

ROBERTA MARIA PEREIRA LEITE

**CICLO ESTRAL E MENSTRUAL: REPERCUSSÃO DA
AGRESSÃO NUTRICIONAL PRECOCE SOBRE
PARÂMETROS LOCOMOTORES EM RATAS E
CONSEQUÊNCIAS SOBRE AS PROPRIEDADES
NEUROMECÂNICAS EM MULHERES JOVENS**

Recife
2008



Thèse présentée

par

Roberta Maria Pereira LEITE

**CYCLES OVARIEN ET MENSTRUEL : RÉPERCUSSION DE
L'AGRESSION NUTRITIONNELLE PRÉCOCE SUR DES
PARAMÈTRES LOCOMOTEURS CHEZ LA RATE ET
CONSÉQUENCES SUR LES PROPRIÉTÉS NEUROMÉCANIQUES
DE FEMMES JEUNES**

Pour l'obtention du grade de Docteur
de l'Université de Technologie de
Compiègne (UTC) et de l'Université
Fédérale de Pernambuco (UFPE)

Thèse en co-tutelle dirigée par:

Chantal PEROT, UMR CNRS 6600, UTC - France

Raul MANHÃES DE CASTRO, Departamento de Nutrição, UFPE - Brésil

Recife
2008



Tese apresentada

por

Roberta Maria Pereira LEITE

**CICLO ESTRAL E MENSTRUAL: REPERCUSSÃO DA
AGRESSÃO NUTRICIONAL PRECOCE SOBRE
PARÂMETROS LOCOMOTORES EM RATAS E
CONSEQUÊNCIAS SOBRE AS PROPRIEDADES
NEUROMECÂNICAS EM MULHERES JOVENS**

Para obtenção do título de Doutor do
Programa de Pós-Graduação em
Nutrição do Centro de Ciências da
Saúde da Universidade Federal de
Pernambuco e da Escola de Doutorado da
Universidade de Tecnologia de
Compiègne

Tese co-tutela orientada por:

Raul MANHÃES DE CASTRO, Departamento de Nutrição, UFPE - Brasil

Chantal PEROT, UMR CNRS 6600, UTC - França

Recife
2008

Leite, Roberta Maria Pereira

Ciclo estral e menstrual: repercussão da agressão nutricional precoce sobre parâmetros locomotores em ratas e consequências sobre as propriedades neuromecânicas em mulheres jovens / Roberta Maria Pereira Leite. – Recife : O Autor, 2009.

194 folhas: Il.; fig. e tab.

Tese (doutorado co-tutela) – Universidade Federal de Pernambuco e Universidade de Tecnologia de Compiègne. CCS. Nutrição, 2009.

1. Nutrição. 2. Ciclo Menstrual. 3. Ciclo Estral.

I. Título.

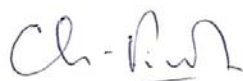
612.3	CDU (2.ed.)	UFPE
612.3	CDD (22.ed.)	CCS2009-005

Roberta Maria Pereira Leite

*Ciclo estral e menstrual: repercussão da agressão nutricional precoce sobre
parâmetros locomotores em ratas e conseqüências sobre as propriedades
neuromecânicas em mulheres jovens.*

Tese aprovada em : 10/12/2008

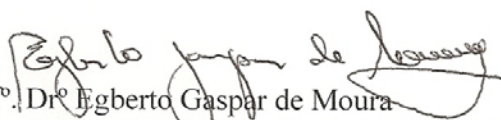
Membros da Banca Examinadora



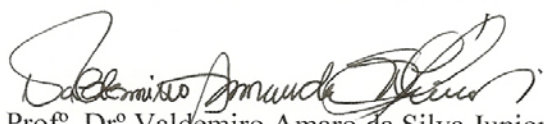
Prof^ª . Dr^ª. Chantal Perot
Unuversité de Technologie de Compiègne – UTC France



Prof^ª. Dr^ª. Fairza Maria Barreto Medeiros
Universidade Federal da Bahia - UFBA



Prof^º. Dr^º Egberto Gaspar de Moura
Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ



Prof^º. Dr^º Valdemiro Amaro da Silva Junior
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE



Prof^ª. Dr^ª Karla Mônica Ferraz Teixeira de Barros
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Recife
2008

“A vida é um constante ensaio sem direção pré-determinada”. Frederic Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Professeur Chantal,

Je souhaite vous adresser l'expression de ma profonde gratitude. Je remercie pour me faire grandir scientifiquement et croire dans ma capacité de dépasser les obstacles.

Professor Raul,

Pela oportunidade do Doutorado Co-tutela, pela paciência e pelo empurrãozinho ao crescimento e amadurecimento.

Professora Sônia,

Pelo amor e ajuda incondicional, obrigada Mãe!

Aos meus familiares e a minha irmã Renata pelo carinho e companhia.

Aos que ficaram nos bastidores e me ajudaram imensamente, a Lúcia Pires, França, Neci, Hélia Cannizzaro, Catherine Lacourt, Clotilde Vanhoutte.

Aos estagiários pelo trabalho em grupo e pela realização da pesquisa; Candido, Isis, Patrícia, Mariana, Nara, Isabela e Priscila.

Aos que se tornaram amigos no desenrolar da Tese e me ajudaram a trilhar esse percurso;
Narinha (a estagiária que se tornou amiga)

Cecinha, Claudia e Mônica ao apoios na França;

Sandrinha minha base na França e no Brasil, Obrigada amiga;

Daniele minha amiga e voluntária predileta,

Raquel, Graça, Karla e Soninha, a descoberta do ergômetro, o estudo da fisiologia muscular...
o aprendizado começou com vocês

Juliana e Jeymesson o apoio emocional em momentos difíceis e fáceis também,

Rogério e Cristiano pela amizade.

RESUMO

Nesta tese foi realizado, primeiramente, um estudo experimental do efeito da desnutrição perinatal sobre parâmetros locomotores em ratas adultas durante o ciclo estral. Foram utilizadas ratas Wistar neonatas separadas das respectivas mães, um dia após o nascimento. Através da técnica do tamanho das ninhadas contendo seis e doze filhotes foram divididas em dois grupos: Normal = Nutrido (N, n=30), Grande ninhada = Desnutrido (D, n=48). Os animais permaneceram neste arranjo do 1º ao 21º dia de vida. Após o desmame, as ratas-mães foram sacrificadas e seus filhotes foram arranjados em gaiolas com seis filhotes. Os grupos compostos de 12 fêmeas foram divididos em subgrupos A e B após o desmame e os grupos compostos por seis fêmeas permaneceram no mesmo arranjo. Do 1º ao 21º dia de vida, os animais foram avaliados quanto ao seu crescimento somático, maturação de características físicas. Aos 60 e 90 dias as fases do ciclo estral foram determinadas através do esfregaço vaginal. A análise histológica das fases do ciclo estral também foi realizada. Aos 60 dias as ratas foram reagrupadas em nutrida fértil (NF), nutrida não-fértil, (NNF), desnutrida fértil (DF), desnutrida não-fértil (DNF) e submetidas à atividade locomotora. Aos 90 dias de idade, as ratas foram separadas pelos grupos nutridas (n=8) e desnutridas (n=12) e acasaladas. No décimo quinto dia de prenhez, as fêmeas de ambos os grupos foram pesadas, eutanasiadas e dissecado o trato reprodutivo para contagem dos corpos lúteos nos dois ovários, contagem dos embriões viáveis nos dois cornos uterinos, e aferido o peso do ovário. Houve redução do crescimento somático e retardo na maturação das características físicas. Na análise histológica houve alteração da proporção dos tipos celulares encontrados nas fases do ciclo estral de ratas desnutridas. Na atividade locomotora os parâmetros de distância percorrida, potência média, velocidade média foram reduzidos nas ratas desnutridas. As fases do ciclo estral não afetaram os parâmetros locomotores em ambos os grupos. Na viabilidade fetal o peso materno no 15º dia de gestação, o peso do útero, o número de fetos viáveis e não viáveis não foram alterados pela desnutrição perinatal.

Na etapa seguinte, em humanos, abordamos os efeitos das eventuais variações do ciclo menstrual sobre a força, a ativação voluntária e sua excitabilidade reflexa no grupo muscular tríceps sural em mulheres jovens. Nove voluntárias (21-38 anos), com ciclo menstrual regular, sem utilizar contraceptivo hormonal participaram do estudo. Após, sessões de familiarização, elas foram testadas durante a fase menstrual (1º dia do sangramento), ovular (15º dia após o sangramento), e luteal (22º dia após o sangramento) do ciclo menstrual e verificada as medidas antropométricas e a temperatura corporal basal. Foi utilizado um ergômetro transportável (testes passivos) e um ergômetro fixo (testes motores e reflexos). Para os testes da força passiva as jovens voluntárias foram mantidas com o joelho estendido e o experimentador realizou um movimento de dorsiflexão (velocidade 2º/s) até a flexão plantar máxima, retornando a dorsiflexão com a mesma velocidade. Foram analisados os parâmetros de Range of motion (º), força passiva (Nm), dorsiflexão máxima (º), rigidez passiva (Nm/º) e área durante a curva de dorsiflexão (Nmº). Para os testes reflexos e motores as voluntárias foram posicionadas numa poltrona regulável com uma placa de suporte para o pé sendo ajustada aos ângulos das articulações do joelho e do calcanhar. Foram analisados os parâmetros do reflexo tendinoso (Tmax e Tmin), de Hoffman (Hmax), resposta motora máxima (Mmax), contração voluntária máxima (CVM), Twitch Interpolar (TI) e a eficácia neuromuscular para o reflexo Tmax e a resposta Mmax. Nos testes passivos nenhum parâmetro foi alterado durante as fases do ciclo menstrual exceto a dorsiflexão máxima ou posição passiva e a área durante a curva de dorsiflexão que foram maiores significativamente durante a fase ovular. Todos os parâmetros analisados como cinética do abalo muscular, as amplitudes e latências Tmax, Tmin, Hmax, Mmax, não foram afetados pelas fases do ciclo menstrual. O ENM para o Tmax e o Mmax não foram alterados durante as fases do ciclo menstrual. A CVM, a relação EMG-força, o déficit de ativação, a ativação voluntária e o potencial pós-ativação não foram afetadas pelas fases do ciclo menstrual.

Palavras chave: ciclo estral, ciclo menstrual, desnutrição, propriedades locomotoras, propriedades neuromecânica.

ABSTRACT

In this thesis, an experimental study of the effect of perinatal malnutrition was realized on locomotor parameters in female adult rats during the estrous cycle. Female Wistar newborn rats were separated from the mothers an day after birth. Wistar rat pups were randomly distributed, at birth, from two different groups: Normal nourished group; (N, n = 30); and large Malnourished group; (M, n = 48). The animals remained this way from 1st to 21st day of life. After weaning, the mater-rats were sacrificed and the pups were divided in 6. The groups with 12 females were divided in two groups: A and B after weaning and the groups with 6 females remained in same way. From 1st to 21st day of life, somatical growth and maturation of the physical characteristics were evaluated in animals. The estrous cycle phases were determined by smear vaginal rats during 60 to 90 days of age. The histological observation of the estrous cycle phases was evaluated as well. In 60 days the rats were regrouped in nourished fertile (NF), nourished unfertile (NU), malnourished fertile (MF), and malnourished unfertile (MU) and submitted to locomotor activity. In 90 days of age, the rats were separated in nourished groups (n=8) and malnourished (n=12) and after they were mated. On 15th of pregnancy, the females of both groups were weighted, sacrificed and the reproductive tract was dissected to count the corpus luteus in two ovaries, counting of viable embryos in two uterine horns and the ovary weight was measured. There were reduction of somatical growth and retardation in maturation of the physical characteristics. In histological observation there were alteration of the proportions of the cell types found in estrous cycle phases of malnourished rats. In locomotor activity the parameters of the distances, medium potency, and medium velocity were reduced in malnourished rats. The estrous cycle phases did not affect the locomotor parameters in both groups. In fetal viability the maternal weight on 15th day of gestation, the weight of uterus, the number of viable fetus and non-viable fetus were not modified by perinatal malnutrition.

In the following step, in human beings, the effects of possible variations in the menstrual cycle on the force, the voluntary activation and the reflex excitability in sural triceps muscle group in young women. Nine volunteers (21-38 years of age), with regular menstrual cycle, without using hormonal contraceptive participated in the study. After familiarization sessions, they were tested during the menstrual phases (1st day of bleeding), ovular (15th days after the bleeding) and luteal (22nd days after the bleeding) of the menstrual cycle and examined the anthropometric measures and basal body temperature. Portable ergometer (passive tests) and a fixed ergometer (motor and reflex tests) were used. To the passive strength test the young volunteers were kept with the knee extended and the investigator made a movement of dorsiflexion (speed 2°// s) until the maximum plantar flexion, returning to dorsiflexion with the same speed. We analyzed the parameters of Range of motion (°), passive force (Nm), maximum dorsiflexion (°), passive stiffness (Nm /°) and area under the curve of dorsiflexion (Nm°). To the reflex and the motor tests the younger were positioned on a chair with an adjustable card support for the foot and adjusted to the angles of knee joints and the heel. We analyzed the parameters of tendinous reflex (Tmax and Tmin), of Hoffman (Hmax), maximum motor response (Mmax), maximum voluntary contraction (MVC), Twitch Interpolar (TI) and neuromuscular effectiveness for the reflex response and Tmax and for the Mmax response. In liability tests no parameter was changed during the phases of the menstrual cycle except the maximum dorsiflexion or passive position and the area under the curve of dorsiflexion that were significantly higher during the ovular phase. All analyzed parameters as kinetics of the muscular quake, the amplitudes and latencies Tmax, Tmin, Hmax, Mmax, were not affected by the phases of the menstrual cycle. The ENM for Tmax and Mmax did not change during the phases of the menstrual cycle. The CVM, the EMG-force, the lack of activation, enabling voluntary and potential post-activation were not affected by the phases of the menstrual cycle.

Key words: estrous cycle, menstrual cycle, denutrition, locomotors parameters, neuromecanic proprieties

RESUMÉ

La première partie de cette thèse concerne une étude expérimentale des effets de la dénutrition périnatale sur des paramètres locomoteurs chez des rates adultes étudiées aux différents stades de leur cycle ovarien. Pour constituer les groupes expérimentaux, toutes les femelles ont été séparées de leur mère, un jour après la naissance. Les femelles ont alors été aléatoirement distribuées entre les mères pour former des portées contenant 6 (portée normale) ou 12 (grande portée) petits rates ; deux groupes ont ainsi été formés: les portées normales dont les rats étaient bien nourris puisqu'en petit nombre, groupe N (n=30), et les grandes portées qui ont engendré une sous-alimentation, formant le groupe dénutri, D (n=48). Ces groupes sont restés ainsi constitués du 1^{er} au 21^{ème} jour de vie postnatale. Après sevrage, au 21^{ème} jour, les mères ont été sacrifiées et les rates sevrées ont été placées dans des cages par groupe de six. Du 1^{er} au 21^{ème} jour de vie postnatale plusieurs caractéristiques physiques ont été évaluées pour l'ensemble des animaux. La détermination du cycle ovarien des rates a été réalisée à travers un frottis vaginal entre le 60 et 90^{ème} jour d'âge. Les lames de verre avec les frottis vaginaux colorés par une coloration classique (mélange hématoxyline-éosine, H.E.) ont été analysées histologiquement. L'activité locomotrice des femelles Wistar arrivées à l'âge adulte a été analysée du 60^{ème} au – 65^{ème} jour pendant les phases fertile et non-fertile du cycle ovarien. Ont ainsi été formés quatre groupes : nourri fertile (NF), nourri non-fertile, (NNF), dénutri fertile (DF), dénutri non-fertile (DNF). Pour vérification du développement embryonnaire, après confirmation de l'accouplement, un groupe de femelles des groupes N (n=12) et D (n=8) a été euthanasié avec quinze jours de gestation pour observer l'appareil reproducteur et compter les embryons viables. L'ensemble des paramètres mesurés fait apparaître une atteinte de l'appareil reproducteur pour les femelles du groupe dénutri. L'étude histologique révèle que les femelles du groupe dénutri présentent aux différentes phases du cycle ovarien une pénurie de cellules épithéliales, cornées et de leucocytes. L'étude de l'activité locomotrice démontre une réduction de la distance couverte, de la vitesse moyenne, et de la puissance moyenne pour les rates du groupe N. Les analyses portant sur le développement embryonnaire n'ont pas permis de dégager de différence significative pour les animaux des groupes N et D.

Dans la seconde partie de cette thèse menée à l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) - France, nous abordons les effets éventuels du cycle menstruel sur la force, l'activation volontaire et l'excitabilité réflexe du groupe musculaire triceps sural de femmes jeunes. L'étude a été menée sur une population de 9 femmes volontaires (21-38 ans) de différentes nationalités. Ces femmes, sans pathologie du membre inférieur, ont été choisies pour leur cycle menstruel régulier et le fait qu'elles n'utilisaient pas de contraceptif hormonal. Toutes les volontaires ont été soumises à un pré-test pour le réglage des dispositifs et des équipements, et pour les familiariser aux tests expérimentaux. Les expérimentations ont ensuite été réalisées à trois stades du cycle menstruel. Les phases du cycle menstruel ont été déterminées à partir du comptage des jours, phase menstruelle (1^{er} jour des règles), phase ovulaire (15^{ème} jour après les règles) et phase lutéale (22^{ème} jour après les règles). Deux ergomètres cheville ont été utilisés dont un transportable. L'ergomètre transportable, a été utilisé pour les tests de mesure des propriétés élastiques en conditions passives en position allongée. L'ergomètre fixe est composé d'un fauteuil avec dossier inclinable, fixé sur une structure métallique montée sur rails pour avancer plus ou moins le fauteuil selon les données anthropométriques des sujets. Il permet de réaliser des efforts de flexion plantaire mesurés à l'aide d'un capteur de force. Un marteau à réflexe à commande électromagnétique est placé à l'arrière du pédalier pour la partie du protocole consistant à mesurer le réflexe tendineux. Les tests ont été réalisés dans la suivante séquence : mesures de la force passive et de l'excursion articulaire, du réflexe tendineux, du réflexe de Hoffmann et de la réponse Motrice, mesures des forces et activités du triceps sural en contractions isométriques maximale et sous maximale et des capacités d'activation à partir de la technique de la secousse interpolée. De cette étude neuromécanique, il ressort que la majorité des paramètres mesurés n'ont pas présenté de différence significative selon la phase du cycle à laquelle ils étaient mesurés. Seules la dorsiflexion maximale et l'aire sous la courbe couple passif-angle ont présenté une augmentation significative à la phase ovulatoire, indiquant une plus grande flexibilité de la cheville à ce stade. Cette étude, qui devra être confirmée sur une plus grande population, indique que les mesures qui, en perspective, seront menées chez de jeunes femmes brésiliennes en situation de dénutrition, pourraient l'être sans tenir compte de la phase du cycle menstruel dans laquelle se trouveraient ces femmes lors des mesures.

Mots Clé : cycle œstrus, cycle menstruel, dénutrition, propriété locomoteur, propriétés neuromécaniques

SUMÁRIO

RESUMO

RESUMÉ

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO GERAL (avec résumé en Français)	13
1.1. Aspectos fisiológicos dos ciclos reprodutivos femininos	15
1.2. Alterações no estado nutricional durante os ciclos reprodutivos femininos	25
1.3. Aspectos fisiológicos neuromusculares	29
1.4. Alterações decorrentes do ciclo menstrual sobre parâmetros biomecânicos em mulheres	36
1.5. Repercussões da desnutrição perinatal sob parâmetros biomecânicos em ratas adultas	40
2. HIPÓTESES (avec résumé en Français)	46
ESTUDO 1: <u>“Ciclo estral: repercussões da agressão nutricional precoce sob parâmetros biomecânicos em ratas adultas”</u> (avec résumé en Français)	48
3. OBJETIVO ESTUDO 1	48
4. MATERIAL E MÉTODOS (avec résumé en Français)	50
4.1. Manipulação Nutricional	54
4.2. Estudo das características físicas	55
4.3. Constatação do ciclo estral, coloração e captura de imagens	55
4.4. Avaliação da Atividade Locomotora	58
4.5. Receptividade sexual e acasalamento	61
4.6. Desenvolvimento Embrionário	62
4.7. Análise Estatística	62
5. RESULTADOS ESTUDO 1 (avec résumé en Français)	63
5.1. Desenvolvimento Físico	65
5.2. Aspectos estruturais do ciclo estral de ratas nutridas e desnutridas	68
5.3. Atividade locomotora	71
5.4. Receptividade sexual e acasalamento	74
5.5. Desenvolvimento embrionário	75
ESTUDO 2: <u>“Ciclo menstrual: consequências sobre a biomecânica muscular em mulheres jovens”</u> (avec résumé en Français)	76
6. OBJETIVO ESTUDO 2	77
7. MATERIAL E METODOS ESTUDO 2 (avec résumé en Français)	78
7.1. População estudada	85
7.2. Medidas Antropométricas	86
7.3. Ergômetro Transportável	86
7.4. Ergômetro Fixo	87
7.5. Dispositivos para estimulação elétrica	88
7.6. Canal de medida da atividade eletromiográfica	89

7.7. Dispositivo de percussão tendinosa	90
7.8. Protocolo experimental	91
7.8.1. Força passiva e Amplitude de movimento	92
7.8.2. Reflexo tendinoso	92
7.8.3. Reflexo de Hoffman e resposta motora	93
7.8.4. Contração voluntária e Twitch Interpolar	93
7.8.5. Aquisição de dados	94
7.8.6. Tratamento de dados	96
7.8.7. Analise Estatística	103
8. RESULTADOS ESTUDO 2 (avec résumé en Français)	104
8.1. Medidas antropométricas	106
8.2. Flexão dorsal passiva e Amplitude de movimento	109
8.3. Estimulação supramaximal	112
8.4. Abalo muscular M	113
8.5. Reflexo H maximal	116
8.6. Contração induzida por percussão tendinosa	120
8.7. Contração máxima voluntária (CMV)	128
8.8. Contração submáxima	133
9. DISCUSSÃO GERAL (avec résumé en Français)	136
10. CONCLUSÃO GERAL (avec résumé en Français)	174
11. PERSPECTIVAS GERAL (avec résumé en Français)	176
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	177
13. ANEXOS	193

1. INTRODUÇÃO GERAL

RESUMO EM FRANÇÊS

INTRODUCTION GENERALE

Des études épidémiologiques et des études animales ont démontré que des agressions nutritionnelles pendant les périodes sensibles de développement (fœtale, néonatale ou enfance) peuvent avoir des conséquences ultérieures à travers un mécanisme nommé « programmation ». La programmation peut être induite par des stimulations endogènes (modifications hormonales) ou environnementales (nutrition). La programmation nutritionnelle est l'une des plus importantes, et il a été montré qu'une insuffisance nutritionnelle subie pendant les stades de développement, a des effets permanents sur la structure définitive et les fonctions de l'organisme.

L'utilisation d'animaux d'expérience pour l'étude du cycle reproductif féminin est très répandue. La rate possédant un cycle reproductif court, elle s'avère être un animal idéal pour étudier les modifications qui se produisent pendant le cycle reproductif, pourvu que l'on tienne compte des différences anatomiques et physiologiques entre la rate et la femme. De plus, la rate présente, au cours de son cycle court, des fluctuations hormonales très semblables à celles décrites chez la femme: quoique ne présentant pas de saignement vaginal, la rate présente en fin de cycle des adaptations neuroendocrines qui ressemblent beaucoup à celles décrites chez la femme au moment de la menstruation et l'axe hypothalamus-hypophyse (Pituitary)-gonade (HPG) intervient de façon comparable dans le cycle reproductif.

L'axe HPG possède aussi de fortes influences sur le contrôle du comportement alimentaire tant chez la femme que chez la rate, du fait de l'influence des taux plasmatiques d'œstradiol et de progestérone sur les centres de contrôle du comportement alimentaire. Cela suggère que l'œstradiol et la progestérone participent à la composition corporelle, principalement à travers leurs effets sur le comportement alimentaire.

Dès lors que les hormones stéroïdes, plus spécifiquement les hormones reproductives, influencent l'appétit, les changements cycliques de ces hormones pendant le cycle reproducteur font que l'appétit et la consommation énergétique doivent osciller pendant le cycle, impliquant des fluctuations de la fonction métabolique et du poids corporel.

L'effet des phases du cycle menstruel sur la performance à l'exercice a été étudié par divers auteurs et les résultats rapportés sont conflictuels. Selon la majorité des études, il n'y a

pas de changement significatif de la performance musculaire au cours du cycle menstruel. Quelques études ont rapporté une augmentation de la force musculaire en milieu de cycle, lorsque le niveau d'œstrogène est élevé. D'autres études ont observé une augmentation de la force musculaire dans le début du cycle, lorsque les niveaux d'œstrogène et de progestérone sont bas. D'autres encore proposent une diminution de la force au moment de l'ovulation. Néanmoins, des études qui ont vérifié les niveaux hormonaux pendant les phases du cycle menstruel n'ont pas observé cette corrélation. Ainsi, les évidences physiologiques du rôle des hormones sexuelles sur les fluctuations de la force musculaire restent très obscures.

La fonction métabolique est également touchée par la nutrition fœtale, néonatale et à l'âge adulte. La nutrition fœtale entraîne une série de mécanismes de gestion nutritionnelle, ayant un impact sur la croissance et impliquant des changements permanents sur la structure et la fonction corporelles.

Chez le rat, le régime maternel de restriction protéique (ou hypoprotéique) pendant la gestation et la lactation induit un déficit de croissance au stade néonatal, une modification de l'équilibre glucose/insuline, un dysfonctionnement du cycle reproducteur chez l'adulte et des modifications du développement du muscle squelettique.

Chez le rat et l'Homme, le développement du contrôle postural et la locomotion peuvent être affectés de façon persistante par la malnutrition. À travers l'analyse de paramètres biomécaniques musculaires (tension, relaxation et fatigue musculaires), il a pu être vérifié que la dénutrition peut aussi modifier la performance musculaire de rats adultes, même si cette malnutrition est imposée sur de courtes périodes.

Sur la base du court exposé ci-dessus, nous aborderons dans ce travail deux études distinctes. La première étude concernera les effets à long terme d'une agression nutritionnelle néonatale sur le comportement et la locomotion de rates adultes au cours de leur cycle ovarien. Si les études sur les répercussions de la dénutrition précoce sur des paramètres biomécaniques chez des rats mâles adultes sont nombreuses, peu de travaux ont été menés pour analyser les effets sur la fonction musculaire de la dénutrition précoce chez des rates adultes en âge reproductif, et au cours de leur cycle ovarien. Nous avons entrepris une telle étude au Laboratoire du Département de Nutrition dans l'Université fédérale de Pernambuco, à Recife au Brésil en mesurant les paramètres locomoteurs chez des rates sous-alimentées aux différents stades du cycle ovarien.

La seconde étude, menée au sein de l'UMR CNRS Biomécanique et Bioingénierie de l'Université de Technologie de Compiègne, vise à analyser les éventuelles modifications de

paramètres neuromécaniques au cours du cycle menstruel. Nous nous intéresserons au groupe musculaire triceps sural en appliquant un protocole déjà utilisé au laboratoire pour mettre en évidence les modifications des propriétés de ce groupe musculaire suite à un séjour en microgravité, avec l'âge d'enfants prépubères ou encore pour mettre en évidence des variations circadiennes des propriétés neuromécaniques.

Dans une discussion générale nous dégagerons les principales influences des cycles ovarien ou menstruel sur la fonction musculaire puis nous indiquerons les perspectives à donner à ce travail de thèse en co-tutelle.

INTRODUÇÃO

1.1.Aspectos fisiológicos dos ciclos reprodutivos femininos

Os ratos (e todos os outros modelos animais) podem ser uma poderosa ferramenta e com possibilidade de aplicação em representações humanas, contanto que, as diferenças anatômicas, fisiológicas e do desenvolvimento biológico devam ser tomados em consideração (QUINN, 2005).

A utilização de animais experimentais para o estudo do ciclo reprodutivo feminino é bem conhecida. Como as ratas possuem ciclos reprodutivos curtos são animais ideais para se investigar alterações que ocorrem durante o ciclo reprodutivo (SPORNITZ et al. 1999; MARCONDES et al., 2001). Também por apresentarem flutuações hormonais muito parecidas às descritas em mulheres (FINK, 1988).

O ciclo reprodutivo das ratas é chamado de ciclo estral e possui duração média de quatro dias (LONG e EVANS, 1922; FREEMAN, 1988; MANDL, 1951). As ratas apresentam ciclo estral regular, que se caracteriza por mudanças morfológicas nos ovários, útero e vagina (MENDONÇA et al., 2002).

A ciclicidade estral da rata pode ser classificada em quatro fases: proestro, estro, metaestro e diestro (MARCONDES et al., 2002). Através do exame colpocitológico vaginal, pode-se determinar as fases do ciclo estral da rata, que se

caracterizam quanto ao tipo e quantidade de células descamadas, do índice acidófilo, da infiltração leucocitária e da presença de muco no exame colpocitológico (MARCONDES et al., 2002; MENDONÇA et al., 2002).

O proestro é a fase de grandes alterações hormonais, ocorrendo picos de hormônio luteinizante (LH), prolactina (PRL) e hormônio folículo-estimulante (FSH); esta é a fase em que ocorre a ovulação (FREEMAN, 1994). O estro corresponde à fase em que a fêmea está receptiva ao macho e caracteriza-se por uma intensa queratinização e descamação vaginal, sendo está à fase pós-ovulatória (MARCONDES et al., 2002). O metaestro e o diestro são fases não férteis sendo caracterizado pela presença predominante de leucócitos (MARCONDES et al., 2002).

