

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ANDREA AMARAL CASTILLO**

---

**TÔNUS MUSCULAR:**  
Uma contribuição para os estudos em  
Imagem Corporal

---

Campinas  
2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ANDREA AMARAL CASTILLO**

---

**TÔNUS MUSCULAR:**  
Uma contribuição para os estudos em  
Imagem Corporal

---

DISSERTAÇÃO de MESTRADO  
APRESENTADA À FACULDADE DE  
EDUCAÇÃO FÍSICA DA UNICAMP  
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
MESTRE NA ÁREA DE ATIVIDADE  
FÍSICA ADAPTADA

**ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria da Consolação Gomes Cunha Fernandes Tavares**

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO  
DEFENDIDA PELA ALUNA ANDREA AMARAL CASTILLO, E ORIENTADA PELA PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MARIA DA  
CONSOLAÇÃO GOMES CUNHA FERNANDES TAVARES.



Assinatura do Orientador

Campinas, 2011

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA  
PELA BIBLIOTECA FEF - UNICAMP**

C278t Castillo, Andrea Amaral.  
Tônus muscular: uma contribuição para os estudos em imagem corporal / Andrea Amaral Castillo. - Campinas, SP: [s.n], 2011.

Orientador: Maria da Consolação G. C. F. Tavares.  
Dissertação (mestrado) – Faculdade de Educação Física,  
Universidade Estadual de Campinas.

1. Tonus muscular. 2. Reflexos. 3. Postura. 4. Fuso neuromuscular. 5. Imagem corporal. I. Tavares, Maria da Consolação Gomes Cunha Fernandes. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

(asm/fe)

**Título em inglês:** Muscle Tonus: a contribution to the studies of body image.

**Palavras-chaves em inglês (Keywords):** Muscle Tonus. Reflex Stretch. Posture. Muscle Spindles. Body image.

**Área de Concentração:** Atividade Física Adaptada.

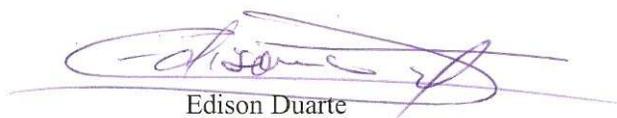
**Titulação:** Mestrado em Educação Física.

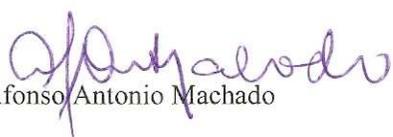
**Banca Examinadora:** Maria da Consolação Gomes Cunha F. Tavares. Edison Duarte. Afonso Antonio Machado.

**Data da defesa:** 13/06/2011.

## COMISSÃO JULGADORA

  
Maria da Consolação Gomes Cunha Fernandes  
Tavares  
Orientador

  
Edison Duarte

  
Afonso Antonio Machado

# Dedicatória

*Dedico este trabalho ao meu marido Agustín e aos meus filhos Tamiris e Agustín Gabriel que fazem parte de todas as minhas conquistas e são a razão da minha existência.*

# Agradecimentos

Agradeço a Deus acima de tudo por estar presente em todos os momentos da minha vida, principalmente nos mais difíceis;

Aos meus pais e a todos os familiares que, sempre me apoiaram nos momentos mais importantes da minha vida e compõem a base da minha identidade;

Aos meus amigos pela motivação, apoio e incentivo e sempre presentes no meu coração;

A todos os funcionários da Unicamp pela atenção e suporte que me deram ao longo deste processo de formação acadêmica.

Aos membros do GEIC que muito contribuíram no aprofundamento dos meus estudos;

Aos membros da banca por suas contribuições pontuais e determinantes para a finalização desta pesquisa.

Às minhas parceiras do Laboratório de Imagem Corporal (LIC) pelo incentivo e disponibilidade em me ajudar quando eu mais precisava; por dividirem comigo alegrias e dificuldades durante este convívio. Sentirei muitas saudades desses momentos que passamos juntas. A vocês meu carinho, amizade e gratidão sempre.

À minha Orientadora, pelo acolhimento, carinho, paciência e confiança, fundamentais no meu processo de crescimento profissional e pessoal, e sem a qual esta conquista não seria possível. Muito obrigada por tudo e a você minha eterna gratidão!

Enfim, gostaria de agradecer a todos que de forma direta e indireta me acompanharam nesse caminho ao longo da minha história acadêmica e pessoal “corporificada” na minha Imagem Corporal.

MUITO OBRIGADA!

CASTILLO, Andrea Amaral. *Tônus Muscular: Uma contribuição para os Estudos em Imagem Corporal*. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

## RESUMO

A Imagem Corporal foi conceituada por Paul Schilder (1999) como a representação mental do corpo. Neste conceito ele aponta para uma abordagem sistêmica dos aspectos fisiológicos, psíquicos, sociais e culturais no processo dinâmico da expressão singular da identidade corporal. Em seu livro *“The Image and appearance of humam body”*, publicado em 1935, Schilder chama a atenção para a relação entre o Tônus Muscular e a Imagem Corporal num capítulo exclusivo sobre o tema. Ressaltou que a Imagem Corporal era tracionada em direção ao Tônus Muscular uma vez que a ação de um único segmento corporal é capaz de colocar o corpo como um todo em uma nova relação com o ambiente. No entanto esta relação não se encontra sistematizada e valorizada dentro das diversas áreas do saber e tem sido pouco abordada nas pesquisas em Imagem Corporal. O foco direcionado ora ao Tônus Muscular, ora à Imagem Corporal implica muitas vezes num entendimento fragmentado capaz de desconsiderar a singularidade do indivíduo e/ou o dinamismo neurofisiológico na sua relação com o meio e com o outro. Assim a proposta deste estudo é sistematizar e analisar o conhecimento sobre o Tônus Muscular nas perspectivas de Charles Scott Sherrington cujo foco se apóia na Ação Reflexa; de Henry Head, que apresenta o Modelo Postural como a base para as pesquisas em Imagem Corporal; e da Neurociência, que propõe análises do comportamento humano na relação com o ambiente. Dentre as inúmeras contribuições feitas por Charles Scott Sherrington, foi a perspectiva da Ação Integrativa do sistema nervoso que trouxe um novo entendimento ao meio científico da época. Ao considerar a ação reflexa como uma resposta adaptativa do organismo, Sherrington encontrou no Tônus Muscular o exemplo explícito de um processo integrativo cuja proposta é manter a postura do organismo contra a gravidade. Henry Head influenciado por esse novo olhar, e inquieto com suas observações clínicas tornou-se o próprio objeto experimental numa investigação sobre os tipos de sensibilidade. A partir dos resultados de suas pesquisas e apoiado nas idéias e conceitos de Sherrington, Head propõe a existência de um Modelo Postural como uma medida de referência sobre a qual o corpo se ajusta constantemente através das variações do Tônus Muscular. Estas medidas são então registradas dentro de um esquema plástico de representação mental da postura e do movimento. A neurociência intensifica suas investigações sobre o organismo dentro do contexto do ambiente onde um é capaz de influenciar o outro. Com isso abriu-se uma nova perspectiva acerca do Tônus Muscular e o comportamento humano. As descobertas sobre a participação do fuso neuromuscular na elaboração da Imagem Corporal, as alterações mecânicas que implicam em alterações sensoriais e a ação segmentar que se propaga ao longo de todo o corpo trazem contribuições importantes que reforçam a relação íntima entre o Tônus Muscular e a representação mental do corpo. A partir deste estudo espera-se trazer uma reflexão mais profunda sobre o papel do Tônus Muscular e contribuir para futuras pesquisas e estudos sobre a Imagem Corporal.

**Palavras-Chaves:** Tônus Muscular; Ação Reflexa; Modelo Postural; Fuso Neuromuscular e Imagem Corporal

CASTILLO, Andrea Amaral. Muscle Tonus: A contribution to the studies of Body Image. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

## ABSTRACT

Paul Schilder (1999) defined Body Image as the mental representation of the body. In this concept, he points out to a systemic approach of physiological, psychological, social and cultural aspects in the dynamic process of the body image unique expression. In his book "*The Image and appearance of human body*", published in 1935, Schilder draws attention to the relationship between Muscle Tonus and Body Image, dedicating a whole chapter to this theme. He emphasized that Body Image was pulled towards Muscle Tonus, since the action of a single body segment can place the whole body in a new interaction with the environment. However, this relationship has not been schematized and given the proper value by different areas of knowledge and it has been little addressed in studies about Body Image. Changing the focus from Muscle Tonus to Body Image back and forth can frequently lead to a fragmented understanding which may disregard each individual particularity and/or the neurophysiological dynamics in the individual interaction with the environment and others. Hence, this study aims to systematize and discuss the knowledge about muscle tone, as seen by Charles Scott Sherrington who focus on Reflex Action; by Henry Head, who presents Postural Model as fundamental for Body Image researches; and by Neuroscience, which suggests the study of human behavior and its relation with the environment. One of the several contributions by Charles Scott Sherrington, the Integrative Action of the nervous system brought a new understanding to the scientific community at the time. By considering reflex action as an adjustable response of the body, Sherrington saw the Muscle Tonus as a clear example of an integrative process which aims to keep the body posture against gravity. Henry Head was influenced by this new approach, and, out of a strong urge towards his clinical observation, became his own experiment subject on his study about sensitivity types. Supported by the results of his own researches and backed by Sherrington's concepts and ideas, Head suggests that there is a Postural Model acting as a reference measure which the body constantly fits into according to Muscle Tonus variations. These measures are registered within a scheme of posture and movement representations. Neuroscience stresses the focus of studies about the body within a context where one causes an impact on the other, bringing out a new outlook for Muscle Tone and human behavior. Findings about neuromuscular fuse participation in Body Image building, mechanical changes which cause sensorial changes and the segmental action which spreads throughout the body play an important role and corroborate the close relationship between Muscle Tonus and body mental representation. This study is expected to bring up a more comprehensive discussion on the role of Muscle Tonus and to enhance future researches and studies on Body Image.

**Key words:** Muscle Tonus; Reflex action; Postural Model; Muscle Spindle e Body Image

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b>	Despolarização e Potencial de Ação .....	43
<b>Figura 2 -</b>	Liberação de neurotransmissor na fenda sináptica .....	44
<b>Figura 3 -</b>	Neurônio e suas conexões .....	45
<b>Figura 4 -</b>	Célula nervosa pseudounipolar .....	45
<b>Figura 5 -</b>	Fibras sensoriais e motoras do fuso neuromuscular .....	46
<b>Figura 6 -</b>	Ação dos interneurônios .....	50
<b>Figura 7 -</b>	Reflexo de estiramento .....	51
<b>Figura 8 -</b>	Fuso neuromuscular .....	53
<b>Figura 9 -</b>	Fibras intrafusais .....	55
<b>Figura 10 -</b>	Áreas suprasegmentares .....	57
<b>Figura 11 -</b>	Comando hierárquico sensoriomotor .....	58

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Classificação dos receptores quanto ao estímulo .....	47
<b>Quadro 2</b> - Classificação dos receptores quanto à localização .....	47
<b>Quadro 3</b> - Classificação dos receptores quando tipo de sensibilidade .....	47
<b>Quadro 4</b> - Classificação das fibras sensoriais .....	48
<b>Quadro 5</b> - Classificação das fibras motoras .....	49

# SUMÁRIO

<b>1 Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Metodologia .....</b>	<b>17</b>
<b>3 Resultados .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Perspectivas Neurofisiológicas do Tônus Muscular .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.1 Charles Scott Sherrington: Tônus e Ação Reflexa .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.2 Henry Head: Tônus, Sensibilidade e Modelo Postural .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.3 Neurociência: Tônus e Comportamento .....</b>	<b>38</b>
<b>4 Discussão .....</b>	<b>71</b>
<b>5 Considerações Finais .....</b>	<b>74</b>
<b>Referências .....</b>	<b>75</b>

# 1 Introdução

A busca pelo entendimento dos diversos mecanismos neurais envolvidos na integração da postura e do movimento encontra suas raízes ainda no século III e IV a.C. com Platão. Desde então, compreender como o cérebro se comunicava com o corpo para adaptá-lo ao meio através da ação motora tornou-se objeto de muitas pesquisas que atravessaram os séculos. Foi assim que a perspectiva integrativa do sistema nervoso tornou-se um dos grandes legados do neurofisiologista britânico Sir Charles Scott Sherrington (1857-1952) e abriu um novo horizonte nas investigações do cérebro e do comportamento motor. A concepção sobre a coordenação das atividades de vários órgãos por diversos centros nervosos como a base do funcionamento harmônico do organismo vivo (*integração*) forneceu um conjunto de conceitos sobre os quais o sistema nervoso poderia ser entendido no meio científico. Essa visão, além de permear suas grandes descobertas sobre as reações nervosas, foi determinante para os avanços das pesquisas no campo da neurologia de sua época como compõe a base dos conhecimentos atuais da neurociência sobre o comportamento humano (BENNETT, 1999).

Sherrington se apoiava nos conhecimentos da teoria celular e da doutrina da evolução Darwiniana, muito presentes na ciência e nos métodos de sua época. E assim ressaltou a importância dos estudos da fisiologia sob três principais pontos de vista: (1) considerar que as células nervosas são como todas as outras células vivas individuais, isto é, uma unidade viva que respira, libera energia e tem sua nutrição mais ou menos centrada em si mesma; (2) as células nervosas eram caracteristicamente desenvolvidas e possuíam poder excepcional de transmitir espacialmente (*condução*) estados de excitação (*impulsos nervosos*) gerados dentro das próprias células; e (3) o aspecto integrativo dos seres multicelulares especialmente daqueles cujas reações mais complexas constituíam seu comportamento como uma unidade social. São as reações nervosas que por excelência integram e solidificam os vários componentes do organismo para constituí-lo em um ser individual (SHERRINGTON, 1906).

Por meio de sua pesquisa sobre a distribuição segmentar das raízes nervosas ventrais e dorsais Sherrington descobriu que os fusos neuromusculares iniciavam o reflexo de estiramento. Este, por sua vez, juntamente com outros reflexos fornecia o modelo para

examinar como os mecanismos motores eram organizados progressivamente e como os diferentes centros corticais, subcorticais, cerebelares e medulares interagem na iniciação e monitoramento do movimento. Ele destacou ainda a importância do receptor no arco reflexo cuja adaptação era especializada e a excitabilidade era seletiva. Assim cada receptor respondia especificamente a um determinado tipo de estímulo e tal propriedade constituía sua principal contribuição dentro deste mecanismo. Enfatizou também como os receptores sensoriais influenciavam os reflexos e como as redes neuronais eram utilizadas pelos centros superiores. Considerou que os reflexos medulares representavam o item do comportamento mais elementar capaz de levar ao entendimento da ação sináptica (BREATHNACH, 2005).

Para Sherrington o Tônus Muscular se destacava como um dos exemplos clássicos do mecanismo que envolvia o arco reflexo. Modulado e mantido pela ação constante do arco reflexo o tônus muscular encontrava no fuso neuromuscular seu receptor específico capaz de responder às variações do comprimento das fibras musculares. Observou que a cada modificação da fibra muscular o fuso neuromuscular (receptor) era capaz de transmitir a informação (condução) por uma via aferente que se interconectava a uma via eferente para produzir uma resposta no órgão efetor (efeito final), neste caso, no músculo como um todo. Ele constatou que este mecanismo se mantinha em atividade constante e estava intimamente relacionado com os reflexos simultâneos e sucessivos que se ajustavam e se sobrepunham a novos outros reflexos. Concluiu que a cada resposta motora um novo reflexo era desencadeado sobrepondo-se ao anterior. Sherrington identificou também que, essas ações recebiam influências de centros superiores que, ao mesmo tempo também agiam sobre elas e por consequência geravam uma representação mental do evento. Por fim considerou que o Tônus Muscular consistia num reflexo postural que a partir da ação integrativa de processos excitatórios e inibitórios gerados por informações sensoriais modulavam uma resposta adaptativa com o propósito de manter a postura do organismo contra a gravidade (SHERRINGTON, 1915).

Sherrington além de exercer forte influência no campo da neurofisiologia da época trouxe contribuições também para outras áreas de pesquisa. Sua argumentação sobre a ligação biológica estreita entre o físico e o psíquico apontava para um entendimento integrado do organismo. Dessa forma considerava que o físico e o psíquico não deveriam ser estudados separadamente uma vez que esta ligação conferia ao organismo a capacidade de dispor de suas

próprias ações. Segundo ele essa ligação podia ser considerada como a suprema integração capaz de completar o indivíduo (BREATHNACH, 2004).

As considerações de Sherrington se difundiram no meio científico da época. O interesse sobre as estruturas, localização e funcionamento do sistema nervoso intensificaram as investigações em experimentos animais. No entanto, Henry Head (1861 – 1940), que foi colega de Sherrington em Cambridge, estava inquieto com os resultados destes experimentos que muitas vezes não eram compatíveis com seus achados clínicos em pacientes portadores de lesões nervosas periféricas. Tomado por sua grande paixão pela pesquisa e estimulado por um amigo neurocirurgião decidiu tornar-se o próprio objeto experimental e com isso trouxe contribuições importantes sobre os tipos de sensibilidade. Ao longo do experimento concluiu que há classes distintas de sensações. Chamou de *Protopática* a sensibilidade gerada nas raízes dorsais do nervo, relacionadas com o maior limiar de resposta dolorosa, pobre capacidade de localização do estímulo, falha na adaptação e intensa resposta à estimulação. Já as sensações *Epicríticas* correspondiam à habilidade em discriminar sensações térmicas e táteis e na localização e discriminação do estímulo. Head identificou também que, quando essas sensações eram eliminadas, uma terceira classe de sensações surgia: a chamada sensibilidade *Profunda*. Esta era responsável pelo envio de maior quantidade de sinais brutos do que a pele. Eram geradas pelos músculos e tendões, porém não perceptíveis à consciência. Para ele este tipo de sensibilidade era responsável pelos sinais que chegavam ao sistema nervoso central e possibilitava o reconhecimento do corpo no espaço (HEAD e RIVERS, 1908).

Porém o grande destaque de Henry Head nos estudos em Imagem Corporal, dentro do contexto neurológico, consiste no que chamou de *Modelo Postural*. Com base na ação integrativa proposta por Sherrington, nos conhecimentos sobre a propriocepção e a sensibilidade profunda e observações clínicas de pacientes com lesões cerebrais, Head considerou que a apreciação da postura e do movimento passivo emergia na consciência como uma medida de mudança postural. Propôs a palavra “*Schema*” como uma medida padrão sobre a qual as mudanças são comparadas antes de alcançar a consciência. Assim as alterações constantes do movimento e da postura, baseadas nas variações do tônus reflexo postural constroem um modelo postural que é registrado num esquema plástico constantemente mutável. Dessa forma considerou que o modelo postural se ajusta a cada novo evento apoiado em experiências passadas que se atualizam a cada novo registro (HEAD e HOLMES, 1911).

É sobre esse entendimento que Paul Schilder (1886-1940) assume um papel importante e faz sua grande contribuição nos avanços das pesquisas em Imagem Corporal. Com tríplice formação em neurologia, psicologia e filosofia agrega ao conceito proposto por Head, uma abordagem dos aspectos fisiológicos, psicológicos, sociais e culturais na construção e desenvolvimento da representação do corpo. Foi então que em 1935 Schilder conceitua a **Imagem Corporal** como a “*representação mental do corpo*”, ou ainda, a forma pela qual o corpo se apresenta para nós. Dessa forma Schilder ampliou o enfoque dos estudos em Imagem Corporal e influenciou várias linhas de pesquisas transportando o foco das pesquisas para além da neurologia. Ele propôs investigações com pessoas saudáveis, novos métodos de avaliação e tornou-se pioneiro na visão psicodinâmica (SCHILDER, 1999).

Na publicação de seu livro em 1935, onde abordou especificamente a Imagem Corporal, Schilder dedicou um capítulo inteiro para o Tônus Muscular. Nele enfatizou que as sensações corporais advindas também dos ossos, articulações, músculos, tendões e seus envoltórios são de extrema importância na construção e desenvolvimento da identidade corporal. Considerou que, existe para cada movimento uma matriz, isto é, a representação inicial do plano do movimento se dá como uma pulsão que se desenvolve juntamente com a atividade psíquica. As novas experiências são, portanto assimiladas de forma única a cada indivíduo. Aponta que, a partir do movimento de um segmento corporal todo o corpo é colocado em ação e dessa forma a Imagem Corporal é tracionada na direção do Tônus Muscular. Schilder reforçou que, o corpo tende a se mover por meio dos reflexos posturais para ajustar-se a uma posição mais adequada. A Imagem Corporal é percebida numa posição mais desconfortável do que realmente é e, assim há um estímulo constante em busca de uma posição mais confortável. Dessa forma, para Schilder, o homem é capaz de expressar sua subjetividade e ao mesmo tempo construir-se como único e social corporalmente através de seu movimento cuja unidade básica se apóia na modulação do Tônus Muscular (SCHILDER, 1999).

Os avanços tecnológicos e a progressiva fusão entre a ciência neural e a ciência da mente por volta da década de 80 trouxeram contribuições importantes sobre o comportamento humano. A partir de investigações sobre a relação entre o organismo e o ambiente foi possível conhecer mais sobre o cérebro e seu funcionamento. O entendimento sobre a integração de redes neurais forneceu avanços importantes para a compreensão de distúrbios psíquicos relacionados às alterações cerebrais. As descobertas sobre o papel do fuso neuromuscular na expressão da

Imagem Corporal, das alterações mecânicas que implicam em alterações sensoriais capazes de influenciar o mecanismo da ação reflexa e o entendimento da transmissão da ação muscular de um único segmento ao longo de todo o corpo são exemplos de contribuições importantes dos estudos da neurociência. Dessa forma abriu-se uma nova perspectiva sobre o Tônus Muscular no contexto do comportamento humano na relação com o ambiente.

Embora tais contribuições abram uma nova perspectiva sobre o tônus muscular dentro do contexto do comportamento humano, é possível identificar ainda uma fragmentação no entendimento de sua estreita ligação com a Imagem Corporal, como a apresentada por Schilder. Por se tratar de um tema complexo e inovador em sua concepção, esta relação encontra na falta de uma sistematização, valorização e análise profunda um dos grandes limitadores para uma abordagem eficiente dentro dos processos de investigação e intervenção, sobretudo nos estudos em Imagem Corporal.

