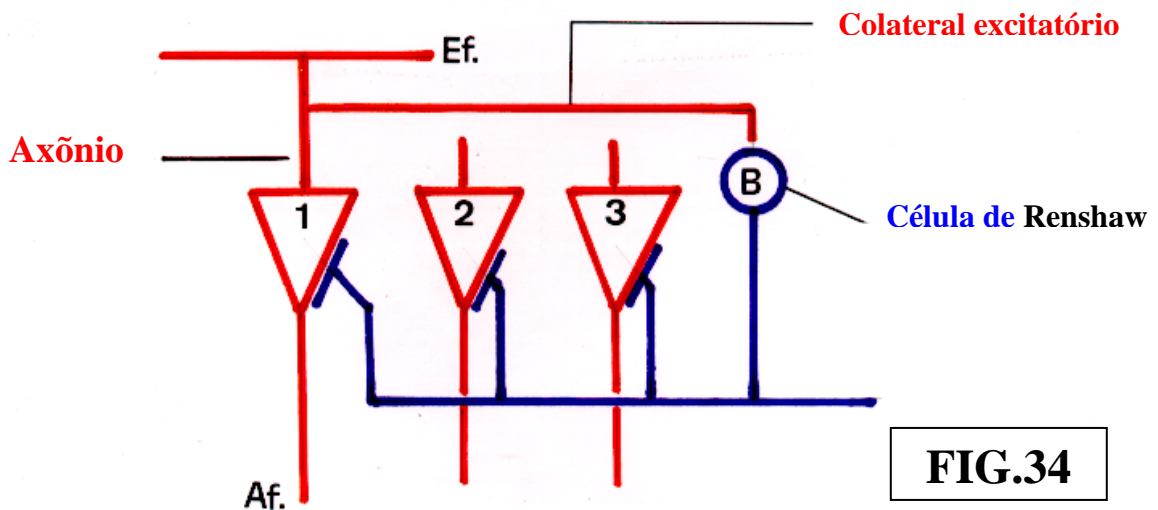
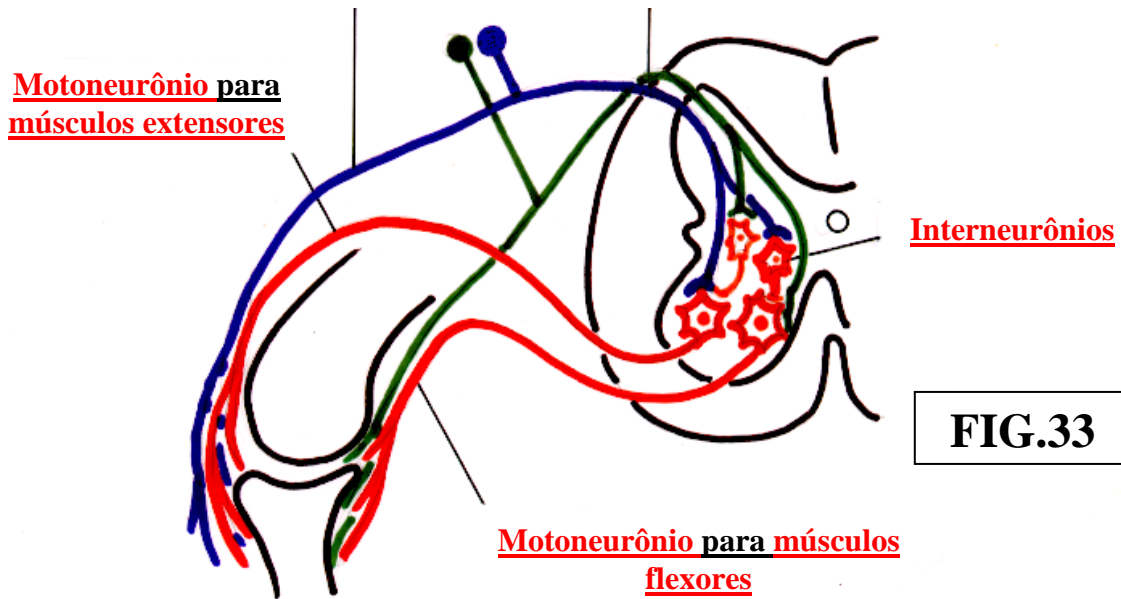


FIG.32

Desenho esquemático do Reflexo Patelar.

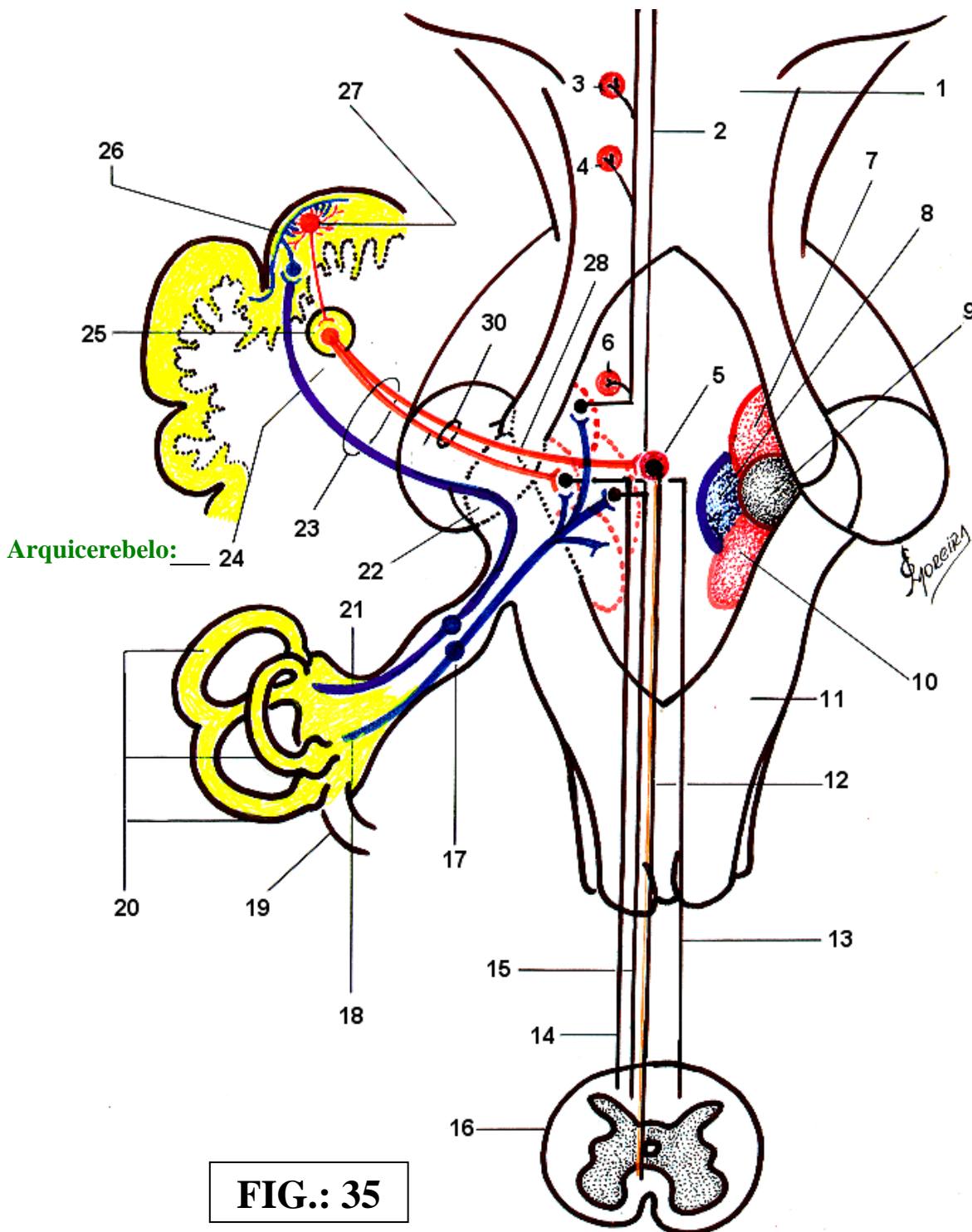
Fibra Aferente Sensitiva Extensora.