O ciclo estral dos roedores pode sofrer variações de acordo com a idade, estação do ano, origem do animal, bem como as condições alimentares (MENDONÇA et al., 2002).

Apesar de não apresentar sangramento vaginal, os mecanismos neuroendócrinos envolvidos no processo reprodutivos se assemelham muito aos da mulher. Sendo a menstruação um processo diferente.

A menstruação traduz-se por uma hemorragia e marca o início de todo o ciclo sexual feminino representando os anos de reprodução da mulher (MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000). Iniciam-se com a menarca estendendo-se até a menopausa podendo variar conforme a regularidade, tendo duração média de 28 dias, variando entre 25 e 30 dias. (BUFFET et al., 1998; LEITE e MANHÃES-DE-CASTRO, 2007).

O ciclo reprodutivo nas mulheres é dividido em três fases: folicular (menstrual), ovular e lútea (BUFFET et al., 1998; YOUNG et al., 1999). A fase folicular dura em média de 12 a 16 dias, sendo marcada pela maturação de um

folículo ovariano (BUFFET et al., 1998; YOUNG et al., 1999). Já, a fase lútea perdura durante 10 a 16 dias, se caracterizando pela presença do corpo lúteo (BUFFET et al., 1998; YOUNG et al., 1999). O óvulo não sendo fecundado, o corpo lúteo regride em 9 a 11 dias após a ovulação (BUFFET et al., 1998; YOUNG et al., 1999). O declínio da taxa de estradiol e de progesterona acarreta na descamação e na eliminação pelo endométrio do fluxo menstrual (BUFFET et al., 1998; YOUNG et al., 1999).

Entretanto, o acontecimento que mais favoreceu o estudo do ciclo reprodutivo foi à descoberta de Stockard e Papanicolaou (1917), de que a vagina, bem como o útero dos animais, sofria alterações cíclicas nítidas, possibilitando no futuro o isolamento e a identificação final dos hormônios ovarianos. A maturação sexual é um processo gradual, que depende da maturação do SNC (MCCANN et al. 1960).

Os ciclos reprodutivos são resultado de uma seqüência de interações entre o do eixo Hipotalâmico-pituitária-gonadal (HPG) com a ação dos hormônios sexuais modulando seu efeito (KNOBIL, 1980; MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000; BUFFET e BOUCHARD, 2001). Grande parte do que se sabe hoje foi descoberto através de experimentos relacionados ao ciclo estral das ratas, que, assim como as mulheres, apresentam um mecanismo endógeno para a ovulação. (MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000).

O hipotálamo, através da produção de GnRH, controla a liberação pela adenohipófise do FSH e do LH. Estes hormônios controlam a função ovariana, comandando os processos de maturação folicular, ovulação, formação do corpo lúteo e síntese dos esteróides sexuais (Figura 1 e 2) (FINK, 1988; MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000; BUFFET E BOUCHARD, 2001).

CICLO ESTRAL

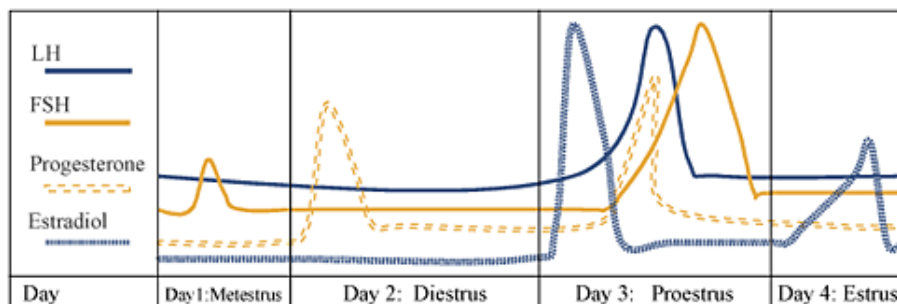


Figura 1. Demonstração esquemática da variação hormonal do ciclo estral em ratas (BUFFET E BOUCHARD, 2001).

CICLO MENSTRUAL

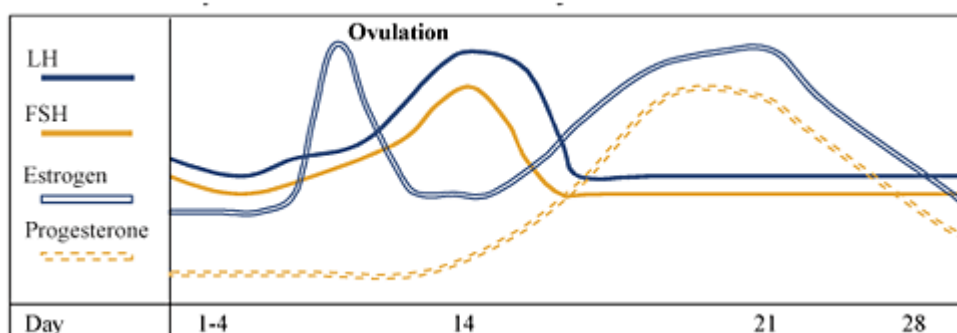


Figura 2. Demonstração esquemática da variação hormonal do ciclo menstrual em mulheres (BUFFET & BOUCHARD, 2001).

No ciclo estral a progesterona encontra-se em altas doses no metaestro, seguindo para uma diminuição na fase de diestro (RICHARD, 1986). Com a chegada do proestro, a taxa de progesterona cai bastante e apenas no início do estro (nas proximidades da ovulação) é que ela recupera seu pico máximo, decaindo em seqüência para começar a apresentar uma elevação dos níveis séricos ou plasmáticos novamente entre estro e metaestro (RICHARD, 1986)

O estradiol, de modo geral, mantém-se em níveis baixos e quase constantes durante o metaestro e diestro, crescendo de modo rápido atingindo um pico no proestro, tornando a cair no final do estro, o qual permanece em níveis baixos até o final do diestro, do próximo ciclo (RICHARD, 1986).

Tanto, o LH como o FSH têm um aumento rápido de suas concentrações durante o proestro, diminuindo durante o estro (RICHARD, 1986). O ciclo menstrual é bastante dependente dos mecanismos de *feedback* positivo e negativo no ovário (MESSINIS, 2006). O padrão normal desses mecanismos mudam no decorrer dos anos; antes da puberdade existe apenas o *feedback* negativo, e após a menopausa há ausência de ambos os mecanismos (MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000). Durante o ciclo menstrual normal, as substâncias esteróides e não-esteróides mediam os efeitos ovarianos através do eixo HPG (MESSINIS, 2006).

Em geral, o estradiol exerce *feedback* negativo tanto sobre a liberação de GnRH como sobre a liberação hipofisária de FSH e LH (Figura 3) (MESSINIS, 2006). Além do *feedback* direto do estradiol sobre a hipófise e o hipotálamo, as células da granulosa secretam inibina, que inibe especificamente a secreção de FSH pela hipófise anterior (FINK, 1988). Contudo, a secreção de LH nem sempre se comporta como se fosse regulada por *feedback* negativo; o pico de LH que causa a ovulação ocorre mesmo que os níveis de estradiol estejam se elevando (Figura 3) (KNOBIL, 1980). O pico de LH pode ser explicado pelo fato de que a hipófise anterior responde a alterações dos níveis plasmáticos de estradiol (MESSINIS, 2006). Quando estes são constantes, predomina o controle por *feedback* negativo da secreção de gonadotrofinas, mas, quando os níveis de estradiol sobem rapidamente para um valor elevado, como ocorre durante a fase folicular, a alça de *feedback* negativo é ineficaz; a hipófise é estimulada a liberar mais gonadotrofina pelos níveis crescentes de estradiol (BUFFET E BOUCHARD, 2001).

Três fatores são considerados como sendo responsáveis pelo *feedback* positivo sobre a secreção de estradiol durante a fase folicular (Figura.3): (1) o estradiol estimula a divisão das células da granulosa e promove secreção ainda

maior de estradiol; (2) o estradiol aumenta a capacidade de fixação de FSH das células da granulosa; e (3) o estradiol e o FSH possui efeito combinado para causar o aparecimento de receptores do LH nas células granulosa, e a ligação do LH a estas células estimula ainda mais a produção de estradiol (FINK, 1988; MESSINIS, 2006).

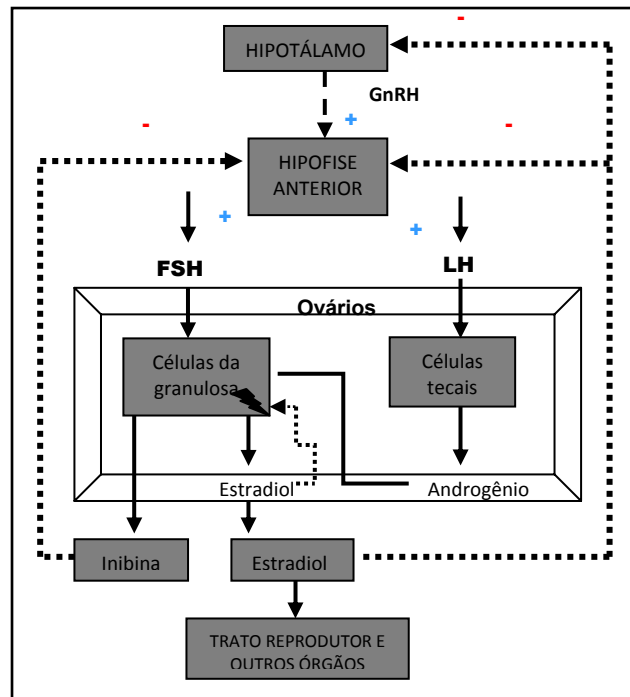


Figura. 3 Controle hormonal da função ovariana no decorrer das fase folicular. Representação esquemática do *feedback* negativo pelas quais o estradiol e a inibina secretados pelos ovários regulam a secreção de gonadotrofinas pela hipófise anterior. A inibina é um hormônio glicoprotéico que inibi a secreção de FSH. A flecha a interrompida no quadro da célula granulosa significa a conversão de andrógeno em estrogênio nas células. A linha pontilhada no quadrado do ovário indica que o estrogênio estimula a função das células granulosa (*feedback* positivo local) (VANDER, 2004).

É bem conhecido o papel do E₂ como principal componente do efeito do *feedback* positivo dos ovários sobre o sistema hipotálamo-pituitário (MESSINIS, 2006). Em adição, o controle do esteróide mediador da secreção de gonadotrofina, dos peptídeos ovarianos e glicoproteínas (principalmente a inibina α e β) têm um papel na regulação dos níveis gonadotrópicos (BUFFET E BOUCHARD, 2001). Os níveis da inibina β entram em ascensão durante a fase folicular e diminuem imediatamente após o pico de LH, ocorrendo um breve impulso dois dias após a

ovulação; assim, os níveis da inibina β permanecem baixos durante a fase lútea (BUFFET E BOUCHARD, 2001). Os níveis da inibina α aumentam no final da fase folicular para atrasar o pico de concentração do LH e FSH (BUFFET E BOUCHARD, 2001).

Este *feedback* positivo ocasiona um grande aumento de LH e um pequeno aumento de FSH que ocorrem por volta da metade do ciclo, antes da ovulação (Fig.2) (KNOBIL, 1980; MESSINIS, 2006). Durante a fase lútea do ciclo, a presença de progesterona modifica a capacidade de resposta da hipófise anterior a níveis elevados de estradiol, impedindo o *feedback* positivo que poderia causar outro pico de LH (MESSINIS, 2006). Durante a fase lútea, o *feedback* negativo predomina e a secreção de gonadotrofinas é regulada em nível estável e relativamente baixo (Figura. 4) (FINK, 1988; MESSINIS, 2006). Esses dois mecanismos de feedback são importantes determinantes da relação entre os ovários e o sistema hipotalâmico-pituitária (MESSINIS, 2006).

Dentre esteróides ovarianos, o E_2 e a progesterona são os principais mediadores do efeito de contenção da secreção de gonadotrofina durante o ciclo menstrual normal (MESSINIS, 2006). Estes ciclos de secreção de estrogênio e progesterona pelos ovários continuam até que uma redução gradual da regularidade dos ciclos leva à menopausa. A época da menopausa, o número de folículos aparece esgotado e os ovários ficam incapazes de secretar esteróides em resposta às gonadotrofinas. Esta perda da função ovariana é completa (SCHAUF, et.al. 1993; BUFFET e BOUCHARD, 2001; MESSINIS, 2006).

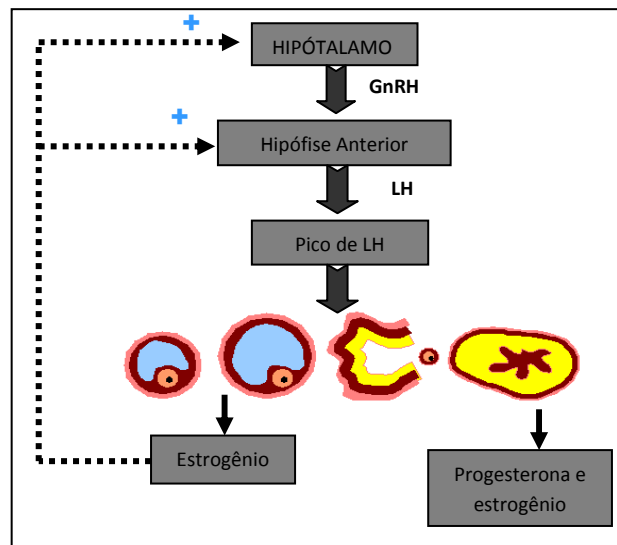


Figura. 4 Vias que formam o feedback positivo para a secreção de LH durante o estágio folicular do ciclo menstrual. O feedback positivo culmina num pico de LH que faz o folículo de Graaf ovular. Na fase folicular, o folículo dominante, secreta grandes quantidades de estrogênio, atingindo a hipófise anterior e o hipotálamo assim, induzindo o pico de LH. O aumento da concentração plasmática do LH induz a ovulação e a formação do corpo lúteo. Esses efeitos do corpo lúteo são mediados pelas células granulosas (VANDER, 2004).

Síndrome Pré-Menstrual

A desregulação do eixo HPG é bastante observada em distúrbios psicológicos como a Depressão Maior. É pouco estudado o efeito das alterações dos esteróides sexuais do eixo HPG durante as fases do ciclo menstrual. A determinação do papel dos esteróides sexuais na regulação do eixo HPG se faz importante para compreender a fisiopatologia da síndrome pré-menstrual (SPM) (ROCA, et.al. 2003).

As variações hormonais ovarianas durante o ciclo menstrual parecem ter influência sobre os sintomas da SPM (BÄCKSTRÖM et.al., 2003; INDUSEKHAR, et.al. 2007). A exata etiologia ainda não foi esclarecida, mas existem evidências que, possíveis fatores neuroendócrinos e hormonais contribuem para SPM (INDUSEKHAR, et.al. 2007).

A SPM é um grupo de sintomas, variando em grau e severidade, que ocorrem durante a fase lútea do ciclo menstrual. Só ocorre em mulheres em idade reprodutiva. É caracterizado por mudanças comportamentais, somáticas e

alimentares (CROSS et.al., 2001; SAMPAIO, 2002; CAMPAGNE e CAMPAGNE, 2007), por sintomas afetivos e diminuição da adaptação ao estresse (ROCA, et.al. 2003; INDUSEKHAR, et.al. 2007).

Epidemiologicamente estima-se que mais de 75% das mulheres em idade reprodutiva tenham tido alguma experiência de sintomas pré-menstruais decorrentes do ciclo menstrual. Mais de 100 sintomas entre eles, físicos e psicológicos foram descritos pela *“International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems”*, 10ª revisão (ICD-10) (STEINER, 2000).

Aproximadamente 3% a 8% das mulheres em idade reprodutiva demonstram muitos dos severos sintomas pré-menstruais, tais como: sensibilidade no seio, constipação ou diarreia, cólicas, retenção hídrica com ganho de peso, fadiga, alterações de humor, insônia, suor nas extremidades, tontura, desmaio, dor de cabeça, mudanças no apetite e no comportamento alimentar, dificuldade de concentração, menor rendimento, somatização (visão borrada, dor no peito, sufocação, entorpecimento, formigamento), dor no período de ovulação e acne; tudo isso, acarretando sérias interferências no bem-estar da mulher (CROSS et.al., 2001; SAMPAIO, 2002).

Sem o alívio desses sintomas, a relação familiar, social e profissional dessas mulheres, pode decorrer em prejuízo substancial a cada mês, e com a frequência, ao longo dos anos (STEINER, 2000).

Sabe-se que as mudanças nas concentrações dos hormônios sexuais através do ciclo menstrual são susceptíveis a decorrência da SPM. Muitas estratégias terapêuticas de tratamento têm sido propostas, como: supressão da ovulação através de tratamento hormonal; correção de anomalias neuroendócrinas através de tratamento com fármacos; tratamento não farmacológico como: exercício aeróbico,

relaxamento, acupuntura; e outros métodos, recém estudados, como: medicina homeopática, dieta suplementar e terapia cognitiva e comportamental. (STEINER, 2000; RAPKIN, 2003; INDUSEKHAR, et.al., 2007).

Comportamento Psicológico e Ciclo Menstrual

Os estudos mostram que as mulheres têm ao menos um sintoma da SPM durante seu ciclo. Entretanto, há evidências que mulheres com SPM possuem uma vida mais estressante (STEINER, 2000; RAPKIN, 2003; INDUSEKHAR, et.al., 2007). Muitos dos sintomas levam a uma incapacidade emocional, comportamental e física, particularmente no domínio familiar, de relacionamentos pessoais, na produtividade profissional e nas atividades sociais (INDUSEKHAR, et.al., 2007). A predominância grave da forma psicológica da SPM é chamada de “distúrbio disfórico pré-menstrual” (DDPM) que atinge cerca de 2-6% de mulheres menstruadas (STEINER, 2000; BÄCKSTRÖM et.al., 2003; RAPKIN, 2003; INDUSEKHAR, et.al., 2007). A DDPM requer um diagnóstico específico baseando-se na 4ª edição do “*Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders*” (DSM IV).

As mulheres com SPM apresentam recorrentes sintomas somáticos e /ou psicológicos, que ocorrem especificamente, durante a fase lútea do ciclo, se estendendo até o início ou fim da mesma (STEINER, 2000; RAPKIN, 2003; INDUSEKHAR, et.al., 2007). Os sintomas variam entre os psicológicos (ansiedade, irritabilidade, depressão, sensibilidade emocional, letargia, insônia), e os físicos (sensibilidade nas mamas, fadiga muscular, ganho de peso, dores durante a ovulação) (CROSS et.al., 2001; SAMPAIO, 2002; INDUSEKHAR, et.al., 2007).

Estima-se que algumas alterações comportamentais possam ser agravadas durante o período pré-menstrual, como: comportamento criminal, tentativa de

suicídio, abstinência no trabalho, admissão hospitalar; tudo podendo estar associado com as alterações decorrentes do ciclo menstrual (INDUSEKHAR, et.al., 2007).

A estratégia terapêutica indicada para as alterações do comportamento psicológico é a psicoterapia cognitivo-comportamental. É focalizada na mudança da disfunção do pensamento, comportamento e das emoções. Estudos indicam que este enfoque psicoterápico reduz os efeitos negativos decorrentes da SPM podendo ter efeitos duradouros (BLAKE, et. al. 1998; INDUSEKHAR, et.al., 2007).

1.2. Alteração no estado nutricional durante os ciclos reprodutivos femininos

A regulação do comportamento alimentar ocorre por interação complexa entre mecanismos de controle periféricos e centrais (YORK, 1999; LOPES DE SOUZA et al., 2003).

O eixo hipotalâmico-pituitária-gonadal (HPG) possui forte influência no controle alimentar de forma cíclica, em diversas espécies do gênero feminino, devido à influência plasmática do estradiol e da progesterona (ASARIAN e GEARY, 2002).

O eixo HPG parece influenciar primariamente, no tamanho da refeição, do que o número de refeições (ASARIAN e GEARY, 2002).

A regulação da ingestão energética diária em ratas, da ingestão energética diária varia através do tamanho da refeição, do número de refeições ou ambas (VARMA et al., 1999; ASARIAN e GEARY, 2002). A ingestão energética, o comportamento alimentar e os índices individuais do tamanho da refeição e o número de refeições varia conforme a circulação do estradiol (VARMA et al., 1999). Durante o proestro quando o nível do estradiol está alto, a ingestão energética reduz através da diminuição do tamanho da refeição, não compensada pelo aumento do número de refeições (VARMA et al., 1999). Durante o metaestro e o diestro, a ingestão energética é maior devido o aumento do tamanho da refeição (VARMA et

al., 1999). O estrógeno modula a ingestão energética e o ritmo da alimentação através do eixo HPG (VARMA et al., 1999; ASARIAN e GEARY, 2002).

Os hormônios ovarianos regulam a ingestão energética através do efeito direto sobre padrões neurais (RICHARD, 1986). Isso sugere que o estradiol e a progesterona regulam a composição corporal principalmente através dos seus efeitos sobre o comportamento alimentar (TOTH et al., 2001).

No estudo de Eckel e Colaboradores (2000) demonstraram que a redução da ingestão alimentar durante o estro é devido a mudanças seletivas no controle neurobiológico do tamanho da refeição. A redução do tamanho da refeição durante o estro parece ser dependente da fase pré-ovulatória do estradiol (ECKEL et al., 2000). O estradiol tem um efeito diário sobre o padrão de ingestão energética influenciando na relação tamanho/numero de refeições (VARMA et al., 1999).

A análise do padrão alimentar em ratas ovariectomizadas dão suporte as inter-relações entre o estrogênio e o tamanho da refeição (ECKEL et al., 2000).

Assim, a reposição hormonal com estradiol é suficiente para restaurar a redução do tamanho da refeição que está associado com o estro intacto, em ratas com o ciclo natural (ASARIAN e GEARY, 2002).

A retirada do ovário acarreta perda dos hormônios ovarianos e conseqüentes aumento de proteínas e lipídios corporais (RICHARD, 1986; WADE e GRAY, 1979). A reposição hormonal através do estradiol causa aumento de proteínas e lipídios corporais (RICHARD, 1986), o que não é visto através da reposição da progesterona (RICHARD, 1986; WADE e GRAY, 1979). Esse efeito dos hormônios ovarianos sobre a composição corporal pode ser derivado de mudanças na ingestão energética (TOTH et al., 2001). Estudos demonstram que hormônios ovarianos regulam a ingestão alimentar através do efeito direto sobre as vias neuronais

(DAGNAULT e RICHARD, 1997). A reposição hormonal produz o padrão normal da alimentação espontânea e os níveis normais da ingestão energética total e do peso corporal em ratas ovariectomizadas (ASARIAN e GEARY, 2002). Isto sugere que o estradiol e a progesterona regulam a composição corporal primariamente através de seus efeitos sobre o comportamento alimentar (TOTH et al., 2001).

Em mulheres, a alimentação é consideravelmente baixa durante a fase pré-ovulatória do ciclo menstrual do que durante as outras fases (ASARIAN e GEARY, 2002). As flutuações no metabolismo hepático, glicogênese, armazenamento de glicogênio e lipídio, junto com as mudanças do tecido adiposo e, em paralelo com as flutuações hormonais do ciclo menstrual devem contribuir, para mudanças na ingestão alimentar (BUFFENSTEIN, et.al., 1995). Essas alterações devem direta ou indiretamente ser afetadas pelas ações dos esteróides ovarianos (BUFFENSTEIN, et.al., 1995).

Os hormônios esteróides, especificamente os hormônios reprodutivos, estrogênio e progesterona, devem influenciar no apetite; concomitantemente com as mudanças cíclicas desses hormônios durante o ciclo menstrual (BUFFENSTEIN, et.al., 1995). Assim, tanto o apetite, como o consumo energético devem oscilar (BUFFENSTEIN, et.al., 1995; CROSS, et.al.2001), o que acarreta o aumento no peso durante o ciclo (SAMPAIO, 2002).

A ingestão alimentar pode ser avaliada pelos aspectos quantitativos do consumo alimentar, tais como: o valor energético alimentar e a composição dos macros nutrientes (proporção de gordura, proteína e carboidratos) (BUFFENSTEIN, et.al., 1995). O apetite é representado pelos aspectos qualitativos como: escolhas, preferências e apreciação alimentar e os aspectos sensoriais do alimento (gosto, paladar, cheiro) (DYE e BLUNDELL, 1997).

Alguns estudos mostram que o consumo alimentar deve aumentar de 12-38% da fase folicular para a fase lútea, com o aumento de 50% do consumo de carboidratos, afetando o metabolismo de eletrólitos, de nitrogênio, de glicose e o percentual de água, podendo está relacionada com as mudanças nas concentrações séricas de estrogênio e progesterona ao longo do ciclo (BISDEE et.al. 1989; KUGA, et.al. 1999; DYE e BLUNDELL, 1997; SAMPAIO, 2002). Outros estudos mostram que a ingestão alimentar diminui por volta da ovulação (DYE e BLUNDELL, 1997; ECKEL et al., 2000). Isto evidencia que a ingestão energética é baixa na fase folicular, onde é mais alta secreção de E2, que durante a fase lútea (BUFFENSTEIN, et.al., 1995; PELKMAN, et.al., 2001; ASARIAM e GEARY, 2006). Ambos o E2 e o P encontram-se elevados na fase lútea (DYE e BLUNDELL, 1997). Em contraste, nenhum estudo observou as alterações descritas anteriormente, uma significância estatística, em mulheres que utilizam contraceptivo oral ou possuem o ciclo anovular (CROSS, et.al., 2001). Em ambos os casos, as flutuações cíclicas hormonais são ausentes ou mínimas (BUFFENSTEIN, et.al., 1995; ASARIAM e GEARY, 2006).

Os dados mostram que as mulheres devem alimentar-se cerca de 10% menos durante o primeiro terço do ciclo, o que corresponde a uma quantidade mais que suficiente para afeta o valor energético (DYE e BLUNDELL, 1997; ASARIAM e GEARY, 2006).

O ciclo menstrual não influencia apenas o apetite e a ingestão energética, mas também, nos tipos de macro nutrientes ingeridos, na seleção de produtos alimentícios, bem como desenvolvimento de compulsão por determinados alimentos (DYE e BLUNDELL, 1997; SAMPAIO, 2002).

Alguns estudos sugerem que a seleção de macro nutriente deve altera-se conforme a oscilação hormonal (BUFFENSTEIN, et.al., 1995; DYE e BLUNDELL, 1997). Preferencialmente, os macros nutrientes selecionados são os carboidratos, proteínas e gordura durante a fase lútea (SAMPAIO, 2002). Mas, outros estudos relatam que não há uma seleção particular de macro nutriente e sim o aumento da ingestão energética (BUFFENSTEIN, et.al., 1995; DYE e BLUNDELL, 1997; KUGA, et.al. 1999; CROSS, et.at. 2001; SAMPAIO, 2002; ASARIAM e GEARY, 2006).

Nenhuma das mudanças induzidas pelas flutuações hormonais ou pela SPM deve ser detectada em vários aspectos alimentares, incluindo mudanças na fome, na ansiedade para determinados alimentos, alteração do tamanho das refeições ou lanches, o ajuste no consumo de gordura e carboidratos, e todas as mudanças na ingestão energética (DYE e BLUNDELL, 1997; SAMPAIO, 2002; ASARIAM e GEARY, 2006).

1.3. Aspectos fisiológicos neuromusculares

Contração e força muscular

A contração do músculo esquelético é um exemplo de mobilidade celular acompanhada do funcionamento de filamentos entrelaçados dispostos no citoesqueleto (HUXLEY, 1974; CLARK et al., 2002). As interações moleculares produzidas pela actina e miosina em cada sarcômero são eficientes no movimento macroscópico da contração (HUXLEY, 2000; CLARK et al., 2002).

A actina é constituída por um polipeptídio fino (filamento fino), mas também inclui as proteínas reguladoras tropomiosina e troponina (GEEVES, 1991). Já, a miosina (filamento grosso) é formada por uma proteína espessa, com uma cadeia dupla e longa, com uma cauda em hélice, que termina em duas cabeças globulares largas (SQUIRE, 1970; GEEVES, 1991).

Esses elementos estruturais e moleculares do músculo esquelético justificam a análise do comportamento mecânico do músculo esquelético através da utilização de um modelo (GEEVES, 1991). Este modelo foi proposto por Hill (1938), permitindo re-transcrever as relações características da mecânica muscular, sendo estabelecida através de três componentes: caracterizados como Componente Contrátil (CC), Componente Elástico em Série (CES) e Componente Elástico em Paralelo (CEP), numa representação macroscópica no nível do complexo músculo-tendão (Figura 5).

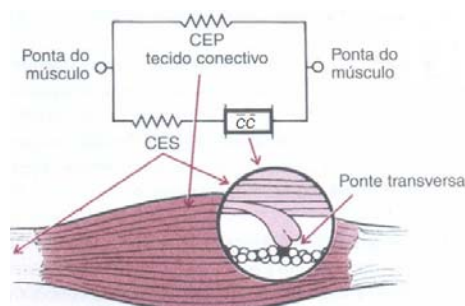


Figura 5. Modelo mecânico de três componentes do músculo consiste em um componente contrátil (CC), sendo o componente ativo localizado no nível das miofibrilas, onde ocorre a ligação transversa das pontes; componente elástico em série (CES) sendo um componente passivo localizado no tendão e nas pontes transversas e o componente elástico paralelo (CEP), também passivo localizado no tecido conectivo.