Na neurologia clínica, onde se busca a identificação de sinais e sintomas, o Tônus Muscular é visto no contexto de suas alterações. Por meio de testes específicos é possível detectar as manifestações do Tônus Muscular provocadas por lesões neurológicas. No entanto as pequenas variações são muitas vezes desconsideradas uma vez que elas não estão diretamente relacionadas ao diagnóstico das afecções neurológicas. No campo da psicologia o movimento está inserido no contexto do desenvolvimento psíquico. O Tônus Muscular é entendido como parte do processo de maturação e de aquisição de habilidades psicomotrices para o aprendizado e desenvolvimento do psiquismo. Porém os processos neurofisiológicos envolvidos nesse processo de maturação psicomotora geralmente são analisados com pouca profundidade ou até mesmo negligenciados dentro das análises terapêuticas. Por outro lado, as áreas que atuam diretamente com atividades corporais como atividade física ou atividades ligadas à reabilitação se apoiam principalmente nas questões fisiológicas e biomecânicas do corpo. A preocupação com o ganho de desempenho físico, de massa muscular ou com a recuperação motora funcional muitas vezes obedecem a protocolos rígidos de treinamento e avaliação que, nem sempre priorizam a manifestação da individualidade psicocorporal do sujeito. Compreender os mecanismos pelos quais os aspectos neurofisiológicos do Tônus Muscular e os processos psicocomportamentais estão intimamente ligados na construção, no desenvolvimento e na expressão da identidade corporal torna-se fundamental para uma abordagem individualizada de profissionais que atuam diretamente com o corpo e suas manifestações.

O forte interesse sobre o Tônus Muscular desde a graduação em fisioterapia, reforçado pelas observações clínicas através da experiência profissional, levaram a uma busca sobre o entendimento da relação entre o Tônus Muscular e os aspectos psicocorporais no contexto do comportamento humano. A participação junto ao Grupo de Estudos em Imagem Corporal (GEIC) na Faculdade de Educação Física (FEF – Unicamp) trouxe contribuições importantes para o entendimento desta relação. Através das disciplinas do departamento de Neurologia da Faculdade de Ciências Médicas – FCM da UNICAMP e na disciplina de Imagem Corporal da área de Atividade Física Adaptada da Faculdade de Educação Física – FEF da UNICAMP como parte do curso de Mestrado, possibilitou a atualização dos conhecimentos da neurociência sobre o comportamento humano e aprofundar os estudos sobre a Imagem Corporal. A partir deste processo de formação profissional e pessoal foi possível compor a base para o desenvolvimento desta pesquisa cujo eixo central se apóia nos vínculos estreitos entre o Tônus Muscular e a Imagem Corporal. Espera-se a partir deste estudo contribuir para futuras pesquisas no campo da Imagem Corporal

Portanto os objetivos desta pesquisa são: (a) Sistematizar e analisar os conhecimentos sobre Tônus Muscular apresentados por Charles Scott Sherrington, Henry Head e pela Neurociência e (b) Refletir sobre a relação entre o Tônus Muscular e a Imagem Corporal.

## 2 Metodologia

Este estudo foi realizado a partir da análise, interpretação e sistematização de dados resultantes de uma pesquisa do tipo bibliográfica. Este tipo de pesquisa consiste em conhecer as contribuições científicas e recolher informações e conhecimentos prévios sobre determinado tema (CERVO E BERVIAN, 1975). Segundo Thomas et. al. (2007) ela possibilita a contextualização de conceitos e paradigmas e torna-se mais completa ao apresentar não só o aspecto descritivo como também o aspecto analítico da temática envolvida.

Richardson (1999) aponta que a fonte principal de busca de informações referenciais no método científico compreende livros, revistas e relatórios de pesquisas. Este tipo de material foi obtido através das bibliotecas da Unicamp (BCCL, FEF, FE, IEL, IFGW, IB e FCM) e de bibliotecas a ela conveniadas. Também foi utilizado o site [www.amazon.com](http://www.amazon.com) para aquisição de material não disponível no Brasil para empréstimo ou compra. Todos estes materiais foram utilizados tanto numa investigação prévia como ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Severino (2000) a internet hoje é uma fonte de pesquisa rica e indispensável para os diversos campos de conhecimento devido a seu extenso acervo de dados disponíveis e pela facilidade de acesso. Dessa forma o levantamento bibliográfico utilizou-se da internet como recurso. Ele foi realizado a partir dos indexadores digitais Scopus ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), Web of Science ([www.isiknowledge.com](http://www.isiknowledge.com)) e Pubmed ([www.pubmed.gov](http://www.pubmed.gov)) acessíveis através da internet disponibilizada pela Unicamp ou através de instituições e pessoas conveniadas, e Bireme ([www.bireme.br](http://www.bireme.br)) cujo acesso é livre pela internet de qualquer computador. Esses indexadores foram selecionados por ser multidisciplinares, envolver bases especializadas das áreas da saúde e por apresentarem um grande acervo de dados nacionais e internacionais. Foram utilizados ainda recursos de comutação a partir de bibliotecas digitais da Unicamp.

Os descritores utilizados para esta busca foram determinados através do Decs ([www.bireme.br](http://www.bireme.br)), Thesaurus ([www.thesaurus.com](http://www.thesaurus.com)) e da literatura básica. Os termos encontrados foram utilizados na língua inglesa uma vez que os indexadores consultados apresentam resultados em outras línguas inclusive em português a partir da versão em inglês. Para Tônus Muscular

foram selecionados: “Muscle Tonus” or “Muscle Tone”. Cada um desses descritores foi cruzado inicialmente com a palavra “Review” a fim de detectar artigos de revisão relevantes sobre o tema central. Para uma abordagem mais profunda e específica, a busca foi direcionada por autor utilizando como descritores: “Charles Scott Sherrington” e “Henry Head”. Em relação à Neurociência a busca foi realizada por assunto, envolvendo os descritores “Neuroscience” e “Neurophysiology” ambos cruzados com a palavra “Review”. Ao longo da pesquisa foi necessário aprofundar e refinar os conhecimentos atuais sobre as bases neurofisiológicas do tônus muscular que, envolvem o fuso neuromuscular e a percepção do movimento e da postura. Dessa forma a busca foi direcionada a todos os campos com o cruzamento dos seguintes descritores: “muscle spindles and proprioception”, “muscle spindles” and “proprioceptive pathways”, “muscle spindles” and “proprioception pathways”, “muscle spindles and review”, e por títulos para aquisição de referências clássicas.

O levantamento do material utilizado para esta pesquisa foi realizado no período entre 06/08/2010 a 09/02/2011. Os artigos duplicados (que apareceram pela segunda vez) não foram computados e uma primeira triagem foi realizada pela análise de títulos, palavras-chaves e resumos. Para o estudo da neurociência atual foram priorizados os artigos compreendidos entre 2000 e 2011 embora alguns anteriores a esta data tenham sido utilizados em função de sua relevância e contextualização. Foram selecionados apenas os artigos nas línguas Português do Brasil, Inglês e Espanhol.

## 3 Resultados

Através do processo da análise, descrita anteriormente na metodologia, da leitura e interpretação do material coletado, os dados selecionados para o desenvolvimento das perspectivas neurofisiológicas do Tônus Muscular foram categorizados nos seguintes tópicos: **4.1.1** Charles Scott Sherrington (1857-1952): Tônus e Ação reflexa; **4.1.2** Henry Head (1861-1940): Tônus, Sensibilidade e Modelo Postural; **4.1.3** Neurociência: Tônus e Comportamento Humano.

### 3.1 Perspectivas Neurofisiológicas do Tônus Muscular

O Tônus muscular tem sido objeto de estudo ao longo dos anos no campo da neurologia clínica. É comum ainda encontrar seu foco apoiado principalmente na manifestação do controle neuromotor através do reflexo de estiramento nos casos de distúrbios neurológicos. No entanto, observa-se uma escassez de estudos sobre o tônus muscular de repouso o que limita análises em indivíduos saudáveis. A palavra *tono* ou *tônus* são termos gerais usados desde a antiguidade com múltiplos significados. Isto muitas vezes gera controvérsias e dificulta um entendimento mais preciso sobre o fenômeno (MASI e HANNON, 2008). Na visão de Sherrington o Tônus Muscular representa uma resposta adaptativa apoiada na ação integrativa de sobreposição constante de padrões reflexos para manutenção da postura. Para Head a existência do Modelo Postural do corpo implica um processo dinâmico que se ajusta constantemente às variações permanentes do tônus muscular envolvido na postura e no movimento. A neurociência ao aprofundar as investigações sobre a relação organismo-ambiente do comportamento amplia a visão sobre o Tônus Muscular. Embora pequenas diferenças conceituais possam ser encontradas na literatura básica dos estudos em neurofisiologia, todos eles apontam para um entendimento comum. Assim o Tônus Muscular, visto como uma tensão mínima do músculo relaxado, perceptível na resistência ao alongamento passivo, constitui a base não só dos diversos tipos de movimento, mas também representa o elemento funcional mutável para o ajuste permanente da postura contra a gravidade. Dessa forma o Tônus Muscular pode ser considerado como um elemento ativo, dinâmico e integrativo nas respostas adaptativas do comportamento humano na sua relação com o ambiente do ponto de vista da neurociência. Essa visão foi possível graças às contribuições da perspectiva da ação integrativa de Sherrington que embasaram os estudos de

Henry Head sobre o modelo postural que por sua vez são confirmados nos estudos mais recentes da neurociência. Este processo dinâmico de construção do modelo postural do corpo representa a base sobre a qual Paul Schilder elaborou o conceito da Imagem Corporal.

### **3.1.1 Charles Scott Sherrington (1857-1952): Tônus Muscular e Ação Reflexa**

No séc.III e IV d.C. o tônus muscular foi considerado por Galeno como pertencente a um tipo de movimento sobre o qual a resistência estática era gerada. Porém, para Sherrington, tal abordagem descrevia mais uma ação produzida por uma contração muscular controlada pelo sistema nervoso do que uma ação reflexa que representasse o tônus muscular (MASI E HANNON, 2008). No entanto, o conceito de reflexo havia surgido muito antes com Descartes (1596-1650) que acreditava que os animais eram dispositivos mecânicos capazes de transformar estímulos sensoriais em respostas motoras. Considerava que a medula espinhal era apenas uma coleção de fibras que atuavam como condutoras de informação do cérebro ao corpo (LEVINE, 2007). Trabalhos posteriores mostraram que a transformação dos estímulos sensoriais em respostas motoras acontecia por propagação de potenciais elétricos, e não mecânicos, através de células nervosas e estas aos músculos (BENNETT, 1999).

Os estudos neuroanatômicos se intensificaram e com isso surgia a doutrina neuronal de Santiago Ramon y Cajal (1852-1934) e a teoria reticular de Camillo Golgi (1843-1926). Contudo, os estudos experimentais acerca do cérebro, suas estruturas, localização e função nervosa prosseguiram de forma intensa enquanto novas questões surgiam. Logo após a teoria neuronal de Cajal se tornar um problema de disputa científica, Sherrington se utilizou das implicações desta disputa em suas abordagens sobre a neurofisiologia e direcionou o foco para a descoberta da comunicação entre as células nervosas. Mais tarde em 1897 tal atividade foi denominada por ele de *synapse* e considerou que esta era a chave para o entendimento da função reflexa. Dessa forma a teoria neuronal de Cajal se sobrepunha à de Golgi que acreditava que o sistema nervoso era uma estrutura contínua (FRENCH, 1970; TANSEY, 1997; LEVINE, 2007). Este conceito estava apoiado nas considerações por mais de 2400 anos sobre como os músculos se contraíam e afetavam a locomoção, ainda no tempo de Platão e Aristóteles no séc.IV a.C. (BENNETT, 1999).

Em 1797, o termo tônus era utilizado em relação a uma atividade intrínseca do nervo e do sistema nervoso em geral e em seguida foi relacionado com a atividade reflexa sugerindo certo automatismo para explicar sua atividade. Uma publicação em 1888 apresentou uma definição formulada por Hughes Bennett (1812-1875) para tonicidade reflexa muscular como uma tensão leve e constante característica do músculo saudável. Tal afirmação, no entanto era utilizada na época com um conceito ainda vago de difícil entendimento tanto a professores como alunos. A conotação do termo também assumia vários sentidos, porém de forma geral se apoiavam sempre no significado literal de uma tensão mecânica (SHERRINGTON, 1915). Fraenkel e Collins em 1903, na tentativa de minimizar os conflitos sobre a utilização do termo, delinearão dois tipos de uso. O primeiro com aplicação histológica para descrever o estado geral dos tecidos e o segundo, exclusivamente aplicado ao tônus muscular para representar o resultado de um fenômeno puramente neural. Esse foco neural do tônus muscular foi intensificado pelo extensivo trabalho experimental de Sherrington (MASI E HANNON, 2008).

O termo tônus também foi empregado por Johannes Muller (1801-1858) para denotar certo estado de leve tensão contrátil considerada como uma condição característica do músculo esquelético normal quando não engajado na realização de qualquer ação específica. Esse estado leve de tensão era resultado de uma ação contínua mantido pelos centros nervosos da medula ou do cérebro. Porém os experimentos de Muller realizados com sapos não confirmavam tal afirmação para o tônus muscular. Anos mais tarde surgiu a idéia de que a pele, devido a seus inúmeros estímulos recebidos constantemente poderia explicar o estado de tensão permanente. Entretanto num experimento onde a pele do animal fora retirada, o fenômeno do tônus reflexo persistia. Nesta época a fisiologia experimental alcançava resultados contraditórios e a existência do tônus muscular estava em questão (SHERRINGTON, 1915).

Em 1891 Sherrington foi nomeado superintendente do Instituto Brown, um santuário veterinário, que o permitiu desenvolver mais intensamente suas pesquisas em animais. Trabalhando sobre a distribuição segmentar das raízes ventrais e dorsais mapeou os dermatomos sensoriais e descobriu que os fusos musculares iniciavam o reflexo de estiramento. Reconheceu que a medula espinhal fornecia a porção mais simples do sistema nervoso dos mamíferos e ainda revelava exemplos de todas as suas funções sinápticas. Em seus estudos sobre o arco reflexo dos reflexos espinhais identificou que os elementos aferentes e eferentes se comunicavam aos centros na substância cinzenta através do contato sináptico contíguo entre os neurônios, ou seja, havia

uma membrana de separação entre os neurônios que por aposição se conectavam um ao outro. Assim em 1897 introduziu o termo *Sinapse* para explicar tal conexão (BREATHNACH, 2004, 2005). Demonstrou também que os fusos musculares estavam embutidos em grande número no tecido muscular e especialmente abundantes nas proximidades das aponeuroses, inserções tendíneas e tendões. Descobriu ainda a existência de fibras sensoriais nos nervos e seus órgãos terminais que, o levou a compreender a natureza reflexa da postura e o tônus muscular em seus futuros estudos (KIM, 2001).

Os experimentos clássicos de Sherrington (1906) se apoiavam nos processos excitatórios e inibitórios iniciados por diferentes entradas sensoriais. Estes se interagiam para graduar respostas frente às diferentes propostas do organismo. Sendo assim o fenômeno da inibição era considerado por ele como um fator coordenativo e permanente, tanto quanto era a própria excitação. Seus experimentos reforçavam ainda a idéia da inervação recíproca como um mecanismo regulador na execução de ações coordenadas. A coordenação, entretanto, é em parte a composição de reflexos simples, onde o efetor responde a uma estimulação do receptor de forma supostamente isolada, e da ação reflexa, cuja resposta a um estímulo desencadeia um ajustamento e uma seqüência de reações reflexas coordenadamente no organismo. Segundo Sherrington este mecanismo é fortemente expresso pela musculatura esquelética. Assim a coordenação envolve uma seqüência de ajustes de um número de reflexos simples que ocorrem simultaneamente (padrão reflexo) e sucessivamente de forma ordenada onde um reflexo se sobrepõe ao outro, ou seja, mudando de um padrão reflexo a outro. Portanto, a integração do organismo animal não é simplesmente o resultado de uma única ação dentro de si, mas de várias outras ações (SHERRINGTON, 1906; ANGIER, 1910).

Para Sherrington (1906) quando o corpo animal alcança certo grau de complexidade multicelular, células especiais assumem a expressa missão de se conectar umas com as outras. Estas por sua vez, desde que sua função seja estender de uma célula a outra, geralmente se alongam e se conectam pela condução de impulsos nervosos. Este processo, em sua visão, caracterizava o aspecto integrativo do sistema como um todo. É sob esta visão que ele aponta a devida importância do caráter integrativo onde a atividade de interconexão é capaz de coordenar partes do mecanismo animal por meio da “ação reflexa”. Sherrington (1906) observou que esta ação reflexa era determinada por três eventos distintos desempenhados por estruturas específicas: iniciação (receptor), condução (condutor) e efeito final (efetor). Essa cadeia completa

de estruturas foi denominada por ele como *Arco Reflexo* e foi definido como a unidade funcional integrativa do sistema nervoso.

Foi então que, em 1898, Sir Charles Scott Sherrington descreveu e elucidou o que seria o seu mais famoso experimento no meio da neurofisiologia. A “*Rigidez Descerebrada*” no gato trouxe contribuições importantes para o entendimento do tônus reflexo dos músculos esqueléticos que perduram até os dias atuais. Através de seus estudos considerou que o reflexo era em sua própria medida uma reação integral e sustentava algum objetivo para o organismo. Cada reflexo, portanto, estava relacionado com a chamada *proposta* do organismo. Porém as alterações do reflexo observado na paraplegia humana pareciam para ele de difícil entendimento sobre sua proposta funcional. Ressaltou ainda que, um tipo de reflexo simples podia ser tão completo como é um reflexo complexo, ou seja, o ato de tirar um cisco do olho que envolve um campo restrito de músculos pode ser tão completo quanto à marcha, capaz de envolver a musculatura esquelética de todo o corpo (SHERRINGTON, 1915).

O arco reflexo medular representava a porção mais elementar e mais simples de uma ação reflexa, porém de uma forma abstrata. Isto porque a ação reflexa era composta pelo arranjo de vários reflexos simples que se sobrepunham constantemente de forma complexa e organizada, afirmava. Assim a medula espinhal oferecia o exemplo mais simples das funções sinápticas e o reflexo de estiramento junto com outros reflexos, era capaz de fornecer o modelo sobre o qual a progressiva organização do mecanismo motor poderia ser investigada. (BREATHNACH, 2005). Entretanto para cada reflexo havia um estímulo adequado capaz de elucidar uma resposta específica. O tônus muscular era, portanto em sua maior parte um reflexo e como todo reflexo apresentava uma proposta para um objetivo final. Mas para se conhecer a proposta biológica de uma reação reflexa era preciso ter sugestões por quais linhas dever-se-ia investigá-la. Dessa forma surgiu a questão se o tônus muscular carregava o mesmo significado biológico em todos os seus exemplos ou em alguns casos encontrava outra proposta e em outros casos encontrava outra. Um passo nessa direção foi considerar as manifestações de casos particulares e assim a escolha do músculo esquelético parecia a mais viável (SHERRINGTON, 1915).

Sherrington (1915) encontrou, portanto na preparação do animal descerebrado uma maneira simples, sem necessidade de métodos e instrumentação sofisticados para analisar as manifestações do tônus reflexo. Ao seccionar o cérebro do gato, na direção da altura do colículo

posterior, encontrou uma excelente preparação tônica do músculo extensor do joelho. Observou que esse tônus era mantido mesmo após uma separação completa de todos os nervos cutâneos de ambos os membros posteriores exceto apenas do nervo do próprio músculo tônico. Notou que os nervos apresentavam tanto fibras aferentes como eferentes. As aferentes seguiam parcialmente pelos tendões musculares, mas principalmente pelo próprio músculo e alcançavam a medula espinhal via raiz dorsal (posterior). Ele observou que se essa raiz aferente dorsal fosse cortada o tônus desaparecia do músculo ainda que, a raiz ventral contendo fibras eferentes permanecesse intacta assim como todos os outros nervos do membro. Realizou experimentos similares com outros músculos e encontrou o mesmo resultado. Em cada caso o tônus desses músculos requeria fibras aferentes do próprio músculo tônico e no caso da preparação do gato descerebrado nenhuma outra fibra aferente que não a do próprio músculo tônico era essencial para a exibição do tônus.

A partir deste experimento Sherrington (1915) pode investigar também a ação reflexa da marcha. Observou que ela apresentava como característica duas fases: flexão e extensão. Ao tocar a pata no chão, os músculos extensores do gato ficavam ativos e todas as articulações eram colocadas em extensão enquanto os flexores do mesmo lado eram reflexamente inibidos. Inversamente o mesmo ocorria com o membro contralateral. Este fenômeno de ativação e inibição caracterizava o fator coordenativo do tônus reflexo. Assim o tônus reflexo obtido estava confinado aos músculos que colocam o animal em pé numa ação antigravitária o que o levou a concluir que o tônus reflexo era uma contração postural. Neste caso experimental ele aponta que a proposta biológica estava longe de ser investigada uma vez que lidava com um único músculo isolado e não com toda a musculatura em si. E considerou que a rigidez descerebrada era simplesmente um reflexo de postura em pé. A tonicidade da musculatura esquelética de gatos e cachorros descerebrados podia ser vista pelo mecanismo coordenativo, seus efeitos e suas distribuições por um reflexo que diferenciava dos reflexos mais comumente estudados. Considerou que o tônus reflexo era um reflexo postural curto, isto é de curta duração, e neste caso a postura mantida era a posição em pé.