Fibra Aferente Sensitiva Flexora.



Desenho esquemático das Células do Hipocampo e o Mecanismo de: Ações Inibitórias das Células de Renshaw

Arquicerebelo, Núcleos Vestibulares (7, 8, 9 e 10, Tronco Encefálico e Medula espinhal.



Núcleos e Vias Vestibulares e suas Conexões com a Medula Espinhal, Formação Reticular, Canais Semicirculares, Núcleos de origem real dos Nervos Cranianos: IIIº, IVº e VIº.

LEGENDA DA FIGURA: 35

- 01 – Mesencéfalo
- 02 – Fascículo Longitudinal medial (parte ascendente).
- 03 – Núcleo de origem real do nervo craniano oculomotor (IIIº)
- 04 – Núcleo de origem real do nervo craniano troclear (IVº)
- 05 – Representante dos núcleos da formação reticular
- 06 – Núcleo de origem real do nervo abducente (VIº)
- 07 – Núcleo vestibular superior
- 08 – Núcleo vestibular medial
- 09 – Núcleo vestibular lateral
- 10 – Núcleo vestibular inferior
- 11 – Medula oblonga (bulbo)
- 12 – Fascículo reticuloespinal
- 13 – Fascículo vestibulo-espinal cruzado
- 14 – Fascículo vestibulo-espinal homolateral
- 15 – Fascículo longitudinal medial (parte descendente)
- 16 – Medula espinal
- 17 – Gânglio vestibular
- 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 vestibulo-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.

Fascículo Longitudinal Medial

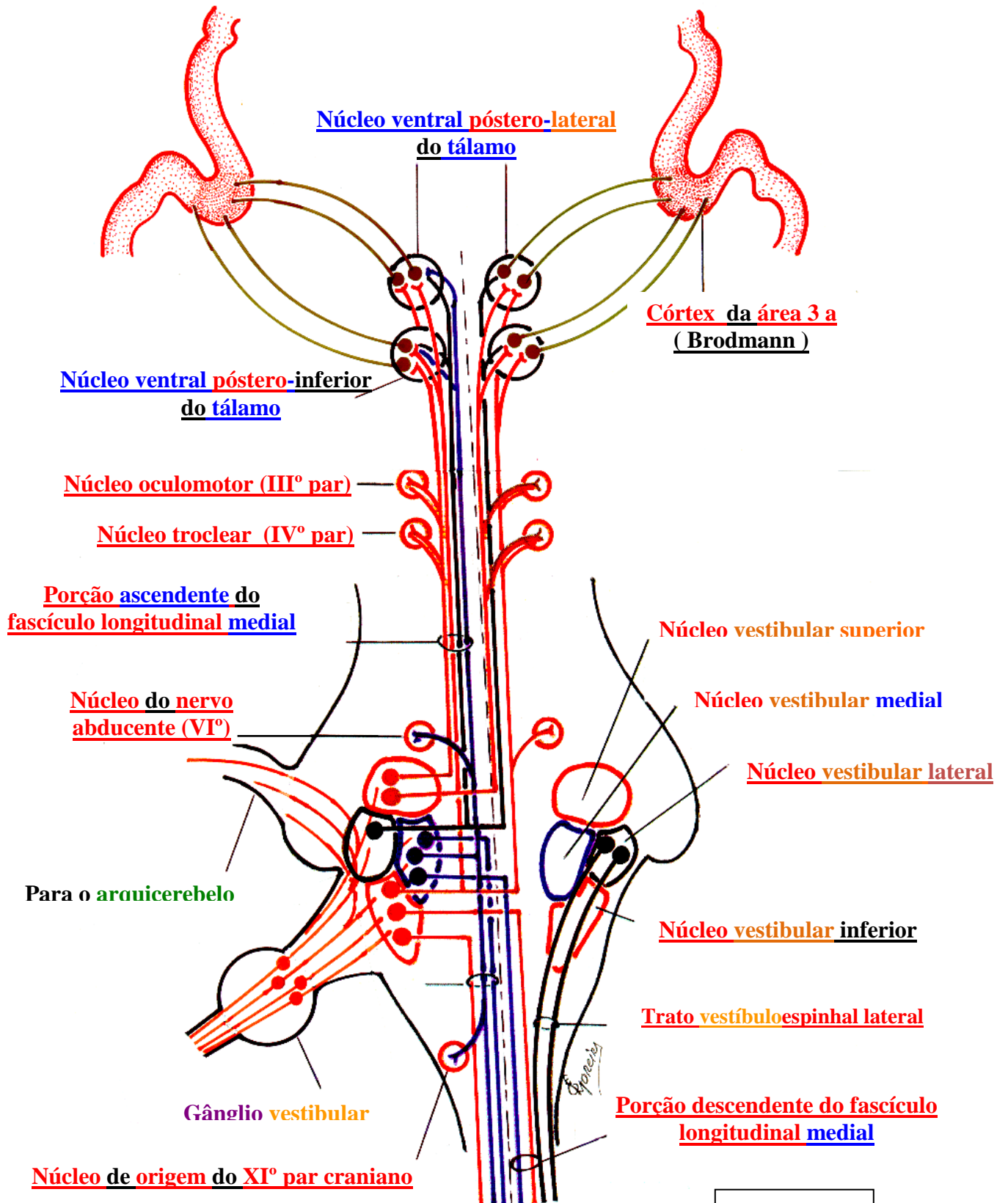


FIG.36

Desenho esquemático da constituição dos tratos:

1º) Reticuloespinal mediano

2º) Reticulo espinal lateral

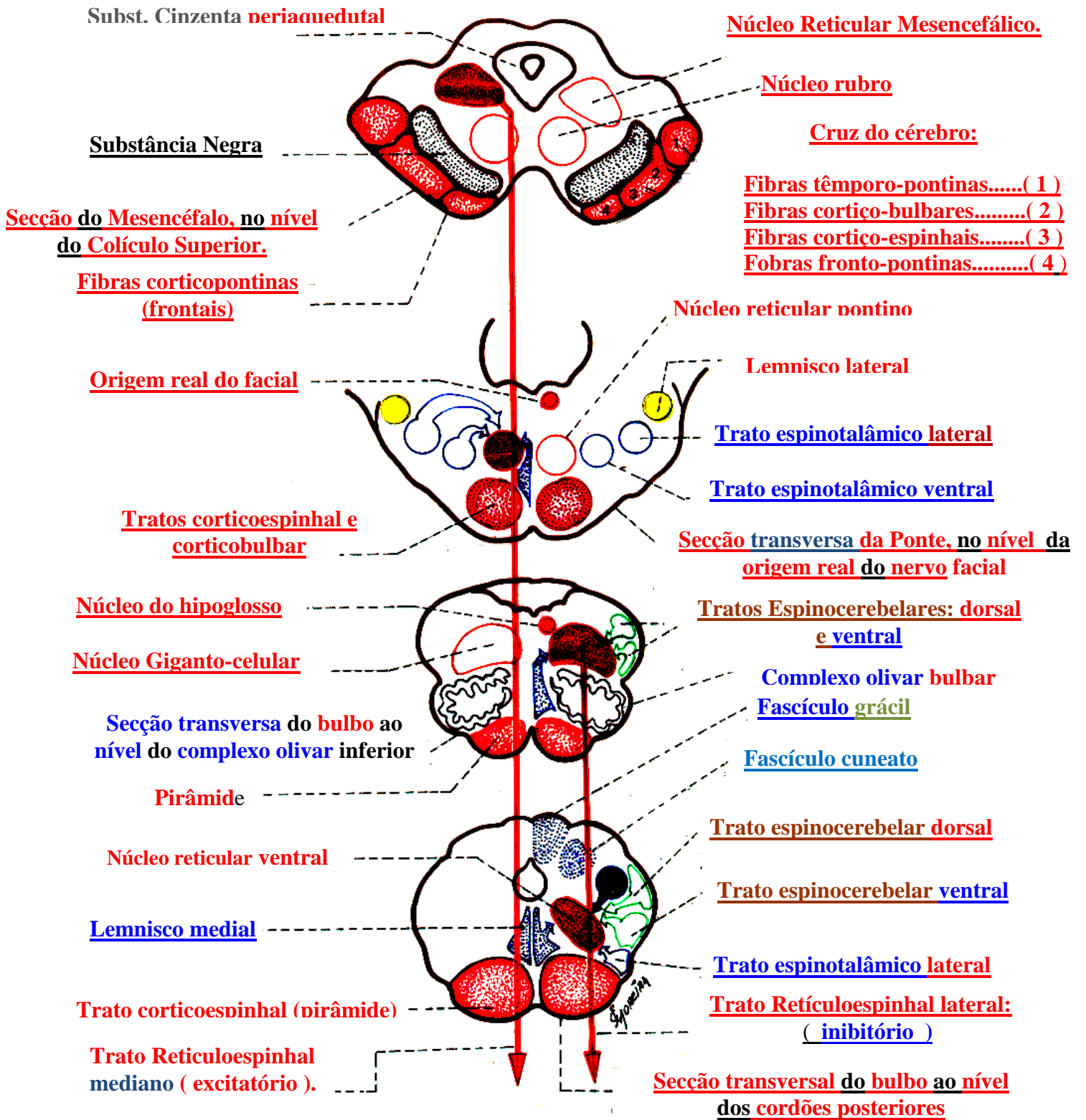


FIG. 37

Porém, quando, finalmente, tal excitação se concretiza, as “Células em Cesto” e as “Células Estreladas”, ambas inibitórias, imediatamente envolvidas, em torno do soma das células de Purkinje, exercem suas respectivas “ações inibitórias”, tornando, as “Células de Purkinje,” “sem ação,” sobre as Células dos Núcleos Centrais do Cerebelo (Fig.: 29). Em tais circunstâncias, estabelece-se o desligamento das células de Purkinje, para os músculos agonistas.

Desligados os músculos agonistas, surge o momento de se apresentarem os mecanismos morfo-funcionais, da mesma forma, para os “músculos antagonistas”.

Entretanto, tais estudos, no momento são, fundamentalmente, especulativos, porém, alguns mecanismos, já se encontram conhecidos, aguardando novos estudos e conhecimentos, para que se possa concluir, os mecanismos completos, em relação aos músculos antagonistas.

Já é do conhecimento geral que, na “medula espinhal”, em todos os seus níveis, encontramos cadeias de neurônios agonistas e antagonistas, para todos os músculos que participem de todos os movimentos, que possam ser iniciados, a partir da medula espinhal. Conhecemos a extraordinária rede de interneurônios (excitatórios e inibitórios) (fig.: 34), que se encontram, permanentemente, interligados aos tratos cortico-espinhais: cruzado e ventral, bem como, aos neurônios motores das pontas motoras medulares espinhais, importantes na inervação dos músculos axiais e proximais dos membros superiores e inferiores e relacionados às vias extrapiramidais (tratos: vestibulo-espinhal, retículo-espinhal, teto-espinhal) (figs.: 35, 36, 37, 38, 39, 40), bem como as conexões dos tratos: córtico-espinhal e rubro-espinhal cruzado e trato olivo-espinhal, que participam do sistema lateral motor do tronco encefálico e que, também, recebem impulsos do trato cortico-espinhal, agindo, reunidos (trato cortico-espinhal e rubro-espinhal cruzado), no controle, a nível da medula espinhal, dos músculos distais dos membros superiores e inferiores e movimentos dos membros em direção ao alvo escolhido (figs.: 12 e 30).

Além disso, há grande número de células cerebelares, cujo estudo é, ainda, incipiente, sendo todas elas inibitórias e cujas ações são, ainda, desconhecidas, podendo estar presentes nos mecanismos morfo-funcionais de excitação e inibição das ações dos músculos antagonistas, em suas condições funcionais, alternativas, de excitações e inibições, para a realização de seus respectivos movimentos.