O componente contrátil (CC) do músculo é localizado nos sarcômeros e corresponde anatomicamente as pontes transversas de actina e miosina; convertendo energia química, em mecânica (YU et al., 1970).

O componente elástico em série (CES) está localizado em série com o CC, onde possui uma parte passiva (estruturas tendinosas) e outra ativa (pontes de actina e miosina) (HUXLEY, 1974). Dois papéis podem ser atribuídos a este componente: 1) responsável pela ligação entre o CC e a periferia; 2) possui papel de transmissão de diferentes tensões desenvolvidas pelo CC (WELLS, 1965).

O CES apresenta uma visco-elasticidade que depende das qualidades morfológicas e estruturais do músculo e do tendão; um músculo lento, tal qual o solear, apresenta maior rigidez do que um músculo rápido (WELLS, 1965). Essas

diferenças podem ser em virtude dos diferentes comprimentos dos tendões e músculos escolhidos; as quais foram confirmadas ao nível de unidades motoras (PETIT et al., 1990), como também ao nível de fibra muscular (TOURSEL et al., 1999).

O componente elástico paralelo (CEP) está localizado, paralelamente, ao CC e ao CES. O CEP está anatomicamente representado pelo tecido conjuntivo, sarcolema e as pontes residuais de actina e miosina.

Propriedades contráteis do músculo esquelético

Sabe-se que o momento máximo de força durante uma contração voluntária depende dos níveis de ativação voluntária muscular (KUBO, et al., 2004). E a força que o músculo pode produzir não depende apenas dos comandos neurais gerados através do sistema nervoso central, mais também de seu comprimento (KUBO et al., 2004). A força efetuada por esse componente contrátil vai depender do comprimento e da velocidade o qual é efetuada a contração, sendo diferente entre a força isométrica e isocinética (HUXLEY, 2000).

A técnica de twitch interpolar é uma maneira de avaliar a ativação voluntária máxima através da contração voluntária (BULLOW et al., 1993). Quando um estímulo elétrico supramaximo é aplicado a um nervo durante contração voluntária, as respostas contráteis das unidades motoras ainda não ativadas são recrutadas comandando o aumento de força (KOOISTRA et al. 2007). O aumento da ativação voluntária e o aumento da força reduzem conseqüentemente a estimulação elétrica (KOOISTRA et al. 2007). Com o aumento do estímulo supramaximal induzido após uma contração é possível observar o potencial de pós-ativação muscular (VANDERVOORT et al. 1983; BAUDRY e DUCHATEAU, 2007). O potencial de pós-ativação também é realçado pela taxa máxima de força desenvolvida e pela

velocidade de encurtamento muscular durante as contrações voluntárias e induzidas eletricamente (BAUDRY e DUCHATEAU, 2007). Muitos estudos mostram que o pico de potencial de contração voluntária ou induzida ocorre um minuto após a contração voluntária máxima, enquanto que o potencial de twitch (abalo muscular induzido) é máximo imediatamente a contração (VANDERVOORT et al. 1983; BAUDRY e DUCHATEAU, 2007). Muitas contribuições mecânicas são diferentemente potencializadas após o estado de contração (BAUDRY e DUCHATEAU, 2007; BAUDRY et al. 2008)

Propriedades visco-elásticas do músculo esquelético

A extensibilidade passiva do músculo esquelético pode ser definida como a habilidade do músculo esquelético em alongar sem haver ativação muscular (GAJDOSIK, 2001). Essa extensibilidade passiva é um importante componente da função muscular total por causa da reserva do comprimento máximo do músculo ativado e não-ativado (GAJDOSIK, 2001; MOSELEY et al., 2001; McNAIR et al., 2002). O comprimento máximo muscular contribui para junção máxima da amplitude de movimento que é geralmente influenciado pelas atividades funcionais e de desempenho atlético.

Quando o músculo em repouso é passivamente alongado é produzida uma resistência através de influências de muitas estruturas e mecanismos (BRODIE, 1896; GAJDOSIK et al., 2001; 2005). A resistência passiva pode ser influenciada pelo tamanho e comprimento das fibras musculares (CES) e pela quantidade de tecido conectivo (CEP) (GEEVES, 1991; GAJDOSIK, 2001).

Em humanos, o alongamento máximo do músculo estando indissociável do osso e de outro tecido não muscular, pode corresponder avaliação angular da

junção passiva máxima do “range of motion”, representando o alongamento máximo do músculo (GAJDOSIK, 2001; 2005).

A avaliação da extensibilidade passiva na musculatura humana vem sendo extensamente pesquisada (MOSELEY et al., 2001; GAJDOSIK, 2001; 2005; LEITE et al., 2008b). Estudos têm mostrado que a resistência da força passiva do músculo esquelético aumenta a maneira curvilínea das unidades músculo–tendão do mínimo ao máximo alongamento (BRODIE, 1896; GAJDOSIK et al., 2005). Investigações mostram que as combinações das estruturas anatômicas são responsáveis por esse aumento curvilíneo (GAJDOSIK et al., 2005).

A unidade músculo-tendão (UMT) do músculo esquelético demonstram comportamentos visco-elástico passivo em resposta ao alongamento (GAJDOSIK et al., 2005). Um importante parâmetro que deve influenciar as variáveis biomecânicas como a rigidez e o pico de tensão passiva é a velocidade do alongamento (McNair et al., 2002). A UMT exibem comportamentos elásticos que dependem da carga aplicada no alongamento, e também, exibem comportamentos viscosos que dependem da velocidade do alongamento aplicado (GAJDOSIK, 2001).

A avaliação da extensibilidade passiva muscular em humanos apresenta um grande desafio por causa das dificuldades encontradas em isolar e estudar um músculo específico (GAJDOSIK, 2001). Através do uso de tecnologias computacionais, foi possível a integração simultânea da velocidade do alongamento, deslocamento angular, resistência passiva (GAJDOSIK, 2001) e atividade eletromiográfica (EMG), desta forma, facilitando sobremaneira o estudo da extensibilidade passiva (MOSELEY et al., 2001 LEITE et al., 2008b).

Assim, o alongamento muscular passivo pode ser definido, operacionalmente, quando a atividade EMG recolhida pelos eletrodos de superfície é nula (MOSELEY

et al., 2001; GAJDOSIK, 2001; LEITE et al., 2008b). Já, o ponto final do alongamento foi definido como desconforto sentido pelo sujeito (GAJDOSIK, 2001). A identificação precisa do ponto final do alongamento é importante por causa da avaliação da extensibilidade passiva e as propriedades visco-elásticas, e as mudanças nessas propriedades que resultam em intervenções (GAJDOSIK, 2001).

Propriedades reflexas do músculo esquelético

As propriedades reflexas podem ser verificadas através do reflexo de Hoffmann (reflexo H) e do reflexo tendinoso (reflexo T).

O reflexo H é um reflexo espinal que pode ser evidenciado através da estimulação elétrica de um nervo periférico. A estimulação elétrica do nervo periférico causa impulsos que percorrem através das fibras aferentes (Ia) através da raiz dorsal via medula espinal, onde as conexões sinápticas são feitas com os α -motoneurônios, os quais inervam ao mesmo músculo (Figura 6) (VOERMAN et al., 2005).

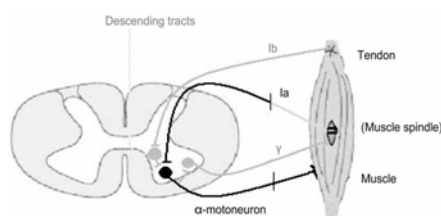


Figura 6. Representação esquemática da via neural do reflexo H (linha preta) (VOERMAN et al., 2005).

A identificação de uma segunda resposta pela ativação direta dos axônios α -motoneurônios é chamada de onda M: resposta motora direta com curta latência quando comparada ao reflexo H (Figura 7) (ZHU et al., 1992; MACCABEE et al., 1992; VOERMAN et al., 2005).

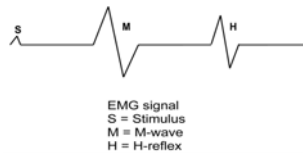


Figura 7. Representação esquemática do estímulo (S), onda M (M) e reflexo H (H) (VOERMAN et al., 2005).

Quando a estimulação é baixa, o reflexo H ocorre sem a presença da onda M, mas a partir do momento que a intensidade aumenta, a amplitude do reflexo H aumenta e gradativamente ocorre a onda M. Com o aumento da intensidade, a onda M continua a aumentar e o reflexo H desaparece, pois, a estimulação bloqueia o reflexo através da produção da despolarização antidrômica motora do α -motoneurônios (VOERMAN et al., 2005). Assim, o curso das amplitudes do reflexo H e da amplitude da resposta motora M em diferentes intensidades de estimulação é chamado de curva de recrutamento (Figura 8) (VOERMAN et al., 2005).

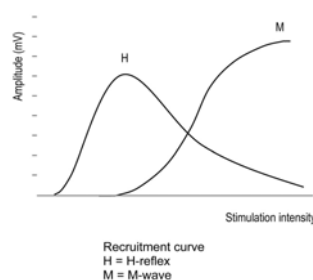


Figura 8. Representação da curva de recrutamento (H) reflexo H e (M) onda M (VOERMAN et al., 2005).

O reflexo tendinoso (reflexo T), em contrapartida, pode ser considerado como um reflexo H mecânico (VOERMAN et al., 2005). Uma percussão no tendão estimula as vias aferentes la originadas no fuso muscular, causando impulsos que percorrem a medula espinhal através dos neurônios sensoriais (Figura 9) (VOERMAN et al., 2005; ERTEKIN, et al., 2006).

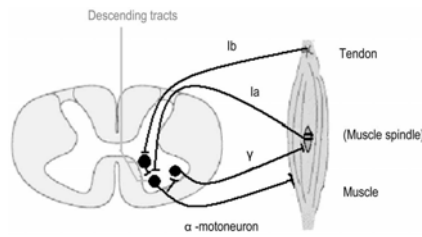


Figura 9. Representação da via neural do reflexo T (linha preta) (VOERMAN et al., 2005).

Em geral, o reflexo tendinoso é comumente evocado nos membros inferiores especialmente no joelho (reflexo patelar) e no calcanhar (reflexo de Aquiles), mas também podendo ser evocado nos membros superiores (VOERMAN et al., 2005; ERTEKIN, et al., 2006). O significado clínicas do reflexo T (especialmente o patelar e o de Aquiles) são principalmente determinadas através da sua capacidade de avaliar os distúrbios funcionais, o arco reflexo e o sistema motor (VOERMAN et al., 2005).

Assim, o reflexo H, obtido através de estimulação elétrica submáxima do nervo motor e o reflexo T, obtido através de percussão no tendão podem ser caracterizados através de suas latências para revelar as mudanças na velocidade de condução (GROSSET et al., 2007).

1.4. Alterações decorrentes do ciclo menstrual sobre parâmetros biomecânicos em mulheres

Durante os anos reprodutivos da mulher, os níveis hormonais flutuam conforme o ciclo menstrual (BUFFET et al., 1998; YOUNG et al., 1999). Essas flutuações dos hormônios sexuais femininos (estrogênio, progesterona, relaxina) afetam o sistema nervoso autônomo e a função metabólica (JANSE DE JORGE, 2001; NICOLAY et al. 2007).

O efeito das fases do ciclo menstrual sobre o desempenho do exercício tem sido estudado por diversos autores, e em geral os resultados são conflitantes. A maioria dos estudos não tem observado mudança significativa do desempenho muscular em virtude do ciclo menstrual (JANSE DE JORGE, 2001; 2003; FRIDÉN, et.al. 2003; HETEL et. al. 2006; McLAY et al. 2007; NICOLAY et al. 2007). Alguns estudos verificaram aumento da força muscular no meio do ciclo, onde os níveis de estrogênio estão elevados (SARWAR et.al. 1996; BAMBAEICHI et al. 2004). Outros estudiosos observaram aumento da força muscular no início do ciclo, onde os níveis de estrogênio e progesterona estão baixos (DAVIES et. al. 1991). Outros ainda verificaram leve diminuição durante a ovulação (PHILLIPS et al. 1996). Entretanto, estudos que verificaram os níveis hormonais durante as fases do ciclo menstrual não observaram esta correlação (JANSE DE JORGE, 2001; ELLIOTT et al. 2003). Portanto, as evidências fisiológicas no papel do estrogênio sobre o aumento da força muscular é obscuro.

Alguns estudos sugerem alto risco de lesão no ligamento do cruzamento anterior do joelho durante o meio do ciclo menstrual quando os níveis de estrogênios são altos (WOJTYS et al. 1998; 2002), outros durante a menstruação (SLAUTERBECK et al. 2002) e outros mostram maior risco de lesão na fase folicular (DEIE et al. 2002). No entanto, outros observaram mudanças na elasticidade e rigidez dos ligamentos no joelho em torno da ovulação (ROMANI et al. 2003; SHULTZ et al. 2005; EILING et al. 2007).

Todas essas alterações podem ser em virtude dos hormônios sexuais femininos que flutuam radicalmente durante o ciclo menstrual, influenciando o aumento da elasticidade dos ligamentos e a diminuição do desempenho neuromuscular, e ainda, há possibilidade da diminuição passiva e ativa da

estabilidade do joelho em mulheres atletas (HEWETT, 2000). O treinamento neuromuscular pode aumentar significativamente a estabilidade dinâmica do joelho em mulheres atletas (HEWETT, 2000). Em contrapartida, outros não observaram nenhum tipo mudança na elasticidade e rigidez durante as fases do ciclo (DEIE et al. 2002).

Estudos em animais demonstram que o tecido dos ligamento cruzado anterior expostos a altas concentrações de estradiol tem diminuído a proliferação de fibroblastos e a redução da formação de colágeno (LIU et al., 1997; YU et al., 2001; ROMANI et al., 2003). Em contrapartida, o aumento da concentração de progesterona está associado com o aumento da proliferação de fibroblastos e formação de colágeno (YU et al., 2001; ROMANI et al., 2003).

Com relação à rigidez dinâmica preensão palmar estudiosos observaram aumento durante a fase folicular precoce e diminuição do decorrer das outras fases do ciclo menstrual. Mas estas diferenças não foram estatisticamente significativas (BIRCH e REILLY, 1999; JANSE DE JORGE, 2001; FRIDÉN, et.al. 2003; NICOLAY et al. 2007). Já, em relação à rigidez estática observaram uma redução durante a fase folicular tardia, quando há o pico do estrogênio e os níveis de progesterona estão relativamente baixos (NICOLAY et al. 2007).

Entretanto, com relação à força induzida através de estímulo submáximo não foi observada nenhuma alteração durante as fases do ciclo menstrual (WHITE e WEEKES, 1998).

De acordo com Hewett (2000), os hormônios femininos estrogênio, progesterona e relaxina desencadeiam seu papel sobre o sistema musculoesquelético e neuromuscular. Acredita-se que o aumento da elasticidade

pode ser resultado do efeito das flutuações do estrógeno e da relaxina sobre os ligamentos (HEWETT, 2000).

O estrogênio é conhecido por afetar direta e indiretamente o sistema neuromuscular feminino (HEWETT, 2000). Os níveis de estrogênio flutuam durante do ciclo menstrual tendo um profundo efeito sobre a função muscular, do tendão e da força dos ligamentos (SARWAR et.al. 1996). Segundo Lebrum (1993) existem diferenças no desempenho das habilidades das mulheres durante as diferentes fases do ciclo menstrual e diminuição das habilidades motoras na fase pré-menstrual. Assim, o estrogênio tem um profundo efeito sobre o padrão neuromuscular de mulheres atletas (HEWETT, 2000).

A relaxina, por sua vez, é produzida principalmente pelo corpo lúteo e no endométrio em mamíferos como ratos, camundongos, porcos e humanos (SAMUEL et al., 1996), está mais ligada ao papel da reprodução humana, incluindo implantação embriogênica e mudanças hemodinâmicas durante a gravidez (LEKGABE et al., 2006). Também tem um grande potencial nas funções biológicas, ligadas ao trato reprodutivo, possuindo importante papel sobre o colágeno e desenvolvimento de fibroblastos (SAMUEL et al., 1996). As flutuações da relaxina são dependentes dos hormônios reprodutivos (PEHRSSON et al., 2007).

Acredita-se que esses hormônios sexuais femininos exercem influência durante algumas fases do ciclo reprodutivo, devendo ser, em parte, responsáveis pelas diferenças observadas em muitos estudos (SARWAR et.al. 1996; HEWETT, 2000; YU et al., 2001; ROMANI et al., 2003; BAMBAEICHI et al. 2004; PEHRSSON et al., 2007).

É de grande importância o método utilizado para verificação das fases do ciclo menstrual, pois as variações metodológicas devem influenciar nas variabilidades das respostas encontradas (JANSE DE JORGE, 2003).

Outros aspectos são os diferentes fatores anatômicos e fisiológicos, que devem influenciar as habilidades individuais as respostas requeridas, cada um desses parâmetros deve ser afetado de maneira diferente através das mudanças hormonais do ciclo menstrual (NICOLAY et al. 2007).

Análise sobre as mudanças no desempenho muscular através do ciclo menstrual é importante, porém os resultados não são aplicáveis a todas as mulheres, pois existe uma grande percentagem de mulheres, que utilizam contraceptivos químicos, que contem doses hormonais (estrogênio e progesterona) que inibem a ovulação e regulam a periodicidade do ciclo (LEBRUM et al. 2003). Por causa dos contraceptivos químicos, os níveis hormonais são alterados artificialmente, podendo influenciar na fisiologia muscular e no desempenho (LEBRUM et al. 2003; ELLIOTT et al. 2005; NICOLAY et al. 2007).

Estudos sobre as propriedades biomecânicas do músculo esquelético em crianças (LAMBERTZ et al., 2003a; GROSSET et al., 2007; 2008), em astronautas (LAMBERTZ et al., 2003a,b) e sobre as variações circadianas (CASTAINGTS et al., 2004) já vêm sendo desenvolvidos, no entanto, se faz necessário o estudo da problemática dos parâmetros neuromecânicos que podem ser afetados pelo ciclo menstrual em virtude das mudanças hormonais e suas repercussões fisiológicas e psicológicas.

1.5. Repercussões da desnutrição perinatal sob parâmetros locomotores em ratas adultas

A nutrição durante todo o ciclo vital é um fator absolutamente essencial ao crescimento e desenvolvimento dos organismos vivos (WORTHINGTON-ROBERTS, 1995; LEITE e MANHÃES-DE-CASTRO, 2007). Um suprimento balanceado de nutrientes é imprescindível para a manutenção do crescimento em todos os sistemas orgânicos, assim como para o desenvolvimento de suas respectivas funções (WORTHINGTON-ROBERTS, 1995; LEITE e MANHÃES-DE-CASTRO, 2007).

Segundo o “*World Health Organization*” (2008) a nutrição adequada significa sistemas imunitários mais fortes, menos doenças e saúde estável. A boa nutrição é um direito básico do ser humano, e fundamental para o desenvolvimento humano e para uma melhor qualidade de vida (WHO, 2008).

A má nutrição pode ser decorrente do excesso ou da diminuição de nutrientes, devido ao desequilíbrio entre as necessidades de nutrientes essenciais do organismo e a ingestão dos mesmos (WHO, 2008). A má nutrição está associada a 55% de mortes em crianças com até cinco anos de idade (ESHRE, 2006), contribuindo para mais da metade, de todas as mortes infantis, embora raramente seja vista como a causa direta (ESHRE, 2006; WHO, 2008).

De acordo, com o Ministério da Saúde (2005) no Brasil, a desnutrição infantil é um importante problema de saúde pública, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Assim, os dados do IBGE na Pesquisa de Orçamentos Familiar 2002-2003, ressaltam a prevalência de déficits ponderais na população feminina, em idade reprodutiva, no meio rural da região Nordeste (IBGE, 2004).

A desnutrição é uma doença de natureza clínico-social multifatorial cujas raízes se encontram na pobreza (Ministério da Saúde, 2005). É um sério problema de saúde pública, e está interligada ao aumento substancial do risco de mortalidade

e morbidade (WHO, 2005). A desnutrição grave acomete todos os órgãos da criança (BARKER, 2001), tornando-se crônica e levando a óbito, caso não seja tratada adequadamente (Ministério da Saúde, 2005). Pode começar precocemente na vida intra-uterina (baixo peso ao nascer) e freqüentemente cedo na infância, em decorrência da interrupção precoce do aleitamento materno exclusivo e da alimentação complementar inadequada nos primeiros dois anos de vida (BARKER, 1997). Ao longo da vida, pode ser diagnosticada, como uma deficiência de nutrientes essenciais, podendo ser em decorrência da ingestão inadequada, devida a: má dieta, má absorção intestinal, perda anormal de nutrientes através da diarreia, do sangramento (hemorragia), da insuficiência renal ou da sudorese excessiva (Ministério da Saúde, 2005).

O organismo necessita de muitos nutrientes durante determinados períodos da vida, sobretudo durante toda infância, adolescência, gravidez e durante a amamentação (BARKER, 1997). Na velhice, as necessidades nutricionais são menores, mas a capacidade de absorção dos nutrientes freqüentemente encontra-se reduzida (BARKER, 2001). Portanto, o risco de desnutrição é maior nessas etapas da vida e mais ainda entre os indivíduos pobres.

Estudos epidemiológicos e em animais têm demonstrado que agressões nutricionais durante os períodos sensíveis de desenvolvimento (fetal, neonatal ou infância) podem causar conseqüências posteriores através de um mecanismo denominado “programação” (LUCAS, 1999; HALES e BACKER, 2001). A programação pode ser gerada por estímulos endógenos (alterações hormonais) (BIRCH, et al., 1993) ou ambientais (nutrição) (LUCAS, 1999). A programação nutricional é uma das mais importantes, induzida através da deficiência nutricional, onde um estímulo ambiental durante um determinado momento de desenvolvimento,

tem um efeito permanente sobre a estrutura definitiva e sua função no organismo independente do sexo (LUCAS, 1999).

O desenvolvimento normal do organismo multicelular é dirigido através de instruções genéticas adquiridas durante a concepção (NEU et al., 2007). Ainda durante o período crítico de desenvolvimento, o corpo apresenta habilidades de responder a situações ambientais, que programam o indivíduo para respostas futuras. Esse efeito da “programação” pode ser funcional através da vida e pode passar para gerações futuras (NEU, et al., 2007). Isso ocorre através da “programação epigenética”, mudanças que ocorrem à formação genética (JUNIEN et al., 2005).

Junien e Colaboradores (2005) destacaram a susceptibilidade do controle dos mecanismos epigenéticos na expressão dos genes às influências ambientais devido à inerente maleabilidade, enfatizando o papel dos genes durante o período crítico de desenvolvimento na programação epigenética desde o início do desenvolvimento, por toda a vida.

Assim, o status nutricional durante o período crítico de desenvolvimento deve ser considerado como importante fator da “programação” em humanos e animais colaborando para o desenvolvimento da diabetes tipo II, da síndrome metabólica e doenças cardiovasculares na idade adulta (HALES e BARKER, 2001; WELLS, 2003) e a propagação para gerações posteriores (NEU, et al., 2007).

Em virtude, do exposto, a nutrição fetal estabelece uma série de mecanismos de economia nutricional, que tem um impacto diferencial sobre o crescimento dos diferentes órgãos, assim causando mudanças permanentes na estrutura e função corporal (HALES e BARKER, 2001).

Em ratos, a dieta materna de restrição protéica ou hipoproteica durante a gestação e lactação induz a déficit da taxa de crescimento dos neonatos, aumento do prejuízo oxidativo, alteração do mecanismo de glicose/insulina (OZANNE e BARKER, 1999; LOPES DE SOUZA et al, 2008; TOSCANO et al; 2008), disfunção do ciclo reprodutivo em animais adultos (WADE e JONES, 2004) e alteração do desenvolvimento do músculo esquelético (BARROS et al, 2004; BRAMELD, 2004; TOSCANO et al; 2008).

O organismo desnutrido pode alterar seletivamente a velocidade relativa de crescimento dos diferentes órgãos, de acordo com prioridades que podem variar com o sexo (OZANNE e HALES, 1999). Ajustes metabólicos de vários tecidos, a fim de que a prole possa ser programada para sobreviver à condição pós-natal de nutrição precária, podem ocorrer no tecido adiposo, no fígado, e no músculo (OZANNE e HALES, 1999).

Em muitos mamíferos, a formação das fibras do músculo esquelético acontece pré-natal, assim o número total de fibras que constituem o músculo está formado ao nascimento (BAYOL et al., 2004).

Alterações no desenvolvimento muscular também foram relacionadas à desnutrição, como redução no número de fibras musculares estriadas esqueléticas em ratos durante o período neonatal (WILSON, et al., 1988). Muitos estudos mostram que a desnutrição materna durante a gestação pode reduzir significativamente o número de fibras musculares (BEDI et al., 1982; WILSON et al., 1988; BAYOL et al., 2004). Estruturalmente, foram observados na desnutrição atrofia e degeneração das células musculares e modificações estruturais nos sarcômeros (OUMI et al, 2000), mudanças nas propriedades contráteis e elásticas do músculo esquelético (TOSCANO et al., 2008). Essas informações enfatizam a importância

dos estágios precoces da gestação na formação das fibras musculares dos neonatos (BAYOL et al., 2004).

Outros estudos sobre a desnutrição precoce em animais apontaram para atrasos no desenvolvimento de padrões motores e comportamentais (NAGY et al., 1977). Existem evidências em relação a alterações no desenvolvimento de funções motoras em ratos submetidos à desnutrição pré ou pós-natal, demonstrando, por exemplo, retardo na evolução de padrões locomotores (LYNCH et al., 1975; NAGY et al., 1977, GRAMSBERGEN e WESTERGA, 1992; BARROS et al., 2006).

Em ratos e em humanos, os motoneurônios são responsáveis pela inervação da musculatura postural (GRAMSBERGEN et al., 1998). Acredita-se que o padrão adulto do controle postural durante a locomoção depende da maturação de projeções da estrutura supra-segmentar (GRAMSBERGEN et al. 1998). Efeitos persistentes da desnutrição podem causar modificações mecânicas podendo alterar a locomoção e a função postural (GRAMSBERGEN et al., 1999; TOSCANO et al., 2008).

A desnutrição poderia produzir alterações no sistema neuro-músculo-esquelético, que permitiriam ao organismo maior chance de sobrevivência durante a agressão, mas poderiam limitar sua capacidade funcional (HALES e BARKER, 1992; MORGANE et al., 1993; OZANNE et al., 1996; OZANNE et al., 2003). Entretanto, são escassas as informações sobre agressões nutricionais no período precoce da vida sobre o desenvolvimento estrutural e funcional do sistema locomotor. Diante disso, levando-se em consideração a vulnerabilidade a agressões neste período devido à velocidade dos eventos celulares, deve ser igualmente considerado o risco

de modificações sobre o desenvolvimento estrutural em sistemas orgânicos e em funções a eles relacionadas, a exemplo das funções neuromusculares.

Através da análise de aspectos biomecânicos musculares, verificou-se também que a desnutrição pode alterar o desempenho muscular em ratos adultos, mesmo se imposta por períodos curtos, com efeitos sobre as características de tensão, relaxamento e fadiga muscular (BISSONETTE et al, 1997).

Estudos sobre as repercussões da desnutrição precoce sobre parâmetros biomecânicos em ratos machos vêm sendo bastante pesquisado (BARROS et al., 2004; TOSCANO et al., 2008), no entanto, pouco se sabe sobre as repercussões da desnutrição precoce em ratas adultas em idade reprodutiva.

2. HIPOTHESES

RESUMO EM FRANÇÊS

HYPOTHÈSES

ÉTUDE 1

- Chez des rats Wistar, la manipulation nutritionnelle pendant la période néonatale induirait des modifications des caractéristiques physiques et reproductives à long terme ; elle modifierait la croissance des différentes portées, en causant des changements corporels définitifs tant structuraux que fonctionnels.
- La dénutrition néonatale affecterait la locomotion de rates adultes;
- Les caractéristiques de l'activité locomotrice seraient modifiées par les phases du cycle ovarien du fait des fluctuations cycliques des hormones sexuelles femelles;
- La dénutrition néonatale de rates modifierait les contenus cellulaires observés sur frottis vaginal aux différentes phases du cycle ovarien.

ÉTUDE 2

- Le cycle menstruel et les fluctuations hormonales qui lui sont associées auraient des répercussions sur les propriétés neuromécaniques du muscle squelettique. Parmi les caractéristiques neuromécaniques susceptibles d'être affectées, nous aborderons :

- les propriétés élastiques passives du complexe muscle-tendineux, sachant que cette élasticité passive doit dépendre des taux d'hormones telles la relaxine qui fluctue au cours du cycle
- l'excitabilité réflexe. Le réflexe à l'étirement dépend des propriétés passives du système muscle-tendon et si cette élasticité est modifiée, le réflexe tendineux devrait être affecté. Par ailleurs, il est possible que la composante centrale de l'excitabilité réflexe (efficacité synaptique, excitabilité motoneuronale) qui dépend des influences supra médullaires soit modifié si ces influences se modifient au cours du cycle.
- L'activation et la contraction du muscle en conditions volontaires maximales et sous maximales. Ces modalités d'activation dépendent pour une part des motivations du sujet, lesquelles peuvent varier au cours du cycle. Par ailleurs, au niveau du muscle lui-même l'environnement hormonal peut affecter les mouvements calciques, les pompes Na^+/K^+ , ce qui peut affecter l'excitation et le couplage excitation/contraction du muscle.