Outra observação interessante de Sherrington (1915) foi que, o tônus poderia ser influenciado ou modificado por impulsos emergentes de outro lugar em estruturas profundas, músculos, tendões e articulações. O reflexo era, portanto profundo e proprioceptivo que surgia no próprio músculo, porém modificável por qualquer outro estímulo adicional. Observou que o

tônus também recebia influências de origem nos labirintos e dos músculos dos membros. Assim, identificou dois mecanismos de reflexos a ser considerado: o relacionado à manutenção da postura e o relacionado à regulação do tônus muscular. O arco reflexo relacionado à manutenção do tônus era um reflexo de longo-termo enquanto o de curto-termo era utilizado na manutenção da postura. O tônus muscular podia ser definido como a base ou a matéria prima da postura, e o músculo tonicamente contraído era capaz de manter seu tônus em diferentes comprimentos. Por fim Sherrington concluiu que o tônus era um reflexo verdadeiro que dependia da integridade do suprimento nervoso aferente do músculo tônico. As reações de encurtamento e alongamento também podiam ocorrer quando o membro ativamente assumia uma nova atitude sob estimulação de um reflexo apropriado. Isto dava ao tônus muscular a qualidade conhecida como plasticidade. Tais observações confirmaram a idéia inicial de Sherrington de que o Tônus Muscular era na verdade um reflexo postural (WALSHE, 1924). Os dois mecanismos aos quais Sherrington se referiu bem como a qualidade plástica do tônus muscular são investigados hoje de forma intensa pela neurociência.

Ao longo de seus quase cem anos de vida Sherrington apresenta um currículo brilhante. Influenciado por seu padrasto Dr. Caleb Rose, que também era médico, Sherrington iniciou sua carreira médica em 1877 no St. Thomas's Hospital Medical School (Londres, Grã-Bretanha). Em 1879 foi transferido para a Universidade de Cambridge onde se formou em ciência natural em 1883 e em medicina em 1885. Durante sua formação profissional passou pela Universidade de Bonn, de Strasburgo e de Berlim. Porém a maior parte de seus trabalhos foi desenvolvida nas Universidades de Cambridge, Liverpool e Oxford (SHERRINGTON, 1975; STUART, 2005). Foi professor de Fisiologia no St. Thomas's Hospital até 1895 e em 1898 foi superintendente do Instituto Brown de patologia animal na London University onde intensificou seus experimentos animais. Foi professor de fisiologia também na Universidade de Liverpool (1895-1913) e depois em Oxford (1913-1936). Foi ainda presidente da Royal Society (1920-1925) e em 1932 recebeu juntamente com Edgard Douglas Adrian o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina por seus estudos sobre o reflexo. Em 1893 introduziu o termo “propriocepção”, 1897 o termo “sinapse” e em 1900 concluiu que o cerebelo era a “cabeça” ganglionar do sistema proprioceptivo (PEARCE, 2004). Sherrington também possuía uma veia poética e filosófica demonstrada numa escrita complexa e difícil a primeira vista. Além da carreira médica também se dedicou ao campo da poesia e filosofia mais enfaticamente no final de sua carreira. Publicou

*The Brain and its mechanism* (1933), *The Endeavour of Jean Fernel* (1946) e *Man on His Nature* (1953) entre outras além de inúmeros artigos científicos (SHERRINGTON, 1975).

No entanto, seus trabalhos relacionados à anatomia funcional do sistema nervoso ao longo de sua carreira e o conhecimento do arco reflexo medular formaram a base da construção do que seria a mais relevante de todas as suas obras. A publicação de “*The Integrative Action of the Nervous System*” causou um forte impacto no meio científico da época e revelou a cuidadosa análise e observação de Sherrington em seus estudos. Tal publicação na verdade compreende uma coletânea das palestras ministradas por Sherrington na Fundação Silliman, em New Haven que em 1902 foi incorporada à Universidade de Yale (SHERRINGTON, 1906). A relevância desta obra é tamanha que não houve necessidade de qualquer revisão nas edições subsequentes. Isto confere à sua obra um caráter extremamente atual. Ele apresentou na época um conjunto de conceitos que são reconhecidos e aceitos até os dias atuais como princípios fisiológicos. Tal publicação além de introduzir o termo *integração* trouxe também um novo entendimento sobre o sistema nervoso no meio científico da fisiologia na época. Seu trabalho sobre cérebro foi publicado em 1917 e Sherrington prosseguiu em Oxford com seu estudo detalhado sobre o reflexo de estiramento e sobre a excitação e inibição das unidades motoras. Adrian (1952a, 1952b) que, dividiu com Sherrington o Prêmio Nobel, aponta que o trabalho experimental extensivo de Sherrington, suas observações generalizadas, produção de conceitos, termos e princípios constituíram a base da neurofisiologia moderna. Suas considerações sobre o arco reflexo não necessitavam de revisão e podia ser entendido a partir de seus elementos constituintes. Influenciou todo o desenvolvimento da fisiologia como professor, examinador e mais tarde como uma figura eminente no mundo científico

Uma de suas influências foi na carreira de Wilder Penfield (1891-1976) como neurocirurgião. Feindel (2007) enfatizou que, não foi os exemplos de Horsley ou Cushing que impulsionaram Penfield para o campo da neurocirurgia e sim a inspiração de Sherrington. Aponta ainda que, Penfield foi aluno de Sherrington na Universidade de Oxford e tamanha era sua admiração por seu professor que dedicou o último estudo publicado em sua vida a Charles Scott Sherrington, quem considerava o fisiologista e explorador do Sistema Nervoso.

As contribuições de Sherrington também determinaram subseqüentes estudos sobre a postura e o movimento. Stuart (2005) comenta que, o delineamento da organização funcional do córtex sensoriomotor, do trato córtico-espinhal, o avanço no entendimento da

convergência do comando de sinais descendentes e a realimentação dos sinais sensoriais foram contribuições importantes de Sherrington para o entendimento da integração da postura e do movimento. Posteriormente somaram-se a função da medula espinhal na relação estado excitatório *vs.* inibitório, somação espaço-temporal, e a via final comum. Sherrington ainda forneceu dados importantes sobre as unidades motoras e escreveu extensivamente sobre a modulação do movimento mediada pelo mecanismo de realimentação sensorial. Distinguiu três grupos principais de órgãos sensoriais: (1) os exteroceptores seriam os responsáveis pela detecção de luz, som, odor e estímulo tátil, isto é, dos estímulos externos; (2) os interoceptores capazes de detectar os estímulos que afetam os órgãos internos; e por fim (3) os proprioceptores responsáveis pela sensação de posição, emergentes do próprio organismo. Identificou ainda regiões do córtex motor que governavam movimentos específicos do corpo (SHAMPOO ET. AL., 2005).

Ao se referir ao papel funcional da mente, dizia que o principal objetivo, objeto e proposta da consciência era controlar. Achava que a fisiologia não tinha muito a oferecer sobre o cérebro em relação à mente a ponto de ajudar os psiquiatras. Embora fosse mestre dos reflexos, seu refúgio era considerar que a experiência podia ser reduzível ao movimento. Suspeitava que a possibilidade de nossa impressão de livre escolha não estava apoiada numa propriedade metafísica de ações, mas sobre nossa capacidade humana de imaginar inúmeras conseqüências possíveis sobre determinado evento, que ao final seria traduzido numa única ação (ZEMAN, 2007).

Outra abordagem importante de Sherrington estava relacionada com as bases neurais da emoção. Segundo Burke (2007) Sherrington entendia que a expressão visceral da emoção era secundária à ação cerebral que ocorria junto com o estado psíquico. Esses achados constituíram a base de estudos, a partir de organismos intactos, de cientistas de diversas áreas como a embriologia e a psiquiatria sobre o comportamento humano. Ressalta que Sherrington era considerado por aqueles que o conheceram pessoalmente como um homem tímido, porém hábil, sistemático e humanitário e pouco se dava conta de sua genialidade e popularidade no meio científico. Burke (2007) conta também que em 1918 Sherrington chegou a escrever uma carta a seu amigo Henry Head (1861-1940) onde reconhecia que seu trabalho havia começado ao contrário. Revelou a ele que a medula espinhal na verdade oferecia um ponto de partida melhor fisiologicamente para seus estudos do que as degenerações piramidais, por onde havia começado.

Após uma análise detalhada sobre as idéias e trabalhos de Sherrington, nota-se que seus estudos levam a um entendimento sobre o Tônus Muscular para além de uma tensão mecânica sustentada por propriedades neuromusculares. Seus estudos apoiados na visão integrativa de ações reflexas constantes, capaz de responder à proposta funcional do organismo fazem do Tônus Muscular a própria base da postura. Esse entendimento permeou inúmeros estudos e trouxe contribuições importantes para as pesquisas subsequentes. Entre elas estão as que levaram Henry Head a propor a existência de um Modelo Postural dinâmico a partir do ajuste permanente do tônus muscular na postura e no movimento humano, representados na consciência.

### **3.1.2 Henry Head (1861 – 1940): Tônus, Sensibilidade e Modelo Postural**

Antes da Ação Integrativa de Sherrington despertar um novo olhar sobre o funcionamento do sistema nervoso, o meio científico no final do século XIX era dominado pela teoria da localização. Nesse período, mais precisamente em 1880, Henry Head ainda iniciava seus estudos no Trinity College em Cambridge. Influenciado pelo primo de sua mãe, Marcus Beck, e motivado pelo desejo desde cedo pela medicina seguiu a carreira médica. Em 1884 Head interrompeu seus estudos e passou dois anos em Praga onde trabalhou no laboratório de Hering. Esse período o permitiu desenvolver trabalhos sobre fisiologia respiratória e tornar-se fluente em francês e alemão. Logo após retornou a Cambridge para terminar os cursos de anatomia e fisiologia e em 1890 se graduou na University College Hospital em Cambridge. Em 1896 foi indicado para médico assistente no London Hospital onde conheceu J. Hughlings Jackson. Trabalhou no Queen Square e no Victoria Park Hospital. Lá desenvolveu seu interesse pelo estudo da dor e da fisiologia. Sua tese “*On disturbances of sensation with special reference to the pain of visceral disease*” foi publicada em 1893 na revista *Brain* o que foi um mérito extraordinário na época (HENSON, 1977; PEARCE, 2000).

Esta publicação, no entanto, já apresentava os primeiros sinais dos caminhos que Head conduziria seus estudos subsequentes. Ao estudar as posições da dor nas doenças do estômago concluiu que a sua descrição usual era incompleta em vários aspectos. Acreditava que as lesões cutâneas, claramente de origem nervosa, pudessem trazer explicações mais evidentes. Assim determinou que, estudaria primeiro somente a distribuição das sensações de dor, calor, frio

e toque para depois associá-las às áreas do sistema nervoso a que pertenciam. Dessa forma as doenças viscerais despertaram seu interesse pela dor e seus estudos sobre a dor o levaram a aprofundar as bases neurofisiológicas da sensação em geral (BRAIN, 1961).

Quando Head começou seus estudos sobre a sensação, a idéia sustentada na época era que o homem era provido de órgãos sensoriais capazes de responder a cada experiência sensorial conhecida. Acreditava-se nesse período que essas informações produzidas por terminações sensoriais eram então transmitidas sem modificações através de fibras nervosas especializadas e por um único trato espinhal. Essa informação então seguia, diretamente ou através de sistemas celulares intermediários, até os centros corticais apropriados onde evocavam uma única experiência sensorial (HENSON, 1961).

No entanto, as alterações de sensibilidade de pacientes que chegavam ao London Hospital onde Head trabalhava na época traziam dúvidas que o levou a considerar que, era necessário um estudo mais profundo sobre as condições sensoriais de partes que perdem o suprimento nervoso. Para Head e Rivers (1905) a chamada diminuição da sensibilidade produzida pela divisão de um nervo era na verdade uma condição na qual alguns tipos de sensibilidade eram perdidos enquanto outros eram mantidos. Assim era possível observar numa divisão do nervo ulnar a perda de sensibilidade ao toque leve e a temperaturas entre 20°C e 40°C, porém uma resposta de extremo desconforto a partir de uma picada com agulha. Mas para que uma investigação pudesse trazer resultados mais precisos era necessário que o portador da lesão fosse um observador treinado e a lesão determinada previamente. Assim motivado pela sua paixão pela pesquisa e estimulado por seu amigo neurocirurgião James Sherren (1872-1945) Head submeteu-se a uma intervenção cirúrgica no antebraço esquerdo em busca de respostas sobre a sensibilidade. O ramo cutâneo do nervo radial de Henry Head foi dividido próximo à região do cotovelo esquerdo (20 cm acima do punho) e após a eliminação de pequenas porções as pontas foram suturadas. Head e Rivers (1905) reforçam que antes da cirurgia as condições de sensibilidade foram minuciosamente examinadas no braço e no dorso da mão. Relata que logo após a cirurgia houve a perda total da sensibilidade cutânea numa área extensa da metade radial do antebraço e do dorso da mão esquerda.

Inicialmente Head e Rivers (1905) observaram que, embora as partes dos nervos que supriam a pele encontravam-se anestesiadas ao toque de pedaço de algodão (ausência de sensibilidade), essas regiões eram extremamente sensíveis (hipersensíveis) ao toque da ponta

de uma caneta. Uma explicação para tal fato era considerar os achados de Sherrington que, havia demonstrado a existência de fibras sensoriais juntamente com fibras motoras nos nervos que alcançavam os músculos, tendões e articulações. Considerou dois anos após a cirurgia, a evidência de três tipos de sensibilidade: (1) *Profunda* capaz de responder à pressão e ao movimento de partes do corpo, capaz de produzir dor sob forte pressão ou no caso de lesão articular. As fibras que servem este tipo de sensação correm junto com as fibras motoras e não são destruídas pela divisão de todos os nervos sensoriais da pele; (2) *Protopática* capaz de responder ao estímulo doloroso cutâneo e aos extremos de frio e calor. Compreende o grande sistema reflexo capaz de produzir uma resposta rápida e amplamente difusa sem a apreciação exata do local estimulado; (3) *Epicrítica* cujo grau de resposta é preciso sobre a localização cutânea, discriminação entre dois pontos, maior precisão sobre os graus de temperatura quente e fria. O sistema protopático, no entanto retornou mais rapidamente e com maior facilidade em torno de sete semanas enquanto o aparecimento da sensibilidade epicrítica aconteceu por volta de vinte e nove semanas. Dois anos após o processo cirúrgico a recuperação total da sensibilidade na região da cirurgia ainda não havia sido completada.

Ao abordar o sistema nervoso central Head e Rivers (1905) ressaltaram que, os impulsos sensoriais ao alcançarem a primeira sinapse na medula espinal são distribuídos em tratos responsáveis pela condução de impulsos nervosos. Estes tratos seriam agrupados de forma diferente dos nervos periféricos e estariam envolvidos com a transmissão dos impulsos de dor, quente, frio e toque. Assim ao atingir o sistema nervoso central os impulsos são coordenados e distribuídos de acordo com o evento sensorial. Notou ainda que, muitos impulsos aferentes eram capazes de produzir uma ação reflexa sem atingir a consciência e as vísceras eram capazes de configurar impulsos nervosos que podiam afetar a consciência. Assim concluiu que, o corpo como um todo, dentro e fora, é suprido pelo sistema protopático cujas fibras deste sistema na pele são chamadas de somáticas e as dos órgãos internos de fibras protopáticas viscerais. Reforçou também que, outro conjunto de fibras aferentes relacionados especialmente com os impulsos de movimento e pressão existia em conexão com os receptores de Paccini (órgãos sensoriais de tato e pressão) e que um sistema análogo a este era encontrado no corpo e nos membros para a localização do movimento e apreciação da posição no espaço. Isto porque este sistema existe em conjunção com as fibras motoras.

O sistema epicrítico presente em todas as partes do corpo, mas especialmente revestindo toda a superfície do corpo, fornecia à pele a capacidade de precisão sobre os atributos sensoriais. As fibras sensoriais epicríticas, portanto eram altamente desenvolvidas e estavam intimamente envolvidas com as fibras motoras que suprem os músculos voluntários. Após cinco anos de acompanhamento (de 1903 a 1908) e mapeamento da recuperação, Rivers e Head publicaram os resultados deste experimento, dois anos após a publicação revolucionária de Sherrington sobre a ação integrativa do sistema nervoso. Assim foi natural que eles procurassem integrar o sistema profundo, protopático e epicrítico em uma formulação fechada (COMPSTON, 2009). A integração entre essas sensações distintas ocorria pela passagem dos impulsos da periferia para centros superiores e a sensação ao final do processo assumia formas mais simples do que qualquer impulso sensorial. Por fim Head e Rivers (1908) apontaram que os elementos essenciais expostos pela análise que fizeram revelavam a maneira pela qual um organismo imperfeito tem lutado para melhorar suas funções e unidade psíquica. Esses achados além de fornecer dados importantes sobre a sensibilidade foram fundamentais para os estudos subsequentes de Head que o levou a propor a existência do modelo postural.

Numa época em que a teoria da localização dominava o meio científico Head foi ensinado em seu treinamento na neurologia que, sinais e sintomas eram provocados por uma lesão localizada em algum lugar no centro cortical ou no trajeto entre eles. Mas sua crença neste tipo de abordagem gradualmente foi se perdendo. Ele fazia parte de uma lista de críticos ao pensamento materialista das primeiras décadas do século XX, que na psicologia e psiquiatria, por exemplo, levaram ao surgimento da psicologia da Gestalt e da psicanálise. Em 1910 Head começou a desenvolver novos métodos para investigações clínicas da afasia em pacientes vítimas da guerra. Observou que as lesões cerebrais perturbavam processos e funções fisiológicas necessárias às ações mais complexas envolvidas no uso da linguagem. Essas funções estavam incluídas nos termos “*Pensamento Simbólico*” e “*Expressão*”. Assim, para Head todas as afasias envolviam dificuldades com algum aspecto de simbolização e os distúrbios do pensamento simbólico e da expressão não estavam limitados à disfunção da linguagem. Head tratava a afasia como um conceito psicológico que utilizava as funções do cérebro com um todo para conceituar ou “proposicionar”, e não como um meio de localizar uma lesão cerebral. Foi dessa forma que Henry Head descreveu vários tipos de afasia e trouxe uma nova abordagem nos estudos dessa área determinando futuras pesquisas (MERINO, 2001; SWASH, 2008).

Foi a partir desta perspectiva integrativa do sistema nervoso que Head e Holmes (1911), publicaram “*Sensory Disturbances from cerebral lesions*”. Este trabalho pode ser considerado como um dos grandes legados de Head para o início dos estudos sobre a Imagem Corporal no campo da neurologia. Neste estudo eles ressaltavam que, as patologias não deveriam ser o foco de atenção nas investigações sensoriais, e sim as oportunidades que elas ofereciam para analisar os processos nos quais a sensação estava envolvida. Este estudo apresentou dados importantes para considerarem a existência de um modelo postural do corpo e se tornou a base para anos mais tarde Paul Schilder desenvolver o conceito da Imagem Corporal. A descoberta de órgãos sensoriais altamente especializados favoreceu um entendimento mais profundo sobre a ação sensorial. Na época acreditava-se que todas as formas de apreciação sensorial seriam produzidas pela transformação psíquica de elementos sensoriais primitivos em associação com os sensores musculares. A localização de um estímulo e a postura dos membros estava relacionada com o julgamento e a associação. As demonstrações de Sherrington sobre a existência de fibras aferentes nos tendões e nos músculos e sobre o uso dos impulsos aferentes vindos de estruturas profundas, na teoria do sistema propioceptivo, necessitavam de uma exploração mais completa sobre a natureza da sensibilidade profunda (HEAD e HOLMES, 1911).

O experimento de divisão do nervo periférico trouxe evidências de que, através de impulsos vindos de um sistema aferente profundo somos capazes de reconhecer a posição dos membros e os movimentos passivos do corpo. Sendo assim a incapacidade de reconhecer a posição de partes do corpo estaria envolvida com lesões no córtex cerebral e em alguns casos poderia estar associada a alterações de reconhecimento também do movimento passivo. No entanto, sempre que havia distúrbios sensoriais gerais essas duas formas de reconhecimento eram afetadas (HEAD e HOLMES, 1911).

Em testes realizados com pacientes que apresentavam distúrbios de reconhecimento da postura e com os olhos vendados, Head e Holmes (1911) notaram que, a busca de uma parte do corpo saudável com o uso do membro alterado apresentava melhores resultados do que quando o paciente utilizava seu membro saudável para executar esta ação em direção ao membro comprometido. Assim uma mão normal procurando o dedo indicador da mão afetada apresentava registros piores do que a mão comprometida tentando encontrar o dedo indicador na mão saudável. Este resultado os levou a concluir que, para a realização dos testes era necessário o conhecimento da posição no espaço da extremidade como um todo.

Sobre a apreciação do movimento passivo, Head e Holmes (1911) identificaram que havia uma diferença entre a percepção do movimento e a percepção da direção que ele estava sendo executado. Em membros normais muitos pacientes esperavam até reconhecer a direção do movimento antes de dizer que a articulação tinha sido movida. Contudo a diferença entre o ponto no qual o movimento era percebido e que sua direção era reconhecida geralmente era pequena nesses casos. Eles notaram que, era preciso uma alteração de 5° de flexão no membro saudável para que a direção fosse detectada enquanto no membro alterado o relato da apreciação do movimento passivo ocorria quando a direção era identificada somente a partir de 10° de flexão do dedo indicador, por exemplo. Reconheceram ainda que em muitos casos de lesões corticais ainda que, a sensibilidade nem sempre estava alterada, estas duas funções aliadas, percepção da posição do membro e reconhecimento de movimentos passivos, estavam sempre afetadas. Outra observação importante que fizeram foi sobre a capacidade de localização do estímulo. Eles concluíram neste estudo que os distúrbios de localização não interferiam na apreciação da postura e do movimento.

Essas investigações trouxeram o que consideramos a maior contribuição para os estudos em Imagem Corporal. Head e Holmes (1911) afirmaram que a atividade cortical nos possibilita relacionar uma sensação à outra, até mesmo quando elas surgem simultaneamente ou consecutivamente. O reconhecimento do peso, textura, tamanho, forma e contorno dependem desta capacidade cortical de relacionar os elementos sensoriais. Dessa forma seria impossível detectar a posição de qualquer parte do corpo a menos que a sensação postural imediata estivesse relacionada com alguma coisa que a precedesse. Enfatizam que a qualquer momento somos capazes de estar conscientes da posição de qualquer parte do nosso corpo e embora tal reconhecimento postural não seja constantemente o centro de nossa atenção, ele sempre forma uma medida sobre a qual nós comparamos as mudanças corporais subsequentes. Assim não é incomum um paciente portador de lesão cerebral reconhecer que algum movimento esteja ocorrendo ainda que seja incapaz de apontar sua direção e a amplitude.