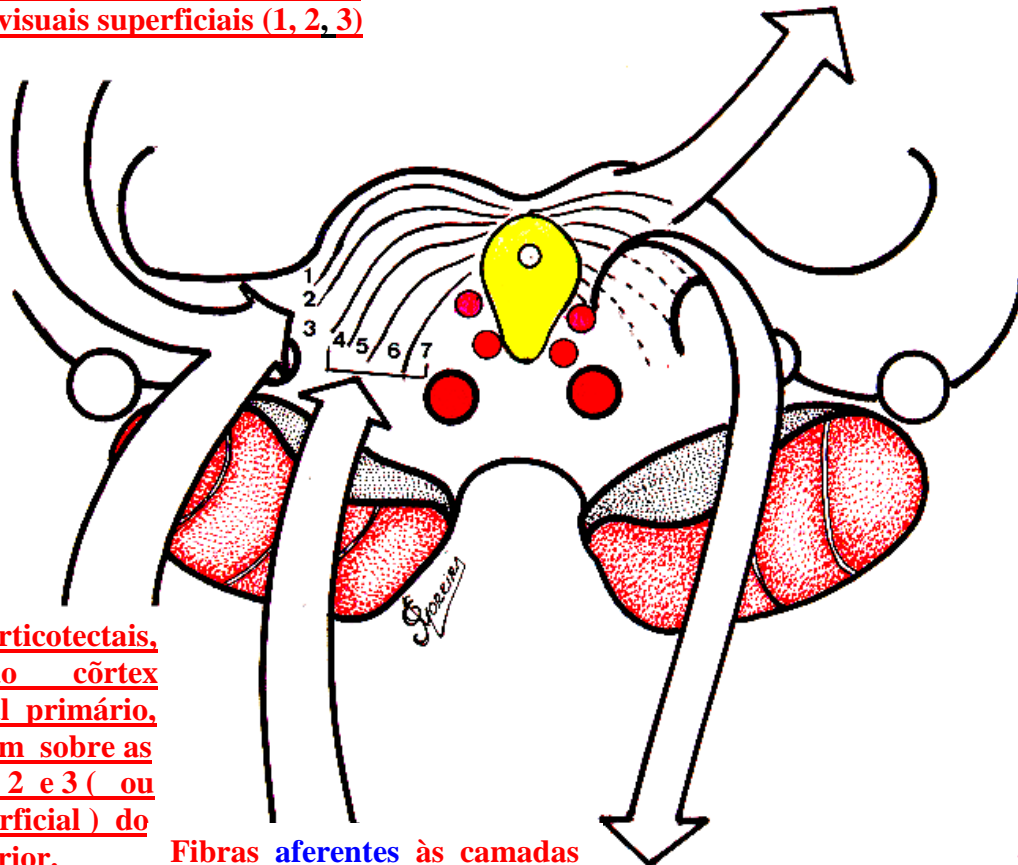
Através do desenvolvimento do texto em epígrafe, observamos que, no “Controle do Movimento”, participam as seguintes regiões do sistema nervoso central:

- Córtex cerebral, incluindo: córtex motor suplementar, córtex motor, córtex motor primário e colaboração do córtex parietal posterior somatossensorial.
- Núcleos da Base, na estruturação das diversas alças anatómicas: Diretas, Indiretas e relacionadas ao Sistema Limbico, áreas óculo-motoras frontais, músculos esqueléticos e áreas de associações corticais.

Desenho Esquemático das Principais Conexões Aferentes e Eferentes do Colículo Superior

Fibras retino - tectais homolaterais e heterolaterais que se projetam em sua maior parte sobre o núcleo geniculado lateral e pequeno contingente projeta sobre as camadas visuais superficiais (1, 2, 3)

Fibras eferentes oriundas das camadas superficiais (1, 2 e 3) do colículo superior, com destino ao núcleo lateral posterior do tálamo homolateral.



Fibras Córticotectais, oriundas do córtex occipital visual primário, que se projetam sobre as camadas : 1, 2 e 3 (ou camada superficial) do colículo superior.

Fibras aferentes às camadas profundas do Colículo superior (camadas: 4, 5, 6, e 7), com estímulos Auditivos Trigeminais e da medula espinhal, (Sistema cordão dorsal-lemnisco medial) e Sistema ânterolateral, com estímulos somatossensoriais.

Fibras eferentes das camadas profundas (4, 5, 6 e 7) do colículo superior que, em direção descendente, constituirão os tratos:

- 1º) Teto-espinhal cruzado
- 2º) Teto-ponto-cerebelar cruzado
- 3º) Teto-nuclear
- 4º) Teto-reticular

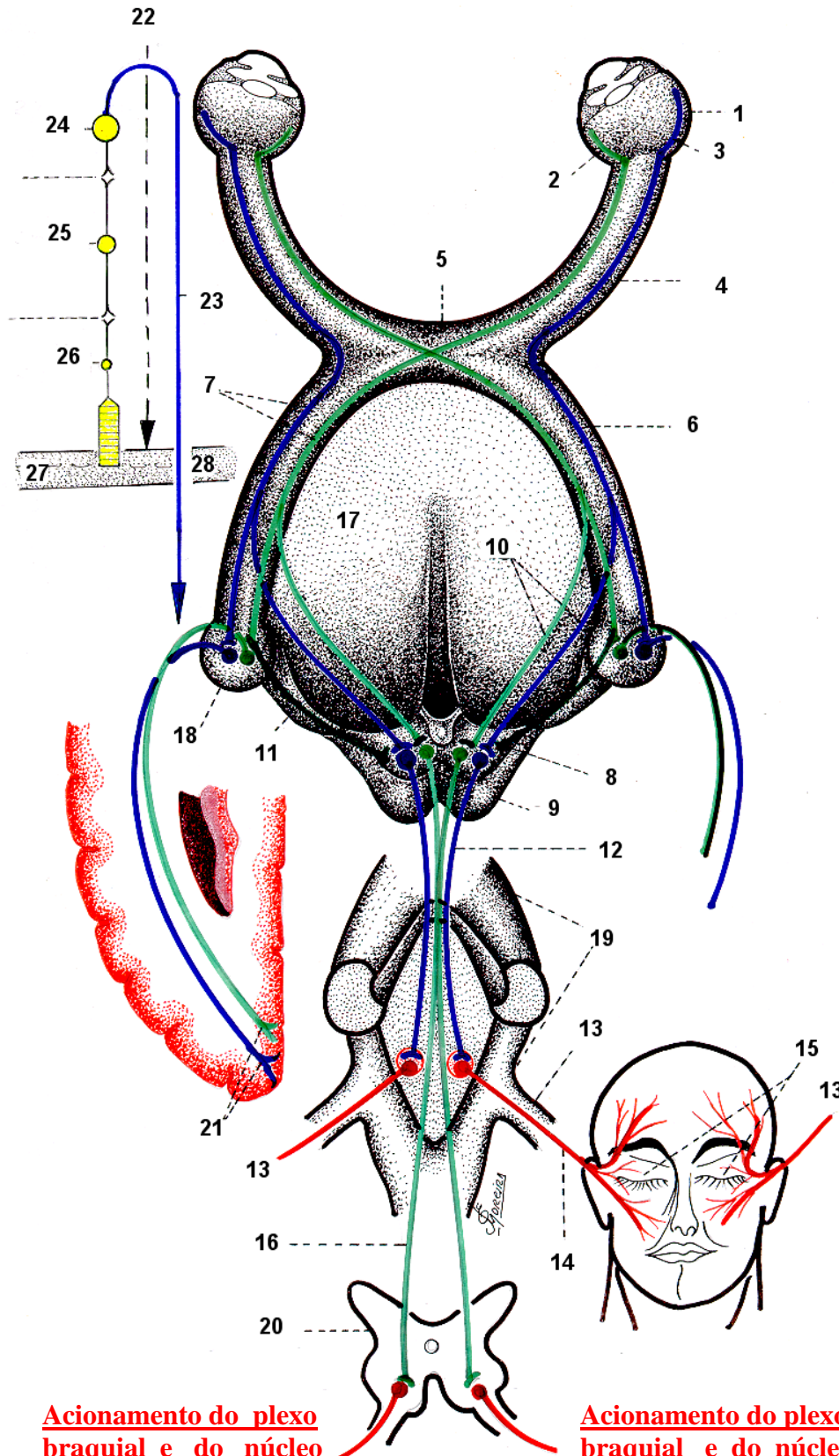
FIG.38

Reflexo de Piscar, Vias Ópticas e Área Visual: 17

Neurônios III:
Células
Ganglionares.....