HIPÓTESES

ESTUDO1

- Em ratas Wistar, a manipulação nutricional durante o período neonatal acarreta alterações das características físicas e reprodutivas em longo prazo, por alterar o crescimento dos diferentes órgãos, causando mudanças permanentes na estrutura e função corporal;
- A desnutrição neonatal causa modificações mecânicas alterando padrões locomotores em ratas adultas;
- Os padrões da atividade locomotora são alterados pelas fases do ciclo estral devido às flutuações cíclicas dos hormônios sexuais femininos;
- A desnutrição neonatal em ratas altera as estruturas celulares durante as fases do ciclo estral;

ESTUDO 2

- As propriedades elásticas do complexo músculo-tendão, tal elasticidade passiva pode depender da taxa hormonal da relaxina que flua durante o ciclo hormonal;
- Na excitabilidade reflexa, sabe-se que o reflexo de estiramento depende das propriedades passivas do sistema músculo-tendão, e se esta é modificada o reflexo tendinoso poderá ser afetado. Os componentes centrais da excitabilidade reflexa (eficácia sináptica e motoneuronal) que dependem das influências supra medulares podem ser modificados durante o ciclo menstrual;
- Ativação e contração do músculo em condição voluntária máxima e submáxima. Essas modalidades de ativação dependem da motivação do sujeito e podem variar durante o ciclo menstrual. Assim, a nível muscular o ambiente hormonal pode afetar os movimentos de cálcio nas bombas de Na^+/K^+ que podem a excitação e contração do músculo.

ESTUDO 1

“Ciclo estral: repercussão da agressão nutricional precoce sobre os parâmetros locomotores em ratas”.

ÉTUDE 1

«Cycle ovarien: répercussions de la dénutrition périnatale sur des paramètres reproductives et locomoteurs chez des rates adultes».

3. OBJETIVOS ESTUDO 1

RESUMO EM FRANÇÊS

OBJECTIFS ETUDE 1

GÉNÉRAL

Analyser les effets de la malnutrition pendant la période néonatale sur l'activité locomotrice de rates adultes pendant les phases du cycle ovarien.

SPÉCIFIQUES

- Établir et analyser la courbe pondérale pendant la période néonatale et à l'âge adulte;
- Analyser les caractéristiques physiques telles que: apparition des tétons, largeur de la tête et longueur de la queue pendant la période néonatale;
- Réaliser une analyse histologique pour caractériser les différents types cellulaires trouvés aux différentes phases du cycle ovarien sur des frottis vaginaux prélevés sur des rates adultes dénutries pendant la période néonatale;
- Enregistrer et analyser l'activité locomotrice de rates adultes dénutries pendant les différentes phases de leur cycle ovarien;
- Évaluer la réceptivité sexuelle, le développement embryonnaire et les portées de rates adultes dénutries pendant la période néonatale.

OBJETIVOS ESTUDO 1

GERAL

Investigar os efeitos da desnutrição durante o período neonatal sobre a atividade locomotora em ratas adultas durante as fases do ciclo estral;

ESPECÍFICOS

- Estabelecer e analisar a curva ponderal durante o período neonatal e na idade adulta;
- Analisar as características físicas tais como: aparecimento de tetos, eixos da cabeça e comprimento da cauda durante o período neonatal;
- Caracterizar os diferentes tipos celulares encontrados nas fases do ciclo estral de ratas adultas desnutridas durante o período perinatal;
- Registrar e analisar a atividade locomotora de ratas adultas desnutridas durante as diferentes fases do ciclo estral;

- Avaliar a receptividade sexual, o desenvolvimento embrionário e das ninhadas de ratas adultas desnutridas durante o período neonatal.

4. MATERIAL E MÉTODOS ESTUDO 1

RESUMO EM FRANÇAIS

MATERIEL ET METHODES ETUDE 1

Pour les travaux développés à l'Université Fédérale de Pernambuco (UFPE) nous utilisons les protocoles expérimentaux et paramètres suivants :

Manipulation nutritionnelle

Ont été utilisés des rates albinos de race Wistar, provenant de la colonie du Département de Nutrition de l'Université Fédérale de Pernambuco. Les animaux ont été maintenus dans un environnement stable à une température de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, et avec un cycle de lumière (6:00 à 18:00 h) et obscurité (18:00 à 6:00 h) constant.

Pour constituer les groupes expérimentaux, toutes les femelles ont été séparées de leur mère, un jour après la naissance, et ont été pesées à ce stade. Seules les femelles d'un poids entre 6.5 et 8.5 g ont été préservées, les animaux d'un poids inférieur et les mâles étant sacrifiés. Les femelles ont alors été aléatoirement distribuées entre les mères pour former des couvées contenant 6 (cuvée normale) ou 12 (grande couvée) ratons et, deux groupes ont ainsi été formés: les couvées normales ont permis d'avoir des ratons bien nourris, groupe N (n=30), et les grandes couvées ont engendré une sous-alimentation, formant le groupe dénutri, D (n=48). Ces groupes sont restés ainsi constitués du 1^{er} au 21^{ème} jour de vie (période critique de développement). Après sevrage, au 21^{ème} jour, les mères ont été sacrifiées et les rates sevrées ont été placées dans des cages par groupe de six.

Cela revenait à maintenir les groupes des rates du groupe N et à diviser par 2 les rates du groupe D. Pendant la période d'allaitement, les ratons ont été pesés quotidiennement, avant les procédures d'évaluation, en utilisant une balance digitale (Mars la 1000C®, classe II, capacité maximale 1000g, précision de 0,01g), pour le suivi de l'évolution du développement et le contrôle de l'état nutritionnel. Après sevrage, les rates ont été pesées aux stades suivants : 30, 40, 50, 60, 70, 80 et 90 jours d'âge.

Étude des caractéristiques physiques (Figure 10)

Pour chaque animal des différents groupes, plusieurs caractéristiques physiques ont été relevées quotidiennement, du 1^{er} au 21^{ème} jour post-natal, dans la même tranche horaire

(entre 12:00 et 14:00 heures). Il s'agit de: a) apparition des tétons ; b) la largeur du crâne; c) la longueur du corps; d) longueur de la queue pendant la période néonatale.

Constatation du cycle ovarien (Figure 11)

La détermination du cycle ovarien des rates a été réalisée à travers un frottis vaginal entre le 60 et 90^{ème} jour d'âge. Les frottis ont été faits à l'aide d'un coton-tige imbibé d'une solution saline, et introduit dans le vagin en produisant un mouvement rotatoire. Les éléments ainsi prélevés ont été étalés sur des lames histologiques.

II Analyse histologique de la muqueuse cervicale des rats pendant le cycle oestral (Figure 12)

Les lames de verre avec les frottis ont été fixées dans une solution alcoolique à 70, pendant 24 heures. Après cette période, une coloration classique par un mélange hématoxyline-éosine (H.E.) a été imposée. L'éosine (acidophile) va permettre de caractériser les cytoplasmes, et l'hématoxyline (basophile) va révéler les noyaux des cellules épithéliales.

Les frottis ont été faits pour les groupes N et D aux phases fertiles (œstrus et pro-œstrus) et non fertiles (metœstrus et diœstrus) du cycle ovarien. L'examen des préparations et l'obtention de photomicrographies ont été réalisés au microscope Optique MOTICA BA200 avec un système de photographie, en utilisant une caméra reliée MOTICAM 1000 1.3. MPIXEL USB 2.0 et un grossissement de 40. Les photomicrographies ont été enregistrées sur un ordinateur Pentium 4 (2.40GHz), en utilisant les programmes : Motic MC Caméra 1,1 pour identification des phases du cycle ovarien des rates, choix et capture des images et, Motic Images plus 2,0 ML pour le stockage des images. Après l'identification des phases, une étude des structures et des caractéristiques morphologiques des cellules a été réalisée à chaque phase du cycle. Cette étape a été menée dans le Département d'Histologie et d'Embryologie de l'UFPE.

Technique de coloration à l'Hématoxyline et Eosine

La technique de coloration à l'Hématoxyline et l'éosine (HE) comprend les étapes suivantes : 1) Xylol (10minutes), alcool absolu (5 minutes), alcool 90% (2minutes), alcool 70% (1 minute), hématoxyline (30 secondes) et éosine (2minutes); 2) Alcool 70% (1 minute), alcool 90% (2 minutes), alcool absolu (10 minutes), Xylol (20minutes) ; 3) montage sur les plaques. Cette technique a été réalisée dans le Département d'Histologie et d'Embryologie de UFPE.

Évaluation de l'Activité Locomotrice (Figure 13-14)

L'activité locomotrice (AL) a toujours été enregistrée entre 18:00 et 20:00 h. Les femelles ont été transférées au Laboratoire de Biomécanique et d'Expérimentation Biomédicale (une salle où le système de monitoring a été monté). Pour faciliter le maniement des femelles pendant l'enregistrement de l'AL le laboratoire était faiblement éclairé.

L'activité locomotrice des femelles Wistar arrivées à l'âge adulte a été analysée du 60^{ème} au 65^{ème} jour pendant les phases fertile et non-fertile du cycle ovarien. Ont ainsi été formés quatre groupes : nourri fertile (NF), nourri non-fertile, (NNF), sous-alimenté fertile (DF), sous-alimenté non-fertile (DNF). Après la réalisation d'AL les femelles ont été amenées à l'animalerie où a été réalisé le frottis vaginal.

Ces âges ont été choisis après la réalisation d'une expérience pilote, et en accord avec des données de la littérature qui décrivent une modification par la dénutrition de la différenciation des fibres musculaires du muscle squelettique, et des modifications des activations des muscles du tronc et des membres vérifiées par électromyographie.

Un système de contrôle en champ ouvert des mouvements de petits animaux a été développé en coopération avec le Département de Physique et dans le cadre de stages réalisés par des étudiants de la formation en Ingénierie Biomédicale, de l'UFPE.

Le système consiste en un champ ouvert de circulation ($\varnothing 1\text{m}$), délimité par des murs de 30 cm de hauteur, sur lequel la trajectoire de l'animal est enregistrée, avec précision, pendant un intervalle de temps prédéfini de deux minutes. À partir de cet enregistrement, plusieurs paramètres sont extraits et ultérieurement traités pour obtenir des informations sur le comportement de l'animal.

La prise de vues était initiée quand l'animal était placé dans le centre du champ ouvert, dont la couleur noire a été choisie de manière à maximiser le contraste entre l'animal et le fond. Une caméra digitale (VTR[®]6638 - CCTV System) a été placée dans la ligne verticale qui passe par le centre du champ ouvert, et fixée au plafond à une hauteur de 2.65 m. La caméra possède une sonde Infrarouge et LED d'illumination. Elle possède une résolution de 420 lignes et une cadence de prise d'images entre 1/60 et 1/100 s; sa sensibilité permet d'enregistrer les images avec une illumination minimale de 0.1 lux. La caméra possède une synchronisation interne avec plaque de vidéo. Le film ainsi réalisé est adressé à un ordinateur équipé d'une carte d'acquisition vidéo et d'un logiciel dédié aux tâches d'acquisition d'images, à travers une interface.

Le film numérisé est divisé en séquences de deux minutes pour traitement postérieur. Par une technique de traitement digital d'images, chaque tableau est filtré de manière à isoler le

support des objets qui sont autour. On détermine ensuite les coordonnées de l'image de l'animal tableau par tableau et il est ainsi possible de reconstruire la trajectoire de l'animal.

Un ensemble de programmes composé par différents softwares d'acquisition et d'extraction des tableaux a également été développé à partir de divers formats de vidéo, en utilisant le langage *Object Pascal*, et un environnement MATLAB® pour le traitement et la segmentation semi-automatique des images et le calcul des variables physiques d'intérêt. A partir de la détermination de la trajectoire couverte, de l'intervalle de temps entre les tableaux et de la masse de l'animal, il a été possible de calculer la distance couverte, la vitesse moyenne, la force musculaire, le nombre des arrêts et la période de temps où l'animal est resté immobile pendant la durée de l'enregistrement.

Réceptivité sexuelle et accouplement (Figure 15)

Pour l'évaluation de la réceptivité sexuelle et de l'accouplement, les femelles des groupes nourris (n=24) et dénutri (n=48) ont été pesées à 90 jours et leur phase du cycle ovarien a été évaluée. Elles ont alors été placées pendant trois jours individuellement dans des cages contenant du papier imprégné par l'odeur d'un mâle pour induction du rut.

Au quatrième jour, la phase du cycle ovarien a de nouveau été déterminée et des couples monogamiques ont été constitués pour vérifier la fertilité, et évaluer la réceptivité sexuelle. Les femelles restaient avec le mâle pendant cinq jours consécutifs. Après cette période, le mâle est retiré et l'accouplement est vérifié par analyse d'un frottis vaginal. Les femelles restent en cage sans traitement jusqu'au jour où l'on peut constater ou non leur état gestant par frottis vaginal.

Après confirmation de l'accouplement, un groupe de femelles des groupes nourris (n=12) et sous-alimentés (n=8) a été euthanasié avec quinze jours de gestation pour vérification du développement embryonnaire.

Analyses Statistiques

Les données ont été analysées statistiquement à travers le logiciel Sigma Start. Le traitement statistique nous a permis de comparer les groupes : nourris et dénutri et les divers paramètres étudiés. Ont été utilisés des tests paramétriques et des non-paramétriques conformément à la distribution des données.

Pour le paramètre d'aspect des tétons et le comptage des embryons un test non-paramétrique de Mann-Whitney, ne nécessitant pas la normalité et l'équivalence des données a été utilisé. Les moyennes des caractéristiques physiques relevées pour chaque groupe aux différents âges ont été comparées par une double ANOVA pour mesures répétées. Pour les

types des structures cellulaires du frottis vaginal pendant le cycle ovarien une analyse histologique qualitative a été réalisée. Les paramètres de l'activité locomotrice des groupes N et D ont été comparés par une double ANOVA et pour évaluation des groupes pendant les phases fertile et non-fertile du cycle ovarien on a utilisé le test de comparaison multiple Holm-Sidak. Pour comparer la réceptivité sexuelle, conformément à la description de données, on a utilisé un test de Fisher. Pour comparer le poids gestationnel et celui de l'utérus un test de Student « T » a été utilisé.

MATERIAL E MÉTODOS ESTUDO 1

4.1. Manipulação nutricional

Para os trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) utilizamos os parâmetros experimentais descritos a seguir:

Foram utilizadas ratas albinas da linhagem Wistar, provenientes da colônia do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. Os animais foram mantidos em um ambiente com temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, num ciclo de luz (6:00 às 18:00 h) e escuridão (18:00 às 6:00 h) constante, no biotério de experimentação do mesmo departamento.

Para constituir os grupos experimentais, todas as fêmeas neonatais foram separadas das respectivas mães e pesadas, um dia após o nascimento. Foram escolhidas as fêmeas com peso entre 6,5 e 8,5 g, e foram submetidos ao procedimento de eutanásia os neonatos abaixo ou acima dos referidos limites de peso e os machos. O restante dos animais foi aleatoriamente distribuído entre as mães em grupos de acordo com a técnica do tamanho da ninhada. Assim foram formadas ninhadas contendo 6 e 12 filhotes (denominadas ninhadas normais e grande ninhada, respectivamente). Esses grupos foram divididos em dois grupos: Normal = Nutrido (N, n=30), Grande ninhada = Desnutrido (D, n=48). Os animais

permaneceram neste arranjo do 1º ao 21º dia de vida (período crítico de desenvolvimento do SN). Após o desmame, as ratas-mães foram sacrificadas e seus filhotes foram arranjados em gaiolas com seis filhotes. Os grupos compostos de 12 fêmeas foram divididos em subgrupos A e B após o desmame e os grupos compostos por seis fêmeas permaneceram no mesmo arranjo.

Durante o período de aleitamento, as fêmeas foram pesadas diariamente, antes dos procedimentos de avaliação, em balança digital (Marte AS 1000C®, classe II, capacidade máxima 1000g, menor divisão 0,01g), para acompanhamento da evolução do desenvolvimento e controle do estado nutricional. Aos 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias de idade, o peso foi também aferido.

4.2. Estudo das características físicas

Em cada animal dos diferentes grupos foi analisada diariamente, do 1º ao 21º dia pós-natal, no horário de 12:00 às 14:00 horas, as seguintes características físicas: a) aparecimento de tetas; b) comprimento da cauda (CC) (Fig; 10A); c)eixo longitudinal do corpo (ELC) (Fig. 10B); d)eixo latero-lateral do crânio (ELLC) (Fig 10C); c).



Figura 10. Fotos dos procedimentos de avaliação: comprimento de cauda (A), eixo longitudinal do corpo (B) e eixo latero-lateral do crânio (C).

4.3. Constatação do ciclo estral, coloração e captura de imagens

A determinação da ciclicidade estral das ratas foi realizada através do esfregaço vaginal; aos 60 e 90 dias de idade. Para a colheita foram utilizadas hastes com algodão umedecido em solução salina, as quais foram introduzidas na vagina produzindo-se um movimento

rotatório (Figura 11A). Em seguida, o material coletado foi transferido para lâminas histológicas através de um movimento rotatório da haste sobre as lâminas (Figura 11B) (MARCONDES et al., 2002). O ciclo estral das ratas foi observado utilizando o esfregaço vaginal e as preparações histológicas foram realizadas através da técnica de coloração hematoxilina e eosina (HE). A determinação das fases do ciclo estral das ratas se fundamenta na análise do tipo e quantidade de células descamadas do índice acidófilo, da infiltração leucocitária e da presença do muco no esfregaço vaginal. As observações estruturais das fases do ciclo estral (proestro, estro, diestro e metaestro). Através desta técnica determinamos as fases férteis: o proestro que consiste na predominância de células epiteliais muito pequenas, achatadas com citoplasma acidófilo e núcleo basófilo e o estro que contém células grandes descamadas com citoplasma bastante acidófilo com núcleos degenerados. Nas fases não-férteis: o metaestro que consiste na predominância de leucócitos e poucas células descamadas anucleadas apresentando citoplasma bastante acidófilo e o diestro que também é constituído pela predominância de leucócitos e algumas células epiteliais achatadas e arredondas com citoplasma acidófilo e núcleo basófilo (MARCONDES et al., 2002).

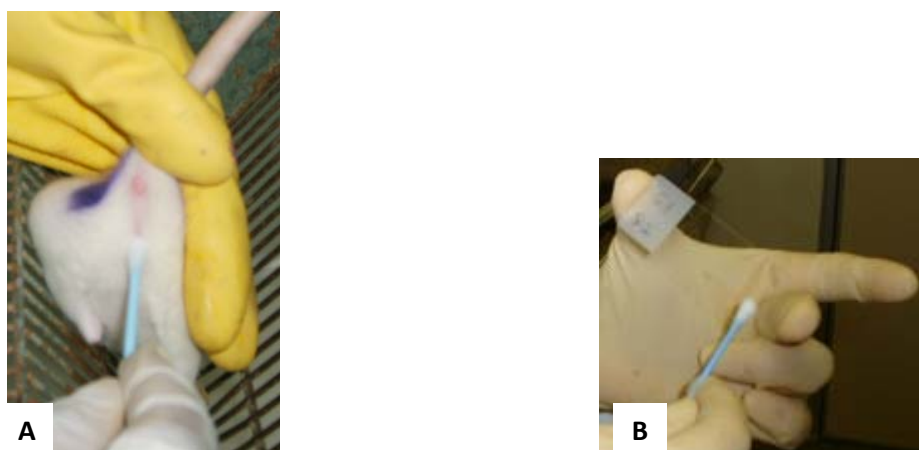


Figura 11. Fotos da colheita do esfregaço vaginal nas ratas (A) e colocação do muco cervical nas lâminas de vidro (B).

Para as comparações histológicas da mucosa cervical do ciclo estral das ratas dos grupos: nutridos e desnutridos foi realizado um esfregaço vaginal. As lâminas de vidro com a mucosa cervical foram fixadas em solução alcoólica a 70%, até 24 horas. Após este período, as preparações histológicas foram submetidas à técnica de coloração de rotina com hematoxilina-Eosina (H.E.) através das seguintes etapas: 1) Xílol (10 minutos), álcool absoluto (5 minutos), álcool 90% (2 minutos), álcool 70% (1 minuto), hematoxilina (30 segundos) e eosina (2 minutos); 2) Álcool 70% (1 minuto), álcool 90% (2 minutos), álcool absoluto (10 minutos), Xílol (20 minutos); 3) montagem das lâminas com entellan. Esta técnica foi realizada no Departamento de Histologia e Embriologia da UFPE. Esta coloração permitir uma apreciação do citoplasma, pela eosina (acidófila) e o núcleo pela hematoxilina (basófila) das células epiteliais.

As preparações histológicas foram obtidas para os grupos: nutrido e desnutrido durante as fases: fértil (estro e proestro) e não- fértil (metaestro e diestro) do ciclo estral.

O exame das preparações e a obtenção das fotomicrografias foram realizados ao microscópio Óptico MOTICA BA200 com um sistema de fotografia, utilizando uma câmera acoplada MOTICAM 1000 1.3. MPIXEL USB 2.0 com um aumento de 40x (Figura 12). As fotomicrografias foram capturadas pela câmera e registradas a um computador Pentium 4 (2.40GHz), utilizando os programas: Motic MCCamera 1.1 para identificação das fases do ciclo estral das ratas, seleção e captura das imagens e, Motic Imagens plus 2.0 ML para o registro das mesmas. As imagens foram projetadas e ampliadas apresentando um aumento final de 790 μ m. Após a identificação das fases, foi realizado um estudo das estruturas e características

morfológicas das células do ciclo estral. Esta etapa foi realizada no Departamento de Histologia e Embriologia da UFPE.



Figura 12. Demonstração esquemática do sistema de visualização e captura através de microscópio óptico (MOTICA BA200) com câmera acoplada (MOTICAM 1000) interligados ao computador.

4.4. Avaliação da Atividade Locomotora

O registro da atividade locomotora (AL) foi sempre realizado no horário entre 18:00 e 20:00h. As fêmeas foram transferidas do Biotério para o Laboratório de Biomecânica e Experimentação Biomédica (uma sala onde o sistema de monitoramento foi montado). Para facilitar o manuseio das fêmeas durante a realização da AL foram utilizadas lanternas.

Foram avaliadas fêmeas Wistar na idade adulta por volta dos 60-65 dias durante as fases: fértil e não-fértil do ciclo estral. Nesta idade já é possível realizar o esfregaço vaginal para constatação da fase do ciclo. Foram formados quatro grupos: nutrida fértil (NF), nutrida não-fértil, (NNF), desnutrida fértil (DF), desnutrida não-fértil (DNF). Após a realização da AL as fêmeas foram levadas ao Biotério onde foi realizado o esfregaço vaginal.

Um sistema de monitoramento do movimento de pequenos animais em campo aberto foi desenvolvido em cooperação com o Departamento de Física e colaboração do Curso de Graduação em Engenharia Biomédica, ambos da UFPE.

O sistema consiste em um campo aberto circular ($\varnothing 1\text{m}$), delimitado por paredes de 30 cm de altura (Fig. 2A), sobre o qual a trajetória do animal é registrada, com precisão, durante um intervalo de tempo pré-definido de dois minutos. A partir deste registro, várias grandezas físicas são extraídas e posteriormente processadas para obter informações sobre o comportamento do animal.

A filmagem era iniciada quando o animal estava posicionado no centro do campo aberto. Para maximizar o contraste entre o animal e o fundo utilizamos um fundo preto. Uma câmera digital (VTR[®]6638 – CCTV System) foi posicionada na linha vertical que passa pelo centro do campo aberto, foi fixada ao teto da sala, sendo sua distância do local de fixação até o solo do campo aberto igual a 2,65 m. A câmera possui sensor de Infravermelho e um LED de iluminação. Apresenta resolução de 420 linhas e velocidade entre 1/60 e 1/100 s, e sua sensibilidade permitem registrar imagens com iluminação mínima, até 0,1 lux. A câmera possui sincronização interna com placa de vídeo. O filme é assim enviado para um computador equipado com placa de aquisição de vídeo e software dedicado às tarefas de aquisição de imagem, através de uma interface (figura 13).

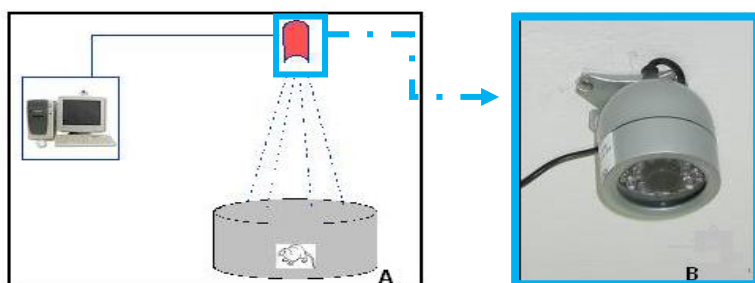


Figura 13. Representação esquemática do campo aberto e do sistema de monitoramento (A); Câmera utilizada para o registro de imagens (B).

No computador, o filme é convertido em quadros (aproximadamente 180 para cada registro de dois minutos, num intervalo de tempo de 0,662 s entre os quadros) para processamento posterior. Para a análise dos registros de imagens, foi selecionado um quadro a cada 20 registrados.

Através de técnicas de processamento digital de imagens, cada quadro é filtrado de forma a isolar o suporte dos objetos que estão no entorno (Figura 14). Na etapa seguinte são determinadas as coordenadas da imagem do animal quadro a quadro e assim é possível reconstruir a trajetória do animal.

Foi também desenvolvido um conjunto de programas composto por softwares de aquisição e extração de quadros a partir de diversos formatos de vídeo, utilizando linguagem *Object Pascal*, e um sistema em MATLAB® para processamento e segmentação semi-automática de imagens e cálculo das variáveis físicas de interesse.

De posse da trajetória percorrida, do intervalo de tempo entre os quadros e da massa do animal, foi possível calcular a distância percorrida, a velocidade média, a potência muscular, o número de paradas e o período de tempo em que o animal permaneceu parado durante o intervalo de registro.

Na determinação da velocidade média, utilizou-se:

$$V_m = \text{distância total (m)} / \text{N}^\circ \text{ de quadros amostragem (s)}$$

Para a determinação da Potência muscular, calculou-se inicialmente a Energia Cinética (E_c), a partir de:

$$E_c = (m \cdot V^2) / 2000$$

Onde m é a massa do animal (no programa, em gramas) e V a velocidade em m/s.

Assim, para a potência, utilizou-se:

$$Pot = \frac{\Delta E_c}{\Delta t}$$

Sendo a resultante multiplicada por 1000 para se expressar em **mW**.

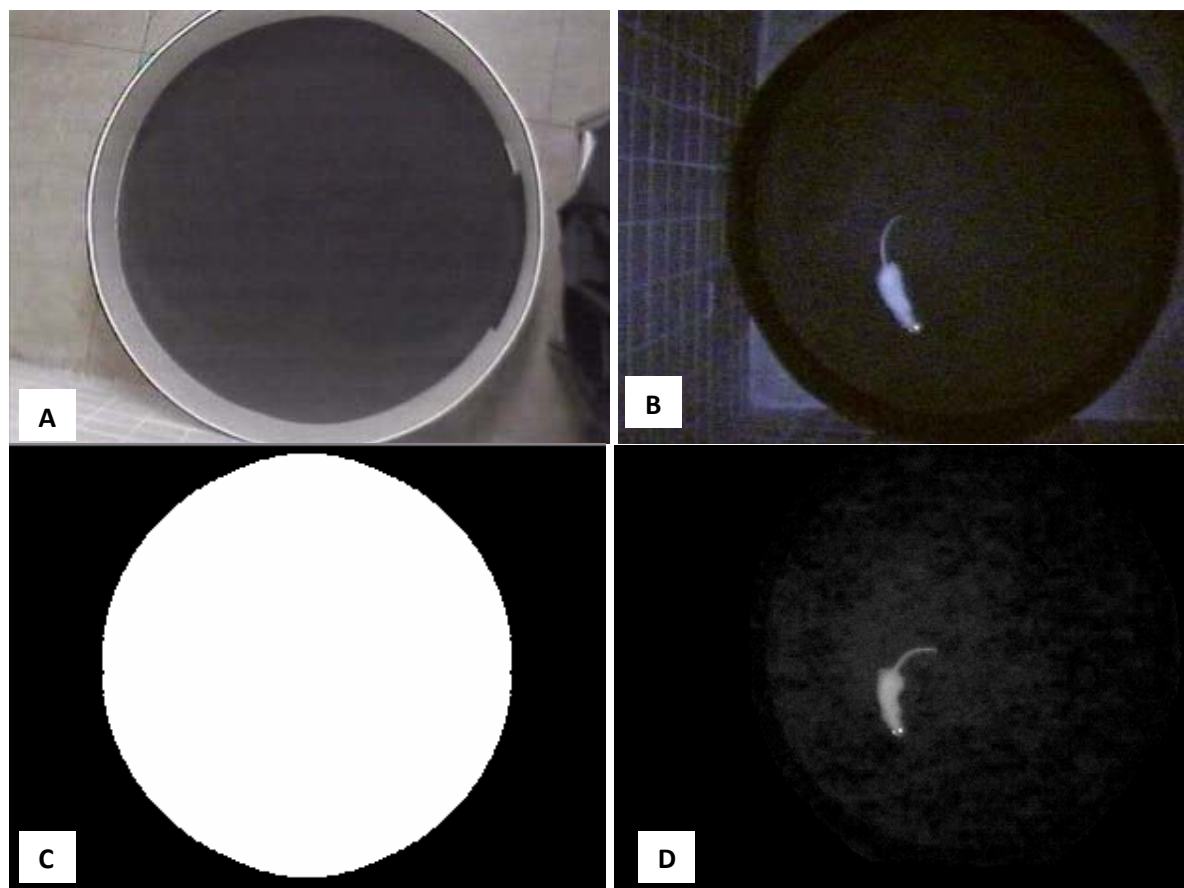


Figura 14. Seqüência de imagens utilizadas no registro da Atividade Locomotora. A) Imagem do campo aberto em ambiente claro, usada para calibração do sistema; B) Exemplo de imagem do rato em livre movimentação no campo aberto, registrada em ambiente escuro; C) Máscara fabricada no computador sobre o registro do campo aberto em ambiente claro, utilizada para isolar a imagem do animal no campo dos objetos ao redor; D) Imagem final, usada no processamento e cálculos.