Ao falar sobre imagem visual ou auditiva, Head e Holmes (1911) dizem que o termo significa algo que possa ser lembrado dentro da consciência e que, portanto seria possível manter uma imagem visual de uma parte do corpo, ainda que o poder de apreciação das mudanças na posição estivesse abolido. Dessa forma o padrão resultante de posturas e movimentos prévios sobre o qual a referência imediata é comparada quando uma nova posição é

reconhecida, não poderia ser uma imagem visual. Ressaltaram o caso de indivíduos desprovidos da visão que podiam ter imagens verdadeiras do movimento. Isto quer dizer que, uma postura pressupostamente imaginada poderia ser acompanhada de “re-apresentações” de movimentos. Portanto cada mudança reconhecível penetra na consciência já carregada com sua relação com algo acontecido anteriormente. O produto final então nos testes de percepção da postura e do movimento passivo surge na consciência como uma medida de mudança postural, contra a qual todas as mudanças posteriores na postura são medidas antes de atingir a consciência. A este padrão combinado eles propuseram a palavra “*Schema*”. Assim por meio da alteração contínua da nossa posição estamos sempre construindo um modelo postural de nós mesmos que muda constantemente. Cada nova postura ou movimento é então registrado neste esquema plástico e a atividade cortical traz cada novo grupo de sensações, evocadas a partir da nova postura, para dentro desta relação na composição do novo registro (HEAD e HOLMES, 1911). Assim o modelo postural se apresenta como uma medida baseada no julgamento e associação de elementos sensoriais previamente registrados dentro de uma construção altamente dinâmica e integrativa. Esse dinamismo pode ser atribuído ao ajuste constante determinado pelas variações do tônus muscular a partir da ação integrativa de elementos sensoriais como proposto anteriormente por Sherrington.

Anos mais tarde, Head (1918) apontou que era preciso uma análise crítica sobre determinados conceitos utilizados até então no campo da medicina. As manifestações de uma convulsão epilética como a expressão da irritação de centros corticais, ou a explicação da afasia pela destruição de imagens visual, auditiva e motora, afirmadas na época, em seu entendimento, necessitavam de mais investigações. Afirmou também que a sensibilidade somática estava diretamente relacionada com o córtex cerebral. Para ele esta relação gerava a capacidade em responder a diferentes intensidades de estímulo e ao mesmo tempo reconhecer as similaridades e diferenças dos objetos externos, trazidos em contato com o corpo. Ressaltou também que, um distúrbio das atividades cerebelares se manifestava na incoordenação dos movimentos enquanto que uma lesão no córtex sensorial afetava os aspectos discriminativos de sensação, que segundo ele, representava uma função puramente mental.

Ao considerar a visão integrativa do sistema nervoso, proposta por Sherrington em 1906, Head (1918) afirmou que a necessidade de produzir ações coerentes num organismo plurisegmentar constituía a razão da existência do sistema nervoso central. Por esta razão era

possível integrar processos fisiológicos primitivos pela estimulação externa, ou o surgimento de respostas a uma ação por forças internas. Enfatizou que, o processo de integração sensorial dependia de três fatores: (1) todos os impulsos de mesma qualidade sensorial eram agrupados para um tipo de sensibilidade específica; (2) todos os impulsos capazes de excitar sensações de qualidades diferentes eram rejeitados por receptores não específicos; e (3) havia um processo de adaptação ou acomodação sensorial. Esses três fatores levavam a integração tanto de reflexos ou atos físicos como de sensações cuja função integrativa era do sistema nervoso. Estes fatores estavam interpostos entre as conseqüências vitais, produzidas por estímulos físicos sobre os órgãos terminais e os processos finais da atenção. Afirmou também que, o impacto entre o estímulo físico na superfície do corpo e o movimento (ou a sensação deste) gerava inúmeras reações no nível fisiológico. Entretanto a forma assumida por um reflexo podia ser determinada pelo caráter do movimento que o precedia. Sendo assim o fenômeno de adaptação da percepção sensorial dependia da influência ativa de eventos passados e futuros. E assim, nada se mantinha em sua antiga forma.

Ao longo do desenvolvimento de seus estudos, Head (1923) constatou que, células íntegras governavam a função muscular do movimento e que muitas funções exercidas pelos impulsos eferentes estavam associadas à condução do movimento ou outros atos motores fora do alcance da consciência. O estado de vigília (alto grau de eficiência fisiológica) estava relacionado com a consciência e a inconsciência e nesse caso com os graus de variação do tônus muscular de flexores e extensores. Ao se remeter à preparação de Sherrington e seus colaboradores, Head (1923) apontou que o estado de vigília era expresso no tônus postural extensor elevado e nas respostas agudamente diferenciadas. Porém o alto estado de eficiência fisiológica diferenciava de uma situação de excitabilidade aumentada. Ele não estava associado apenas com uma reação aumentada, mas com respostas amplamente adaptadas. Dessa forma as respostas podiam variar de acordo com as circunstâncias, que não são inerentes à natureza do estímulo. E, portanto, uma mesma classe de impulsos que conduzia as relações espaciais podia ser responsável por relações puramente fisiológicas tais como a manutenção de algumas formas de tônus muscular para a postura e coordenação. Concluiu, portanto que, corpo e mente normalmente, deviam estar preparados para responder rapidamente de forma apropriada (HEAD, 1923).

Greenberg (2004) relata ainda que na concepção de Head o processamento sensorial da medula espinhal incluía o cruzamento de vias de temperatura e dor e da sensação articular na coluna posterior da medula. O tálamo, para ele, era onde a sensação inicialmente entrava na consciência. Assim, a função do tálamo era a interpretação emocional e sensorial enquanto o córtex cerebral se ocupava da discriminação espacial e tátil num grau refinado e contínuo. Essas idéias associadas às descobertas sobre o sistema protopático e epicrítico levaram a uma interessante abordagem de Boodin (1921) sobre as relações entre estes dois sistemas e o aspecto social da individualização. A partir da diferenciação apontada por Head, o tálamo óptico abrange o sistema protopático enquanto o córtex está envolvido com o sistema epicrítico. No entanto o cérebro com um todo se torna um órgão para interações sociais, ou seja, um órgão da mente. Considera que o significado e a linguagem são articulações necessárias para expressão entre indivíduos. A imaginação criativa, concreta ou abstrata, existe para organizar e dar forma à expressão e entendimento mútuo. Os sentimentos são padrões emocionais modulados sob condições sociais no curso das relações. O senso protopático (tálamo) das relações sociais e o intenso controle abstrato epicrítico (córtex) nos fornecem as teorias intelectuais de individualidade. Assim as considerações de Head parecem ultrapassar o campo da neurofisiologia da sensação para incluir-se no campo social das relações.

Embora muito amado por seus pacientes e dotado de uma mente genial e inquieta, o principal interesse de Head estava mais no lado científico da medicina do que na prática clínica. Como professor conseguia reunir um grande número de estudantes ao seu redor por sua destreza, versatilidade e precisão em demonstrar resultados claros sobre os sinais corporais nas avaliações neurológicas. Em 1895 foi eleito membro da Royal Society e foi editor da revista *Brain* de 1910 a 1925, época em que a revista teve seu maior prestígio. Recebeu inúmeras honras entre eles o Royal Medical and Chirurgical Society (1903), Royal Medal of the Royal Society (1908), Moxon Medal of the Royal College of Physicians em 1927 quando no mesmo ano também recebeu o título de Sir (título de nobreza conferido pela coroa britânica àqueles que se destacam pelos seus feitos). Suas contribuições mais importantes incluem avanços importantes na fisiologia respiratória, fisiologia sensorial e análise da afasia. Seu interesse sobre a distribuição das áreas sensoriais cutâneas relacionadas às doenças viscerais o levou juntamente com Campbell a uma investigação sistemática sobre a localização dos danos neurais observáveis para determinar a representação central das áreas cutâneas afetadas. Os resultados foram

representados em gráficos precisos que mostravam a relação víscero-cutânea. Em 1933 esses gráficos foram comentados por Otfried Foerster que estabeleceu definitivamente o mapa de dermatômos utilizado universalmente na medicina clínica. No entanto enfatizou que seu mapa se baseava em áreas supridas não pelas raízes, mas sim pelos segmentos medulares a partir dos quais as raízes penetram (BREATHNACH, 1991, GRENNBERG, 2003).

Aos 23 anos de idade Head interrompeu seus estudos para ir a Praga no laboratório de Ewald Hering na 'German' University. Muitas dúvidas apontadas nos estudos de Breuer e Hering sobre o reflexo de inflação e deflação respiratória foram respondidas por Head ao longo de três anos de pesquisa. Head costumava ler e corrigir seus escritos várias vezes chegando a guardá-los por um ano antes de revisá-los para então publicá-los. Foi o que aconteceu com esta pesquisa cuja publicação só aconteceu dois anos mais tarde (WIDDICOMBE, 2004). No campo da afasia trouxe contribuições muito valiosas. Jacyna (2005) conta que em 1926 ele publicou um trabalho em dois volumes sobre seu intenso estudo de quinze anos de pesquisa sobre os distúrbios da linguagem. Esta publicação foi de extrema relevância para área onde ele apresenta inúmeros testes para avaliação de vários aspectos do desempenho simbólico. Sua classificação dos tipos de afasia é aceita até os dias atuais e trouxe uma nova visão na abordagem dos distúrbios da linguagem. Trabalhou também com Dr. Riddoch, capitão militar, após a primeira guerra mundial no London Hospital e no Empire Hospital for Officers. Eles investigaram os mecanismos reflexos nas disfunções da bexiga em vítimas da guerra com lesão medular (COMPSTON, 2008).

Assim como Sherrington, Henry Head também era versado em artes, literatura e chegou a escrever e publicar poesias. Com o aparecimento dos primeiros sinais de Parkinson reconhecido por ele mesmo e por seus colegas neurologistas, Head se afastou de sua função médica e mudou-se de Londres em 1919. Mesmo assim em 1920 publicou "*Studies in Neurology*" e em 1926 "*Aphasia and kindred disorders of speech*" em dois volumes. Aos 78 anos de idade, já bem comprometido pela doença e com grande dificuldade na fala, mantinha ainda sua mente alerta e estava sempre ansioso em saber sobre os acontecimentos no campo da neurologia. Falava sobre suas dificuldades, dos obstáculos físicos que alteravam sua forma de falar pelos distúrbios de audição, da imagem corporal e da projeção sensorial. Agregou ao campo da neurologia fatos e idéias revolucionárias que contribuíram para os estudos na neurofisiologia da

sensação. Suas considerações assim como as de Sherrington são percebidas dentro de muitos estudos na neurociência atual (BRAIN, 1961; PEARCE, 2008a, 2008b).

Após a análise dos estudos de Henry Head acerca do tônus, da sensibilidade e, sobretudo do modelo postural, nota-se que suas investigações estavam apoiadas no sistema proprioceptivo e na ação integrativa do sistema nervoso apontados por Sherrington. Ao apresentar o modelo postural como uma medida de mudança postural que se renova a cada novo evento sensorial, Head deixa evidente o caráter dinâmico na elaboração do registro do corpo na consciência. Esse dinamismo, no entanto é sustentado pelos ajustes constantes do tônus muscular tanto da postura como do movimento apoiados num sistema proprioceptivo. Dessa forma o tônus muscular pode ser visto como um elemento capaz de atualizar de forma contínua o modelo postural. Ao inserir os conceitos da psicologia da época em alguns métodos de investigação pode-se considerar que Head de certa forma também contribuiu para que, anos mais tarde, Paul Schilder avançasse no entendimento da Imagem Corporal. Os achados de Sherrington sobre a ação reflexa associada às grandes descobertas de Henry Head acerca da sensibilidade compõem um quadro importante de inúmeras descobertas e reflexões compatíveis com os caminhos atuais da neurociência.

### **3.1.3 Neurociência: Tônus e Comportamento**

Os avanços tecnológicos foram determinantes nas pesquisas sobre o cérebro levando os estudos, antes realizados somente com animais, a ampliar suas investigações para o estudo de casos de pessoas portadoras de distúrbios neurológicos. Através de recursos como análises por imagem foi possível também estudar indivíduos saudáveis e conscientes. A partir desse intenso processo de pesquisas foi possível entender como as funções cerebrais eram capazes de produzir o comportamento (funções motoras e cognitivas) (SHORE, 2000). Com a unificação das ciências biológicas, a ciência neural e a ciência do comportamento caminharam em direção a uma progressiva fusão por volta da década de 80 dando origem à neurociência (KANDEL et. al., 2000). Dessa forma o organismo passou a ser investigado não mais de forma isolada e sim em sua relação com o ambiente. Os estudos mais recentes trazem evidências de que o movimento é crucial para todas as outras funções cerebrais incluindo memória, emoção, linguagem e aprendizado como já sinalizavam Sherrington e Head no início do século XX. Este

enfoque se tornou marcante em muitos estudos na busca de integrar as funções neurais e as funções mentais no estudo do comportamento também no campo da neuropsicologia. É nesse contexto que o tônus muscular passou a ser investigado pela neurociência dentro dos estudos sobre postura, movimento e comportamento humano.

Segundo Raley (2002) as funções superiores evoluíram a partir do movimento e ainda dependem dele. A função motora é fundamental para algumas formas de cognição como é para o movimento do corpo e igualmente para o comportamento que é precedido pela cognição. Assim ao entender melhor o movimento, é possível compreender melhor pensamentos, palavras e ações. A descoberta dos fusos neuromusculares, suas aferências e eferências trouxeram contribuições importantes no conhecimento de seu mecanismo na função integrativa do sistema nervoso. O sistema sensorial e o sistema motor passaram a ser considerados pela neurociência como elementos que se interagem para a configuração do comportamento. Segundo Adams e Victor (1997) o sistema motor e o sistema sensorial, embora separados por propostas clínicas práticas, são entidades intimamente integradas, pois sem a realimentação sensorial o ajuste motor é ineficiente. Além disso, atividades como controle motor, motivação, planejamento e outras atividades do lobo frontal que servem o movimento voluntário sempre são precedidos e modulados pelo córtex sensorial. Portanto, o tônus muscular depende intrinsecamente da conexão entre o sistema sensorial e o sistema motor mediada constantemente pelas funções integrativas do sistema nervoso. Ele representa um fenômeno complexo, integrativo e dinâmico em sua função.

O termo tônus muscular foi introduzido há mais de cem anos para descrever a tensão contrátil contínua detectada numa variedade de experimentos animais. No entanto, sua definição no campo da neurofisiologia está especialmente apoiada nas manifestações da função muscular esquelética. Na prática clínica a avaliação simplesmente pela observação é difícil. O teste do tônus muscular, observado pela resistência passiva ao estiramento imposto, constitui uma referência clínica, juntamente com o registro da atividade eletromiográfica das unidades motoras. No entanto, é comum ainda encontrar o termo “*Tônus Muscular*” associado ao estado de firmeza, rigidez, tensão e elasticidade do músculo. Isto muitas vezes causa certa confusão no entendimento preciso de seu significado conceitual. O foco em geral das pesquisas apoiado nas manifestações clínicas decorrentes de distúrbios ou lesões neurológicas restringem as investigações apenas às alterações, com pouca atenção às pequenas variações do tônus muscular. Grande parte dos métodos de avaliação utiliza testes reflexos específicos e sinais

eletromiográficos na busca de conclusões diagnósticas de tais distúrbios. Dessa forma o grau de normalidade (ou Tônus Muscular de Repouso) passa a ser considerado apenas pela exclusão de sinais alterados e faz com que as investigações sobre o Tônus Muscular de Repouso em indivíduos saudáveis sejam escassas (MASI E HANNON, 2008).

Para Brodal (1992) o termo *Tônus Muscular* geralmente se refere a uma leve tensão que pode ser sentida num músculo relaxado (*tônus muscular de repouso*). O exame clínico pode ser realizado por meio da palpação ou através da resistência ao estiramento muscular. Contudo a falta de clareza no entendimento do tônus muscular de repouso pode levar ao uso do termo muitas vezes com significados diferentes, inclusive quando observações são comparadas por examinadores diferentes. O tônus muscular normal de repouso era considerado como uma leve tensão contrátil do músculo relaxado causada por impulsos de motoneurônios  $\alpha$  e mantido pelo fluxo estável de impulsos do fuso muscular através do motoneurônio  $\gamma$ . A partir daí considerou-se que o tônus muscular de repouso em sujeitos humanos seria sustentado pelo reflexo de estiramento de longo período como proposto por Sherrington. No entanto, os estudos eletromiográficos e microneuromiográficos não apresentavam evidências do tônus reflexo em músculos relaxados. Não havia sinal de atividade eletromiográfica e assim provavelmente o tônus muscular de repouso dependesse de propriedades passivas viscoelásticas do próprio músculo. Assim era preciso considerar que muitas pessoas saudáveis são incapazes de relaxar seus músculos, principalmente durante uma avaliação. Outros fatores como as diferenças de graus de relaxamento entre indivíduos bem como as propriedades musculares individuais podem contribuir para a variação do tônus muscular (BRODAL, 1992).

O Tônus Muscular se traduz também pela força de resistência do músculo ao seu alongamento. Clinicamente pode ser avaliado através da resistência ao movimento passivo de flexão ou extensão do membro do paciente. Esta resistência é garantida pela rigidez intrínseca do próprio músculo e pelo seu componente neural. Isso permite ao tônus muscular normal desempenhar diversas funções importantes como a manutenção da postura, o armazenamento de energia para desenvolvimento da marcha ou corrida e a execução de movimentos de forma contínua. A elasticidade muscular contribui para que o músculo atinja seu comprimento de equilíbrio de forma mais gradual (KANDEL ET. AL., 2000).

Na visão de Cohen (2001) o Tônus Muscular refere-se também à resistência percebida pelo examinador ao movimentar um membro de um indivíduo de forma passiva. Ela o

considera como o nível de tensão de repouso do músculo preparado para um movimento reflexo ou voluntário. A resistência encontrada não se relaciona com qualquer esforço voluntário consciente, mas reflete o estado normal do tônus neuromuscular. Contudo os reflexos espinhais aumentam a eficácia do controle motor e os estímulos descendentes são capazes de suprimir ou inibir a atividade reflexa. Em condições patológicas onde há a perda desta regulação descendente, observam-se alterações do tônus muscular como a espasticidade e rigidez que caracterizam a *hipertonía*.

Lent (2005) complementa dizendo que o Tônus Muscular pode ser entendido como um estado permanente de contração muscular. Ele é capaz de sustentar o corpo o tempo todo, em qualquer posição que esteja contra a força da gravidade, e manter sua postura. Além disso, o tônus muscular apresenta um caráter mutável, porém permanente, delicado e precisamente controlado pelo sistema nervoso. Por isso é capaz de responder às alterações provocadas pelo ambiente ou por vontade própria do indivíduo. Essas propriedades inerentes ao tônus muscular conferem ao corpo a capacidade de se ajustar permanentemente frente às variações do ambiente. Porém, isto somente é possível pela ação integrada de células individuais que se conectam e se agrupam em redes neuronais.

Assim o tônus muscular enquanto uma tensão do músculo relaxado, perceptível na resistência ao alongamento passivo ou ao reflexo de estiramento, compõe a base do movimento e do ajuste constante da postura. Ele atua como um elemento ativo e dinâmico para compor uma ação integrativa permanente e singular em suas variações cuja proposta é adaptar a postura e o movimento do organismo. Este sistema composto por elementos sensoriomotores é capaz de garantir as respostas adaptativas do indivíduo às mudanças internas e externas através de ações integrativas mediadas por funções neurais e mentais.

Para a neurociência a realidade objetiva nos é dada por meio das sensações. Os sistemas sensoriais representam a porta de entrada para o sistema nervoso. Eles transformam os eventos físicos, químicos e mecânicos em eventos biológicos no organismo. No entanto o Tônus Muscular apresenta uma característica ímpar. Seu receptor sensorial está inserido dentro do próprio órgão efetor: o músculo esquelético. Assim os sinais neurais utilizados pelos sistemas motores, vindos do fuso neuromuscular, se traduzem em força contrátil nos músculos para a produção de movimentos. Do ponto de vista neurofisiológico isto é possível graças ao processo de transmissão sináptica. O mecanismo neurofisiológico que compreende a transmissão do

impulso nervoso apresenta características específicas determinantes para os mecanismos neurais (LENT, 2005).

A propagação de impulsos elétricos (*potenciais de ação*) através da comunicação entre as células nervosas (*sinapses*) é mediada por neurotransmissores. Essas sinapses criam códigos das informações sensoriais baseados na frequência e ritmo dos potenciais de ação. Para isto é necessária a presença de receptores sensoriais especializados e seletivos. Conforme algumas características das modalidades sensoriais e do estímulo, o potencial elétrico das membranas das fibras nervosas às quais os receptores estão ligados se modifica e gera potenciais de ações que se propagam ao longo de redes neuronais (KANDEL et. al., 2000). A comunicação entre os neurônios ou destes com os músculos caracteriza o ato final da transmissão neural. Embora o conhecimento básico da transmissão sináptica tenha sido descoberto há muitas décadas, alguns detalhes sobre este mecanismo ainda continuam a ser desvendados em estudos mais recentes. A sinapse química, por meio de neurotransmissores em um único sentido, compreende a grande maioria das sinapses interneuronais e neuroefetadoras na espécie humana enquanto as elétricas são mais evidentes nos seres invertebrados. (GAZZANIGA ET. AL., 2006).

As membranas das fibras nervosas são carregadas eletricamente pela diferença de potencial iônico intracelular (mais negativo) e extracelular (mais positivo) chamado *potencial de membrana*. Este equilíbrio é mantido pelo mecanismo da bomba sódio-potássio que mantém constante as cargas positivas e negativas do meio extra e intracelular. Quando um estímulo atinge seu receptor específico ocorre uma modificação na permeabilidade da membrana da fibra nervosa que altera o potencial de membrana. Caso esta alteração iônica produza um aumento na positividade intracelular acima do potencial da membrana surge a chamada *despolarização* (excitação ou ativação neuronal) e a informação é transmitida na forma de impulso elétrico ao longo de toda a fibra nervosa como representada na figura 1 (GAZZANIGA ET. AL., 2006).