Neurônios II: Células
Bipolares.....

Neurônios I: Células
Fotossensíveis: Cones
e Bastonetes.....



Acionamento do plexo
braquial e do núcleo
cervical do nervo
accessório (XIº par)

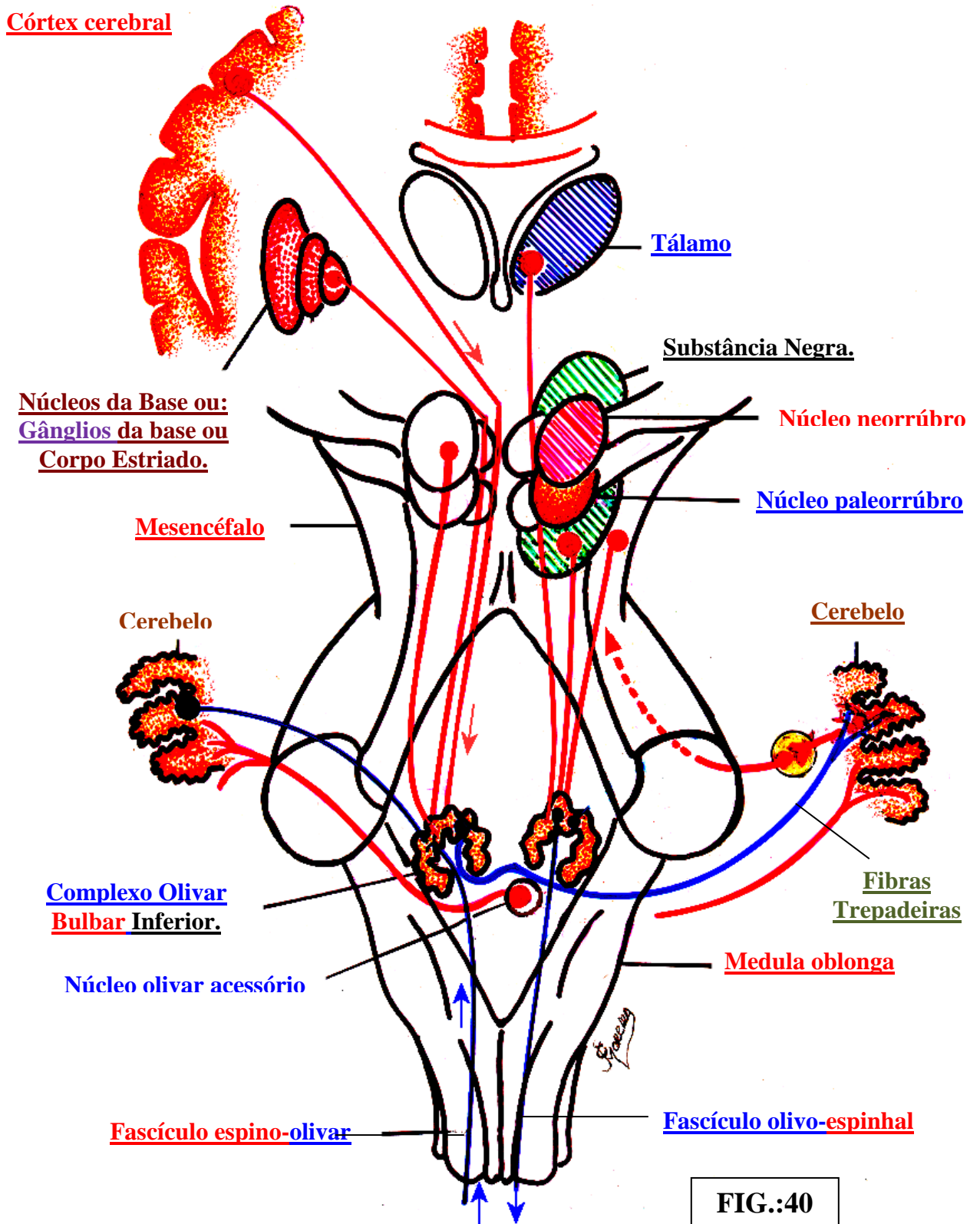
Acionamento do plexo
braquial e do núcleo
cervical do nervo
accessório (XIº par)

FIG.39

LEGENDA DA FIGURA: 39

- 01 – Globo ocular
- 02 – Retina nasal
- 03 – Retina temporal
- 04 – Nervo óptico
- 05 – Quiasma óptico
- 06 – Radiação óptica
- 07 – Fibras retinianas e temporais do núcleo geniculado lateral
- 08 – Colículo superior
- 09 – Colículo inferior
- 10 – Colaterais das fibras retinianas nasais e temporais ao colículo superior
- 11 – Braço do colículo superior
- 12 – Trato tetonuclear
- 13 – Raiz do nervo facial
- 14 - Nervo facial
- 15 – Pálpebra superior fechada bilateralmente
- 16 – Trato tetoespinal cruzado
- 17 – Mesencéfalo
- 18 – Núcleo geniculado lateral
- 19 – Tronco encefálico
- 20 – Lâmina da medula espinal
- 21 – Fibras genículo-calcarinas.

Complexo Olivar Bulbar inferior e suas Conexões com: 1. Córtex cerebral.
2. Núcleos da base. – 3. Tálamo. – 4. Substância Negra. – 5. Núcleo
Vermelho. – 6. Cerebelo. – 7. Medula espinhal.



Tálamo, com sua importante função relacionada aos níveis de maior ou menor ativação do córtex motor, em relação às necessidades de sinais motores a serem dirigidas aos músculos agonistas e antagonistas, em associação aos núcleos da base (ou Gânglios da base).

Cerebelo e suas insubstituíveis funções relacionadas ao início dos eventos motores, respectivos desenvolvimentos e plasticidade, equilíbrio, postura, correção de possíveis erros motores e aprendizado motor.

Tronco Encefálico, com a presença insubstituível dos núcleos próprios do tronco encefálico, dentre os quais, o colículo superior, os núcleos vermelhos (neorrúbrio e paleorrúbrio), os núcleos da formação reticular (pontinos e bulbares), o complexo olivar bulbar inferior e os núcleos vestibulares, os quais colaboram com o controle dos movimentos, no nível do tronco encefálico, na constituição dos tratos ou fascículos: vestibuloespinal, reticuloespinais, rubrorretículo espinal cruzado, rubroespinal cruzado, feixe central da calota, trato tetoespinal, fascículo olivoespinal, além das fibras trepadeiras do fascículo ou feixe olivo-cerebelar cruzado.

Medula espinal, através de suas cadeias de interneurônios excitatórios e inibitórios e colunas motoras das pontas motoras da medula espinal.

SÍNTESE DAS “REGIÕES-CHAVE”, PARA O CONTROLE DOS MOVIMENTOS.

As áreas associativas: “límbica” e “pré-frontal”, encontram-se envolvidas numa primeira etapa, na “decisão inicial” (desejo), para “iniciar um movimento”. Para isto contam com fatores coadjuvantes: motivacionais, emocionais, cognitivos e comportamentais, desencadeados através das “alças límbicas” (figs.: 16 e 18), dirigidas à área pré-motora, motora principal e parietal posterior (áreas: 4, 5, 6 e 7 de Brodmann), iniciando o mecanismo morfo-funcional de transformação de um “desejo” ou pensamento, em “ação”.