4.5. Receptividade sexual e acasalamento

Para avaliação da receptividade sexual e o acasalamento, fêmeas com 90 dias de idade, foram separadas pelos grupos nutridas (n=24) e desnutridas (n=48) foram pesadas, avaliadas quanto à fase do ciclo estral e foram colocadas individualmente em gaiolas contendo papel com odor de macho para indução do cio, durante três dias.

No quarto dia, foram novamente avaliadas quanto à fase do ciclo estral e acasaladas monogamicamente com macho comprovadamente fértil, neste momento foi avaliada a receptividade sexual, permanecem com o macho durante cinco dias consecutivos. Após este período, o macho foi retirado e as fêmeas ficaram em

observação até a constatação da prenhez ou não pelo esfregaço vaginal. Após a confirmação da prenhez um grupo de fêmeas com quinze dias de gestação foram eutanasiadas para verificação do desenvolvimento embrionário e outro grupo foi acompanhado até o parto para verificação do desenvolvimento das ninhadas.

4.6. Desenvolvimento embrionário (viabilidade fetal):

A constatação da prenhez foi considerada, com a presença de espermatozóides na secreção vaginal e acompanhamento do peso corporal.

No décimo quinto dia de prenhez, as fêmeas do grupo desnutrido (n=12) e nutrido (n=8) foram pesadas, submetidas ao procedimento de eutanásia e dissecado o trato reprodutivo para contagem dos corpos lúteos nos dois ovários, contagem dos embriões viáveis nos dois cornos uterinos, e aferido o peso do ovário (Figura 15).

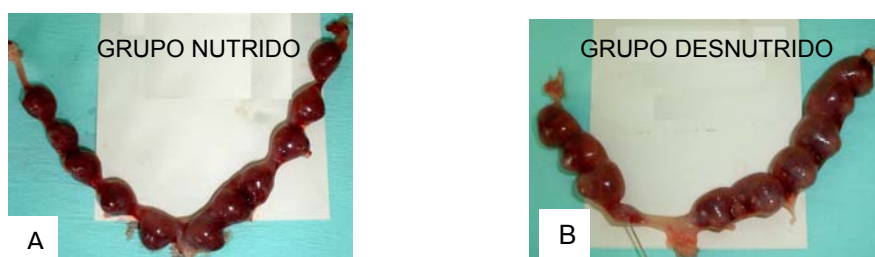


Figura 15. Demonstração da contagem dos embriões viáveis nos dois cornos uterinos dos grupos nutridos (A) e desnutridos (B).

4.7. Análise Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente através do software SigmaStart. O tratamento estatístico nos permitiu comparar os grupos: nutridos e desnutridos nos diversos parâmetros estudados. Foram utilizados testes paramétricos e não-paramétricos de acordo com a distribuição dos dados.

Para o parâmetro de aparecimento de tetas e contagem dos embriões utilizou-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney, o qual não é necessário a investigação da normalidade e equivalência dos dados.

A avaliação das características físicas: o peso, o eixo latero-lateral do crânio, eixo longitudinal do crânio e comprimento de cauda em cada idade foram comparados entre as médias obtidas entre o grupo nutrido e desnutrido através da ANOVA Two Way Repeated Measure.

Para os aspectos das estruturas celulares do esfregaço vaginal durante o ciclo estral foi realizada uma análise histológica qualitativa.

Os parâmetros da atividade locomotora dos grupos: nutridos e desnutridos foi utilizado o teste ANOVA Two Way e para avaliação dos respectivos grupos durante as fases: fértil e não-fértil do ciclo estral utilizou o teste de comparação múltipla Holm-Sidak.

A receptividade sexual e o acasalamento, de acordo com a descrição dos dados, primeiramente utilizaram um teste de Qui-quadrado, seguido do teste de Fisher. E o peso materno durante a gestação e do útero utilizou-se o teste “T” Student.

5. RESULTADOS ESTUDO 1

RESUMO EM FRANÇAIS

RÉSULTATS ETUDE 1

Les données ont été analysées statistiquement à travers le logiciel Sigma Start. Sont utilisés des essais paramétriques et des non-paramétriques conformément à la distribution des données.

Développement Physique (Tableaux 1 et figures 17-19)

Pour le paramètre d'aspect des mamelles l'analyse statistique a été menée en utilisant le test non-paramétrique de Mann-Whitney, qui ne nécessite pas la normalité des données. Comparé au groupe nourri (N), le groupe dénutri (D) n'a pas présenté de modification à la date d'aspect des tétons.

Pour le suivi de l'évolution pondérale, les poids moyens à chaque âge ont été comparés pour les animaux du groupe dénutri et ceux du groupe bien-nourri par un test

ANOVA 2 voies pour mesures répétées. Le poids corporel moyen des rates du groupe D est significativement inférieur en comparaison du groupe N, et ce dès le quatrième jour de vie ; la différence reste significative pendant toute période d'allaitement, jusqu'à la 21^{er} jour post-natal ($p < 0,001$). Le poids des rates dénutries, comparés au groupe nourri, reste inférieur même après la période de récupération nutritionnelle, à l'âge adulte ($p = 0,001$) (Figures 1a, b).

Les moyennes par groupe des paramètres de largeur du crâne (ELLC), longueur du corps (ELC) et longueur de queue (CC) ont été comparés à chaque âge par une ANOVA 2 voies pour mesures répétées.

ELLC (Figure. 2) du groupe D est significativement réduit à partir du quatrième jour de vie et reste inférieur pendant toute période d'allaitement, jusqu'au 21^{er} jour post-natale ($p < 0,001$).

ELC (Figure.3) du groupe D est significativement réduit à partir du second jour de vie et reste inférieur pendant toute période d'allaitement, jusqu'à la 21^{er} jour post-natale ($p < 0,001$).

CC (Figure. 4) du groupe D est significativement réduit à partir du septième jour de vie et reste inférieur pendant toute période d'allaitement, jusqu'à la 21^{er} jour post-natale ($p < 0,001$).

Aspects structurels du cycle oestral de rats nourris et sous-alimentés (Figures 20 – 23)

Pour chaque animal des groupes dénutri et bien-nourri deux frottis vaginaux ont été réalisés afin de déterminer les phases fertiles (prooestrus et œstrus) et les non-fertile (metœstrus et diœstrus) du cycle (Figure 5-8). Sur un total de 146 préparations histologiques 86 ont été obtenus pour le groupe sous-alimenté, 49 dans la phase fertile 37 dans la phase non fertile ; les 60 préparations restantes ont concerné le groupe bien-nourri, 36 pendant la phase fertile et 24 pendant la phase non-fertile.

L'étude histologique a révélé que les rates du groupe dénutri ont présenté une pénurie des cellules épithéliales ou cornées et des leucocytes.

Activité Locomotrice (Figures 24-29)

Pour la comparaison des paramètres de l'activité locomotrice des groupes N et D au 60 jour de vie, nous avons utilisé un test ANOVA double voie et pour évaluer dans chacun des deux groupes les effets éventuels de la phase du cycle ovarien nous avons appliqué un test de comparaison multiple Holm-Sidak.

La masse corporelle des rates du groupe D aux 60^{ème} jour d'âge est plus faible que celle des rates du groupe N, tant dans la phase fertile que non-fertile du cycle ovarien

($p < 0,001$). Pour le groupe D, la masse corporelle est inférieure en phase fertile en comparaison de la masse en phase non-fertile ($p = 0,019$). En revanche, pour le groupe N aucune différence significative de la masse corporelle n'est trouvée en comparant les phases fertile et non-fertile ($p = 0,106$).

La distance couverte par les rates du groupe D est plus courte que celle du groupe N ($p = 0,040$). La phase du cycle n'a pas d'incidence sur ce paramètre quel que soit le groupe envisagé ($p = 0,717$).

La vitesse moyenne atteinte par le groupe D est inférieure à celle du groupe N ($p = 0,039$) sans qu'il y ait de différence avec la phase du cycle ($p = 0,726$).

La puissance moyenne calculée pour le groupe D est plus faible que pour le groupe N ($p < 0,001$). Ce paramètre n'est pas modifié par la phase du cycle ($p = 0,266$).

Le temps d'immobilité évalué n'est affecté ni par l'état nutritionnel ($p = 0,102$), ni par la phase du cycle ($p = 0,934$). De même, le nombre des arrêts est statistiquement identique pour les deux groupes ($p = 0,937$) et quelle que soit la phase du cycle ($p = 0,572$).

Réceptivité sexuelle et accouplement (Tableaux 1-3)

Le groupe D n'a présenté aucune modification de la réceptivité sexuelle, du nombre de gestation et du taux de fertilité ($p = 1$ pour chacun des paramètres).

Développement embryonnaire (Figure 30-31 et tableaux 4)

La comparaison du poids maternel au 90^{ème} jour de gestation n'a pas présenté de différence significative entre les groupes D et N ($p = 0,614$). Pas de différence non plus relative au poids de l'utérus relevé le même jour, soit juste après la mise bas ($p = 0,152$). Pour comparer ces paramètres nous utilisons un test « T ».

Le comptage du nombre d'embryons viables, non viables et totaux ne révèle pas de différence significative ($p = 1,000$). Pour l'analyse de ces paramètres nous utilisons un test Mann-Whitney.

RESULTADOS ESTUDO 1

5.1. Desenvolvimento Físico

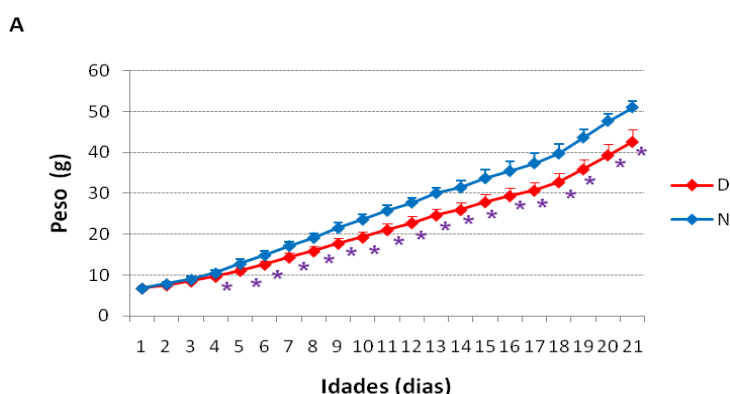
Para o parâmetro de aparecimento de tetas utilizou-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney, para o qual não é necessária a investigação da normalidade e equivalência dos dados. Comparado ao grupo nutrido (N), o grupo

desnutrido (D) não apresentou alteração na data de aparecimento das tetas (Tabela 1).

GRUPOS	Aparecimento das tetas (idade)
Nutridos	10 (9 - 14)
Desnutridos	10 (9 -10)

Tabela 1. Efeito da desnutrição neonatal sobre o desenvolvimento físico do aparecimento das tetas em ratas. Foi observado o dia exato do aparecimento das tetas, sendo o resultado comparado entre os grupos N (n=30) e D (n=48). Os valores estão expressos em mediana (valores mínimo e máximo entre parênteses) representando a idade de aparecimento das tetas. Análise estatística: teste Mann-Whitney.

Para a avaliação da evolução ponderal, o peso em cada idade foi comparado entre as médias obtidas entre o grupo nutrido e desnutrido através da ANOVA Two Way Repeated Measure. O peso corporal do grupo D apresentou-se reduzido em comparação ao controle, a partir do quarto dia de vida mantendo-se diminuído durante todo período de aleitamento, até o 21º dia pós-natal (*p=<0,001) (Figura 16A). Também foi observada redução no peso dos desnutridos, comparados ao grupo nutrido mesmo após o período de recuperação nutricional, ao 30º, 40º, 50º, 60º, 70º, 80º e 90º dias de idade (*p=0,001) (Figura 16B).



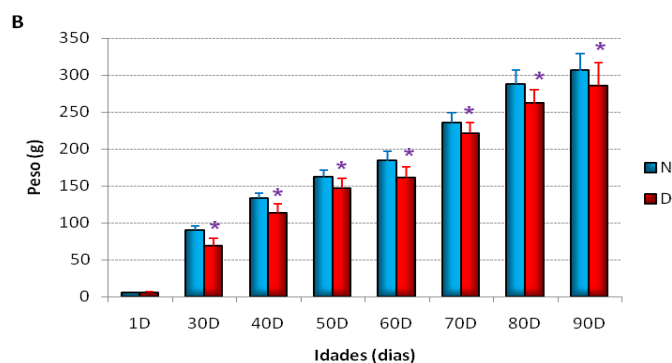


Figura 16. Efeito da desnutrição neonatal sobre o peso corporal em ratas. As fêmeas foram divididas em dois grupos: desnutridos (n=48) e nutridos (n=30), mantidas nessa formação do 1° ao 21° dia de vida. O peso corporal foi aferido em balança digital diariamente do 1° ao 21° (A) e aos 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90° (B) dias pós-natais. Os resultados estão expressos em média $\pm$ DP. Na comparação entre N e D foi utilizado o teste ANOVA Two Way Repeated Measures. (*p= <0,001).

Os parâmetros de eixo latero-lateral do crânio (ELLC), eixo longitudinal do corpo (ELC) e comprimento de cauda (CC) em cada idade foram comparados entre as médias obtidas entre o grupo nutrido e desnutrido através da ANOVA Two Way Repeated Measure. O ELLC do grupo D apresentou-se reduzido em comparação ao grupo controle, a partir do quarto dia de vida mantendo-se diminuído durante todo período de aleitamento, até o 21º dia pós-natal (*p=<0,001) (Figura 17). O ELC do grupo D apresentou-se reduzido em comparação ao grupo controle, já a partir do segundo dia de vida mantendo-se diminuído durante todo período de aleitamento, até o 21º dia pós-natal (*p=<0,001) (Figura 18). O CC do grupo D apresentou-se reduzido em comparação ao grupo controle, a partir do sétimo dia de vida mantendo-se diminuído durante todo período de aleitamento, até o 21º dia pós-natal (*p=<0,001) (Figura 19).

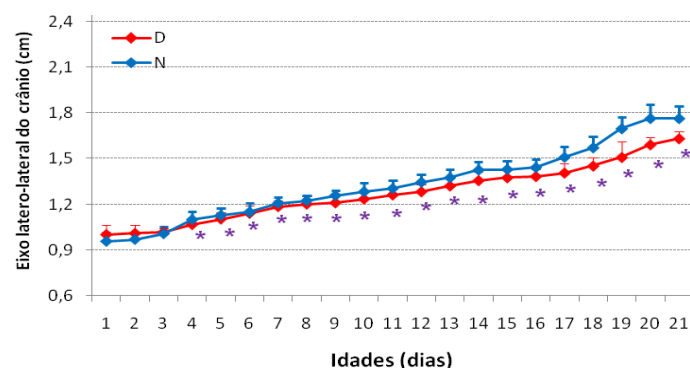


Figura 17. Efeito da desnutrição neonatal sobre a medida do eixo latero-lateral do crânio (ELLC) em ratas. As fêmeas foram divididas em dois grupos: desnutridos (n=48) e nutridos (n=30), mantidas nessa formação do 1º ao 21º dia de vida. As medidas de ELLC foram aferidas com paquímetro diariamente do 1º ao 21º dias pós-natais. Os resultados estão expressos em média $\pm$ DP. Na comparação entre N e D foi utilizado o teste ANOVA Two way repeated measures. * $p < 0,001$.

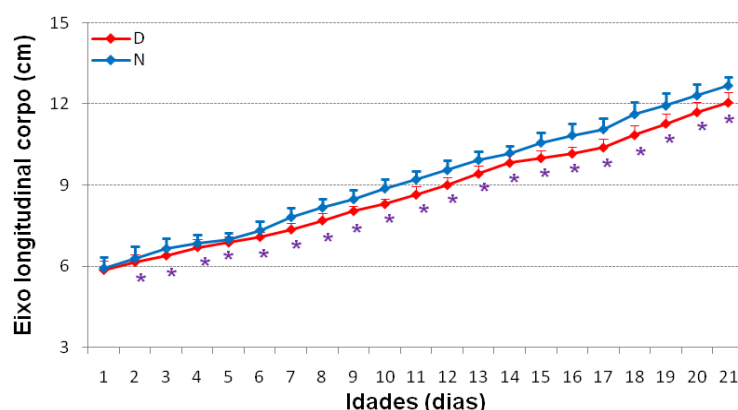


Figura 18. Efeito da desnutrição neonatal sobre a medida do eixo longitudinal do corpo (ELC) em ratas. As fêmeas foram divididas em dois grupos: desnutridos (n=48) e nutridos (n=30), mantidas nessa formação do 1º ao 21º dia de vida. As medidas de ELLC foram aferidas com paquímetro diariamente do 1º ao 21º dias pós-natais. Os resultados estão expressos em média $\pm$ DP. Na comparação entre N e D foi utilizado o teste ANOVA Two way repeated measures. * $p < 0,001$.

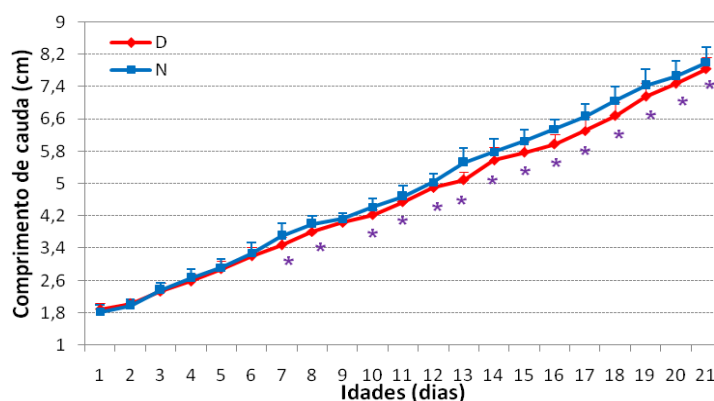
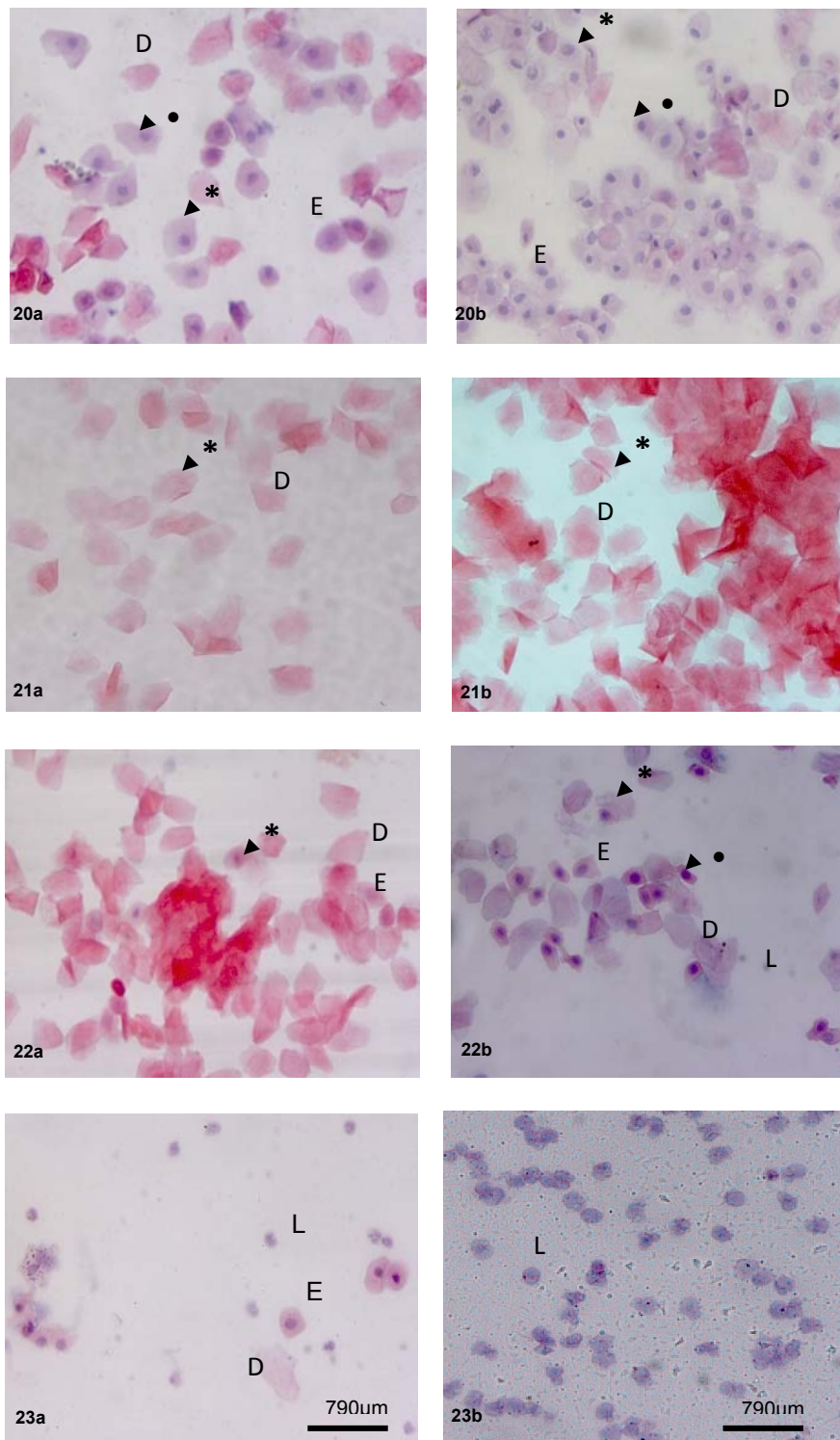


Figura 19. Efeito da desnutrição neonatal sobre a medida do comprimento de cauda (CC) em ratas. As fêmeas foram divididas em dois grupos: desnutridos (n=48) e nutridos (n=30), mantidas nessa formação do 1º ao 21º dia de vida. As medidas de CC foram aferidas com paquímetro diariamente do 1º ao 21º dias pós-natais. Os resultados estão expressos em média $\pm$ DP. Na comparação entre N e D foi utilizado o teste ANOVA Two way repeated measures. * $p < 0,001$.

5.2. Aspectos estruturais do ciclo estral de ratas nutridas e desnutridas

Em cada animal dos grupos desnutridos e bem-nutridos foi realizadas dois esfregaço vaginal, a fim, de determinar as fases férteis (proestro e estro) e não-férteis (metaestro e diestro) do ciclo. Em um total de 146 preparações histológicas foram obtidos para o grupo desnutrido 49 na fase fértil, 37 na fase não- fértil; e para grupo bem- nutrido, 36 na fase fértil e 24 não-fértil. Ao compararmos os grupos: desnutrido e bem-nutridos durante as fases: fértil (fig. 20a, 20b, 21a, 21b) e não-fértil (fig. 22a, 22b, 23a, 23b) foi observado nas preparações histológicas do esfregaço vaginal das ratas desnutridas durante o período perinatal que houve alteração na proporção dos tipos de células epiteliais. Assim, o proestro de ratas desnutridas durante o período perinatal apresentou células epiteliais nucleadas e células descamadas, enquanto que nas ratas nutridas houve predomínio das células epiteliais nucleadas. Na fase estro das ratas desnutridas no período perinatal houve um predomínio de células descamadas, no entanto em menor proporção que encontrado nas ratas nutridas. No metaestro houve predomínio de células descamadas nas ratas desnutridas no período perinatal, enquanto que nas nutridas houve a presença de células epiteliais, células descamadas e leucócitos. Já no diestro das ratas desnutridas no período perinatal houve presença de leucócitos e células epiteliais, enquanto que na nutridas houve o predomínio de leucócitos.



Figuras. 20,21,22,23. Fotomicrografias do esfregaço vaginal do ciclo estral de ratas Wistar utilizando a técnica de HE. Fase fértil do grupo desnutrido (fig.20a, 21a; n=48) e do grupo bem nutrido (fig.20b, 21b, n=30); fase não- fértil do grupo desnutrido (fig. 22a, 23b) e bem-nutrido (fig.22b, 23b). Fase fértil constituída pelo proestro (20a, b), e estro (21a, b), fase não-fértil constituída pelo metaestro (22a, b) e diestro (23a, b). Leucócitos (L), epiteliais (E), descamadas (D) (790µm nos painéis). Os esfregaços vaginais das ratas foram observados utilizando o microscópio óptico com câmera acoplada, com aumento 20x. A quantidade dos três tipos de células foi usada para determinar as fases do ciclo estral. Célula epitelial apresentando citoplasma acidófilo (*) e com núcleo basófilo (•), células descamadas irregulares com citoplasma bem acidófilos e anucleados e leucócitos.

5.3. Atividade Locomotora

Para avaliação dos parâmetros da atividade locomotora aos 60 dias dos grupos N e D foi utilizado o teste ANOVA Two Way e para avaliação dos respectivos grupos durante as fases fértil e não-fértil do ciclo estral utilizou-se o teste de comparação múltipla Holm-Sidak.

O grupo N, comparado ao grupo D obteve uma redução da massa corporal aos 60 dias de idade ($*p < 0,001$) independente da fase do ciclo estral. O grupo D fértil ($*p = 0,019$) teve uma leve redução da massa corporal, quando comparado ao grupo D não-fértil. No entanto, para o grupo N ($p = 0,988$) não foi observado alterações significativas ao compararmos as fases fértil e não-fértil (Figura 24).

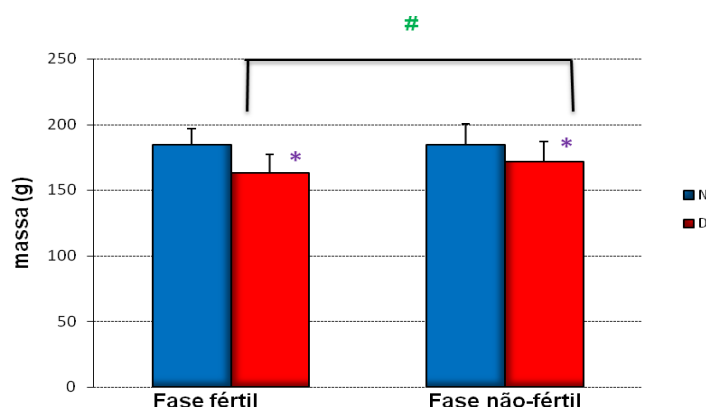


Figura 24. Massa corporal de ratas nutridas (N: n=30) e desnutridas (D: n=48) aos 60 dias pós-natais, durante a avaliação da AL nas fases: fértil (F) e não-fértil (NF) do ciclo estral das ratas. Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP. * $p < 0,001$ (grupo desnutrido, ANOVA Two Way). # $p = 0,05$ (Comparação entre grupos, teste de comparações múltiplas- Holm-Sidak).

Na avaliação da distância percorrida, o grupo D ($*p = 0,040$) apresentou diminuição neste parâmetro quando comparado ao grupo N. No entanto, não foram apresentadas alterações quando comparamos os grupos D e N durante as fases: fértil e não-fértil do ciclo estral ($p = 0,717$) (Figura 25).

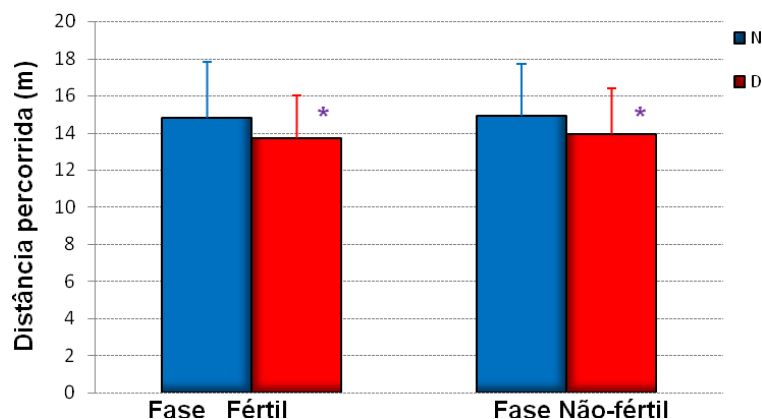


Figura 25. Distância total percorrida por ratas nutridas (N: n=30) e desnutridas (D: n=48) aos 60 dias pós-natais, durante a avaliação da AL nas fases: fértil (F) e não-fértil (NF) do ciclo estral das ratas. Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP. * $p < 0,04$ (grupo desnutrido, ANOVA Two Way).