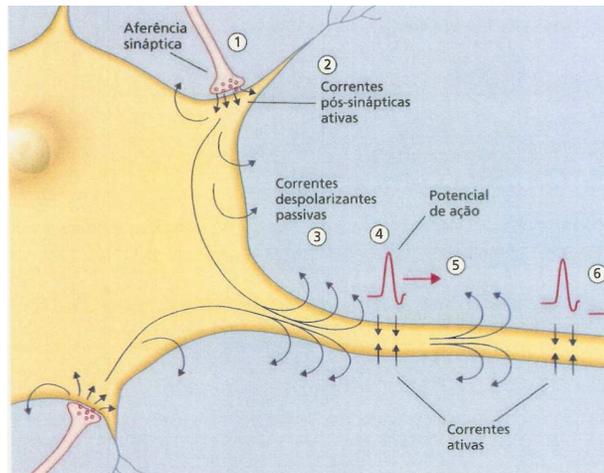


Figura 1: Despolarização e Potencial de Ação  
 Fonte: Gazzaniga et.al., 2006.

Ao alcançar as terminações dendríticas (ou botões sinápticos) da célula nervosa, vesículas portadoras de substâncias químicas (*neurotransmissores*) se abrem e liberam os neurotransmissores na junção nervosa (*fenda, gap ou junção sináptica*) (ver figura 2). O neurônio que transmite o impulso nervoso é denominado *pré-sináptico* enquanto o neurônio subsequente, portador de proteínas receptoras em sua membrana é chamado *pós-sináptico*. Quando o neurotransmissor encontra receptores específicos, ele modifica a permeabilidade da membrana do neurônio pós-sináptico e gera novo potencial de ação. Isto promove a transmissão sináptica para a célula nervosa subsequente e assim por toda a rede neural. No entanto, quando a negatividade intracelular aumenta em relação ao meio extracelular ocorre à chamada *hiperpolarização*, ou seja, o impulso é inibido e dessa forma não ocorre a transmissão sináptica. O efeito excitatório ou inibitório do potencial sináptico depende do tipo de receptor na célula pós-sináptica. Portanto, um mesmo neurotransmissor pode ter diferentes efeitos sobre diferentes tipos de receptores (MACHADO, 2006).



Figura 2: Liberação de neurotransmissor na fenda sináptica  
Fonte: <http://outrapolitica.wordpress.com/2010/06/14>

Este mecanismo básico de transmissão neuronal ocorre constantemente por todo o circuito neural do sistema nervoso. Um único neurônio pode ser conectado a até 15.000 outros neurônios como ilustra a figura 3. Isso forma uma rede imensa e complexa de caminhos neurais. À medida que experimentamos o mundo e estabelecemos novas relações com o meio, as conexões neuronais se ampliam e se intensificam. Assim como os neurônios, as sinapses nos primeiros anos de vida também se formam duas vezes mais. Porém, conforme estas conexões são utilizadas repetidamente elas se tornam parte do circuito permanente do cérebro. Os neurotransmissores facilitam a passagem dos impulsos pelas sinapses resultantes. Já as que não são utilizadas continuamente são descartadas. Dessa forma a experiência desempenha um papel crucial na formação do circuito de transmissão neural (SHORE, 2000).

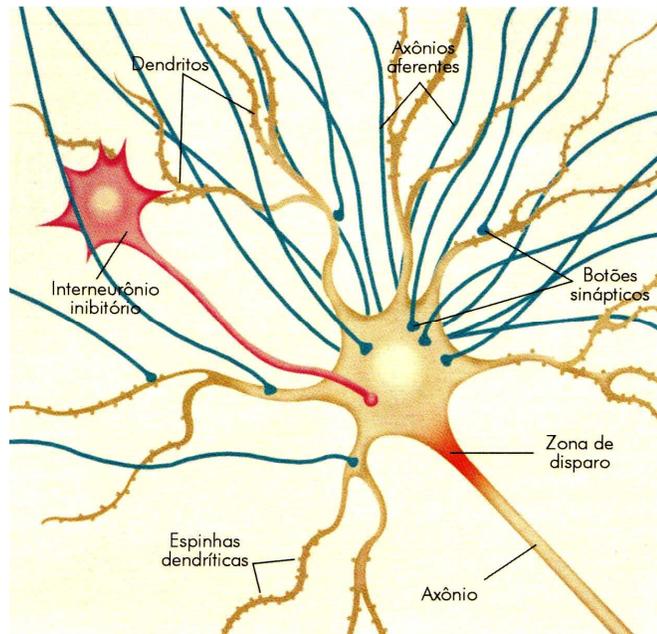


Figura 3: Neurônio e suas conexões  
Fonte: Lent, 2005

As características desta transmissão sináptica, no entanto são determinadas pelos componentes envolvidos ao longo do processo. Assim as fibras sensoriais são chamadas *aferentes*. Elas levam as informações dos receptores (periferia) ao sistema nervoso central (centro). São do tipo pseudounipolar (mostrada na figura 4) e apresentam seus corpos celulares localizados nos gânglios espinhais.

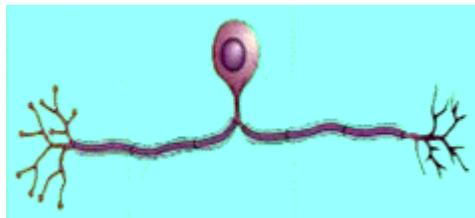


Figura 4: Célula nervosa pseudounipolar  
Fonte: <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/neurobioquimica/pseudounipolar.gif>

Sua característica faz com que um prolongamento se conecte diretamente ao órgão sensorial (periférico) e o outro penetre na medula espinhal (central) (figura 5). As

informações sensoriais captadas pelos receptores percorrem o prolongamento periférico e alcançam a medula pelo prolongamento central. Este penetra pelas raízes dorsais da medula e se ramifica formando botões terminais na substância cinzenta. Estes botões fazem então sinapses diretamente com outros neurônios ou indiretamente por meio de interneurônios, também presentes na substância cinzenta da medula espinhal. Já os axônios se agrupam na substância branca da medula e formam os tratos que alcançarão um alvo comum no cérebro (GUYTON e HALL, 1997, 2006).

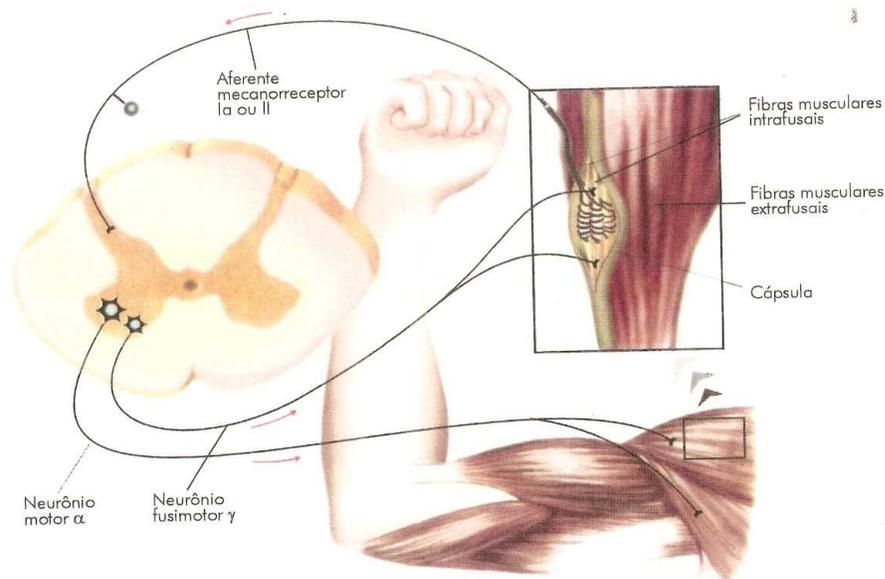


Figura 5: Fibras sensoriais e motoras do fuso neuromuscular  
Fonte: Lent, 2005.

Segundo Machado (2006) os receptores são órgãos sensoriais especializados e seletivos que se conectam com as fibras aferentes. Eles são responsáveis por identificar os estímulos que agem sobre o corpo. Podem ser classificados, conforme o tipo do estímulo específico, localização e o tipo de sensibilidade que transmitem. Esta classificação é descrita nos quadros 1, 2 e 3 a seguir.

**Quadro 1 Classificação dos receptores quanto ao estímulo**

<b>RECEPTORES</b>	<b>TIPO DE ESTÍMULO</b>
Quimiorreceptores	Químico
Osmorreceptores	Pressão
Fotorreceptores	Luz
Termorreceptores	Temperatura
Nociceptores	Lesão tecidual, Dor
Mecanorreceptores	Mecânico

**Quadro 2 Classificação dos receptores quanto à localização**

<b>RECEPTORES</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
EXTEROCEPTORES	Superfície externa do corpo
PROPRIOCEPTORES	Profundo nos músculos, tendões, ligamentos e cápsulas articulares
INTEROCEPTORES	Vísceras e vasos

**Quadro 3 Classificação dos receptores quanto ao tipo de sensibilidade**

<b>RECEPTORES</b>	<b>TIPO DE SENSIBILIDADE</b>
EXTEROCEPTORES	Superficial
PROPRIOCEPTORES	Profunda
INTEROCEPTORES	Profunda

As características morfofuncionais das fibras sensoriais também determinam o modo como o impulso é conduzido até a medula. Assim, segundo Guyton et.al. (2006) elas foram classificadas de forma geral e segundo algumas características fisiológicas mais específicas. Essas classificações são mostradas no quadro 4.

**Quadro 4 Classificação das Fibras Sensoriais**

<b>TIPOS DE FIBRA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>Classificação Geral</b>	<b>Classificação fisiológica</b>	<b>Função Sensorial</b>
MIELÍNICA (Com bainha de mielina)	Tamanho grande e médio Velocidade de condução rápida	A $\alpha$  A $\alpha$  A $\beta$ e $\gamma$  A $\delta$	Grupo Ia  Grupo Ib  Grupo II  Grupo III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminação primária do fuso muscular</li> <li>• Órgãos tendíneos de Golgi</li> <li>• Terminação secundária do fuso muscular e tátil cutâneo discreto</li> <li>• Sensibilidade térmica, tato grosseiro e sensibilidade dolorosa a picada</li> </ul>
AMIELÍNICA (Sem bainha de mielina)	Tamanho pequeno Velocidade de condução lenta	Tipo C	Grupo IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensação de dor, coceira, temperatura e tátil grosseira</li> </ul>

Já as fibras que se conectam aos órgãos efetores, ou seja, as que enviam a informação do centro para a periferia são as chamadas fibras nervosas motoras ou *eferentes*. Estas recebem sua classificação a partir do seu órgão de alcance. Podem ser *somáticas*, terminando nos músculos estriados esqueléticos, ou *viscerais*, que alcançam as glândulas, músculo liso ou cardíaco e pertencem ao sistema nervoso autônomo. Trataremos neste estudo especialmente das fibras motoras que inervam a musculatura esquelética. Estas fibras eferentes encontram seus corpos celulares localizados no corno anterior da substância cinzenta da medula espinhal. Envia seus axônios pela raiz ventral: (a) para fora do sistema nervoso central; (b) para níveis superiores do sistema nervoso central; e (c) para outros segmentos da medula espinhal. No caso do músculo esquelético um único neurônio motor inerva inúmeras fibras musculares. Todas essas fibras musculares inervadas se contraem em resposta a um potencial de ação deflagrado no neurônio motor correspondente. O neurônio motor e todas as fibras musculares que ele inerva, foi

denominada por Sherrington *unidade motora*. Esta representa a menor unidade funcional do sistema motor. Assim a graduação da força de contração é controlada pelo aumento do número de unidades motoras ativadas ou pela variação da frequência de disparos no neurônio motor (KANDEL et. al., 2000).

Há, no entanto três tipos de neurônios motores na medula espinhal que se diferenciam por sua forma, suas conexões e sua função. Essa classificação é apresentada no quadro 5 a seguir.

**Quadro 5 Classificação das Fibras motoras**

<b>TIPOS DE FIBRA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>Motoneurônios <math>\alpha</math></b>	São de tamanho grande ou médio com extensas árvores dendríticas que saem pela raiz ventral da medula ou das raízes dos nervos cranianos. Integram-se aos nervos até alcançar os músculos correspondentes e inerva a maioria das fibras musculares. Estes são responsáveis pela contração muscular.
<b>Motoneurônios <math>\gamma</math></b>	Possuem corpos celulares pequenos com árvores dendríticas também pequenas. Inervam fibras contráteis especializadas do fuso muscular responsáveis pelo monitoramento do comprimento e suas variações. Embora não atuem diretamente na contração muscular, participam de um mecanismo de controle indireto da contração.
<b>Motoneurônios <math>\beta</math></b>	Apresentam propriedades intermediárias cujos axônios se bifurcam e inervam tanto as fibras musculares comuns como as do fuso muscular

Há também os interneurônios misturados na medula e no tronco encefálico que podem atuar de forma excitatória ou inibitória. Eles participam do comando motor, sendo que, os excitatórios são utilizados especialmente nos mecanismos da locomoção, enquanto que, os inibitórios estão envolvidos com os reflexos (figura 6) (LENT, 2005). Seus axônios são curtos e fazem sinapses nas proximidades de seu corpo celular. Algumas ramificações saem do corno lateral da substância cinzenta, formam feixes na substância branca que alcançam outros níveis

medulares. Lá penetram novamente na substância cinzenta e fazem conexões com outros neurônios. Estes feixes da substância branca são denominados *tratos proprioespinais*.

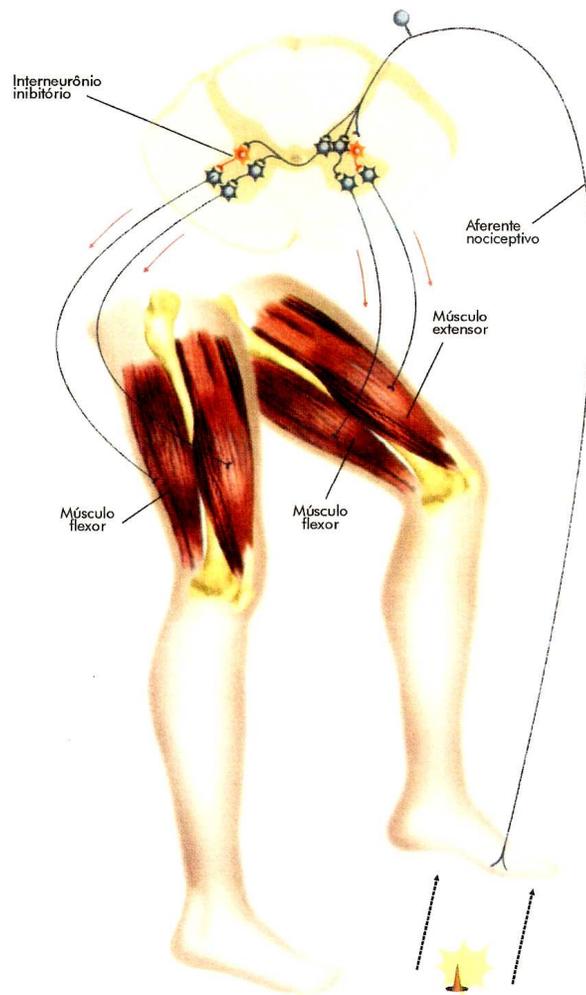


Figura 6: Ação dos interneurônios  
Fonte: Lent, 2005.

Portanto, para que uma modalidade sensorial possa ser codificada e gerar uma resposta adequada é necessário que o estímulo seja inicialmente captado por seu receptor específico e transmitido através de vias aferentes para centros específicos. Ao ser codificada a informação então conduz potenciais de ação nas vias eferentes que determinará a resposta a ser executada pelo órgão efector. Assim o reflexo de estiramento, como apontado por Sherrington e mostrado na figura 7, representa um exemplo clássico da transmissão sináptica que envolve

apenas o receptor (iniciação), a fibra aferente e eferente (condução) e o músculo (órgão efector final). Cabe ressaltar que as fibras musculares também estão envolvidas por tecido conjuntivo chamado fáscia muscular, que contém vasos e nervos. A fáscia dentro do músculo é contínua com os tendões. Portanto as propriedades passivas de um músculo, ou seja, sua consistência e resistência ao estiramento não depende apenas das células musculares, mas também da quantidade e arranjo do tecido conjuntivo que o envolve (BRODAL, 1992).

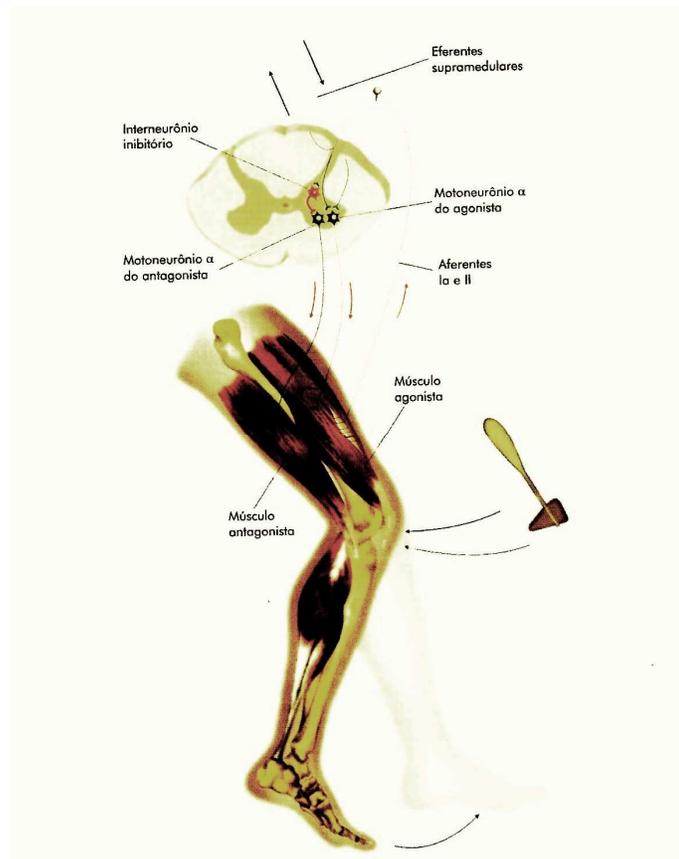


Figura 7: Reflexo de estiramento  
Fonte: Lent, 2005

As informações sensoriais são processadas tanto no nível medular como seguem para centros suprasegmentares. Os axônios dos interneurônios estabelecem sinapses com motoneurônios e neurônios localizados na coluna celular intermediolateral, que dão origem às fibras eferentes dos músculos lisos e glândulas. Assim, muitos arcos reflexos são estabelecidos para muitos reflexos somáticos e autonômicos. Já as fibras dos tratos proprioespinais vez

influenciam neurônios de muitos níveis segmentares tanto por via ascendente e descendente como pelas vias colaterais. Porém para que os impulsos das raízes dorsais se propaguem de interneurônio para interneurônio eles dependem de influências sinápticas de níveis superiores do sistema nervoso central como o tronco encefálico e o córtex cerebral. Estes podem seletivamente facilitar ou inibir os interneurônios espinhais fazendo com que o impulso aferente seja direcionado para o uso de certos arcos reflexos enquanto outros são inibidos, conforme a necessidade do organismo (BRODAL, 1992). Dessa forma o tônus muscular está sujeito à hierarquia de funções comandadas desde a periferia até os centros superiores. Estes por sua vez integram as diferentes entradas sensoriais como já apontado por Head, e elaboram uma resposta adequada que será enviada via eferente ao órgão muscular, como também demonstrado por Sherrington.

No caso específico do arco reflexo o processo de resposta muscular ao estiramento ocorre no nível medular através de uma única sinapse entre um neurônio aferente e um neurônio eferente. A atividade do reflexo tendíneo e o tônus muscular depende das condições (a) dos neurônios grandes do corno anterior (*motoneurônios  $\alpha$* ); (b) do fuso muscular e sua fibra aferente Ia e II; e (c) das células pequenas do corno anterior (*motoneurônios  $\gamma$* ) cujos axônios terminam em pequenas fibras musculares intrafusais. Os *motoneurônios  $\beta$*  efetuam uma co-contracção tanto das fibras intra como extrafusais, porém o significado deste fenômeno fisiológico ainda não está totalmente esclarecido. Cada célula do corno anterior tem aproximadamente 10.000 botões sinápticos sendo alguns excitatórios e outros inibitórios que em combinação determinam a atividade do neurônio. Os neurônios maiores inervam músculos maiores com maiores unidades motoras. Já os neurônios menores inervam músculos menores com unidades motoras menores. Os motoneurônios  $\alpha$  controlam também os movimentos mais delicados, em particular, da mão e dos dedos (ADAMS e VICTOR, 1997). Os motoneurônios  $\gamma$ , no entanto são responsáveis pela o estado permanente de ativação do fuso muscular. Assim, o fuso representa não apenas um receptor sensorial muscular, mas a unidade funcional do tônus muscular. Ele atua na regulação e no controle das variações permanentes da ação muscular por meio de um sistema próprio de realimentação através de suas terminações sensoriais. No entanto, além de enviar informações proprioceptivas musculares aos centros superiores ele também recebe influências suprassegmentares. Descreveremos a seguir algumas considerações acerca do fuso neuromuscular ilustrado na figura 8 abaixo.