Em uma segunda etapa, uma vez iniciado o “movimento”, as áreas visuais primárias e secundárias 17, 18 e 19 (figs.: 3 e 18) processam informações sobre a localização e forma do (ou dos) objetos, principais que motivacionaram o referido movimento, indicando a “localização da área ambiental” e do “objeto alvo”, sendo estas informações visuais conduzidas através das “alças oculomotoras” (figs.: 17 e 18) aos lobos: parietal posterior e temporal (vias visuais primárias dorsais e ventrais).

Em relação ao lobo parietal, a área do córtex parietal posterior, corresponde às áreas corticais: 5 e 7 de Brodmann, em seu limite posterior, com a área 19 de Brodmann (Córtex occipital secundário). Dirigida a esse lobo parietal, temos a “Via dorsal visual primária” (fig.: 11), responsável pela visão espacial do ou dos objetos em movimento, no campo visual. Em relação ao “lobo temporal”, a área visual temporal média (TM), é relacionada à “Via Ventral visual do córtex primário” (fig.: 11) e ligada às cores e forma dos objetos, no campo visual, estando relacionada à área 39 de

Brodmann, localizada, entre os limites dos lobos: Occipital e Temporal e, secundariamente, relacionada às áreas: (18 e 19).(figs.: 18, 20 e 23).

A área 5 do lobo parietal, localizada logo após a “área cortical somatossensorial “S-I” (áreas: 3a e 3b, (figs.: 3 e 4), é a responsável pelos mecanismos de associação do “tato” aos “movimentos”, enquanto a área cortical 7 participa da localização dos objetos em movimento, no campo visual. Em tal situação, a “via visual dorsal cortical” é da maior importância (figs.: 03 e 04).

Prosseguindo, “em uma terceira etapa”, a partir deste “lobo parietal posterior,” as informações visuais, são conduzidas, mediante a coordenação de novas alças de associações (alças de associações 1) (figs.: 1 e 20), em direção às “áreas pré-motoras”, ou seja, para as áreas de “localização de planejamento dos movimentos”.

Posteriormente, “numa quarta etapa”, destas “áreas pré-motoras do “planejamento dos movimentos”, as informações são encaminhadas, através das “alças de associações II) (fig.: 22), ao “córtex motor primário” (área 4 de **Brodmann**).

Do córtex motor primário, os sinais motores, controladores destinados à criação da ação muscular, são dirigidos aos “músculos, no caso, agonistas”, para se “contraírem”, através de alças próprias e adequadas, conhecidas por “alças motoresqueléticas” (figs.: 11, 21 e 23). Nesta ocasião surgem os “tratos descendentes”, a partir dos “neurônios corticais motores (camada V do isocórtex (fig.: 5, 11, 12, 21 e 23), constituindo-se, assim, os “tratos córticonucleares”, dirigidos aos “núcleos motores do tronco encefálico” e “tratos corticoespinhais” dirigidos à medula espinhal. (figs.: 11, 12, 21 e 23). Os terminais axônicos destes tratos descendentes, estabelecem sinapses, seja com neurônios motores, seja com interneurônios, constituindo estes “interneurônios” “associados aos neurônios motores”, o segundo componente dos “Sistemas motores”.

Tais neurônios motores e interneurônios, localizam-se na “ponta motora anterior da medula espinhal” e zona intermediária da mesma, para músculos dos membros superiores, membros inferiores e tronco.

Todavia, para a “cabeça”, tais neurônios e interneurônios, localizam-se nos núcleos de origem real dos nervos cranianos motores (fig.: 12) e “núcleos da formação reticular” (fig.: 37) do tronco encefálico.

Os: “terceiro e quarto componentes” deste sistema motor, são representados, respectivamente, pelos “Núcleos da Base” (fig.: 14) e pelo “cerebelo”, cujas ações, caracterizam-se por significativa influência reguladora, sobre o componente motor, através de, seus, efeitos sobre as vias descendentes (figs.: 9, 10 e 27).

O “Cerebelo” atua, indiretamente, sobre o comportamento motor, através de, suas ações sobre as vias descendentes, valendo-se dos núcleos: “vermelhos (paleorrúbido e neorrúbido), núcleos vestibulares, núcleos da formação reticular e núcleos pontinos” (figs.: 9, 10, 35 e 37).

Os “Núcleos da base”, também, exercem sua influência, indiretamente, sobre o mesmo “comportamento motor”, através de, suas ações, sobre as “vias descendentes”, valendo-se: dos “núcleos próprios” do “tronco encefálico”, “complexo olivar bulbar inferior”, “parte reticulada da substância negra e “núcleo sub-talâmico” (figs.: 8, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 27 e 28).

Além disso, os “núcleos da base,” são importantes, na realização dos movimentos, em virtude de suas conexões com todo o “córtex cerebral”, do qual

recebem: “projeções sensoriais, motoras, de associações, cognitivas e emocionais do sistema límbico, re-encaminhando suas eferências, para o lobo frontal, no qual, se incluem as “áreas corticais pré-motora e motora primária”, que também, recebem eferências dos “núcleos da base”, através do, “tálamo”.

Assim, através da “via descendente corticoespinal” (fig.: 12) estarão sendo encaminhados “sinais motores de controle voluntário de movimentos”, diretamente aos “neurônios motores” ou, indiretamente, através dos “interneurônios” (figs. 5 e 12).

Sendo os “núcleos da base”, participantes de tantas conexões aferentes e eferentes, incluindo as projeções: sensoriais, motoras, de associações do sistema límbico e, principalmente, com as “áreas pré-motora e motora principal”, não é de se estranyar que, na vigência de “problemas morfo-funcionais”, atingindo os “núcleos da base”, principalmente de “processos neurodegenerativos”, surjam “movimentos desordenados e irregulares” (figs.: 24, 25 e 26).

Sabe-se, através destes estudos, que os “núcleos da base” desempenham importante função, como “Centro modulador e regulador” de funções corticais específicas: motoras, límbicas, emocionais e motivacionais.

Entretanto, “os mecanismos morfo-funcionais, através dos quais”, estes “núcleos da base” participam, especificamente, da formulação do “plano motor e execução dos eventuais movimentos”, ainda é assunto não concluído.

CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE O CÓRTEX CEREBRAL, QUANTO À “PLANIFICAÇÃO DAS AÇÕES MOTORAS,” EM ESPORTISTAS E ARTISTAS.

A análise dos “movimentos, de um ou de vários objetos, no espaço tridimensional”, seu acompanhamento “visuoespacial”, para detalhar seus deslocamentos espaciais progressivos, bem como os detalhes de “suas formas e cores”, é realizada, no nível do telencéfalo direito, tanto para indivíduos “destros”, como para indivíduos “canhotos” ou “ambidestros”.