Na avaliação da velocidade média atingida, o grupo D (* $p=0,039$) apresentou diminuição neste parâmetro quando comparado ao grupo N. No entanto, não foram apresentadas alterações quando comparamos os grupos D e N durante as fases: fértil e não-fértil do ciclo estral ($p=0,726$) (Figura 26).

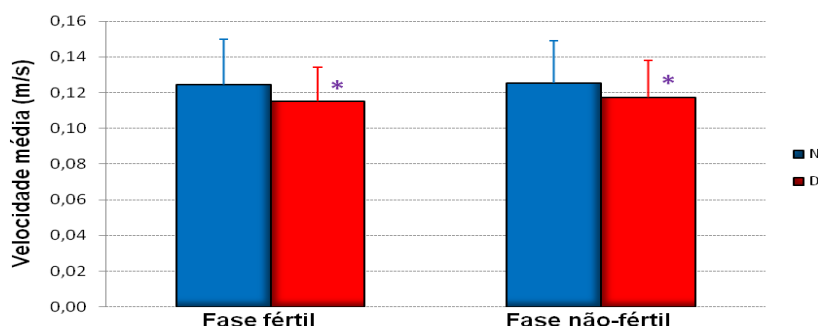


Figura 26. Velocidade Média desenvolvida por ratas nutridas (N: n=30) e desnutridas (D: n=48) aos 60 dias pós-natais, durante a avaliação da AL nas fases: fértil (F) e não-fértil (NF) do ciclo estral das ratas. Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP. * $p < 0,04$ (grupo desnutrido, ANOVA Two Way).

Na avaliação da potência média atingida, o grupo D apresentou diminuição neste parâmetro quando comparado ao grupo N (* $p < 0,001$). No entanto, ao comparamos os grupos D e N durante as fases fértil e não-fértil do ciclo estral; os grupos: D e N durante a fase fértil obtiveram alterações na potência média

significante estatisticamente ($p=0,05$), já na fase não-fértil não demonstraram nenhuma alteração significativa ($p=0,266$) (Figura 27).

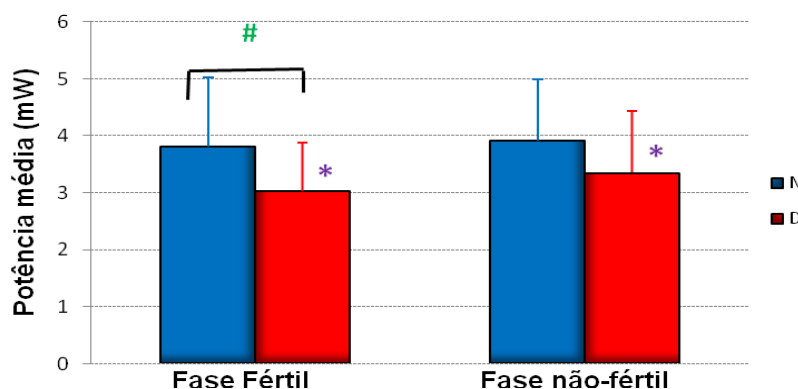


Figura 27. Potência Média desenvolvida por ratas nutridas (N:n=30) e desnutridas (D: n=48) aos 60 dias pós-natais, durante a avaliação da AL nas fases: fértil (F) e não-fértil (NF) do ciclo estral das ratas. Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP. * $p<0,001$ (grupo desnutrido, ANOVA Two Way). # $p=0,05$ (Comparação entre grupos, teste de comparações múltiplas- Holm-Sidak).

Na avaliação do tempo imóvel, ao compararmos os grupos D e N não apresentaram nenhuma alteração significativa neste parâmetro ($p=0,101$). Como também não apresentaram alteração ao serem comparados durante as fases: fértil e não-fértil do ciclo estral ($p=0,937$). Com relação ao número de paradas ao compararmos os grupos D e N não observamos diferenças significativas ($p=0,937$). Como também não apresentaram alteração ao serem comparados durante as fases: fértil e não-fértil do ciclo estral ($p=0,572$). (Figura 28 e 29 respectivamente).

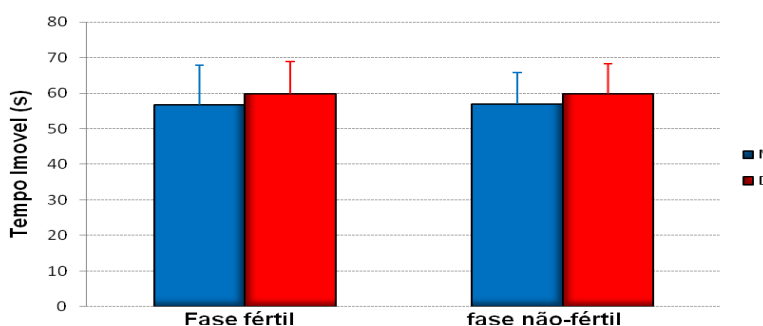


Figura 28. Duração do tempo em que o animal permaneceu parado em ratas nutridas (N:n=30) e desnutridas (D: n=48) aos 60 dias pós-natais, durante a avaliação da AL nas fases: fértil (F) e não-fértil (NF) do ciclo estral das ratas. Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP. O teste utilizado foi ANOVA Two Way.

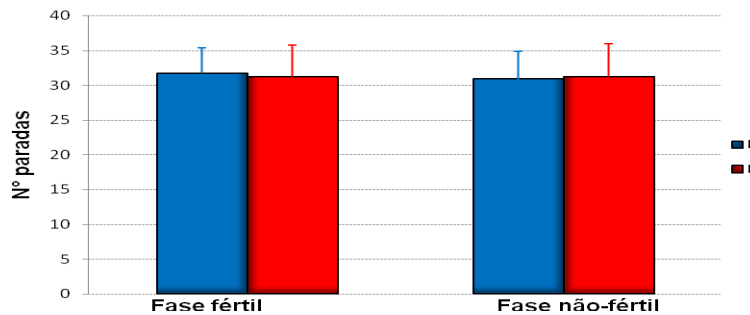


Figura 29. Número de paradas apresentado por ratas nutridas (N: n=30) e desnutridas (D: n=48) aos 60 dias pós-natais, durante a avaliação da AL nas fases: fértil (F) e não-fértil (NF) do ciclo estral das ratas. Os resultados foram expressos em média $\pm$ DP. O teste utilizado foi ANOVA Two Way.

5.4. Receptividade sexual e acasalamento

Para analisarmos a receptividade sexual e o acasalamento, de acordo com a descrição dos dados, primeiramente utilizamos um teste de Qui-quadrado, porém os dados não foram adequados. Sendo indicada a utilização do teste de Fisher. Na prolicidade com relação às fêmeas acasaladas não houve alteração significativa entre os grupos N e D ($p=1,00$). Como também não houve alteração entre os grupos com relação à prolicidade nas fêmeas prenhe ($p=1,00$).

A		
PROLIFICIDADE FÊMEAS ACASALADAS		
	N	D
Nº de nascidos	233	403
Nº de fêmeas acasaladas	24	48
Prolificidade	10	9

B		
PROLIFICIDADE FÊMEAS PRENHEZ		
	N	D
Nº nascidos	233	403
Nº fêmeas prenhes	21	36
Prolificidade	11	11

Tabela 2. Efeito da desnutrição neonatal sobre a prolicidade de fêmeas acasaladas (**A**) e de fêmeas prenhez (**B**). Sendo os resultados comparados entre os grupos D (n=24) e N (n=48). Valores expressos na divisão do nº de nascidos pelo nº de fêmeas acasaladas e nº de fêmeas prenhas. Os dados foram analisados através do teste de Fisher.

Ao analisarmos a taxa de fertilidade entre os grupos: N e D não foram observados alterações significativas estatisticamente.

TAXA DE FERTILIDADE		
	N	D
Nº de fêmeas prenhes	21	36
Nº de fêmeas acasaladas	24	48
X100	0,88	0,75
Taxa de Fertilidade	88%	75%

Tabela 3. Efeito da desnutrição neonatal sobre a taxa de fertilidade das ratas. Sendo os resultados comparados entre os grupos D (n=24) e N (n=48). Valores expressos em porcentagem da divisão do nº de fêmeas prenhas pelo nº de fêmeas acasaladas. Os dados foram analisados através do teste de Fisher.

5.5. *Desenvolvimento embrionário*

Para análise do desenvolvimento embrionário observamos os parâmetros do peso gestacional, peso do útero, número de fetos viáveis, inviáveis e totais. Para análise do peso gestacional e do útero utilizamos o teste “T”. Já para análise da contagem dos fetos foi utilizado o teste de Mann-Whitney.

Com relação ao peso corporal durante o 15º de gestação, a diferença observada ao compararmos o grupo N com o grupo D não foi estatisticamente significativa ($p=0,614$) (Figura 30).

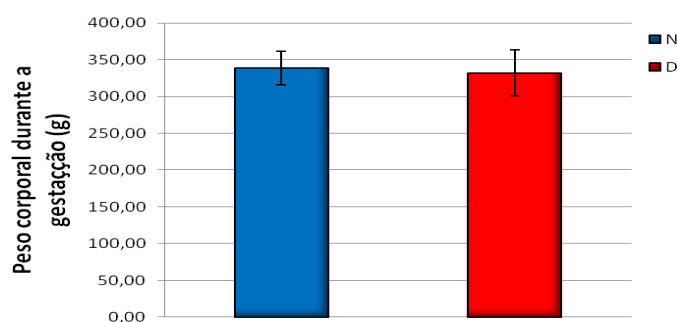


Figura 30. Peso corporal de ratas prenhes nutridas (N: n=21) e desnutridas (D: n=36) durante o período de aleitamento. O peso foi aferido no 15º dia de gestação. Os valores estão expressos em média ($\pm$ desvio padrão). Para análise de dados utilizou-se o teste “T”.

Com relação ao peso do útero durante o 15º dia de gestação, a diferença observada ao compararmos o grupo N com o grupo D não foi estatisticamente significativa ($p=0,152$) (Figura 31).

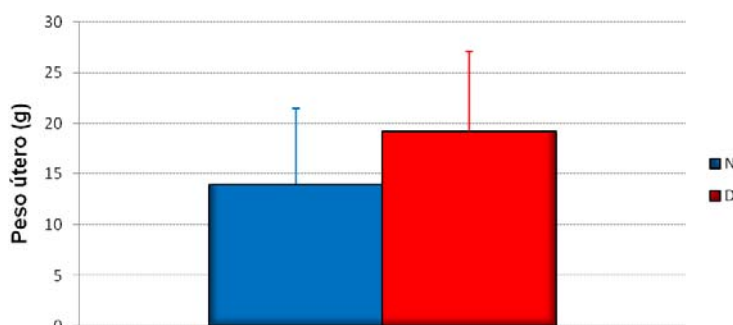


Figura 31. Peso do útero de ratas nutridas (N: $n=21$) e desnutridas (D: $n=36$) durante o período de aleitamento. O peso do útero foi aferido em ratas eutanasiadas no 15º dia de gestação. Os valores estão expressos em média ($\pm$ desvio padrão). Análise de dados através do teste “T”.

Com relação à contagem do número de fetos viáveis, inviáveis e totais, ao compararmos os grupos: N e D não foram observadas alterações significativas estatisticamente para nenhuma das contagens (Tabela 4).

GRUPOS	DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO		TOTAIS FETOS
	FETOS VIAVÉIS	FETOS INVIÁVEIS	
D	11 (0 -16)	0 (0 - 3)	12 (8 -16)
N	12 (5 -13)	1 (0 - 2)	12 (6 -14)

Tabela 4. Desenvolvimento embrionário de ratas nutridas (N: $n=21$) e desnutridas (D: $n=36$) durante o período de aleitamento. Contagem do número de fetos viáveis, inviáveis e totais em ratas eutanasiadas no 15º dia de gestação. Valores expressos em média $\pm$ DP. Na comparação entre N e D foi utilizado o teste Mann-Whitney.

ESTUDO 2

“Ciclo menstrual: consequências sobre a propriedades neuromecânicas em mulheres”

ÉTUDE 2

« Cycle menstruel: conséquences sur la propriété neuromécaniques musculaire chez la femme »

6. OBJETIVOS ESTUDO 2

RESUMO EM FRANÇAIS

OBJECTIFS ETUDE 2

GÉNÉRAL

Analyser les propriétés neuromécaniques du groupe musculaire triceps sural à trois stades du cycle menstruel chez des femmes jeunes, sans traitement contraceptif.

SPÉCIFIQUE

- Déterminer certaines propriétés mécaniques du muscle squelettique (groupe: triceps sural), en utilisant des ergomètres spécifiques à l'évaluation de la fonction neuromusculaire. Seront évalués :
 - Le couple passif maximum, la position maximale et la raideur passive lors d'une mobilisation passive de la cheville jusqu'à flexion dorsale maximale
 - Le réflexe tendineux au travers de la percussion tendineuse;
 - Le réflexe de Hoffman et la réponse motrice directe au travers de stimulations électriques ajustées
 - La Contraction Maximale Volontaire (CMV) ;
 - La Contraction volontaire sous maximale à différents pourcentages avec « Twitch Interpolé » simple pour évaluer les capacités d'activation
 - L'Efficacité Neuromusculaire, rapport entre le couple externe et l'activité évaluée par électromyographie de surface, en contraction volontaire ou induite.

OBJETIVOS ESTUDO 2

GERAL

Investigar as propriedades biomecânicas musculares durante as fases do ciclo menstrual em mulheres jovens.

ESPECÍFICO

- Determinar as propriedades mecânicas do músculo esquelético (grupo: tríceps sural), utilizando ergômetros para avaliação da função neuromuscular, avaliando:
 - O torque passivo máximo, posição máxima e rigidez passiva do calcanhar em flexão dorsal;

- O reflexo tendinoso através de estímulo de percussão;
- O reflexo de Hoffman e a resposta motora através de estimulação elétrica adequada;
- Contração Máxima Voluntária (CMV);
- Contração voluntária em diferentes porcentagens com “Twitch Interpolar” simples;
- Eficiência Neuromuscular, através da relação amplitude do abalo versus Mmax ou Tmax.

7. MATERIAL E MÉTODOS ESTUDO 2

RESUMO EM FRANÇÊS

MATERIEL ET METHODES ETUDE 2

Pour les travaux développés à l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) - France deux ergomètres cheville ont été utilisés dont un transportable.

Ergomètre transportable (Figure 32)

L'ergomètre transportable est de maniement facile et permet la réalisation d'essais en position couchée ; il peut être adapté aux données anthropométriques des sujets. Différents capteurs sont solidaires du pédalier : un codeur optique (IVO multivo GA241) couplé à l'axe de rotation pour mesurer position et déplacement angulaires, un capteur de force (CELTRON MTC, 150lb) placé à 2 cm de l'axe de rotation pour évaluer le couple de flexion plantaire ou de dorsiflexion. Cet ergomètre a été utilisé pour les tests de mesure des propriétés élastiques en conditions passives en position allongée.

Ergomètre fixe (Figure 33)

Il est composé d'un fauteuil avec dossier inclinable, fixé sur une structure métallique montée sur rails pour avancer plus ou moins le fauteuil selon les données anthropométriques des sujets. Le pédalier, solidaire de la structure métallique, permet de réaliser des efforts de flexion plantaire mesurés à l'aide d'un capteur de force (CELTRON MTC, 150lb). Un marteau à réflexe à commande électromagnétique peut être placé à l'arrière du pédalier pour la partie du protocole consistant à mesurer le réflexe tendineux.

Les signaux mécaniques et électromyographiques sont adressés à une carte d'acquisition DT9800 (Data Translation) reliée à l'ordinateur par un port USB et acquis à une fréquence d'échantillonnage de 200Hz.

Dispositif pour stimulations électriques

Le stimulateur utilisé est le modèle DS7 Digitimer Ltd. Il permet d'appliquer des stimulations électriques pour évoquer les réponses réflexes H ou motrices directes M du muscle ou groupe musculaire testés (triceps sural).

Le stimulateur fournit des stimulations en courant constant avec une intensité réglable entre 0 et 100 mA et une durée choisie entre 5µs à la 2ms (1ms dans nos expérimentations). Les stimuli peuvent être portés à fréquence fixe (entre 1Hz, 0.5Hz et 0.2Hz) ou en déclenchement manuel. Dans le contexte de cette étude, les chocs ont été déclenchés manuellement, la durée de la stimulation a été de 1ms avec intervalle environ 5s. Les stimuli ont été acquis à travers une pince ampèremétrique montée en série sur les électrodes de stimulation (PR 30, max current - 20A RMS (root mean square), output 100mV/A). Des impulsions de synchronisation contemporaines des stimuli servent à déclencher la base de temps de l'oscilloscope de contrôle et l'acquisition des données sur l'ordinateur à une fréquence d'échantillonnage de 5kHz pour le réflexe H et la réponse M et de 1kHz pour les secousses interpolées.

La cathode est constituée d'une petite sphère en inox (9 mm de diamètre) reliée à petit bâton isolé électriquement. Elle est placée sur la ligne moyenne du creux poplité de la jambe droite, où le nerf sciatique passe en surface, et maintenue en place par une courroie élastique qui sert également à maintenir l'électrode de référence. L'anode est une large plaque d'argent (5 cm x 4cm) placée au dessus du genou. L'anode et la cathode sont enduites d'un gel électrolytique afin d'assurer une meilleure transmission des stimulations portées.

Chaîne de mesure des activités électromyographiques (EMG) (Figure 34)

Les activités électromyographiques des muscles soléaire, jumeau (ou gastrocnémien) interne, gastrocnémien externe et jambier antérieur sont recueillies de manière bipolaire par des électrodes de surface de type Beckmann. Le diamètre interne des électrodes est de 8 mm.

Une collerette adhésive double face permet de fixer ces électrodes sur la peau. Avant de fixer les électrodes, la peau est poncée par une crème abrasive pour éliminer la couche externe de l'épiderme (cellules mortes). La peau est ensuite nettoyée par un mélange d'alcool à 70% et d'acétone à 30%. Cette préparation de la peau permet de diminuer l'impédance inter-

électrodes à une valeur approximative de 10kOhms. Le contact électrique entre la peau et la surface active des électrodes est assuré par un gel électrolytique.

Une électrode de référence (plaque d'argent 4 cm x 5cm couverte de gel électrolytique) est placée sur la face externe de la jambe, 5 cm sous la tête du péroné. Cette électrode de référence est placée entre les électrodes de recueil des activités eletromyographiques et les électrodes de stimulation. Cet emplacement permet de limiter la détection des artefacts de stimulation et protège les sujets en cas de courants de fuite. Les signaux eletromyographiques détectés sont dirigés à travers des câbles blindés vers des amplificateurs différentiels isolés à impédance d'entrée élevée ($> 1 \text{ M}\Omega$). L'amplification des signaux est ajustée par incréments de 5dB entre un gain minimal de +20dB et un gain maximal de +95 dB.

Dispositif de percussion tendineuse

Un étirement musculaire par une percussion tendineuse a été réalisé à travers un marteau à réflexe à commande électromagnétique (Mecalelectro, 400 w). La partie active du marteau est une petite sphère en bois (diamètre 20 mm). Le marteau a été fixé sous un support cylindrique monté sur rotule (Mapex TH684) choisi pour sa mobilité qui permet d'ajuster l'inclinaison et le positionnement du marteau au maximum de concavité du tendon d'Achille. Le déclenchement de la percussion peut être fait de manière automatique ou manuel. Dans la présente étude, nous optons par un déclenchement des percussions en mode automatique, à une fréquence de 0,2 Hz. Deux intensités de percussions tendineuses dites « min » et « max » sont appliquées.

Population étudiée et moments des tests

L'étude a été menée sur une population de 9 femmes volontaires d'un âge variant de 21 à 38 ans, de différentes nationalités. Ces femmes, sans pathologie du membre inférieur, ont été choisies pour leur cycle menstruel régulier et le fait qu'elles n'utilisaient pas de contraceptif hormonal. Toutes les volontaires ont été soumises à un pré-test pour le réglage des dispositifs et des équipements, et pour les familiariser aux tests expérimentaux. L'essai ont été réalisés dans la suivante séquence : force passive et Range of Motion, réflexe tendineux, réflexe de Hoffmann et de réponse Motrice, de contraction volontaire et de Twitch Interpoler. Les expérimentations ont ensuite été réalisées à trois stades du cycle menstruel. Les phases du cycle menstruel ont été déterminées à partir du comptage des jours, phase menstruelle (1^{er} dia du saignement), phase ovulaire (15^e jour après le saignement) et phase luteal (22^e jour après le saignement).

Mesures anthropométriques

Les mesures faites étaient le poids, l'IMC, les teneurs en graisse et eau grâce à une balance impédancemétrique (EKS 8905). La taille (debout et en position assise) a été mesurée à l'aide d'une toise en bois et les longueurs de la jambe et de la cuisse ont également été relevées. La température corporelle a été prise par un thermomètre digital.

Protocole Expérimental

Force Passive et « Range of Motion »

Pour l'étude de la force passive développée par les structures élastiques du muscle nous utilisons l'ergomètre transportable. L'étude se fait sous contrôle de l'activité électromyographiques des fléchisseurs plantaires et du jambier antérieur pour vérifier l'absence d'activité volontaire ou réflexe des muscles. Le sujet est testé en position couchée, genou tendu. Le pied repose sur la sole du pédalier de l'ergomètre et cheville et talon sont fermement maintenus par des sangles et bandes Velcro. Le maintien du contact entre la sole plantaire et le pédalier tout au long du test est vérifié à l'aide d'une sonde de type FSR (Force Sensing Resistor) qui mesure l'appui du pied sur la plaque de l'ergomètre. L'expérimentateur impose manuellement un mouvement isocinétique à une vitesse constante de 2°/s. Il est aidé dans sa manœuvre en suivant sur l'oscilloscope une trajectoire linéaire prédéfinie et calibrée à la vitesse choisie. Le mouvement est initié à la position maximale de flexion plantaire et mené jusqu'à la position maximale supportable en flexion dorsale (ou arrêt de contact pied-plaque indiqué par le signal FSR visualisé à l'écran de l'oscilloscope). Trois mouvements passifs sont imposés à chaque phase du cycle menstruel testée.

Réflexe Tendineux

Le réflexe tendineux (réponse T) du triceps sural a été mesuré au repos en appliquant des percussions au tendon d'Achille. La tête du marteau a été placée dans la concavité du tendon, à 2 mm de la peau. L'intensité de la percussion est variable grâce à un jeu de résistances mises en série sur l'alimentation du marteau ; les intensités les plus faibles et les plus fortes ont été testées. Quinze réponses T ont été évoquées à chaque intensité. Les EMGs des trois muscles du triceps sural, ainsi que la secousse réflexe induite, sont visualisés sur l'écran de l'oscilloscope de contrôle et font l'objet d'une acquisition. via le programme Acq2000 développé en visuel C++ au laboratoire.

Réflexe de Hoffmann et Réponse Motrice

Pour obtenir les courbes de recrutement des réponses H et M du triceps sural, l'intensité de stimulation est progressivement augmentée jusqu'à obtenir la réponse M_{max} sur chacun des chefs du triceps sural. Les stimulations sont déclenchées manuellement

approximativement toutes les 5 secondes. A l'intensité pour laquelle le réflexe H est maximal pour le soléaire, 15 réponses $H_{\max}$ sont enregistrées. L'expérimentateur continue ensuite d'augmenter l'intensité de stimulation jusqu'à ce que la réponse M soit maximale sur chacun des trois muscles. A cette intensité, 5 réponses $M_{\max}$ sont enregistrées.

Contraction volontaire et Secousse Interpolée (Twitch Interpolation, TI)

La contraction maximale volontaire (CMV) permet de déterminer la force musculaire maximale qu'une personne est capable de développer de manière volontaire. Pour mesurer la CMV, le sujet est testé en position assise, sans appui dorsal, les bras croisés posés sur les cuisses et sans aide du membre inférieur controlatéral qui reste pendant, afin de limiter toute participation d'autres muscles que ceux impliqués dans la flexion plantaire de la cheville droite. Le pied et la cheville droits sont sanglés fermement en évitant toutefois l'inconfort. Le sujet réalise 3 CMV qu'il maintient pendant 3 secondes, avec repos de une à deux minutes entre deux essais. La meilleure performance des trois enregistrements a été considérée comme la CMV du jour.

Pendant le plateau de CMV, l'expérimentateur applique une stimulation supra-maximale (intensité de 110% du $M_{\max}$ précédemment évalué), pour évoquer éventuellement une secousse induite (« twitch interpolé ») ; en CMV, si une secousse interpolée est observée, cela indique que le sujet ne réalisait pas un effort maximal. Une stimulation supra-maximale est appliquée pendant la phase de repos pour comparer l'amplitude des secousses induites au repos avant et après l'effort et révéler une éventuelle potentiation post contraction.

Ce même protocole est repris pour des efforts correspondant à 25%, à 50%, et 75% de CMV. Les différents niveaux d'effort ont été exécutés dans un ordre aléatoire. Pour contrôler son effort, le sujet visualise le signal de sortie du capteur de force dirigé sur l'oscilloscope de contrôle. Trois acquisitions ont été enregistrées à chaque pourcentage de CMV. Un temps de repos variant de 30 secondes à deux minutes a été ménagé après chaque contraction, ce temps dépendait de l'intensité de la contraction demandée.

Acquisition et Traitement des données (Figures 35 et 36)

Le programme d'acquisition utilisé pour l'ensemble des signaux et parties du protocole a été développé spécifiquement au laboratoire, en langage C⁺⁺ ; il s'agit du programme Acq2000. Les fréquences d'échantillonnage choisies ont été citées plus haut.

Pour le traitement des données recueillies en conditions passives, nous utilisons un programme écrit au laboratoire sous HP VEE 7.5.

Le niveau de force initiale, considéré comme force nulle, est estimé à partir des premiers points (500 ms) acquis en position de flexion plantaire maximale, avant que l'expérimenteur ne déclenche le mouvement passif isocinétique jusqu'à la dorsiflexion maximale. Des deux positions extrêmes, on déduit l'excursion articulaire de la cheville ou « Range of Motion », ROM. Le couple passif en dorsiflexion maximale est mesuré (Nm) et la raideur passive est donnée, en $\text{Nm}/^\circ$, par la dérivée de la relation couple-angle obtenue entre 90° de flexion (noté 0° sur les courbes et la figure 5) et la dorsiflexion maximale. L'aire sous la courbe couple-angle est mesurée pour approcher l'énergie potentielle élastique.

Activités réflexes et réponse motrice (Figures 37-41)

Le traitement des activités réflexes et des mécanogrammes correspondants, a été réalisé à travers d'un programme (NEUROMECHANIK) développé sous environnement MATLAB.

Les paramètres calculés ont été : latence, amplitude min-max, surface et durée des activités EMG de chaque muscle et de l'activité globale de triceps sural (TS), obtenue par sommation des 3 EMG redressées.

L'amplitude moyenne des réponses T, H, M a été calculée en divisant surface de la réponse par sa durée. Ce paramètre est plus pertinent que le paramètre amplitude min-max lorsque les réponses sont de nature polyphasique, comme c'est le cas parfois pour les gastrocnémiens.

Pour calculer les réponses maximales, dans chaque cas (T, H ou M) les 10 réponses unitaires les plus grandes, sont moyennées et ces moyennes sont paramétrées comme indiquées pour les réponses unitaires qui servent à tracer les courbes de recrutement des réponses H et M. Toutes les réponses ont été normalisées par rapport à la réponse $M_{\max}$, et les réponses T ont aussi été exprimées en % de la réponse $H_{\max}$. On dispose ainsi des rapports $H_{\max}/M_{\max}$, $T_{\max}/M_{\max}$, $T_{\max}/H_{\max}$, $T_{\min}/M_{\max}$ et $T_{\min}/H_{\max}$ pour le muscle soléaire et pour TS, rapports calculés sur les paramètres amplitude min-max, surface et amplitude moyenne.

Les mécanogrammes recueillis en même temps que les réponses $M_{\max}$ ou $T_{\max}$ ont aussi fait l'objet d'un moyennage et la secousse moyenne ainsi obtenue a été caractérisée par les paramètres suivants: Amplitude maximale de la secousse (Pt), temps de contraction (CT), temps de demi-relaxation (TDR), vitesse de développement de la force (dPt/dt). Le délai électromécanique (DEM), intervalle de temps entre le début de l'onde M du TS (ou la réponse T) et le début de la secousse, a également été calculé.

L'efficacité neuromusculaire (ENM) a été calculée dans des conditions induites électriquement et mécaniquement. Pour tous les sujets, le réflexe $H_{\max}$ du TS était toujours accompagné d'une réponse M de faible amplitude. Ainsi, l'ENM relative à ce réflexe n'a pas été calculée. L'ENM a donc été évaluée lors des percussions tendineuses à intensité maximale ou des stimulations électriques utiles au recueil des réponses M. Cette efficacité neuromusculaire n'est évaluée que pour TS puisqu'il s'agit de mettre en rapport la force développée par ce groupe en conditions induites (choc électrique ou percussion tendineuse) avec l'activité EMG de ce groupe (TS $M_{\max}$ ou TS $T_{\max}$)

Pour le traitement de la force et des EMGs recueillis en conditions volontaire, le programme utilisé a également été développé sous MATLAB. A chaque niveau de contraction, le meilleur des 3 essais est retenu (meilleure stabilité du plateau de force et respect de la consigne). La relation EMG-Couple a été construite après traitement des données électromyographiques et mécaniques par la méthode de la moyenne glissante appliquée sur les 2 secondes de plateau pendant lesquelles la force est la plus stable. Les EMGs des 3 muscles du TS sont sommés puis, pour cette moyenne glissante, les valeurs RMS de l'EMG du TS sont calculées sur des fenêtres de 200ms avec un pas de 30ms. A chaque niveau d'effort, les données sont ainsi représentées sous la forme d'un nuage dont la dispersion sur l'ordonnée illustre la difficulté du sujet à maintenir le niveau d'activité du TS et la dispersion sur l'abscisse indique la difficulté à maintenir le couple requis. Afin de permettre les comparaisons, sujet par sujet, l'activité EMG du TS a été normalisée par l'amplitude moyenne du $M_{\max}$ ($EMG_{TS}/M_{\max TS}$).