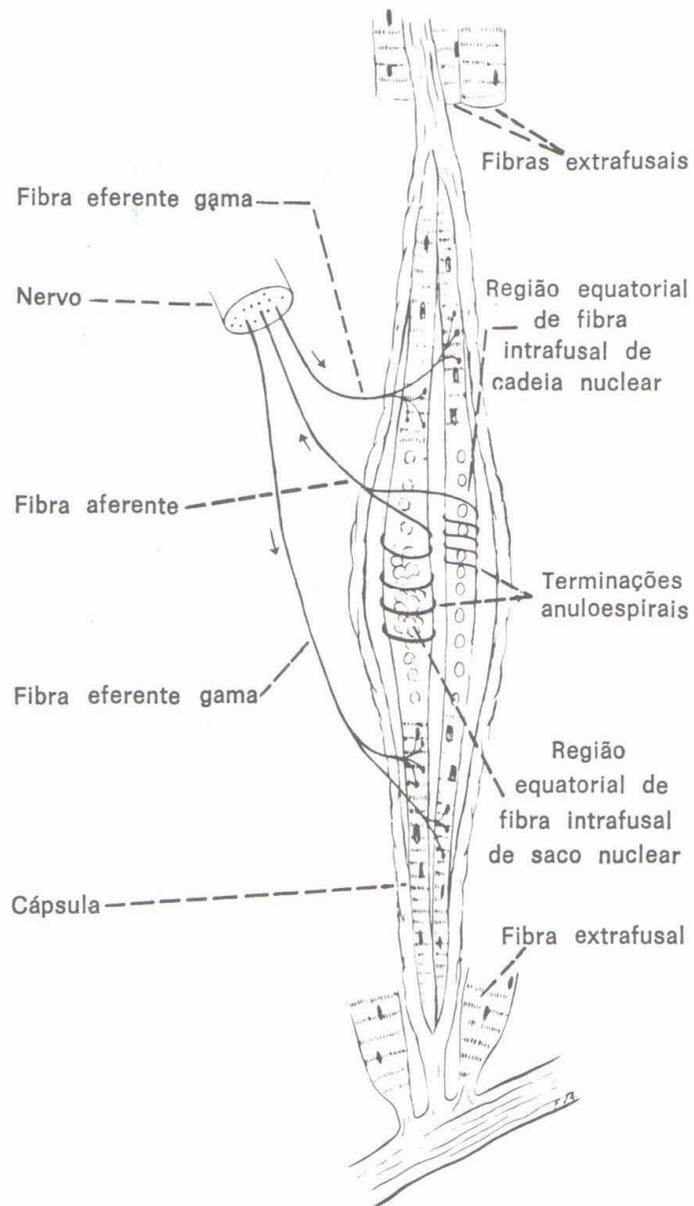


Figura 8: Fuso neuromuscular  
 Fonte: Machado, 2006

A primeira descrição do fuso neuromuscular data no início de 1860 quando foram identificados elementos nervosos tanto quanto musculares em sua composição. A princípio sua função era ainda obscura. O interesse estava voltado para as fibras musculares intrínsecas alongadas com seus numerosos núcleos. Surgiram controvérsias se os fusos eram um “botão

muscular” e local de formação de novas fibras musculares ordinárias, ou se era um foco inflamatório. Com o desenvolvimento de técnicas de registro foi possível observar que o fuso muscular era muito bem adaptado para sinalizar tanto o movimento como apenas a absoluta mudança do comprimento do músculo. Cem anos mais tarde, estabeleceu-se que os eferentes  $\gamma$  constituíam um sistema fusimotor específico devotado somente ao controle do fuso muscular. Nesse período o efeito excitatório da estimulação do fuso muscular tendia a ser comparado com a influência excitatória do estiramento muscular (MATTHEWS, 1981).

O termo fuso muscular representa a forma oblonga, alongada deste órgão sensorial. Ele está localizado paralelamente às fibras musculares extrafusais. Consiste de células musculares especializadas (*intrafusais*), em torno de 4 a 15 fibras intrafusais, mais finas que as extrafusais, envolvidas em uma cápsula de tecido conjuntivo. As regiões polares apresentam um estriamento cruzado que lhes confere a capacidade de contrair enquanto a região central é dotada de fibras não contráteis. As fibras não contráteis do fuso foram classificadas em fibra saco nuclear, devido à concentração dos núcleos na parte central da fibra, e cadeia nuclear, cujos núcleos estão distribuídos ao longo da fibra. O suprimento nervoso do fuso é altamente complexo (ROSSI-DURAND, 2006). As fibras aferentes grossas do tipo Ia se espiralam ao redor da porção central das fibras cadeia e saco nuclear formando a *terminação sensorial primária* (Ia). As fibras aferentes mais finas se espiralam somente ao redor das fibras cadeia nuclear e formam a *terminação sensorial secundária* (II). A partir de um estímulo adequado, a região central do fuso é estirada. As terminações sensoriais, primária e secundária então se deformam e se despolarizam gerando potencial de ação ao longo fibras sensoriais do grupo Ia e II. O fuso também conta com um suprimento de axônios motores chamados fusimotor ou fibras  $\gamma$  de motoneurônios localizados no corno anterior da medula. Tais fibras terminam nas regiões polares estriadas do fuso e ao serem ativadas promovem a contração destas regiões. Isto faz com que ocorra um estiramento da região central onde estão as terminações sensoriais que são então ativadas (BRODAL, 1992).

Mas foi entre a década de 60 e 70 que as grandes descobertas aconteceram. A distinção funcional das terminações primárias e secundárias, a subdivisão anatômica das fibras musculares intrafusais em tipos saco e cadeia nuclear, o reconhecimento da difusão da terminação motora em placas, a subdivisão funcional dos axônios fusimotora em tipos estático e dinâmico e o reconhecimento do comportamento inerentemente não linear da terminação primária foram algumas das principais conquistas no avanço dos conhecimentos sobre o fuso

neuromuscular. Nos anos 70 surgiu então a hipótese da ação distinta dos axônios estáticos e dinâmicos. Acreditava-se que os axônios estáticos supriam as fibras cadeia nuclear e os dinâmicos supriam as saco nuclear. Contudo, estudos independentes apontavam para um suprimento de fibras saco nuclear tanto quanto para as fibras cadeia nuclear de axônios estáticos. Dessa forma as evidências levaram à divisão das fibras saco nuclear em dois tipos, ou seja, (a) uma responsável pela ação dinâmica (saco nuclear dinâmica ou saco 1) e (b) outra para ação estática (saco nuclear estática ou saco 2) juntamente com as fibras de cadeia nuclear (MATTHEWS, 1981). Segue abaixo na figura 9 um esquema das fibras intrafusais do fuso muscular.

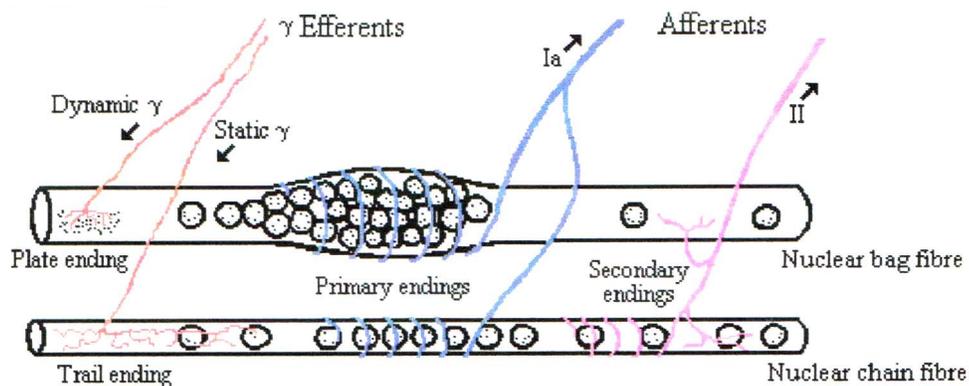


Figura 9: Fibras intrafusais

Fonte: [http:// www.umds.ac.uk/physiology/mcal/spin1.html](http://www.umds.ac.uk/physiology/mcal/spin1.html) em 17/04/03

A descarga tônica das terminações primárias e secundárias sinaliza o estado do comprimento estável do músculo. No entanto, as terminações primárias são altamente sensíveis à velocidade de estiramento. Isto faz com que elas forneçam uma informação sobre a velocidade de mudanças no comprimento muscular e informe rapidamente sobre mudanças inesperadas de comprimento. Dessa forma é possível gerar respostas rápidas de correção. O axônio motor  $\gamma$  dinâmico excita somente as terminações primárias quando o fuso se mantém num comprimento constante. Isto acarreta num efeito acentuado sobre o componente dinâmico de sua resposta ao estiramento. Já o axônio motor  $\gamma$  estático age tanto sobre os receptores primários como secundários. Contudo a sensibilidade dos receptores primários à fase dinâmica do estiramento diminui com este tipo de excitação. É dessa forma que o sistema nervoso central ajusta

independentemente a sensibilidade dinâmica e estática das fibras sensoriais por meio dos fusos musculares (COHEN, 2001).

No caso de encurtamento muscular, as fibras  $\beta$ , que inervam tanto as fibras extrafusais como as intrafusais, mantêm o estado de tensão mínima da região central ao contrair as regiões polares. Os fusimotors  $\gamma$  específicos das fibras intrafusais funcionam mais eficientemente sob controle de centros superiores, como o cerebelo, na regulação da sensibilidade do fuso muscular. Neste caso a tensão das fibras intrafusais determinará a amplitude do potencial das fibras Ia e II bem como a frequência de disparo das fibras aferentes do fuso. As variações de comprimento muscular são então codificadas pela frequência de disparos das fibras aferentes Ia e constituem parte da informação de retroação da qual os motoneurônios necessitam. Portanto o fuso muscular assim como os órgãos tendíneos de Golgi (que detectam variações de força ou tensão muscular localizados nos tendões) constitui num receptor tônico. Ele possui uma adaptação lenta e codifica com precisão a variação do comprimento do músculo. O sistema eferente  $\gamma$  amplia a faixa de variação no fuso muscular e possibilita assim a regulação da sensibilidade do fuso aos níveis extremos de comprimento muscular (LENT, 2005).

Os sinais vindos dos receptores sensoriais periféricos, como dos fusos neuromusculares, são transmitidos para centros supra-segmentares (figura 10) por grandes vias aferentes. Sabe-se que as informações proprioceptivas somáticas reúnem os inputs não somente dos fusos, mas também dos órgãos tendíneos de Golgi, receptores articulares e mecanorreceptores da pele. As vias aferentes de maneira geral são consideradas como cadeias neuronais que unem os receptores ao córtex. As informações sobre uma modalidade sensorial específica como a força, o comprimento muscular e a parte específica do corpo envolvida são separadas em cada nível do sistema nervoso e processadas por neurônios que formam grupos funcionais separados. As informações diferentes só começam a se integrar quando atingem o córtex somatossensorial (COHEN, 2001).

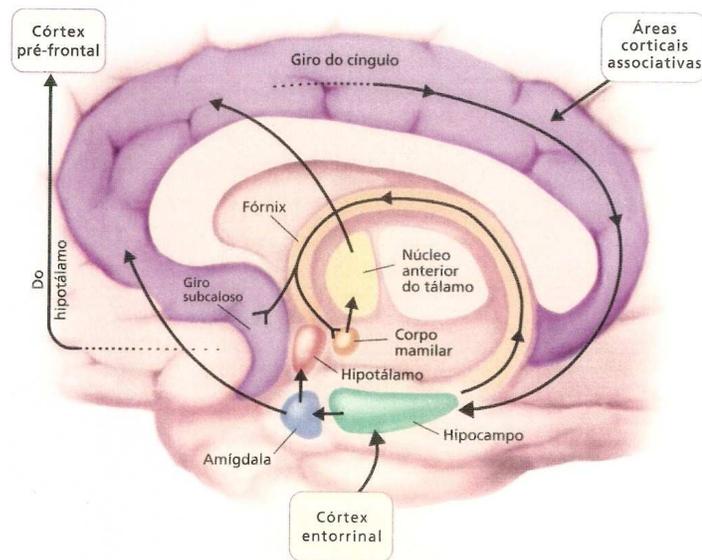


Figura 10: Áreas suprassegmentares  
Fonte: Gazzaniga et.al., 2006

A área somatossensorial é dividida entre somatossensorial I ou primária localizada no giro pós-central do córtex cerebral humano que compreende as áreas 3, 1 e 2. Já as áreas 5 e 7 de Brodman, localizadas atrás da área somatossensorial I são chamadas de áreas de associação somatossensorial. Esta área combina informações vindas de muitas regiões na área somatossensorial primária, dos núcleos ventrobaisais do tálamo, de outras áreas do tálamo, do córtex visual e do córtex auditivo para interpretar o significado dos sinais sensoriais. Assim um distúrbio nessa região em um dos hemisférios cerebrais pode ocasionar a perda da maioria das sensações da forma do próprio corpo ou de partes do corpo do lado oposto (GUYTON e HALL, 2006). Assim conforme as vias percorridas pelas informações sensoriais e as áreas cortical ou subcortical que elas alcançam, uma resposta apropriada será elaborada e enviada ao órgão efector. Esse processo pode ainda gerar respostas reflexas mediadas pelo córtex motor e outras estruturas supraespinhais. As raízes corticais que atuam sobre estes reflexos podem agir na regulação dos músculos distais enquanto as vias reflexas subcorticais regulam os músculos proximais (GAZZANIGA et. al., 1998, 2000, 2006). Esse mecanismo que envolve uma hierarquia de ações e controles está representado na figura 11. O termo “sensoriomotor” representa uma conexão inseparável entre o feedback sensorial e o comando motor. Assim ao realizarmos um movimento as mudanças identificadas pelas aferências proprioceptivas musculares atuam tanto na percepção como no movimento nos processos do sistema nervoso central (ROSSI-DURAND, 2006).

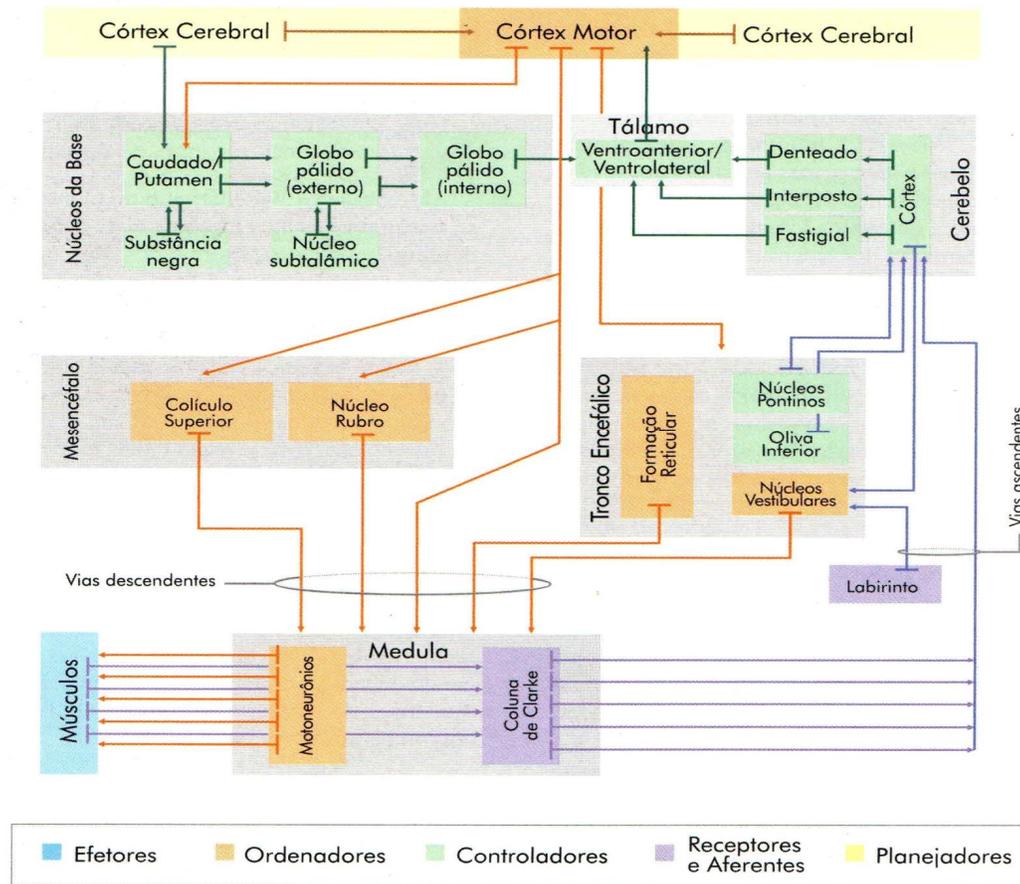


Figura 11: Comando hierárquico sensoriomotor  
Fonte: Lent, 2005

Contudo os reflexos proprioceptivos podem ser regulados nos movimentos voluntários devido ao sistema de realimentação (alça reflexa). Isto é, um estiramento no músculo gera um aumento na descarga dos fusos que resulta na contração muscular. Esta contração faz com que o músculo se encurte. Com isso há uma diminuição de disparos no fuso, que diminui a contração e leva o músculo de volta ao seu comprimento inicial. Assim a alça reflexa age continuamente para manter o comprimento do músculo num valor de referência desejado. É chamado realimentação porque a saída do sinal retorna e se torna a entrada sensorial novamente. Portanto o reflexo de estiramento é uma realimentação negativa porque tende a contra-agir ou reduzir os desvios do valor de referência. Este valor é estabelecido pelos sinais descendentes que agem tanto nos motoneurônios  $\alpha$  como nos  $\gamma$  (KANDEL et. al., 2000).

Em resumo, as respostas motoras a partir de informações sensoriais surgem da combinação de elementos sensoriais e processos neurais específicos que se interagem de forma precisa na produção de uma resposta adequada ao organismo. As características dos componentes neurais e musculares fazem do fuso um receptor de alta especificidade e precisão na representação cinestésica e postural do corpo.

Os estudos da neurociência apresentam evidências sobre o papel do tônus muscular e, conseqüentemente de seu receptor proprioceptivo nas ações adaptativas do comportamento humano. Tais resultados vêm ao encontro das considerações de Sherrington sobre a ação integrativa no contexto do Tônus Muscular e confirmam as idéias de Head acerca do Modelo Postural como uma medida referencial no ajuste do corpo. Ao incorporar o estudo do comportamento humano em suas pesquisas a neurociência apresenta descobertas importantes sobre a organização sináptica. Esta permite que cada evento sensorial inicie múltiplos efeitos cognitivos e comportamentais que se refletem no tônus muscular e ao mesmo tempo são influenciados por ele. A seguir apresentaremos algumas dessas evidências baseadas em estudos recentes que abordam a relação entre o Tônus Muscular e o comportamento humano e o papel de seu receptor proprioceptivo na representação mental do corpo.

A cinestesia, tradicionalmente considerada como a sensação da posição do membro e do movimento, tem despertado o interesse de muitos estudiosos ao longo dos anos. Segundo Proske (2006) há pelo menos 400 anos as pessoas têm procurado saber como somos capazes de perceber a posição e o movimento das partes do nosso corpo quando não estamos olhando para elas. Ele afirma, no entanto que as idéias propostas há muito tempo atrás parece ressurgir como as de Sherrington que, acreditava que muitas coisas poderiam ser explicadas pela realimentação aferente dos músculos. Os estudos utilizando estímulo vibratório foram os primeiros a apontar para uma relação entre as sensações musculares e a representação mental de posição e de movimento. Segundo Rossi-Durand (2006) o termo propriocepção foi introduzido por Sherrington para designar a percepção da posição e dos movimentos do corpo e de seus segmentos no espaço. Essa percepção, no entanto tem no fuso muscular sua principal fonte de informação mostrada pela ilusão de movimento de um segmento corporal por meio da manipulação deste receptor muscular.

Matthews (1981) numa extensa revisão sobre o fuso neuromuscular aponta evidências da função integrativa do sistema nervoso a partir de um experimento realizado por

McCloskey & Matthews em 1972. Este estudo mostrou que, o estímulo vibratório de 100hz no músculo ou no tendão induzia a uma ilusão de que a articulação se movia na direção correspondente como se o músculo estimulado tivesse sido estirado. Os achados mostraram que a ocorrência da ilusão do movimento estava vinculada às descargas sensoriais do fuso neuromuscular que, ao alcançarem a consciência, eram utilizadas na elaboração da representação mental do membro ou da posição articular. Observou neste estudo por meio de testes de aplicação pontual na pele, que a ilusão do movimento implicava num desarranjo da sensação da posição do membro. Porém este teste não apresentava dados suficientes para indicar se isto ocorria devido também à excitação das fibras Ia ou se havia algum grau de envolvimento do grupo aferente II das terminações secundárias do fuso. Concluiu, no entanto que, a mensagem aferente era lida em conjunto com a sinalização do nível da atividade fusimotora.

Estes achados foram confirmados anos mais tarde por Barbieri et.al.(2008) num estudo experimental para investigar se a propriocepção muscular contribuía ou não para a representação da verticalidade. Os resultados demonstraram que o efeito induzido pela vibração acontecia principalmente pela convergência dos sinais das fibras aferentes Ia e revelou que a propriocepção muscular contribuiu tanto para a construção como a atualização do referencial de verticalidade. Outro dado interessante deste estudo foi que o alinhamento da postura ereta feita pelos participantes surgia a partir de um referencial distorcido de verticalidade, ou seja, havia uma oscilação para trás do eixo vertical, mais acentuada ainda em indivíduos idosos. Shaffer e Harrinson (2007) apontam que os desequilíbrios em população idosa geram consequências drásticas de instabilidade e lesões relacionadas a quedas. Isto porque com o envelhecimento há também uma perda da sensibilidade aferente do fuso muscular. Dessa forma há uma diminuição na sensibilidade do fuso muscular em detectar as variações de comprimento do músculo que diminui por sua vez, a sensibilidade proprioceptiva dessa população. Eles enfatizam que esses dados são de extrema relevância para os profissionais que atuam na reabilitação da população idosa uma vez que o fuso muscular é uma estrutura plástica. Assim estratégias de reabilitação podem melhorar a propriocepção, função e o equilíbrio neste grupo de pessoas.

Goble et al., (2009) também analisaram a sensibilidade proprioceptiva em idosos. Eles observaram que os déficits proprioceptivos na sensação da postura e do movimento são claramente visíveis entre os idosos e que esse declínio relacionado à idade impacta as tarefas sensoriomotoras dessa população como, por exemplo, o equilíbrio. As mudanças degenerativas

no sistema nervoso periférico como também a diminuição das habilidades no processamento central provavelmente poderiam agir como causas. Por fim, enfatizam que a atividade física pode ser um forte aliado na melhora da acuidade proprioceptiva, porém sua eficácia está relacionada com o tipo de treinamento utilizado. Dessa forma salientam que, sejam ainda necessários mais estudos para explorar os tipos e os protocolos de treinamento direcionados a essa população específica.