É esse o telencéfalo especializado, para as operacionalizações de “Planificação” das ações motoras e relacionadas às informações visuoespaciais. D’áí, a importância da “Via dorsal visual primária occipital” (área occipital visual primária 17 de Brodmann), que fornece as informações visuoespaciais encaminhadas às áreas 18 e 19 secundárias visuais, das quais se origina a referida “Via visual dorsal primária occipital”, com destino ao lobo parietal posterior motor. (figs.: 11, 18, 20 e 23) e “Via visual primária ventral occipital, destinada ao giro médio, do lobo temporal (figs.: 11, 18, 20 e 23).

Na primeira via, do lobo parietal somatossensorial posterior, as informações visuoespaciais, serão encaminhadas ao trato corticoespinal, simultaneamente à

chegada a esse mesmo trato corticoespinal, de informações visuoespaciais relacionadas à forma e cores do ou dos objetos, através da, segunda via visual, com origem, no lobo occipital (área 17), conduzidos previamente às áreas secundárias 18 e 19 e, finalmente, através da “Via ventral visual primária, que se dirige ao lobo temporal (giro médio) (figs. : 18. 20 e 23),

De posse dessas informações, conduzidas e elaboradas, através de seu hemisfério direito, haverá a necessidade de “Planejar” o desenvolvimento das ações, na unidade milesimal de segundos, como será realizado o eventual “movimento ou ação”. Isto será realizado pelo hemisfério cerebral direito.

Portanto, em qualquer circunstância, o “Telencéfalo direito” ou (Cérebro direito), é o responsável pelo “Processo de Planificação dos movimentos” (seja o indivíduo: destro ou canhoto).

Entretanto, os músculos que determinam, os movimentos dos membros (sejam eles: membros superiores ou membros inferiores, à esquerda ou à direita), são comandados pelo córtex motor do hemisfério contralateral. Assim, os membros superiores ou inferiores do lado esquerdo, são inervados por axônios, cujos corpos neuronais encontram-se no córtex do lado oposto (lado direito) e, vice-versa.

Então, observa-se que, no exemplo citado acima (movimentos do membro superior ou inferior, do lado esquerdo, se o indivíduo é “destro” utilizará o membro superior direito. Nesse caso, o plano do movimento, foi realizado, como em qualquer situação, no hemisfério cerebral direito. Entretanto como se trata de movimentos, que serão realizados, pelo membro superior direito do indivíduo, haverá a transferência desse “Plano de Ação” para o hemisfério cortical motor esquerdo, que será responsável, pelo desencadeamento das necessárias descargas de potenciais de ação a serem dirigidos aos músculos do lado direito (membro superior ou inferior do lado direito) que, finalmente, movimentarão o membro superior ou inferior direito.

Entretanto, caso o indivíduo, seja “canhoto”, seu “plano”, para a realização dos movimentos, será elaborado, também, no nível do hemisfério direito, como em qualquer circunstância, seja ele “destro” ou “canhoto”.

Porém, mesmo sendo o indivíduo canhoto, o “Plano” dos movimentos será elaborado, em seu hemisfério cortical direito e, nesse mesmo lado direito, permanecerá, pois, sendo ele “canhoto” (usará o membro superior esquerdo), recebendo os impulsos motores para os movimentos de seu membro superior esquerdo, diretamente do hemisfério cerebral direito.

Portanto, nos indivíduos “canhotos”, em relação ao plano motor dos movimentos, no espaço tridimensional e ligados, especialmente, às informações visuoespaciais dos objetos, seu acompanhamento visual, sua trajetória no espaço, sua forma e cores. Essa planificação será realizada no hemisfério cerebral direito.

Nesse caso, não haverá necessidade de transferências de “planos de movimentos” de um telencéfalo para outro telencéfalo contralateral. Tudo permanecerá do mesmo lado e, no caso, o lado direito. Isto, é claro, sendo o indivíduo, em julgo, canhoto.

Por esse motivo, os atletas canhotos, apresentam o “plano motor” de seus exercícios ou jogos, no hemisfério direito, bem como a origem dos estímulos corticais (descargas de potenciais de ações corticais) também, do lado direito. Com isso, esses atletas ganham, em relação ao tempo, milésimos de segundos em

relação aos atletas destros, pois, não houve necessidade de transferências de planos de movimentos, de um hemisfério cerebral para outro hemifério.

Tudo isso, se torna mais significativo, quando são estudadas as “Vias Visuais: Ventral e Dorsal”, que se dirigem aos lobos: parietal posterior e temporal, com estímulos visuais occipitais, relacionados ao acompanhamento visuoespacial dos objetos, em relação ao meio ambiente e espaço peripessoal do atleta (figs.: 18, 20 e 23).

Em relação ao lobo temporal, a área visual temporal média, localiza-se na superfície lateral do hemisfério cerebral, em região cortical anterior à área visual secundária 19 de Brodmann e entre os limites dos lobos Occipital e Temporal (figs.: 18, 20 e 23).

Nessa área temporal visual média (TVM), encontramos, também, partes da área 39 cortical de Brodmann. A área visual temporal média, torna-se importante para a localização dos movimentos dos objetos, em relação à sua forma e cores (áreas occipitais secundárias visuais: 18 e 19).

Por outro lado, a “Área visual temporal inferior (T.I.), também localizada na superfície lateral do hemisfério cerebral, é importante sob o ponto de vista visual, pois, está relacionada às áreas de Brodmann 20 e 21, bem como, também, relacionada, posteriormente, à área 7 de Brodmann.

Em relação ao lobo parietal, a área do córtex motor parietal posterior corresponde às áreas: 5 e 7 de Brodmann, em seu limite posterior com a área 19 de Brodmann (córtex occipital secundário). Dessas duas áreas, a área 5 (parietal posterior), localizada logo após a área somatossensorial primária (S-I, com as áreas: 3a e 3b) (figs.: 03 e 04), é a área responsável pelos mecanismos de “associação” do “tato” aos movimentos, enquanto a área cortical 7 parietal posterior, também participa da localização dos objetos em movimento no campo visual. Em tal situação, a “Via visual cortical dorsal” é da maior importância.

Finalmente, outra área cortical visual está relacionada à parte da área cortical 8 de Brodmann do lobo frontal (campos visuais frontais, localizada ventralmente à área motora frontal. Essa área é da maior importância na coordenação e controle dos movimentos conjugados de lateralidade e de verticalidade dos globos oculares e seu acompanhamento, nos movimentos dos objetos, em seu respectivo percurso espacial.

O “POTENCIAL DE PRONTIDÃO”, O INÍCIO DOS MOVIMENTOS E O CONTROLE DO CÓRTEX MOTOR PELO CÓRTEX CEREBRAL.

No “movimento voluntário”, o “córtex motor é de extrema importância”, porém, não é o “iniciador primário” deste movimento.

Na realidade, o córtex é a fase ou “estágio final,” de uma ou de várias “cadeias simultâneas de conexões circuitárias” (ou alças anatômicas), que dá continuidade aos

mecanismos morfo-funcionais iniciados em áreas espalhadas, em todo o nosso córtex cerebral, passando pelos nossos “núcleos da base” (ou gânglios da base), com suas divisões filogenéticas: neostriado e paleostriado, pelos “núcleos talâmicos” e, novamente, ao córtex (figs.; 15, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23).

Todas estas estruturas anatômicas encontram-se, indissociavelmente, associadas, também, e de forma especial, ao controle motor exercido pelo cerebelo.