En condition volontaire maximale ou sous maximale, l'amplitude de la secousse induite (TI) pendant le plateau de force a été utilisée pour calculer le déficit d'activation, DA, selon la formule $[DA \% = (force\ avec\ TI / force\ sans\ TI) * 100]$.

Nous avons également effectué le calcul complémentaire de l'activation volontaire (AV) selon la formule : $[AV\% = (100 - TI / Pt\ au) * 100]$.

La comparaison de l'amplitude des secousses induites au repos avant et après contraction musculaire permet d'évaluer l'éventuelle potentiation post-activation à travers la formule suivante: $[Potentiation\ Post-activation = Pt\ après\ contraction / Pt\ avant\ contraction]$

La relation DA (%) / Force (%) a été construite pour suivre une évolution de ce paramètre en fonction du pourcentage de MVC développé. Sur la courbe aussi a été construite une régression exponentielle et la pente de cette relation a été choisie comme index de DA.

Cette relation, comme tous les autres paramètres, a été établie à chaque phase du cycle menstruel.

II Analyse Statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel *Sigma Start*. Le traitement statistique nous a permis de comparer chaque paramètre mesuré aux différentes phases : menstruelle, ovulatoire et lutéale du cycle menstruel des femmes. Comme nos résultats ne suivent pas une loi normale et que notre échantillon est petit, les tests ANOVA ne peuvent être valides. Nous utilisons des tests non-paramétriques qui correspondent à nos conditions expérimentales.

Pour les paramètres anthropométriques nous utilisons le test *One Way Repeated Measure* et pour les paramètres recueillis lors du protocole expérimental, nous adoptons un test de Friedman pour mesures répétées afin de comparer les données aux 3 phases du cycle.

Les tests statistiques choisis satisfont à nos conditions expérimentales, ils nous permettent de travailler sur un petit échantillon ne suivant pas une loi normale. Tous les résultats sont présentés par leur moyenne (et erreur standard) avec leurs minima et maxima donnés entre parenthèses.

MATERIAL E MÉTODOS ESTUDO 2

7.1. População estudada

O estudo realizado na UTC- França foi constituído por uma população de 9 mulheres voluntárias com idades entre 21 e 38 anos de diferentes nacionalidades. Sem patologias nos membros inferiores, com ciclo menstrual regular e não fazendo uso de contraceptivo oral ou hormonal. Todas as voluntárias foram submetidas a um pré-teste para a regulação dos ganhos e dos equipamentos, e para as mesmas se familiarizarem com os testes. Os testes foram realizados na seguinte sequência: força passiva e amplitude de movimento, reflexo tendinoso, reflexo de Hoffmann e resposta Motora, contração voluntária e Twitch Interpolar. As aquisições foram realizadas em cada fase do ciclo menstrual. As fases do ciclo menstrual foram

determinadas a partir da contagem dos dias, fase menstrual (1º dia do sangramento), fase ovular (15º dia após o sangramento) e fase luteal (22º dia após o sangramento).

7.2. Medidas antropométricas

Foram verificado peso, IMC, % gordura e % água através de uma balança de impedância (EKS 8905), altura (em pé e sentado) através de um estadiômetro de madeira e o comprimento da perna e coxa, como também a temperatura corporal através de termômetro digital.

Os trabalhos desenvolvidos na Université de Technologie de Compiègne (UTC) foram utilizados dois ergômetros de calcanhar: um transportável e outro fixo que serão descrito a seguir.

7.3. *Ergômetro transportável*

Um ergômetro de fácil manuseio e transportável que possibilita a realização de testes em posição deitada (figura 32), podendo ser adaptado as medidas antropométricas dos sujeitos. O mesmo é composto de codificador óptico (IVO multivo GA241) para verificação angular; um captor de força (CELTRON MTC, 150lb) e um acelerômetro (FGP FA201-15) o qual foi utilizado para verificação da força passiva inspirado no protocolo descrito por Moseley et al (2001). O sujeito foi deitado confortavelmente e estando bem relaxado, mantendo a perna direita com o joelho estendido, onde o pé foi amarrado ao pedal com fitas de velcro, uma no dorso do pé, e outra, em torno do tornozelo e calcanhar, formando um ângulo de 90°. O maléolo lateral foi alinhado com o eixo de rotação do ergômetro. A posição neutra (0V) é igual 90° numa velocidade constante de 2°/s.

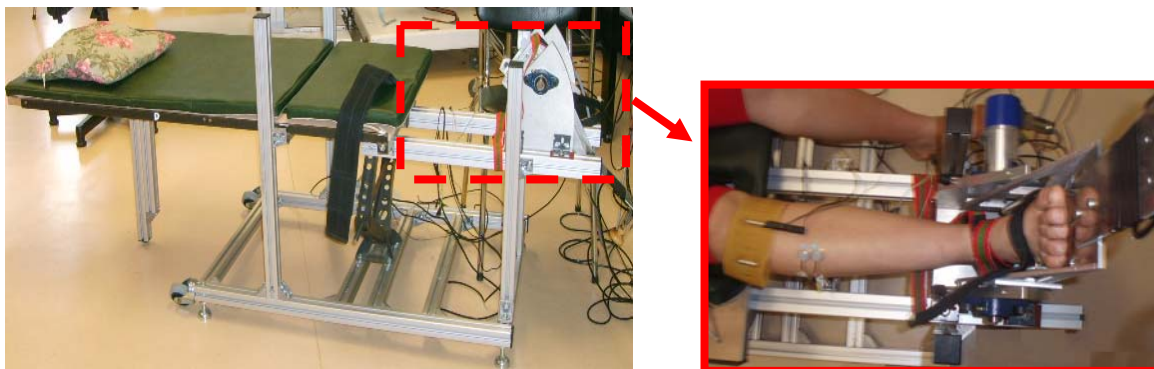


Figura 32. Ergômetro transportável em posição deitada e zoom do pedal, o qual encontra-se o captor de força e deslocamento.

7.4. Ergômetro fixo

É composto por uma poltrona com encosto reclinável, montada sobre uma estrutura que possibilita diversas adaptações, conforme as medidas antropométricas dos sujeitos. Essa estrutura que é fixada à poltrona, possui uma placa suporte para o pé (onde está localizado o captor de força CELTRON MTC, 150lb), podendo ser ajustada aos ângulos das articulações do joelho e do calcanhar (figura 33). O sujeito foi sentado confortavelmente, podendo usar o encosto da poltrona durante o período de repouso e durante os testes de atividade reflexa do músculo em repouso, mas nenhum suporte dorsal foi permitido durante as fases de contração voluntária, a fim, de evitar contribuições de outros músculos no movimento estudado; o joelho foi posicionado a 120° e o calcanhar a 90° . O pé foi fixado por fitas de velcro para manter sua parte inferior e superior imobilizadas. O eixo de rotação do pedal coincide com o eixo anatômico de rotação do calcanhar.

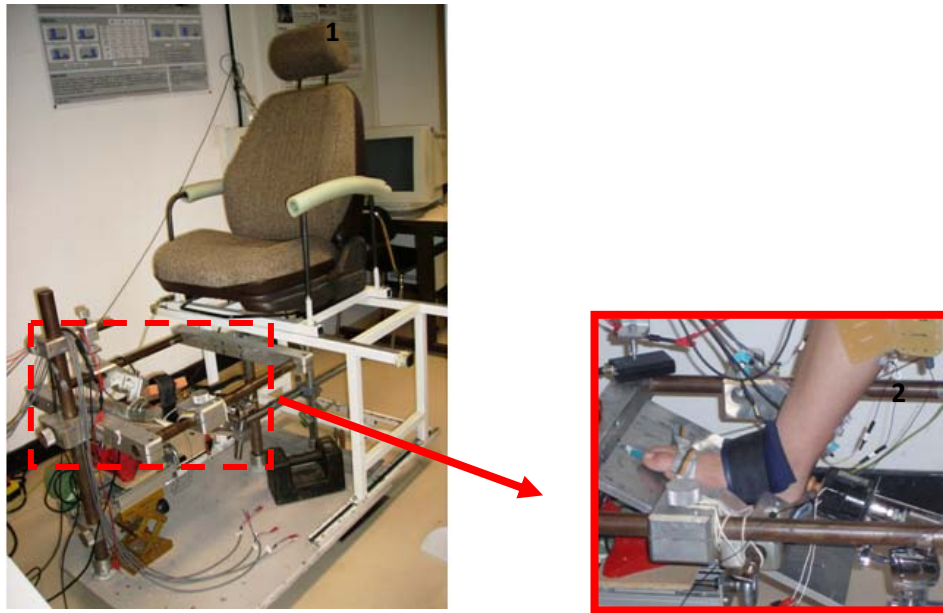


Figura 33. Ergômetro fixo (1) e a placa de suporte para o pé (2) onde esta instalada o captor de força.

Todos os dispositivos dos dois ergômetros são integrados a uma carta de aquisição a qual, através de uma entrada USB, permite a aquisição dos sinais analógicos pelo computador através de um programa de aquisição de dados.

7.5. Dispositivo para estímulos elétricos

O estimulador utilizado foi DS7 Digitimer Ltd. que permite emitir estímulos elétricos a fim de provocar uma resposta reflexa e/ou uma resposta motora do músculo, de acordo, com a intensidade de estimulação escolhida.

O estimulador fornece estímulos numa corrente constante com uma intensidade ajustável entre 0 e 100mA e uma duração escolhida entre 5 μ s à 2ms. Os estímulos foram emitidos numa frequência (entre 1Hz, 0.5Hz e 0.2Hz) com um desencadeamento manual. No âmbito deste estudo, os choques foram desencadeados manualmente, a duração do estímulo foi de 1ms com intervalo cerca de 5s. Os registros de estimulação foram adquiridos através de uma braçadeira em amperímetro que analisa a corrente elétrica (PR 30, max current - 20A RMS (root mean square), output 100mV/A). Esta braçadeira em amperímetro teve sua

sensibilidade aumentada através de um cabo de injeção enrolado 100 vezes. Os impulsos de sincronização são desencadeados a base de tempo do osciloscópio de controlo e uma carta de aquisição no computador a uma frequência de amostragem de 5kHz para o reflexo H e resposta M e de 1kHz para o “Twitch Interpolar (TI).

O cátodo é constituído de uma pequena esfera em aço inoxidável (9mm de diâmetro) acoplada a um pequeno bastão isolado eletricamente. É colocada sobre a linha mediana do cavo poplíteo da perna direita, onde o nervo ciático passa em superfície, e mantida no lugar pela correia elástica que serve igualmente para posicionar o eletrodo de referência. O ânodo é uma larga placa de prata (5cm x 4cm) colocada acima do joelho (fig.3). Tal posicionamento dos eletrodos permite, de acordo com Hugon (1973), atenuar os artefatos de estimulação, diminuir a capacidade do ânodo de emitir um choque elétrico, e favorece a ativação seletiva do tronco nervoso. Tanto o ânodo e o cátodo são revestidos de um gel eletrolítico a fim de assegurar uma melhor aplicação da corrente de estimulação sobre a pele.

7.6. Canal de medida da atividade eletromiográfica (EMG)

A atividade eletromiográfica dos músculos solear, gastrocnêmio interno, gastrocnêmio externo e tibial anterior foram recolhidas em modo bipolar por eletrodos de superfície do tipo Beckmann. O diâmetro interno do mesmo é de 8 mm e sua superfície condutora é de prata.

Fita adesiva dupla face permite fixar estes eletrodos sobre a pele. No entanto, antes de fixá-los, deve ser feito uma esfoliação (“peeling”) na pele através de um creme abrasivo. Esse peeling permite eliminar a camada, mas externa da epiderme (células mortas). A pele é em seguida limpa através de álcool a 70% e acetona a 30%. Esta preparação da pele permite diminuir e amenizar a impedância inter-

elétrodos a um valor aproximado de 10kOhms. O contato elétrico entre a pele e a superfície ativa dos eletrodos é assegurado por um gel eletrolítico.

Para os músculos solear, gastrocnêmio interno, gastrocnêmio externo e tibial anterior os elétrodos são colocados paralelamente às fibras musculares, no nível da projeção do músculo. Sobre o solear foram fixados longitudinalmente sobre a linha dorso-medial da perna, 4 cm sobre a inserção do gastrocnêmio ao nível do tendão de Aquiles, mantendo uma distância inter-eletrodos de 15 mm centro a centro.

Um eletrodo de referência (placa de prata 4 cm x 5cm coberta de gel eletrolítico) é colocado sobre a face externa da perna 5 cm sob a cabeça do tibial. Este eletrodo de referência é posicionado entre os elétrodos de recolhimento das atividades eletromiográficas e as utilizada para a estimulação elétrica nervosa, a fim de limitar, a detecção de artefatos de estimulação e os riscos a saúde do sujeito

(fig.34).

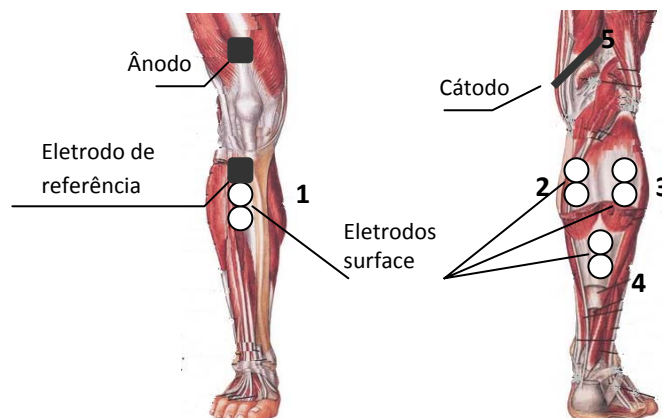


Figura 34. Esquema mostrando a colocação do ânodo e cátodo, do eletrodo de referencia e dos eletrodos de superfície na perna direita sob os músculos (1) tibial anterior, (2) gastrocnêmio interno, (3) gastrocnêmio externo, (4) solear e (5) cavo poplíteo

7.7. Dispositivo de percussão tendinosa

Um estiramento muscular por uma percussão tendinosa foi realizado através de um martelo eletromagnético (motor Mecalectro, 400 w). A parte ativa do martelo é uma pequena esfera de madeira (diâmetro 20 mm). O mesmo foi fixado sob um suporte cilíndrico de bateria (Mapex TH684) escolhido devido a sua mobilidade e por

permitir ao martelo uma inclinação no plano vertical de 80° e no plano horizontal 70°. O desencadeamento da percussão pode ser feito do modo automático ou manual, com intensidade variada entre máxima e mínima, com uma frequência fixa (entre 1Hz, 0.5Hz e 0.2Hz). Neste presente estudo, optamos por um desencadeamento de percussão automático, com intensidade mínima/máxima numa frequência fixa de 5s.

7.8. Protocolo Experimental

A fim de evitar a variabilidade das respostas obtidas nas mesmas condições experimentais, várias precauções foram tomadas:

- A sessão experimental desenrolou-se num ambiente calmo, isolado de possíveis perturbações sonoras e visuais;
- Durante as aquisições o sujeito foi solicitado a não se mover e ficar o mais relaxado possível;
- A duração média de 2:00 horas de aquisição compreende: verificação das medidas antropométricas, limpeza da pele, colocação dos eletrodos e a realização dos testes;
- Para garantir uma confiabilidade dos resultados alguns parâmetros foram sistematicamente registrados: as aquisições se desenvolveram no mesmo período do dia, para evitar as alterações do ciclo circadiano, posicionamento dos eletrodos no mesmo lugar, verificação: dos ângulos articulares, da intensidade dos estímulos, dos ganhos do amplificador do sinal de EMG, da força;
- A temperatura corporal foi verificada através do termômetro medical eletrônico THERMOVAL (HARTMANN) antes de cada aquisição.

Cada sujeito participou de quatro aquisições. Sendo, a primeira pré-teste para familiarizar os sujeitos aos testes; e três aquisições distribuídas em

cada fase do ciclo menstrual ocorrendo na seguinte seqüência: 1° dia (fase menstrual), 15° dia (fase ovular) e 22° dia (fase lútea).

7.8.1. Força Passiva e Amplitude de movimento

Para o estudo da força passiva desenvolvida por estruturas elásticas do músculo utilizamos o ergômetro transportável. Para isto, foi necessário verificar a atividade eletromiográfica, a fim de detectar ausência de atividade voluntária ou reflexa do músculo, estando o sujeito deitado e relaxado com o joelho estendido, o dorso do pé, tornozelo e calcanhar amarrados ao pedal com fitas de velcro, formando um ângulo de 90°, o experimentador fez um movimento isocinético realizado pela mão; onde a posição angular, dada pelo captor óptico, e o contato do pé com o pedal, dado por um sensor de aderência (force sensing resistor – FSR) puderam ser visualizados sobre o osciloscópio de controle, o qual foi calibrado de forma a seguimos uma trajetória linear predefinida que correspondeu a uma velocidade constante de 2°/s, onde zero V de posição neutra foi igual a 90°. Foi verificada a variação máxima de comprimento muscular (amplitude de movimento - “range of motion”- ROM), a flexão máxima angular, Torque máximo, rigidez máxima e superfície máxima. Foram realizadas três aquisições em cada fase do ciclo menstrual. Antes de cada aquisição foi verificados os ganho, o offset da posição e colocado os parâmetros na carta de aquisição de dados no computador.

Além de verificarmos a força passiva durante as fases do ciclo menstrual, também se observou a influência com relação à data de realização do teste e a evolução em relação à frequência com o qual os sujeitos foram submetidos ao teste.

7.8.2. Reflexo Tendinoso

O reflexo tendinoso (T) do músculo em repouso foi realizado por percussões induzidas no tendão de Aquiles através do ergômetro fixo. A cabeça do martelo foi

posicionada na parte estreita do tendão a 2 mm da pele. A intensidade da percussão é variada, trabalhando-se com a intensidade mais fraca e a mais forte disponível. Foram registradas 15 respostas para cada intensidade. No início das aquisições são ajustados os ganhos e os parâmetros utilizados na carta de aquisição de dados no computador. O experimentador visualiza as respostas dos três músculos e o mecanograma tanto pela tela do osciloscópio, como pelo programa Acq2000 que registra os dados no computador.

7.8.3. Reflexo de Hoffman e Resposta Motora

O estímulo elétrico utilizado para induzir o reflexo de Hoffman (H) foi progressivamente aumentado com intervalos de cinco segundos até obter o reflexo H_{max}. O potencial de ação do grupo muscular estudado foi observado através do aumento do estímulo elétrico até a resposta motora (onda-M) corresponder a um platô. Para as intensidades correspondentes a resposta H_{max} do solear foi registrada 15 respostas. E para as respostas M_{max} dos três músculos foram registradas cinco respostas. A aquisição das respostas foi desencadeada por um sinal de sincronização liberado pelo estimulador.

7.8.4. Contração voluntária e Twitch Intepolar

A contração máxima voluntária (CMV) permite determinar a força muscular máxima que uma pessoa é capaz de desenvolver de maneira voluntária. O sujeito foi instalado em posição sentada sem encosto da poltrona, os braços cruzados e sem apoio do membro inferior contralateral, a fim, de evitar qualquer participação paralela de outros músculos, que não seja o grupo dos flexores plantares do pé testado. Foi feita uma boa contenção do pé de forma confortável, a fim de, manter uma boa adesão ao suporte. O sujeito foi solicitado por três vezes a manter um esforço máximo durante 3 segundos, com repouso variando de um a dois minutos entre os

dois registros. O melhor desempenho dos três registros foi considerado como a CMV do dia.

Durante o esforço foi aplicado um estímulo supra-máximal com intensidade de 100% do Mmax sobre o trajeto do nervo tibial, para sobrepor, eventualmente um novo abalo induzido (“twitch interpolar”) que permitiu verificar se o sujeito realizou bem a ativação muscular máxima. O mesmo estímulo supra-maximal é imposto durante o repouso muscular antes e após o esforço, a fim de representar um “twitch interpola” de controle.

De acordo com o protocolo o sujeito foi solicitado a manter um esforço de flexão plantar a 25%, 50%, 75% e 100% do CMV. Os diferentes níveis de esforço foram executados numa ordem aleatória. Assim, o sinal de saída do captor de força foi direcionado para um osciloscópio de controle, a fim de, fornecer ao sujeito uma orientação para o esforço a ser executado. Cada esforço teve uma duração de 3 segundos, durante a qual um estímulo supra-máximal foi aplicado. Três aquisições foram registradas para cada percentagem de CMV. Um tempo de repouso de 30 segundos á dois minutos foram atribuídos após cada contração, este tempo depende da intensidade da contração solicitada. A cada nível solicitado a manter foi imposto um estímulo supra-máximal antes do esforço, durante o esforço e após o esforço a fim de, verificar o déficit de ativação, ativação voluntária e a relação EMG-força.

7.8.5. Aquisição de dados

Os sinais eletromiográficos detectados são dirigidos através de cabos blindados para amplificadores diferenciais isolados à elevada impedância de entrada ($> 1 \text{ k}\Omega$), que contribui para aperfeiçoar o resultado do sinal bruto. A amplificação dos sinais foram operadas sobre uma banda passante que se estende entre 1 Hz e

1 kHz, com um ganho ajustável de +20 à +95 dB. O ganho pode ser regulado a cada 5 dB em virtude de, um contador giratório e um inversor.

Para verificação do sinal de força utilizou-se um captor dotado de um condicionador, o qual permite regulares os ganhos e offsets. Os sinais eletromiográficos de força muscular e da força do impacto do martelo foram simultaneamente enviados para um osciloscópio de controle, para uma carta de aquisição de dados no computador. O osciloscópio de controle possui uma memória numérica TEKTRONIX TDS 2014 com quatro vias.

A carta de aquisição (DT9800) Data translation, permite a aquisição dos sinais analógicos pelo computador. As características dessa carta são as seguintes:

- Frequência de amostragem de 10kHz;
- Oito vias de entrada diferenciada ou 16 vias assimétricas;
- Tensão numa escala completa de +/- 10V;
- Ganho ajustável de 1,2,4,8;
- Impedância de entrada de $>10^{12} \Omega$;
- Resolução do conversor de 12 bits;
- Utilização possível de um sinal de sincronização externa do tipo TTL.

Possibilidade de adquirir simultaneamente, além das 16 vias analógicas utilizáveis, 15 sinais de controle digitais.

Esta carta de aquisição utiliza um programa para recolher e registrar os dados. Este programa de aquisição Acq2000 foi realizado pelo serviço em C⁺⁺. O mesmo nos permiti recolher os dados em modo contínuo (força, posição e EMG), uma frequência de amostragem de 100HZ para o teste da força passiva; 5 kHz para os testes reflexo tendinoso (T), reflexo de Hoffman (H) e resposta motora (M) e 1kHz para o Twitch Interpolar (TI).

7.8.6. Tratamento dos dados

Força Passiva

Para o tratamento da força passiva utilizamos um programa escrito em HP VEE 7.5 com extensão prog_data, que nos permitiu tratar os dados brutos inteiros. Este nos permite visualizar os resultados.

A força foi delimitada estimando os 100 primeiros pontos (500 ms) correspondendo a força nula.

Para delimitar os ângulos (e os valores de referência da surface e rigidez) foi estimado que o tornozelo a 90° correspondesse a um valor de saída do captor óptico de 0V. O sinal de FSR serviu apenas de controle visual da posição do pé.

Os parâmetros analisados foram: ROM no qual se calcula a soma angular que inicia com a flexão plantar e termina com a dorsiflexão até o ponto onde houver desconforto para o sujeito, assim determinando a variação máxima do comprimento muscular (Figura 35);

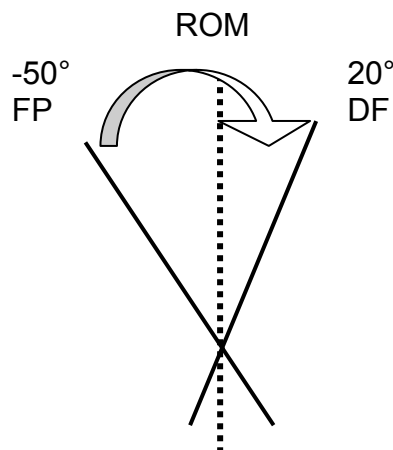


Figura 35. Diagrama esquemático que define a mudança angular (em graus) entre o ângulo inicial de a flexão plantar (FP) e o ângulo máximo da dorsiflexão (DF)

Todo movimento humano envolve a rotação dos segmentos corporais em torno de seus eixos articulares. Assim, a capacidade de uma força para produzir

rotação é denominada de torque. Torque (N.m) ou momento de força é o efeito de rotação de uma força em relação a um eixo específico: a tendência de uma força de produzir rotação.

Flexão máxima angular (°) verificou-se a flexão máxima exercida por uma articulação, neste caso o tornozelo. Superfície (N.m.°) é o calculo da área formada entre o torque máximo e a posição máxima.

A resistência muscular passiva (rigidez) pode ser caracterizada como uma inclinação da relação torque X ângulo, como pode ser observada na figura 5. O aumento da rigidez (N.m/°) é mais rápido imediatamente após a atividade física e depois se torna mais gradual. O aumento da rigidez pode ser eliminado pelos movimentos ativo ou passivo, mas não por contrações isométricas.

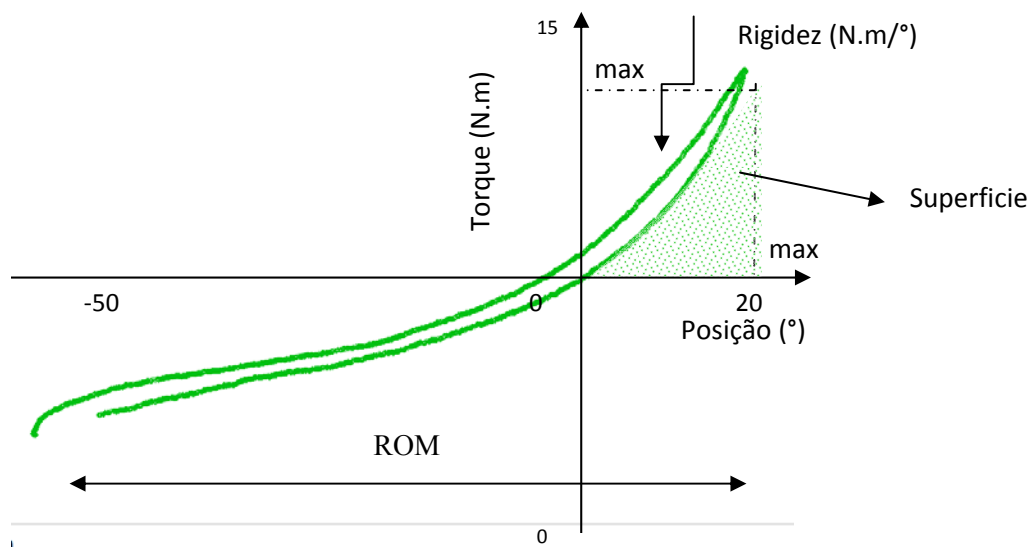


Figura 36. Diagrama esquemático que define os parâmetros utilizados como: ROM, torque, flexão máxima angular, e superfície.

Atividades reflexas e resposta motora

O tratamento das atividades reflexas e dos mecanogramas correspondentes, foi realizado através de um programa (NEUROMECHANIK) tendo como base o MATLAB. Cada aquisição registrada compreende:

- Atividade do EMG do solear (SOL), gastrocnêmio interno (GI) e externo (GE);
- Mecanogramas correspondentes;
- No caso da percussão tendinosa, o traçado da força de impacto no tendão (Figura 37).

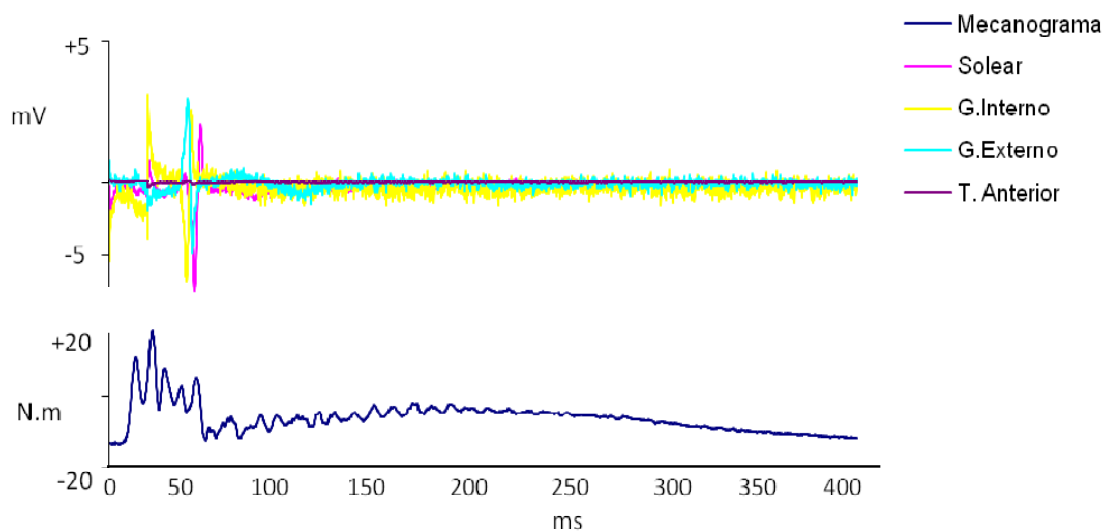


Figura 37. Representação do registro da atividade reflexa tendinosa com visualização da atividade EMGs do solear, gastrocnêmio interno e externo, tibial anterior e o respectivo mecanograma.