Windhorst (2007) num estudo sobre a realimentação proprioceptiva notou que, as respostas motoras a partir de informações sensoriais, emergiam da combinação de elementos e processos neurais específicos que se interagem de forma precisa. Os receptores sensoriais são, portanto a porta de entrada das informações que, após analisadas e selecionadas pelo sistema nervoso central, transmitem aos músculos a resposta mais adequada e eficiente. Assim, as características dos elementos neurais e musculares fazem do fuso muscular um receptor de alta especificidade e precisão na representação cinestésica e postural do corpo, afirma ele. Com base em pesquisas com camundongos mostrou que a incapacidade de sustentar o peso do corpo além de exibir posturas não naturais está diretamente relacionada à ausência de fusos musculares e aferências proprioceptivas em seus membros. Ao abordar a descarga do fuso muscular em ação, aponta que em territórios musculares, os fusos também podem receber inputs do sistema simpático.

Além de ser um elemento proprioceptivo importante o sistema  $\gamma$  está diretamente envolvido com as variações do tônus muscular. Numa pesquisa sobre o comportamento do tônus em síndromes de dor muscular, Knutson (2000) explica que a estimulação dos motoneurônios  $\gamma$  aumenta as descargas tanto das fibras Ia como as II em graus variados. Isto porque as fibras sensoriais Ia transmitem as informações para os motoneurônios  $\alpha$  que geram a contração muscular. Já as fibras II fazem sinapse com interneurônios que excitam tanto os motoneurônios  $\alpha$  como os  $\gamma$ . Este mecanismo além de controlar o tônus muscular através do sistema  $\gamma$  contribui também para a coordenação da postura e do movimento. No entanto, esta ação também recebe inúmeros inputs sensoriais vindos da pele, articulação e ligamentos, como já comentados anteriormente. Estas informações são enviadas por grupos de fibras III (mais relacionadas a estímulos dolorosos e químicos) e IV (relacionadas mais aos estímulos químicos). Essas fibras são mais finas e por isso mais lentas em sua condução. Elas também exercem forte influência sobre os neurônios  $\gamma$  uma vez que elas se encontram em algum lugar entre as fibras

musculares. Portanto a liberação de metabólitos durante uma contração muscular também é capaz de estimular os aferentes musculares do grupo III e IV (KNUTSON, 2000).

Dessa forma a contração muscular e os mediadores químicos da inflamação liberam metabólitos que estimulam as aferências musculares do grupo III e IV, nociceptores quimioceptivos. Estes neurônios ao fazerem sinapses excitatórias com os neurônios  $\gamma$  estimularão os fusos do mesmo músculo. A modificação da região central do fuso faz com que aumente os disparos das terminações primárias e secundárias que por sua vez estimulará a ação do motoneurônio  $\alpha$ . Este então produz uma contração muscular e com isto mais metabólitos são liberados completando assim o circuito de realimentação positiva. A atividade aumentada das terminações aferentes secundárias II do fuso projeta-se para as células  $\gamma$  e constitui um segundo feedback positivo. Este pode ter um papel importante na amplificação da tensão muscular pela mediação do reflexo produzido nos quadros algícos principalmente em casos crônicos (KNUTSON, 2000).

Este mecanismo também foi encontrado por Haugstad et al. (2006). Num trabalho para investigar a postura, os padrões de movimento e a consciência corporal de mulheres que sofriam de dor crônica pélvica observaram diferenças significativas entre as mulheres saudáveis e as que sofriam de dores pélvicas. Através de notações de relatos das pacientes sobre as impressões do próprio corpo, e da escala analógica visual de dor os resultados mostraram que as mulheres com dor crônica pélvica apresentavam uma diminuição importante de suas sensações corporais, da consciência corporal e um padrão de dissociação somática.

Os distúrbios proprioceptivos em casos de distrofia muscular também foram investigados. Ribot-Ciscar et al. (2004) inicialmente afirmam que a atividade seletiva do fuso muscular na sua função proprioceptiva pode ser investigada pela aplicação da vibração mecânica sobre o tendão muscular. Os inputs sensoriais vindos de vários músculos são integrados no sistema nervoso central para formar o que eles chamam de “cadeia proprioceptiva contínua” que corre o corpo todo desde os pés à cabeça. Eles afirmam que em quadros de distrofia muscular os distúrbios posturais relacionados com mudanças no centro de pressão ou déficits mecânicos e cinemáticos estão principalmente relacionados com a fraqueza dos músculos. Dessa forma Ribot-Ciscar et al. (2004) investigaram se os fusos neuromusculares nestes casos estariam comprometidos. Os resultados deste experimento demonstraram que a partir da vibração do músculo e de seu tendão os pacientes portadores de distrofia muscular apresentaram respostas

similares em relação ao grupo de indivíduos saudáveis. Isto é, ambos os grupos perceberam movimentos passivos e experienciaram sensações ilusórias de movimento induzido pelo estímulo vibratório sempre como se o músculo estivesse sendo alongado. Concluíram que nas distrofias musculares a função proprioceptiva dos fusos musculares não se encontra prejudicada.

Lackner e Dizio (2000) afirmam que os receptores musculares, juntamente com os sinais vindos do comando motor, estão envolvidos na representação da sensação de posição do corpo. No caso das mãos, os receptores cutâneos podem desempenhar esse papel de forma mais eficiente do que os fusos musculares. No entanto os receptores articulares não apresentam uma participação marcante nesse processo como se pensava antigamente. Quando a mão, por exemplo, é movida ativamente e utilizada na interação com o ambiente, ocorre um reajuste capaz de devolver a precisão da coordenação da mão em relação ao objeto externo. Assim o movimento de apontar um alvo com o dedo indicador gera padrões de forças que fornecem um mapa espacial da posição da mão em relação ao corpo. Esta informação fornece imediatamente uma base de atualização do controle espacial do braço. Portanto tanto a mão como o braço influenciam no esquema corporal ou atenção espacial que o indivíduo tem das dimensões de seu corpo. Um mapa cortical relacionado diretamente com a representação da orientação do corpo ainda não foi encontrado. No entanto já foram identificadas projeções do sistema vestibular (associado com o deslocamento passivo do corpo) para o córtex parietal (LACKNER e DIZIO, 2000).

Na visão de Windhorst (2007) o papel global das aferências proprioceptivas compreende a coordenação da posição e movimento de diferentes articulações, a representação central da relação espacial das partes do corpo, referida comumente como Esquema Corporal e a organização dos movimentos corporais pelo sistema nervoso central. Enfatiza que a postura em pé no homem está sempre em risco devido a influencias internas e externas, permanentemente pela ação da gravidade e, portanto necessita de uma estabilização contínua. Reforça que o termo estabilização do equilíbrio estático é na verdade um processo dinâmico, pois o corpo está em constante movimento mantendo seu centro de gravidade sobre sua base. Isto requer mais ou menos ajustes, porém contínuos que se organizam em relação a um referencial, designado geralmente como Esquema Corporal.

Proske (2008) complementa esta idéia apresentando uma distinção entre dois papéis diferentes do receptor muscular no controle motor. Um na regulação do reflexo automático da postura e do movimento de forma inconsciente, e outro relacionado à

propriocepção nos movimentos voluntários. Ao abordar a orientação do corpo, ele considera que a visão provavelmente seja o primeiro sinal de realimentação. Na ausência dela a informação sobre os ângulos articulares, o comprimento e a força muscular se associam para dirigir determinado membro do corpo. Acredita que seja improvável que a posição no espaço seja calculada pela associação destas variáveis. Mas deve haver algum tipo de quadro espacial de referência baseado no esquema corporal. Assim ao apontar determinado objeto com o braço, o quadro de referência está centrado na cabeça enquanto na ausência da visão o uso da informação cinestésica, a referência, se apóia na posição do ombro. Segundo suas observações, concluiu que na ausência da visão os braços, por exemplo, nem sempre estão numa posição usual à frente. Ou seja, com o braço erguido perto do corpo a precisão sobre onde o braço se encontra no espaço é menor. A explicação talvez seja que o quadro de referência utilizado neste caso seja influenciado pela posição normal do braço adotada quando a mão está em uso. Proske et al. (2000) apontam ainda que, estudos mostraram que a contração ativa acentua a acuidade proprioceptiva cinestésica em relação ao movimento passivo, porém os mecanismos pelos quais isto acontece ainda não foram completamente definidos em humanos.

Proske et al. (2009) ressaltam também que o termo cinestesia foi introduzido por Bastian em 1888 para descrever a habilidade para sentir a posição e o movimento dos membros e do tronco e que o principal receptor cinestésico é o fuso muscular. Apontou ainda que embora alguns receptores contribuam tanto para a sensação do movimento como para a sensação da posição de partes do corpo é possível que o processamento central das informações seja feito separadamente.

Para Matthews (2008) há uma suspeita de que os fusos estejam crucialmente relacionados com o aprendizado motor, ajudando a atualizar modelos internos. Isto implica na geração do fluxo motor apropriado e preciso diante de condições de mudança. Feldman (2008) complementa dizendo que a cinestesia de modo geral e a noção de posição em particular dependem tanto de sinais proprioceptivos como centrais envolvidos no controle motor. Afirma que os sinais internos que informam o cérebro sobre o comando motor para os músculos são utilizados conjuntamente com os sinais proprioceptivos para assegurar a posição correta. Esses dados reforçam a importância do receptor sensorial nas funções integrativas do sistema nervoso como enfatizadas por Sherrington e corroboram com o entendimento de Head acerca da associação dos sinais sensoriais na construção da representação do corpo.

A localização precisa bem como a distribuição dos fusos em cada músculo também suscitou questões que levaram a um intenso debate entre alguns autores. No entanto, embora algumas controvérsias acerca da localização e distribuição de fusos em cada músculo específico há um consenso geral sobre o papel do fuso neuromuscular para além de unicamente detectar mudanças no comprimento do músculo. Eles concordam que o fuso neuromuscular esteja envolvido diretamente com as ações integrativas das diversas funções mentais e cerebrais (Kokkorogiannis; Banks; Burke; Matthews, 2008).

Num experimento realizado por Staines et al. (2001) foram exploradas as influências dos inputs vestibulares e proprioceptivos na representação cortical do movimento do corpo todo. Eles afirmam que a convergência dessas duas modalidades atua no controle motor principalmente na manutenção da estabilidade da postura. Os indivíduos analisados estavam sentados em cadeiras sobre uma plataforma móvel e as respostas de perturbação evocada foram registradas a partir de eletrodos centrais colocados no couro cabeludo dos sujeitos. Concluíram através dos resultados que tanto as informações vestibulares como as proprioceptivas se integram nas reações posturais de equilíbrio. Além disso, os resultados mostraram evidências sobre o envolvimento sensoriomotor de segmentos corporais distantes como também das várias modalidades sensoriais envolvidas nas reações de equilíbrio.

Nielsen (2002) num estudo sobre o papel do fuso muscular durante uma tarefa de movimento simples traz dados importantes relacionados ao aprendizado. Utilizando-se de um modelo computacional de um sistema neuromuscular simplificado, observou que a atividade do motoneurônio  $\gamma$  está fortemente relacionada com o cancelamento de uma descarga aferente esperada. Ou seja, durante os movimentos lentos, já aprendidos, a atividade do motoneurônio  $\gamma$  faz com que a região central do fuso mantenha um comprimento constante. Isso faz com que as aferências fiquem mais sensíveis às possíveis variações. Os erros de tensão então são rapidamente transmitidos ao sistema nervoso central pelas fibras rápidas Ia enquanto os erros de posição são levados pelas fibras II, mais lentamente. Dessa forma a atividade  $\gamma$  cria uma referência para a atividade do fuso durante movimentos já aprendidos. As sequências apropriadas da ativação  $\gamma$  devem ser, portanto aprendidas e não calculadas e até mesmo os erros necessários ao aprendizado neural é dado pelas aferências do fuso, como reforça Nielsen (2002).

Quanto à questão do feedback proprioceptivo, às vezes o fuso muscular conduz informações ambíguas sobre a posição de um membro. No caso de uma contração isométrica,

onde não há deslocamento as fibras aferentes disparam à medida que a força muscular aumenta. Isto poderia ser percebido erroneamente como um movimento do membro. Assim parece que a cinestesia de modo geral e a noção de posição em particular dependem tanto de sinais proprioceptivos como centrais envolvidos no controle motor. Os sinais internos que informam o cérebro sobre o comando motor para os músculos são utilizados conjuntamente com os sinais proprioceptivos para assegurar a posição correta. Assim cada grau de liberdade de movimento do corpo humano é dirigido por vários músculos. Cada um com numerosas unidades motoras que recebem as informações a partir dos fusos musculares e outros proprioceptores. Eles também possuem inervação  $\gamma$  fazendo com que a saída de seus sinais ambiguamente relacione tanto a posição como a velocidade da mudança do comprimento muscular (FELDMAN, 2008).

Sobre o papel das aferências Ia e II na cinestesia Proske (2006) aponta que, as terminações primárias (Ia) contribuem tanto para a sensação de posição como de movimento enquanto que as secundárias (II) estão envolvidas apenas com a sensação de posição. No entanto, ele ressalta que esses dois tipos de sensação resultam da integração de várias submodalidades de informações sensoriais, dentro do sistema nervoso central. Enfatiza ainda que a tixotropia das fibras intrafusais, isto é, a dependência das propriedades passivas do músculo relaxado a partir das mudanças prévias de comprimento e de contração, implica num pós-efeito sobre os fusos musculares. A vibração muscular altera a tensão passiva intrafusar capaz de produzir uma sensação de posição alterada. As mudanças na sensação de posição então parecem ter origem mecânica e por isso não ter uma interdependência com a sensação de movimento. Ressalta que, a sensação de esforço e os efeitos da fadiga também devem ser considerados e trazem um novo olhar sobre os estudos da propriocepção em áreas como a medicina do esporte e as ciências do exercício.

A sensibilidade do fuso muscular durante a execução de uma tarefa que requer atenção também foi estudada por Hospod et al. (2007). O objetivo do estudo era testar se a atividade do fuso alterava quando a informação dos receptores aumentava numa tarefa de reconhecimento da trajetória do movimento sem o uso da visão. Os resultados demonstraram que focar a atenção no movimento induzia a mudanças principalmente nas terminações aferentes Ia em indivíduos completamente relaxados. Esses efeitos facilitam a codificação proprioceptiva que ajudam no reconhecimento do movimento. Dessa forma uma ação que envolve a atenção proprioceptiva induz a um controle da sensibilidade do fuso independente da ação das fibras  $\alpha$ .

Concluíram então a partir desta análise que a ação seletiva fusimotora gera informações mais precisas ao cérebro sobre a trajetória do movimento.

Mugge et al. (2010) também propõe o papel das fibras Ib dos órgãos tendíneos de Golgi. Ao investigar as contribuições do feedback da força muscular, da atividade do fuso e do desempenho da co-contração para realização de ações voluntárias, os resultados demonstraram que a adaptação e o feedback dos órgãos tendíneos de Golgi desempenham um papel importante nas ações que requerem controle da força ou da posição.

As especificidades do fuso neuromuscular conferem ao tônus um papel maior do que apenas manter uma tensão contrátil do músculo. Ele se comporta como um estímulo sensorial constante capaz de garantir a função integrativa do sistema nervoso. Masi e Hannon (2008) afirmam que, o sistema musculoesquelético possui 90% de conexões com o sistema nervoso central indicando que nosso maior e mais rico órgão sensorial não está nos olhos, ouvidos, pele ou sistema vestibular, mas sim nos músculos e suas fâscias relacionadas. Eles são responsáveis por transmitir a energia gerada na ação muscular de um segmento ao longo de todo o corpo e coloca-o em prontidão para uma ação que está diretamente envolvida com os processos mentais. Assim ele atua também no desempenho das funções mentais que regem o comportamento humano. Numa revisão sobre os processos sensoriais envolvidos na cognição Mesulam (1998) aponta que os córtices de modalidades específicas codificam representações mais verídicas da experiência. O córtex pré-frontal relacionado com o movimento voluntário desempenha um papel crítico nas modulações de atenção, motivação e emoção. Ele permite respostas neurais que refletem o significado e não as propriedades superficiais dos eventos sensoriais. Além disso, as dimensões da consciência humana criaram força para o desenvolvimento de comunicações simbólicas incluindo a linguagem. O pensamento, apontado por ele como a atividade cerebral que intervém entre a sensação e a ação, provavelmente surge na experiência do organismo da complexidade do sistema nervoso central.

A relação entre as alterações do tônus muscular e as funções mentais do cérebro também foram apontadas por Ratey (2002). Ele ressalta que a regulação do tônus muscular só é possível mediante a integração de redes neurais de estruturas que atuam também nos processos de memória, aprendizado, emoção e cognição. Embora apresente um sistema reflexo monossináptico que garante sua manutenção, o tônus muscular está sujeito permanentemente à influência tanto do comando voluntário consciente como inconsciente, complementa. Ao ativar o processo do

pensamento vários pulsos e pedaços de dados, ações e comportamentos são agrupados em série para adaptar um novo conjunto de demandas ou circunstâncias que criam um novo plano de ação.

Os sinais apresentados nos casos de transtorno obsessivo compulsivo como ansiedade, preocupação e movimentos repetitivos bem como a atitude perfeccionista, típica nestes quadros, podem apresentar suas raízes no sistema motor do córtex frontal, giro anterior do cíngulo e gânglio basal. Através de varreduras no cérebro por meio de exames de imagem observou-se que quando esses comportamentos ocorrem há um bloqueio dos circuitos neurais que ligam o gânglio basal ao giro anterior do cíngulo e este ao córtex orbitofrontal. Este bloqueio, no entanto, gera um conflito entre informações de erro e de atenção fazendo com que o córtex tente desligar circuitos que já se encontram desligados. Isto gera um mecanismo de busca constante do erro traduzido num comportamento obsessivo compulsivo. O cérebro é capaz de responder a determinado efeito aumentando ou diminuindo a pressão sanguínea, acelerando ou desacelerando a respiração, disparando hormônios para mais ou para menos e instruindo os músculos para agir ou não. Portanto, a relação entre as funções mentais e o comportamento motor envolve experiências únicas, individuais e subjetivas do organismo associadas a padrões sinápticos que se estabelecem ao longo de toda a vida (RATEY, 2002).

Segundo Damasceno (2004) a mente humana pode ser entendida como uma atividade complexa. A partir de interconexões de processos mentais e cerebrais ela é capaz de representar o mundo físico e social por meio de signos. Isto resulta na internalização de ações e relações externas com objetos e pessoas. Assim toda atividade mental, segundo ele, se apóia num sistema funcional dinâmico constituído por elementos psicológicos (cognitivos, volitivos e afetivos) e de regiões cerebrais integradas onde cada uma contribui com operações básicas para a execução do ato como um todo. As estruturas psicológicas bem como a organização cerebral do sistema estão em constante mudança conforme o objetivo em cada momento. Assim como o padrão motor elas também se constroem e se estruturam de forma dinâmica.

No funcionamento sistêmico os objetivos são constantes enquanto os métodos ou operações básicas para realização de determinada tarefa são variáveis. Os componentes motivacionais e emocionais também integram as diversas operações cognitivas requeridas em cada atividade. Dessa forma o homem é um ser consciente capaz de se destacar de sua própria atividade, pois converte o objeto em sua forma subjetiva (imagem mental) e a ação em resultados objetivos (produtos). A atividade consciente é extremamente dependente de algumas estruturas

cerebrais como o neocortex de associação, principalmente das regiões pré-frontais e temporo-parieto-occipitais. Elas conferem o nível mais complexo do funcionamento da consciência, isto é, fornece ao indivíduo o seu “eu” biográfico agregando experiências passadas e futuras. Um nível mais simples chamado consciência central se refere a uma vivência subjetiva do “eu”, porém no momento presente. Neste nível as experiências passadas ou planos futuros não estão associados. De forma hipotética este nível de consciência, presente também em outros animais, parece se processar em áreas mais primitivas como nas regiões do córtex do cíngulo, tálamo e colículos superiores em conjunto com o hipotálamo, núcleos do tronco cerebral e prosencéfalo basal. Estas estruturas representariam o estado do organismo (DAMÁSIO, 2000; DAMASCENO, 2004).

Por fim, Windhorst (2007) traz explicitamente as idéias de Sherrington e Head ao abordar o Esquema Corporal como um elemento importante na organização da postura, do movimento dinâmico e voluntário a partir de elementos proprioceptivos musculares que permitem o ajuste permanente do Tônus Muscular na sua relação com o ambiente. Aponta que, o sistema nervoso central se utiliza de várias informações na orientação do corpo em relação ao mundo externo. Estas informações envolvem os sinais proprioceptivos, cutâneos e a informação graviceptiva (neste caso evidências psicofísicas sugerem a existência de graviceptores no tronco que indicam o eixo vertical da terra). A informação graviceptiva está relacionada com a representação da verticalidade do corpo em relação ao eixo da terra. Para ajustar o corpo na posição em pé o sistema nervoso central necessita da informação do eixo vertical da terra vinda dos graviceptores do tronco. Somam-se a estes ainda os sinais vestibulares e a informação visual, isto é, o movimento dos olhos poderia significar movimento do corpo no espaço. O grupo de aferentes Ia exercem uma forte influência sobre o esquema corporal, que como uma referência, influencia indiretamente a postura. Isto é, no caso da vibração muscular que ativa principalmente os aferentes Ia, afetaria tanto a consciência do esquema corporal como a postura (WINDHORST, 2007).

Há evidências também que a medula espinhal sozinha é capaz de construir um Esquema Corporal, porém de forma rudimentar. Outra questão está relacionada com a realimentação proprioceptiva nas interações intersegmentares dinâmicas. Ele salienta que, há uma troca de energia potencial e cinética através dos segmentos corporais conectados às articulações ao longo de todo o corpo. Assim, a força que um músculo gera em determinada parte do corpo não se restringe apenas aos segmentos de origem e inserção do músculo, mas é transmitida a

todos os segmentos e articulações por meio das interações intersegmentares (WINDHORST, 2007). Isto faz com que o corpo como um todo seja colocado em ação, como apontado por Schilder em 1935.