Portanto, esta “fase ou estágio final” à qual, nos referimos no início deste tópico, pouco acima, envolvendo as referidas circuitárias das alças anatômicas, nada mais é do que o “disparo inicial de sinais” (ou potenciais de ação motora), a serem liberados corticalmente pelas células piramidais corticais e encaminhados, através dos tratos corticais descendentes: corticoespinhais, corticonucleares, corticopontinos e corticobulbares, dirigidos às “alças gama” dos fusos neuromusculares e a diversos e especiais núcleos do tronco encefálico, cerebelo e regiões da medula espinhal, fornecendo desta forma, conexões diretas entre o córtex cerebral motor e os motoneurônios, responsáveis pelas contrações musculares.

Entretanto, toda esta complexa circuitária ocorre apenas após a estruturação, no nível cortical superior, do “plano primário do movimento” a ser executado.

Assim, este “estágio final ou fase final cortical”, na verdade, é o “disparo inicial”, proporcionado pela ação simultânea das circuitárias das alças anatômicas, após o estabelecimento completo do “plano do movimento” no nível cortical.

Durante a realização do movimento propriamente dito, o córtex cerebral “realiza e cria”, efetivamente, o “movimento”, porém, a sutileza e os variados graus de habilidades dos movimentos é da responsabilidade do cerebelo.

Neste ponto do texto, surgem duas significativas questões, a serem respondidas: 1ª) como pode a “simples vontade ou desejo” de uma pessoa, movimentar todas as circuitárias, em “alças anatômicas” e provocar os disparos de potenciais de ações motoras pelas células piramidais corticais motoras ? 2ª) De que forma o “cerebelo” atua, participando tão ativamente dos “graus de sutilezas e habilidades do movimento” ?

KORNHUBER e Col., conseguiram, estruturando complexos processos neurofisiológicos de pesquisas, concluir que, antecipadamente, em frações de tempos, que variam até dois (02) segundos antes do início dos movimentos, estabelece-se em nosso córtex cerebral um ”potencial” conhecido por “Potencial de Prontidão”, que se forma e começa 0,8 (oito décimos) de segundo antes do início do movimento desejado e, em tempo inferior a 100 milésimos, alcançam o seu pico, tendo sua localização anatômica sido localizada sobre a área cortical motora relacionada ao movimento planejado e aos neurônios piramidais, que irão descarregar seus potenciais de ações motoras.

Assim, esta fração do tempo, de oito (0,8) décimos de segundo, que antecede o início do movimento planejado, é utilizado pelas circuitárias em alças, envolvendo o “disparo inicial”, em direção aos tratos corticoespinhal, corticonuclear, corticopontino e corticobulbar, constituindo este “disparo inicial”, na verdade, o “estágio ou fase final das cadeias em alças anatômicas diretas”.

Assim, o “potencial de prontidão” é o desencadeador, que ativará as células piramidais, iniciando-se, assim, o “movimento”.

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., PARADISO, M.A. – *Neuroscience. Exploring the Brain.* – 2. Aufl, Williams u, Wilkins, Baltimore, 2.000.

BURT, A.M. – *Neuroanatomia.* – Ed. Guanab. Koogan, Rio de Jan., 1999

BROOKS, V.B. – *The Neural Basis of Motor Control.* – New York, Oxford, University Press, 1986.

BOURRET, P. et LOUIS,R. – *Anatomie du Système Nerveux Central.* – 2aa ed., Ed. L'Expansion Scient. Française, Paris, 1971.

CARPENTER, M.D. – *Human Neuroanatomy.* – 18nd. ed., Ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1983.

CASAS, A.P. y GONZÁLES, M.E.B. – *Morfología, Estructura y Funcion de Los Centros Nerviosos.* – Ed. Paz Montalvo, Madrid, 1967

CROSSMAN, A.R. e NEARLY, D. – *Neuroanatomia.* – 2aa ed, Ed. Guanab. Koogan, S.A., Rio de Jan., 2002

DELMAS, A. – *Voies et Centres Nerveux.* – Masson et Cie. Ed., Paris, 1970

ECCLES, J. – *O Conhecimento do Cérebro.* – Ed. Atheneu S.A., São Paulo, 1974.

GUYTON, A.C. – *Neuroanatomia Básica. Anatomia e Fisiologia.* – 2a ed., Ed. Guanabara Koogan S.A, Rio de Jan., 1993

KAHLE, W., FROTSCHER, M. – *Tasche atlas der Anatomie.* - Bd. 3, 9. Aufl Thieme, Sstuttgart, 2005.

KANDEL, E.R. and SCHWARTZ, J.H. – *Principles of Neural Science.* – 2nd ed., New York, Elsevier, 1985.

- LANGMAN, J. – *Embriologia Médica. Desenvolvimento Humano Normal e Anormal.* – Ed. Atheneu S.A., São Paulo, 1968.**
- MARTÍN, J.H. - *Neuroanatomía: Texto e Atlas.* – 2ª ed., Ed. Artes Médicas Sul Ltda., São Paulo, 1996.**
- MACHADO, A. – *Neuroanatomia Funcional.* – Ed. Livraria Atheneu, S.A., 2ª ed., Rio de Janeiro, 1974.**
- MECCACI, L. – *Conhecendo o Cérebro.* – Ed. Nobel, São Paulo, 1987.**
- MENESES, M.S. – *Neuroanatomía aplicada.* – Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Jan., 1999.**
- MOORE, K.L. e AGUR, A.M.R. – *Fundamentos de Anatomia Clínica.* – Ed. Guanabara Koogan, S.A., Rio de Jan., 1984**
- MOREIRA, E.S. – *Atlas de Neuroanatomia Funcional. C.D.Livro em vinte e seis Volumes.* – Ed. F.O.A. do Centro Universit. De Volta Redonda (UniFOA), Volta Redonda, R.J., 2010.**
- MOREIRA, E.S. – *Atlas Anatômico de Dissecções Segmentares, Nervos e Plexos Medulares. C.D.Livro em cinco volumes.* – Ed. F.O.A. do Centro Universit. de Volta Redonda (UniFOA), Rio de Jan., 2011.**
- NOBACK, C.R. and DEMAREST, R.J. – *The Human Nervous System. Basic Principles of Neurobiology.* – 2nd ed., Mc Graw-Hill Book Co., A Blakiston Publ., New York, 1975.**
- RAKIC, P. and SINGER, W. (Editors). – *Neurobiology of neocortex.* – John Wiley & Sons., New York, 1988.**
- SANVITO, W.L. – *O Cérebro e Suas Vertentes.* – Livr. Ed. Roca Ltda., 2ª. ed., São Paulo, 1991.**
- SCHÜNKE, M., SCHULTE, E., SCHUMAKER, U. – *Prometheus. Atlas de Neuro-Anatomia: Cabeça e Neuroanatomia.* – Ed. Guanabara Koogan, S.A., Rio De Janeiro, 2007.**
- SNELL, R.S. – *Neuroanatomia Clínica para Estudantes de Medicina.* – Ed. Guanab. Koogan, S.A., Rio de Jan., 2003.**
- TORTORA, G.J. – *Princípios de Anatomia Humana.* – Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2002.**