Dessa forma os estudos da neurociência levam a investigações mais profundas sobre os elementos neuromusculares que envolvem o tônus muscular e o comportamento humano. As pesquisas têm confirmado o papel determinante do fuso muscular enquanto um receptor proprioceptivo altamente eficiente. Ele confere ao Tônus Muscular uma propriedade ativa e dinâmica capaz de auxiliar o cérebro em sua função integrativa das diversas informações sensoriais nos processos neurais e mentais. O Tônus Muscular pode ser então considerado como um elemento integrativo na construção de um modelo postural que se atualiza a cada evento na elaboração de respostas adaptativas do organismo frente ao ambiente. Esses dados, portanto fazem das idéias de Sherrington e de Head contextualizadas dentro do panorama científico atual da neurociência.

## 4 Discussão

Os estudos em Imagem Corporal percorreram um longo caminho no campo da neurologia. Os trabalhos realizados com pacientes portadores de lesões cerebrais que apresentavam sensações sobre um membro amputado como se ainda fizesse parte de seu corpo (membro fantasma), levaram a intensas pesquisas no campo da neurologia sobre as representações mentais. Com a visão da ação integrativa proposta por Sherrington surgiu um novo olhar sobre as funções do sistema nervoso e com ela o conhecimento profundo das ações reflexas do tônus muscular enquanto a base da postura. Head ao investigar pacientes portadores de lesões cerebrais descobre que os receptores musculares estariam envolvidos com as representações corticais da posição e do movimento das partes do corpo. Essas representações estariam associadas às informações proprioceptivas dos músculos, da pele e das articulações. Propôs a existência de um modelo referencial sobre o qual o corpo era capaz de se ajustar permanentemente às diversas alterações do Tônus Muscular construído a partir de experiências passadas dos ajustes posturais e do movimento.

As investigações da neurociência, apoiada na visão de Sherrington, confirmam as idéias de Head e conferem ao fuso neuromuscular um papel protagonista para as representações mentais do corpo. Descobrem que a participação dos receptores articulares é mínima nesse processo, inclusive inferior às sensações cutâneas e mostram ainda evidências sobre a importância do fuso neuromuscular nos processos de aprendizado motor a partir da especialização de suas aferências. Os resultados encontrados apontam ainda para a importância da participação ativa do sujeito nas intervenções corporais como facilitadores nos processos proprioceptivos e como o processo de envelhecimento interfere nas referências posturais de equilíbrio. Esses resultados são capazes de conduzir a um conhecimento mais profundo de referências do indivíduo dentro da expressão de sua subjetividade por meio da postura e do movimento cuja base se encontra na modulação do Tônus Muscular.

Dessa forma os estudos da Imagem Corporal apresentam sua origem sobre as bases neurofisiológicas, isto é, suas primeiras investigações surgiram no campo da neurologia e permaneceram sob seu domínio até surgir o conceito formulado por Paul Schilder (CRITCHLEY, 1950). Foram as idéias de Henry Head sobre Esquema Corporal, ou Modelo Postural, que

serviram de base para que Schilder anos mais tarde elaborasse um conceito muito mais complexo sobre a Imagem Corporal (SIMMEL, 1966). Ao publicar em 1935 *“The Image and Appearance of the Human Body”*, Schilder (1999) define Imagem Corporal como *“A representação mental do corpo”* ou *“como o corpo se apresenta para nós”*. Considerou que os aspectos físicos, psíquicos e sociais deveriam também ser abordados quando se busca um entendimento mais completo do indivíduo como um todo. A natureza multidimensional bem como o dinamismo da construção não de forma linear como proposto por Head anteriormente, levou as investigações sobre a Imagem Corporal para além do campo da neurologia. Foi então que Seymour Fisher em 1958 a partir de uma intensa pesquisa apresenta uma publicação em dois volumes trazendo uma visão psicanalítica da Imagem Corporal (CASH e PRUZINSKY, 2002). Isto incrementou as investigações e fez surgir novas abordagens, sobretudo no campo da psicologia que hoje concentra grande número de estudos e publicações sobre a Imagem Corporal (CASH, 2004). Porém enquanto a psicologia agregou elementos importantes a este entendimento, por outro lado parece que os aspectos fisiológicos passaram a um status menos relevante. Em muitos casos chega até mesmo ser negligenciado em alguns estudos. A neurociência, embora se aprofunde cada vez mais no conhecimento dos elementos integrativos do sujeito em relação ao ambiente parece também abranger com pouca profundidade as questões psicoemocionais que envolvem as ações reflexas em sua singularidade.

Paul Schilder ao trazer o conceito da Imagem Corporal como um fenômeno complexo, dinâmico e singular apontou para uma questão relevante sobre a relação entre o Tônus Muscular e a Imagem Corporal. Ele afirma que a Imagem Corporal é tracionada na direção do Tônus Muscular. Assim considera que ao movermos uma parte do corpo, todo ele é colocado em prontidão para servir tanto os aspectos fisiológicos como psíquicos e sociais do indivíduo. Ele é capaz de atualizar e traduzir a expressão da subjetividade do indivíduo por meio do movimento cuja base está apoiada no Tônus Muscular. Os estudos da neurociência mostram evidências que sustentam a idéia inicial de Schilder.

No entanto esta relação é pouco abordada nas pesquisas em Imagem Corporal. Os estudos muitas vezes focados na questão da aparência do corpo não consideram os elementos fisiológicos por trás de um comportamento de busca pelo “perfeito” ou “ideal” que envolvem aspectos psíquicos como apontou Ratey (2002). Por outro lado as análises e avaliações das disfunções do Tônus Muscular manifestos nas alterações da postura, do movimento e do

equilíbrio nem sempre levam em conta os aspectos singulares psicoemocionais e sociais do sujeito analisado. É comum ainda encontrarmos protocolos de avaliação e treinamento rígidos que, pouco considera a individualidade do sujeito em questão. Kinsbourne (2002) salienta que os processos emocionais são “experenciados” como sensações corporais. Afirma que, embora a Imagem Corporal não apresente uma localização cerebral específica, sua construção e desenvolvimento estão apoiados na ativação simultânea de regiões dos mapas somatossensoriais coordenadamente distribuídas na substância cinzenta, integradas às diversas funções mentais.

Com o desenvolvimento de novas técnicas de investigação foi possível realizar pesquisas mais robustas nos diversos campos de conhecimento como na neurofisiologia e psicologia. Com elas novas metodologias de abordagem e intervenção corporal também surgiram. Acreditamos, portanto que a utilização dos resultados destas pesquisas no aprimoramento da atividade profissional de professores de educação física, fisioterapia, dança e demais profissionais da área da saúde, requer uma reflexão profunda sobre o significado destes conhecimentos relacionados ao movimento humano na perspectiva da ação integrativa do sistema nervoso.

## 5 Considerações finais

Os estudos da neurociência têm contribuído com descobertas importantes sobre os aspectos neurofisiológicos do Tônus Muscular. A psicologia por outro lado tem agregado elementos de profunda relevância aos estudos da Imagem Corporal.

Ao abordar o Esquema Corporal como um dos principais elementos de ajustes do corpo que se apóia no dinamismo integrativo e proprioceptivo da unidade funcional do Tônus Muscular, a neurociência faz das contribuições de Sherrington e de Head atuais e contextualizadas nos estudos da Imagem Corporal. As evidências de que, pequenas variações do Tônus Muscular em um único segmento são capazes de colocar todo o corpo numa nova perspectiva em relação ao ambiente confirma a consideração feita por Paul Schilder a respeito da relação estreita entre o Tônus Muscular e a Imagem Corporal.

Integrar os conhecimentos neurofisiológicos sobre o Tônus Muscular aos estudos da Imagem Corporal torna-se um grande desafio para quem busca compreender a complexidade que é a existência humana. Futuras pesquisas podem ser delineadas a partir de um olhar mais profundo sobre o Tônus Muscular enquanto um elemento integrativo, dinâmico e ativo na atualização permanente da expressão da subjetividade humana.

Portanto o reconhecimento do Tônus Muscular como uma dimensão da Imagem Corporal representa um passo a mais para a compreensão da subjetividade humana e na busca por práticas mais individualizadas na atividade de profissionais da área de educação, saúde e dança.

## Referências

1. ADAMS, R. D.; VICTOR, M.; ROPPER, A. H. **Principles of Neurology**. 6ª edição. USA: International Edition, 1997.
2. ADRIAN, E. D. Charles Scott Sherrington, O.M., G.B.E., F.R.S. **Journal of Physiology**, v. 118, n. 2, p. 145-148, 1952.
3. ADRIAN, E. D. Sir Charles Sherrington, O.M., G.B.E., F.R.S., F.R.C.S. **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 10, n. 1, p. 265-266, 1952.
4. ANGIER, B.; BULLETIN, T. Coordinative mechanisms of the central nervous system. **Review Literature and Arts Of The Americas**, v. 1, p. 119-125, 1910.
5. BANKS, R. W. Comment on “Two enigmas in proprioception: Abundance and location of muscle spindles” by Kokkorogiannis. **Brain Research Bulletin**, v. 75, p. 504-506, 2008.
6. BARBIERI, G. et al. Does proprioception contribute to the sense of verticality? **Experimental Brain Research**, v. 185, p. 545-552, 2008.
7. BENNETT, M. R. The early history of the synapse: From Plato to Sherrington. **Brain Research Bulletin**, v. 50, n. 2, p. 95-118, 1999.
8. BOODIN, J. E. Sensation, Imagination and Consciousness. **Psychological Review**, v. 28, p. 425-452, 1921.
9. BRAIN, R. Henry Head: The man and his ideas. Paper read at the Henry Head Centenary Celebrations at the London Hospital, p. 561-566, 31 de agosto de 1961.
10. BREATHNACH, C. S. The legacy of Henry Head. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 84, p. 107-109, 1991.

11. BREATHNACH, C. S. Charles Scott Sherrington's Integrative Action: A centenary notice. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 97, p. 34-36, 2004.
12. BREATHNACH, C. S. Charles Scott Sherrington (1857 – 1952). **Journal of Neurology**, v. 252, p. 1000-1001, 2005.
13. BRODAL, P. **The Central Nervous System – structure and function**. New York: Oxford University Press, 1992.
14. BURKE, R. E. Sir Charles Sherrington's The Integrative Action of the nervous System: A centenary appreciation. **Brain**, v. 130, p. 887-894, 2007.
15. BURKE, R. E. Local duty cycle and muscle spindle density. **Brain Research Bulletin**, v. 75, p. 501, 2008.
16. CASH, T. F.; PRUZINSKY, T. **Body Image – A Handbook of Theory, Research, and Clinical Practice**. New York: The Guilford Press, 2002.
17. CASH, T. F. Body Image: past, present, and future. **Body Image**, v. 1, p. 1-5, 2004.
18. CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica para uso dos estudantes**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
19. COHEN, H. **Neurociência para Fisioterapeutas**. 2<sup>a</sup>ed. São Paulo: Editora Manole, 2001.
20. COMPSTON, A. From archives - The automatic bladder, excessive sweating and some other reflex conditions, in gross injuries of the spinal Cord. By Henry Head, MD, FRS and George Riddoch, MD, Captain, Royal Army Medical Corps. (Officer in charge of the Empire Hospital, Vincent Square). *Brain* 1917; 40: 188-263. **Brain**, v.131, p.2237-2239, 2008.

21. COMPSTON, A. From archives - A human experiment in nerve division by W.H.R. Rivers MD FRS, Fellow of St John's College, Cambridge and Henry Head MD FRS, Physician to the London Hospital, *Brain* 1908: 31; 323-450. **Brain**, v. 132, p. 2903-2905, 2009.
22. CRITCHLEY, M. The Body Image in neurology. **The Lancet**, v. 255, n. 6600, p. 335-341, 1950.
23. DAMASCENO, B. P. Mente, cérebro e atividade: abordagem neuropsicológica. **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 40, n. 4, p. 5-13, 2004.
24. DAMÁSIO, A. **O mistério da consciência**. São Paulo: Companhia das letras, 2000.
25. FEINDEL, W. The physiologist and the neurosurgeon: the enduring influence of Charles Sherrington on the career of Wilder Penfield. **Brain**, v. 130, p. 2758-2765, 2007.
26. FELDMAN, A. G. Threshold position control signifies a common spatial frame of reference for motor action and kinesthesia. **Brain Research Bulletin**, v. 75, p. 497-499, 2008.
27. FRENCH, R. D. Some Concepts of nerve structure and function in Britain, 1875-1885: Background to Sir Charles Sherrington and the synapse concept. **Medical History**, v. 14, n. 2, p. 154-65, 1970.
28. GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Cognitive Neuroscience – The Biology of the Mind**. New York: W.W.Norton & Company, 1998.
29. GAZZANIGA, M. S. **The New Cognitive Neurosciences**. 2ª edição. Londres: A Bradford Book, 2000.

30. GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência Cognitiva – A biologia da mente**. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2006.
31. GOBLE et al. Proprioceptive sensibility in the elderly: Degeneration, functional consequences and plastic-adaptative process. **Neuroscience and Behavioral Reviews**, v. 33, p. 271-278, 2009.
32. GREENBERG, S. A. The History of dermatome mapping. **Archives of Neurology**, v. 60, p. 126-131, 2003.
33. GREENBERG, S. A. Henry Head (1861-1840). **Journal of Neurology**. v. 251, p. 1158-1159, 2004.
34. GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Human Physiology and Mechanisms of Disease**. 6ª edição. USA: W. B. Saunders Company, 1997.
35. GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
36. HAUGSTAD et al. Posture, movement patterns, and body awareness in women with chronic pelvic pain. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 61, p. 637-644, 2006
37. HEAD, H.; RIVERS, W. H. R. The afferent Nervous System from new aspect. **Brain**, v.28, p. 99-115, 1905.
38. HEAD, H.; RIVERS, W. H. R. A human experiment in nerve division. **Brain**, v. 31, p. 323-450, 1908
39. HEAD, H. e HOLMES, G. Sensory disturbances from cerebral lesions. **Brain**, v. 34, n. 2-3, p.102-254, 1911.

40. HEAD, H. Some Principles of Neurology. **Neurology of the Royal Society of Medicine**, p. 344-354, 14 de novembro de 1918.
41. HEAD, H. The Conception of Nervous Mental Energy (Vigilance: A physiological state of the nervous system). **Symposium at the Oxford Meeting of the 7<sup>th</sup> International Congress of Psychology**, p. 30 de julho de 1923.
42. HENSON, R. A. Henry Head's work on sensation. Paper read at the Henry Head Centenary Celebrations at the London Hospital, p. 535-550, 31 de agosto de 1961.
43. HENSON, R. A. Henry Head: His influence on the development of ideas on sensation. **Brain Medical Bulletin**, v. 33, n. 2, p.91-96, 1977.
44. HOSPOD et al. Changes in human muscle spindle sensitivity during a proprioceptive attention task. **The Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 19, p. 5172-5178, 2007.
45. JACYNA, S. Starting anew: Henry Head's contribution to Aphasia studies. **Journal of neurolinguistics**, v. 18, p. 327-336, 2005.
46. KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Principles of Neural Science**. 4<sup>a</sup> edição. USA: McGraw-Hill Companies, 2000.
47. KIM, O. J. Development of neurophysiology in the early twentieth century: Charles Scott Sherrington and *The Integrative Action of the Nervous System*. **Korean Journal Medicine Historical**. v.10, p.1-22, 2001.
48. KINSBOURNE, M. The Brain and Body Awareness. In: CASH, T. F.; PRUZINSKY, T. **Body Image – A Handbook of Theory, Research, and Clinical Practice**. New York: The Guilford Press, 2004.

49. KNUTSON, G. A. The role of the  $\gamma$ -motor System in Increasing Muscle Tone and Muscle Pain Syndrome: A Review of the Johansson/Sojka Hypothesis. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 23, n. 8, p. 564-572, 2000.
50. KOKKOROGIANNIS, T. Two enigmas in proprioception: Abundance and location of muscle spindles. **Brain Research Bulletin**, v. 75, p. 495-496, 2008.
51. LACKNER, J. R.; DIZIO, A. P. Aspects of body self-calibration. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n.7, p. 279-288, 2000.
52. LENT, R. **Cem bilhões de neurônios – Conceitos Fundamentais de Neurociência**. São Paulo: Editora Atheneu, 2005.
53. LEVINE, D. N. Sherrington's "The Integrative action of the nervous system": A centennial appraisal. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 253, p.1-6, 2007.
54. MACHADO, A. **Neuroanatomia Funcional**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atheneu, 2006.
55. MASI, A. T., HANNON, J. C. Human resting muscle tone (HRMT): Narrative introduction and modern concepts. **Journal of Bodywork and Movement Therapies** v. 12, p. 320-332, 2008.
56. MATTHEWS, P. B. C. Evolving views on the internal operation and functional role of the muscle spindle. **Journal of Physiology**, v. 320, p. 1-30, 1981
57. MATTHEWS, P. Muscle Spindle Function. **Brain Research Bulletin**, v. 75, p. 500, 2008.
58. MERINO, J. G. Diagram makers or classical neurologists? The interactions of aphasiology and its history. **Archives of Neurology**, v. 58, n. 9, p. 1494-1497, 2001.

59. MESULAM, M. M. From Sensation to Cognition. **Brain**, v. 121, p. 1013-1052, 1998.
60. MUGGE et al. A rigorous model of reflex function indicates that position and force feedback are flexibility tuned to position and force tasks. **Experimental Brain Research**, v. 200, p. 325-340, 2010.
61. NIELSEN, B. G. J. The role of muscle spindles in constraining motor control. **Neurocomputing**, v. 44-46, p. 943-949, 2002.
62. PEARCE, Henry Head (1861-1940). **Journal of Neurological Neurosurgery Psychiatry**, v. 69, n. 5, p. 578, 2000.
63. PEARCE, J. M. S. Sir Charles Scott Sherrington (1857 – 1952) and the Synapse. **Journal of Neurological Neurosurgery Psychiatry**, v. 75, n. 4, p. 544, 2004.
64. PEARCE, J. M. S. William Halse Rivers Rivers (1864-1922) and the Sensory Nervous System. **European Neurology**, v. 60, p.208-211, 2008.
65. PEARCE, J. M. S. The micrographia of Sir Henry Head (1861-1940). **Journal of Neurological Neurosurgery Psychiatry**. v. 79, p. 307-308, 2008.
66. PROSKE, U.; WISE, A. K.; GREGORY, J. E. The role of muscle receptors in the detection of movements. **Progress in Neurobiology**, v. 60, p.85-96, 2000.
67. PROSKE, U. Kinesthesia: the role of muscle receptors. **Muscle & Nerve**, v. 34, n. 5, p. 545-558, 2006.
68. PROSKE, U. The distribution and abundance of muscle spindles. **Brain Research Bulletin**, v. 75, p. 502-503, 2008.

69. PROSKE, U.; GANDEVIA, S. C. The kinaesthetic senses. *Journal of Physiology*, v. 587, n. 17, p. 4139-4146, 2009.
70. RATEY, J. J. **A user's guide to the brain – Perception, Attention, and the Four Theaters of the Brain**. New York: Vintage books, 2002.
71. RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3ª edição, São Paulo: Atlas, 1999.
72. RIBOT-CISCAR et al. Is muscle spindle proprioceptive function spared in muscular dystrophies? A muscle tendon vibration study, **Muscle & Nerve**, v. 29, p.861-866, 2004.
73. ROSSI-DURAND, C. Proprioception and myoclonus. **Neurophysiology Clinique**, v. 36, p. 299-308, 2006.
74. SCHILDER, P. **A imagem do corpo: as energias construtivas da psiqué**. 3ª edição, São Paulo: Martins Fontes, 1999.
75. SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 21ª edição. São Paulo: Cortez, 2000.
76. SHAFFER, S. W.; HARRINSON, A. L. Aging of the somatosensory system: A translational perspective. **Physical Therapy**, v. 87, n. 2, p. 193-207, 2007.
77. SHAMPOO, M. A., KYLE, R. A., STEENSMA, D. P. Sir Charles Sherrington – “the William Harvey of the Nervous System”. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 80, n. 10, p. 1266, 2005.
78. SHERRINGTON, C. S. **The Integrative Action of the Nervous System**. New Haven: Yale University Press. 1906.

79. SHERRINGTON, C.S. Postural Activity of Muscle and Nerve. **Brain** 38, p. 191-234, 1915.
80. SHERRINGTON, C. E. R. Charles Scott Sherrington (1857-1952). Notes and Records of the Royal Society London, v. 30, n. 1, p. 45-63, 1975.
81. SHORE, R. **Repensando o Cérebro**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2000.
82. SIMMEL, M. L. Developmental aspects of the Body Scheme. *Child Development*, v. 37, n. 1, p. 83-95, 1966.
83. STAINES et al. Cortical representation of whole-body movement is modulated by proprioceptive discharge in humans. **Experimental Brain Research**, v. 138, p. 235-242, 2001.
84. STUART, D. G. Integration of Posture and movement: Contributions of Sherrington, Hess and Bernstein. **Human Movement Science**, v.24, p. 621-643, 2005.
85. SWASH, M. Henry Head and the Development of clinical neuroscience. **Brain**, v. 131, p. 3453-3456, 2008.
86. TANSEY, E. M. Not committing barbarisms: Sherrington and the Synapse, 1897. **Brain Research Bulletin**, v. 44, n. 3, p. 211-212, 1997.
87. THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física**. 5ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2007.
88. WALSH, F. M. R. The Work of Sherrington on the Physiology of Posture. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, v. 17, p. 4-6, 1924.

89. WIDDICOMBE, J. Henry Head and his paradoxical reflex. **Journal of Physiology**, v. 559, n. 1, p. 1-2, 2004.
90. WINDHORST, U. Muscle proprioceptive feedback and spinal networks. **Brain Research Bulletin**, v. 73, p. 155-202, 2007.
91. ZEMAN, A. Sherrington's philosophical writings – A “zest for life”. **Brain** v. 130, p.1984-1987, 2007.