Os parâmetros calculados foram: latência, amplitude máxima pico a pico, surface e a duração das atividades eletromiográficas individuais e da atividade global do tríceps sural (TS), que foi obtida através da soma das atividades EMG dos músculos solear, gastrocnêmio interno e externo (Figura 37).

A amplitude média das respostas T, H, M foi calculada dividindo a surface de sua resposta pela duração. Esses parâmetros são bem mais pertinentes, do que o parâmetro da amplitude pico a pico, notadamente quando as respostas são de natureza polifásicas, como é o caso às vezes do músculo gastrocnêmio (LAMBERTZ et al., 2002).

Após a média das 10 respostas unitárias máximas, calculou-se a amplitude média dos reflexos T e H e da resposta M. Todas as respostas foram normalizadas através do $M_{\max}$, a fim de calcular-se a relação $T_{\min}/M_{\max}$, $T_{\max}/M_{\max}$, $T_{\min}/H_{\max}$, $T_{\max}/H_{\max}$, $H_{\max}/M_{\max}$ ao nível do SOL e do TS.

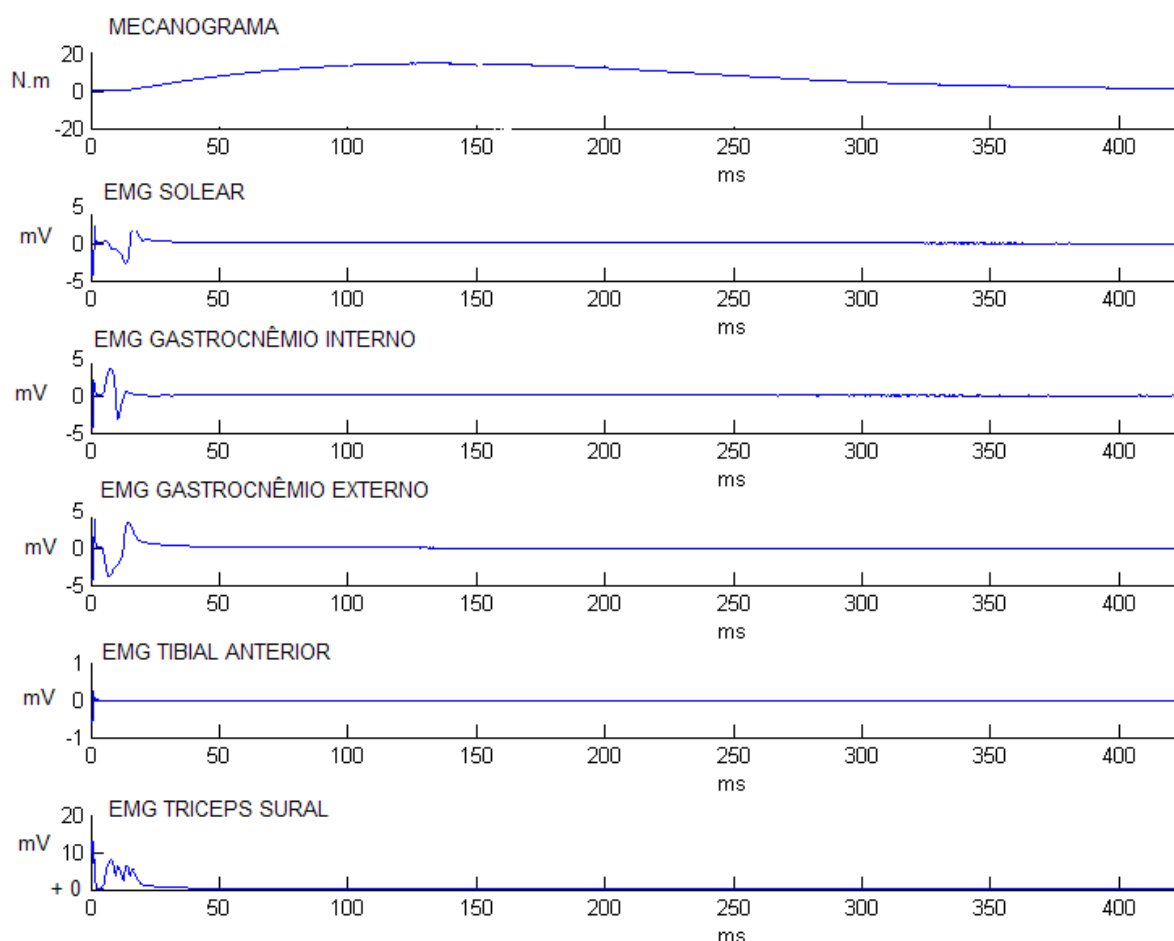


Figura 38. Representação do registro da atividade reflexa com visualização da atividade EMGs do solear, gastrocnêmio interno e externo, tibial anterior e tríceps sural.

Foram feitas as médias dos cinco mecanogramas, a fim de caracterizar o abalo médio através dos seguintes parâmetros (Figura 38):

- Amplitude máxima do abalo (Pt), definida automaticamente pelo programa de tratamento (ponto 5);
- Tempo de contração (CT), é o tempo de início de força até o pico de força. O

ponto dois do início do abalo foi escolhido manualmente, no entanto o ponto cinco foi escolhido automaticamente pelo programa de tratamento;

- O tempo de meio-relaxamento é o tempo de declínio da força para a metade do valor do pico. Foi definida automaticamente (ponto 5 e 6);
- A velocidade de desenvolvimento da força (dPt/dt), foi definida como o traçado mais linear da fase de desenvolvimento do abalo. Os dois pontos são também escolhidos manualmente (ponto 3 e 4);
- A latência eletromecânica (DEM) é o intervalo de tempo entre o início da atividade eletromiográfica e o início do abalo. O DEM foi definido manualmente e, portanto, o início da atividade do EMG do TS (ponto 1) e o início do abalo (ponto 2) (Figura 39).

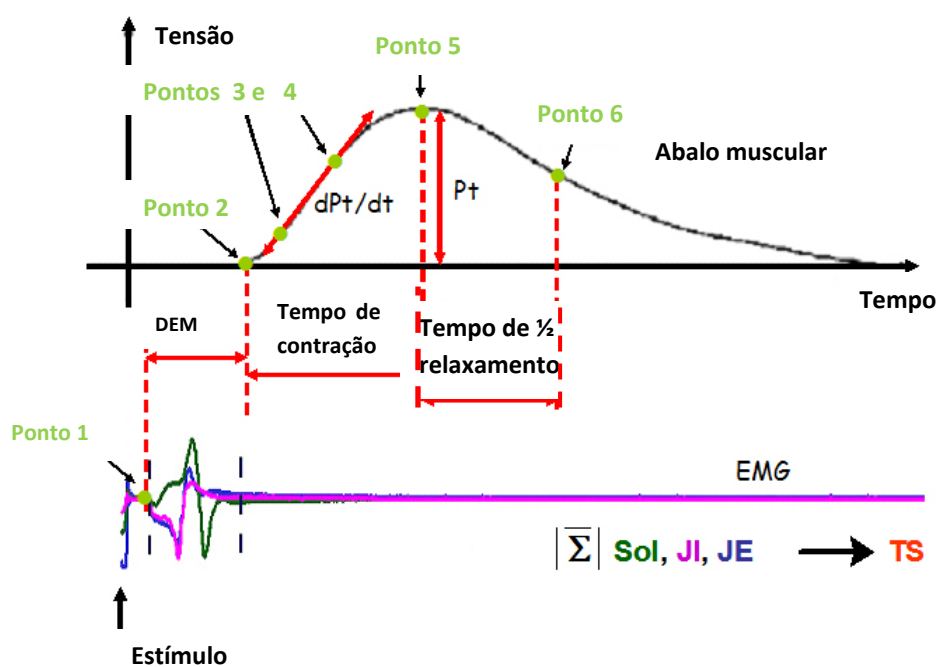


Figura 39. Representação de diferentes parâmetros do abalo máximo em resposta a uma estimulação do nervo ciático poplíteo interno. Os pontos 1, 2, 3 e 4 foram definidos manualmente afim de verificar o prazo eletromecânico e a velocidade desenvolvida pela força (dPt/dt). Os pontos 5 e 6 foram definidos automaticamente através do programa de tratamento permitindo assim, definir o tempo de contração (TC), a amplitude máxima do abalo (Pt) e o tempo de meio-relaxamento (TDR) (GROSSET, 2005).

A eficácia neuromuscular (ENM) foi calculada em condições induzidas eletricamente. Definiu-se como:

$$\text{ENM} = [\text{Pt} (M_{\text{max}})] / \text{AmpliMoy } M_{\text{max TS}}$$

Também foi calculada a ENM em condições induzidas mecanicamente. Definiu-se como:

$$\text{ENM} = [\text{Pt} (T)] / \text{AmpliMoy } T_{\text{TS}}$$

Por todos os sujeitos, o reflexo H_{max} do TS esteve sempre acompanhado de uma resposta M. Assim, o ENM por este reflexo não foi calculado. Sendo apenas calculado pelos reflexos M e T. Desta forma, o ENM foi apenas avaliado pelo TS, pois o mecanograma corresponde à ativação do grupo muscular em conjunto.

Contração voluntária

Para o tratamento da força e do EMG em condições voluntária foi feito por programa desenvolvido no MATLAB. Por cada nível de contração, foi escolhido o melhor registro. A relação EMG-força foi construída pelo método da média deslizando aplicado sobre os 2 segundos durante o qual a força esteve mais estável (Fig.39). A fim de permitir a comparação sujeito a sujeito, a atividade EMG do TS foi normalizada pela amplitude média do M_{max} ($\text{EMG}_{\text{TS}} / M_{\text{maxTS}}$).

Em condição voluntária máxima e supra-maximal, a amplitude do abalo induzida (TI) durante a força foi utilizada para calcular o déficit de ativação (DA) como já foi descritos em outros trabalhos (BULOW et al., 1993; ALLEN et al., 1995) (Figura 40):

$$\text{Déficit de ativação\%} = (\text{Força com TI} / \text{Força sem TI}) * 100$$

No entanto, para o cálculo da ativação voluntária (AV) utilizamos a amplitude do TI durante o esforço e no repouso. Por tanto, o nível individual da ativação do músculo flexor plantares durante a CMV foi estimado através do cálculo sugerido por vários pesquisadores (BABAULT et al., 2001; KUBO et al., 2004; GUETTE et al., 2006; KOOISTRA et al., 2007):

$$\text{Ativação voluntária (\%)} = (100 - \text{TI na força} / \text{TI no repouso}) * 100$$

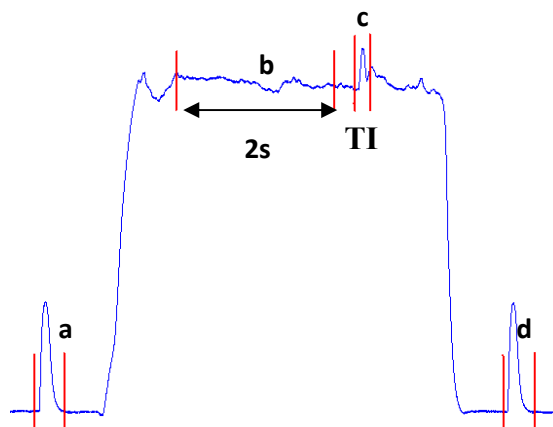


Figura 40. Abalo muscular obtido durante a contração voluntária a 50% da MVC. Quatro janelas de trabalho foram representadas: (a) estímulo antes da contração, (b) análise da relação EMG-força e ENM_{MVC} , (c) análise do TI, (d) estímulo após contração.

O estímulo antes e após a contração muscular é possível calcular a extensão do potencial de pós-ativação sugerido por Klass et al (2004) através da seguinte formula (Figura 40):

$$\text{Potencial Pós-ativação} = \{ \text{TI no repouso (depois)} / \text{TI no repouso (antes)} \} \cdot 100$$

A relação DA (%) / Força (%) foi construída para seguir uma evolução do DA em função da percentagem e da MVC desenvolvida. Sobre a curva foi também construída uma regressão exponencial e calculada a “slope” dessa relação que foi utilizada como índice de DA. Esta relação foi observada em cada fase do ciclo menstrual e sobreposta uma sobre a outra a fim de verificar possíveis alterações (Fig.41).

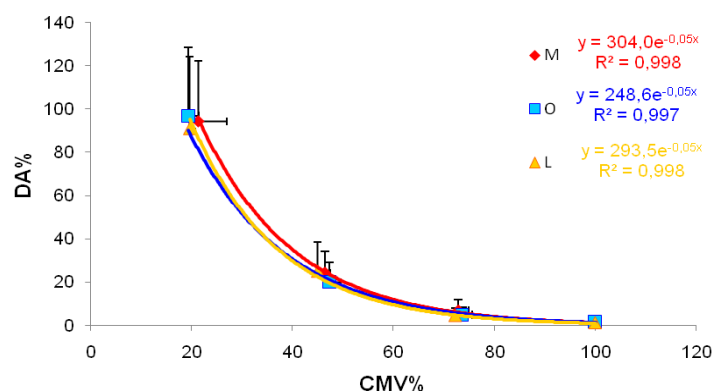


Figura 41. Curva do Déficit de ativação para cada fase do ciclo menstrual (M: menstrual; O:ovular; L:Lútea), déficit de ativação foi indicado em função da % do MVC. Curvas de regressão exponencial foram calculadas e a inclinação dessa relação foi utilizada como índice de déficit de ativação.

7.8.7. Análise Estatística

Análise estatística foi realizada através do software *Sigma Start*. O tratamento estatístico nos permitiu comparar cada parâmetro realizado durante as fases: menstrual, ovular e lútea do ciclo menstrual das mulheres. Como nossos resultados não seguem uma lei normal e nossa amostra é pequena. Desta forma, não podem ser analisados através dos testes ANOVA. Utilizamos testes não-paramétricos que correspondem as nossas condições experimentais, onde não há necessidade da realização de testes para comprovação da normalidade e equivalência.

Para os parâmetros antropométricos foi utilizado o teste One Way Repeated Measure e para os parâmetros realizados nos testes da força passiva, atividade reflexa, resposta motora e contração voluntária foram utilizadas o teste Friedman Repeated Measure. Para todos os testes houve a comparação entre as fases menstrual, ovular e lútea.

Os testes escolhidos satisfazem nossas condições experimentais, eles nos permitem trabalhar com uma pequena amostra populacional e que não seguem uma lei normal. Todos os resultados foram expressos em mediana e valores mínimos e máximos entre parênteses.

8. RESULTADOS ESTUDO 2

RESUMO EM FRANÇÊS

RESULTATS ETUDE 2

Mesures Anthropométriques (Tableaux 5-9)

Les mesures anthropométriques et la température corporelle ont été relevées avant chacune des expérimentations neuromécaniques pratiquées aux phases menstruelles (M), ovulatoire (O) et lutéale (L). Les valeurs moyennes de la population ont été calculées et comparées aux différentes phases.

Le poids corporel (kg) et l'indice mass corporelle comparé aux différentes phases M, O et L ne montre aucune modification significative ($p=0,265$) (Tableaux 5). Il en est de même pour le pourcentage de graisse (%) ($p=0,753$), le pourcentage de l'eau corporelle (%), ($p=0,751$) et la température corporelle ($^{\circ}\text{C}$) ($p=0,490$).

Flexion dorsale passive (Tableaux 10 - 14)

Les valeurs moyennes de population pour l'excursion articulaire (Range of Motion, $^{\circ}$) ($p=0,107$), le couple maximum (Nm) ($p=0,569$), et la raideur maximale (Nm/ $^{\circ}$) ($p=0,814$) comparées aux phases M, O et L ne montrent pas de modifications significatives avec la phase du cycle. Seules la dorsiflexion maximale ($^{\circ}$) ($p=0,001$) et la surface sous la courbe (Nm/ $^{\circ}$) ($p=0,031$) présentent un gain significatif en phase ovulatoire, indiquant une plus grande flexibilité pendant cette phase.

Stimulation Supra maximale (Tableaux 15 - 31)

Les latences (ms) des réponses motrices Mmax du soléaire ($p=0,107$) et du triceps sural ($p=0,931$), ne montrent pas de variations significatives selon les phases du cycle menstruel. L'amplitude (μV) des réponses motrices Mmax augmente en phase lutéale et la différence est significative pour le triceps sural ($p=0,031$).

Aucun des paramètres de la secousse musculaire (délai électromécanique (ms); temps de contraction (ms); temps de demi relaxation (ms), amplitude de la secousse (Nm)) n'est modifié au cours du cycle menstruel les phases du cycle menstruel ($p=0,971$).

L'efficacité neuromusculaire (ENM) en stimulation électrique maximale (rapport amplitude secousse/Mmax) ne montre pas de variation significative selon les phases du cycle menstruel ($p=0,814$). Pourtant, six des neuf femmes présentent une diminution de plus de 15% de cette efficacité neuromusculaire en phase lutéale, ce qui représente une tendance assez nette pour suggérer une moindre efficacité à ce stade.

Les latences (ms) des réponses Hmax du soléaire ($p=0,569$) et du triceps sural ($p=0,685$) ne varient pas au cours du cycle menstruel. La différence (%) entre les latences du réflexe Hmax et de la réponse motrice Mmax du soléaire ($p=0,0154$) et du triceps sural ($p=0,569$) restent également identiques quelle que soit la phase du cycle. Ceci indique que les vitesses de conduction le long des fibres nerveuses Ia et alpha ne changent pas au cours du cycle, ce qui aurait pu être en fonction de modifications de température interne selon les phases du cycle menstruel.

Les rapports Hmax/Mmax (%) du soléaire ($p=0,685$) et du triceps sural ($p=0,971$) ne varient pas au cours du cycle, indiquant une constante de l'excitabilité réflexe centrale (efficacité synaptique et excitabilité motoneuronale). On constate cependant que cinq des neuf femmes présentent un rapport Hmax/Mmax diminué de plus de 20% en phase ovulatoire, ce qui est en faveur d'une moindre excitabilité réflexe centrale à ce stade.

Réponse T et contraction induit par percussion tendinosa (Tableaux 32 - 47)

Les percussions tendineuses ont été appliquées à deux intensités pour envisager un effet des changements des caractéristiques élastiques sur ce réflexe : une modification de l'élasticité des structures reliées aux fuseaux neuromusculaires et ses effets sur le réflexe ont des chances d'être mieux révélés si l'intensité de percussion est plus faible.

Qu'il s'agisse de percussions faibles ou plus fortes, ni le réflexe T ni les caractéristiques de la secousse induite n'ont été modifiés significativement au cours du cycle.

L'efficacité neuromusculaire (ENM_T) calculée soit à partir de l'amplitude de Tmax (Nm/mV) ($p=0,569$) et soit en prenant comme indice d'activation réflexe le rapport Tmax/Mmax (Nm/%) ($p=0,541$) ne montre pas davantage de variation aux différentes phases.

Contractions volontaires maximales et sous maximales (Tableaux 48-50 et figures 42, 43)

La contraction maximale volontaire (CMV) ($p=0,618$) ne montre pas de variation significative selon les phases du cycle menstruel.

L'amplitude moyenne de l'EMG du soléaire en valeurs brutes (μV) ($p=0,531$) ou normalisées par rapport à la réponse Mmax (%) ($p=0,654$) ne montrent respectivement pas de modifications significatives selon les phases du cycle menstruel. De même, l'amplitude moyenne (μV) de l'EMG de triceps sural dans des valeurs brut ($p=0,531$), et l'amplitude moyenne de triceps sural en valeurs normalisées par rapport à la réponse Mmax ($p=0,285$) ne montrent respectivement pas de modifications significatives selon les phases du cycle menstruel.

Contractions sous maximales (Tableaux 51-53 et figure 44)

La relation EMG-force établie, pour l'ensemble de la population, à partir de l'amplitude moyenne de l'EMG du soléaire normalisée par rapport à la réponse motrice Mmax présente une pente sensiblement plus forte en phase L (1,22) qu'en phase O (1,07) et en phase M (0,96) néanmoins, la différence de pente n'est pas statistiquement significative ($p=0,170$). La comparaison de ces mêmes relations pour le triceps sural montre peu de différence de pente (0,96 en phase M, 0,89 en phase O et 1,01 en phase L). Cependant, ces relations normalisées indiquent un niveau d'activation continuellement supérieur en phase lutéale : ce qui suggère une efficacité neuromusculaire moindre.

Les indices de déficit d'activation calculés à chaque pourcentage 25% ($p=0,569$), 50% ($p=0,154$), 75% ($p=0,278$) et 100% ($p=0,971$) ne montrent pas de modifications significatives avec la phase du cycle.

La régression logarithmique choisie pour l'ajustement de la relation DA – Couple (%CMV) montre des coefficients de corrélation ($r^2=0,998$ en O, $r^2=0,997$ en L et $r^2=0,998$ en L) et des coefficients directeurs (304,0 en M, 248,6 en O et 293,5 en L) non modifiés par la phase du cycle.

La potentiation de la secousse évoquée après contraction (PPA) ne montre pas de modification significative avec la phase du cycle menstruel ($p=0,569$).

RESULTADOS ESTUDO 2

8.1. Medidas Antropométricas

As medidas antropométricas foram aferidas durante as fases menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) antes da realização dos testes biomecânicos.

Peso Corporal e Índice de massa corporal

As tabelas 5 e 6 demonstram respectivamente o peso corporal e o índice de massa corporal durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) da população. Os resultados nas fases M, O e L não demonstram nenhuma alteração significativa. Foram expressos em mediana, mínimo e máximo, da população, respectivamente.

MASSA CORPORAL (Kg)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	60,5	62,1	61,2	2,64	1,16
S2	72	73,3	73,5	1,81	2,08
S3	50,6	50,5	50,8	-0,20	0,40
S4	63	62,5	63,4	-0,79	0,63
S5	69,3	68,4	68,5	-1,30	-1,15
S6	53,4	53	53,3	-0,75	-0,19
S7	58,9	58,9	59,9	0,00	1,70
S8	45,8	45,8	45,9	0,00	0,22
S9	71,3	71,8	71,8	0,70	0,70
Mediana				0,00 (-1,30 – 2,64)	0,63 (-1,15 – 2,08)

Tabela 5. Massa corporal dos sujeitos (n=9) aferida através de balança de impedância durante as fases menstrual (M), ovular (O) e luteal (L). Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em mediana, mínimo e máximo da população, respectivamente. Os dados foram analisados através da ANOVA One Way Repeated Measure.

INDICE DE MASSA CORPORAL (IMC)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	22,0	22,54	22,21	2,64	1,16
S2	24,6	25,07	25,14	1,81	2,08
S3	21,6	21,57	21,70	-0,20	0,40
S4	21,8	21,63	21,94	-0,79	0,63
S5	21,4	21,11	21,14	-1,30	-1,15
S6	20,9	20,82	20,82	-0,19	-0,19
S7	23,0	23,01	23,40	0,00	1,70
S8	20,6	20,63	20,67	0,00	0,22
S9	25,3	25,44	25,44	0,70	0,70
Mediana				0,00 (-1,30 – 2,64)	0,63 (-1,15 – 2,08)

Tabela 6. Índice de massa corporal dos sujeitos (n=9) aferida através de balança de impedância durante as fases menstrual (M), ovular (O) e luteal (L). Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em mediana, mínimo e máximo da população, respectivamente. Os dados foram analisados através da ANOVA One Way Repeated Measure.

Percentual de gordura e água corporal

A tabela 7A e 7B demonstram o percentual de gordura e água corporal, respectivamente durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da população. Os resultados do percentual de gordura e água, respectivamente, durante as fases M, O e L não mostram alterações significativas. Foram expressos em mediana, mínimo e máximo, da população.

A	GORDURA CORPORAL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
	S1	23,7	24,6	23,9	3,80	0,84
	S2	29	29,7	29,7	2,41	2,41
	S3	23,8	23,4	23,9	-1,68	0,42
	S4	21,2	20,8	21,3	-1,89	0,47
	S5	19,3	18,5	18,5	-4,15	-4,15
	S6	23,5	23,3	23,3	-0,85	-0,85
	S7	28,4	28,4	28,9	0,00	1,76
	S8	23,6	23,6	23,8	0,00	0,85
	S9	29,2	29,4	29,3	0,68	0,34
	Mediana				0,00 (-4,15 – 3,80)	0,47 (-4,15 - 2,41)

B	AGUA CORPORAL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
	S1	53	52,4	52,8	-1,13	-0,38
	S2	50,4	49,9	49,8	-0,99	-1,19
	S3	50,7	50,9	50,7	0,39	0,00
	S4	54,7	54,9	54,5	0,37	-0,37
	S5	57,3	57,6	57,6	0,52	0,52
	S6	52,3	52,5	52,4	0,38	0,19
	S7	48,9	49,8	49,5	1,84	1,23
	S8	50,3	50,3	50,2	0,00	-0,20
	S9	49,7	49,5	49,5	-0,40	-0,40
	Mediana				0,37 (-1,13 - 1,84)	-0,20 (-1,19 - 1,23)

Tabela 7. Percentual de gordura (A) e água corporal (B) dos sujeitos (n=9) aferida através de balança de impedância durante as fases menstrual (M), ovular (O) e luteal (L). Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em mediana, mínimo e máximo da população, respectivamente. Os dados foram analisados através da ANOVA One Way Repeated Measure.

Temperatura corporal

A tabela 8 demonstra a temperatura corporal aferida através de termômetro digital durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L) da população. Os resultados durante as fases M, O e L mostram pequeno aumento da temperatura durante a fase luteal, não sendo estatisticamente significativa. Os dados estão expressos em mediana, mínimo e máximo da população.

TEMPERATURA CORPORAL (°C)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	35,6	35,4	35,9	-0,56	0,84
S2	36,3	36,1	36	-0,55	-0,83
S3	36,5	36,4	36,4	-0,27	-0,27
S4	35,4	34,6	35,4	-2,26	0,00
S5	36,1	36,4	36,4	0,83	0,83
S6	35,4	35,7	35,6	0,85	0,56
S7	35,9	35,2	35,9	-1,95	0,00
S8	36,4	36,5	36,4	0,27	0,00
S9	35,9	36,3	35,9	1,11	0,00
Mediana				-0,27 (-2,26 - 1,11)	0,00 (-0,83 - 0,84)

Tabela 8. Temperatura corporal dos sujeitos (n=9) aferida através de termômetro digital oralmente durante as fases menstrual (M), ovular (O) e luteal (L). Os dados mostram um pequeno aumento da temperatura corporal durante a fase luteal, mas não foi significativa estatisticamente. Os resultados foram expressos em média e desvio padrão (DP) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através da ANOVA One Way Repeated Measure.

Antropométrica

A tabela 9 demonstra os valores da estatura, altura na posição sentada, tamanho do pé, comprimento da perna, comprimento da coxa e circunferência da panturrilha. Todos os parâmetros foram expressos em média $\pm$ DP da população respectivamente.

Sujeitos	Parâmetros antropométricos					
	Estatura (m)	Altura em posição sentada (cm)	Tamanho do Pé (cm)	Comprimento da perna (cm)	Comprimento da coxa (cm)	Circunferência da panturrilha (cm)
S1	166	124	36	47	48	33,5
S2	171	125	40	52	49	34
S3	153	118	34	41	35	33,5
S4	170	123	39	54	51	34,5
S5	180	129	38	56	58	37
S6	160	117	35	46	43	32
S7	160	123	37	47	41	36
S8	149	119	33	45	39	32,5
S9	168	125	38	48	45	32
Média	164,1	122,6	36,7	48,4	45,4	33,9
DP	9,6	3,9	2,3	4,7	6,9	1,7

Tabela 9. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos parâmetros antropométricos: estatura ($164,1 \pm 9,6$); altura em posição sentada ($122,6 \pm 3,9$); tamanho do pé ($36,7 \pm 2,3$); comprimento da perna ($48,4 \pm 4,7$); comprimento da coxa ($45,4 \pm 6,9$) circunferência da panturrilha ($33,9 \pm 1,7$). Os valores estão expressos em média e desvio padrão (DP) da população, respectivamente.

8.2. Flexão dorsal passiva e amplitude de movimento

A tabela 10 mostra os valores do amplitude de movimento (“range of motion” - ROM) de cada sujeito nas diferentes fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {5,39 (-3,55 – 9,22)} e L/M {1,85 (-12,2 – 12,7)}, mediana (mínimo e máximo) respectivamente da população.

A tabela 11 mostra os valores da posição passiva de cada sujeito nas diferentes fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados mostram variações significativas entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {17,82 (1,9 – 36)} e L/M {7,75 (-31,4 – 28,5)}, mediana (mínimo e máximo) respectivamente da população.

ROM (°)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	50,6	51,8	47,4	2,4	-6,2
S2	64,8	62,8	62,4	-3,1	-3,7
S3	74,9	75,0	81,2	0,1	8,4
S4	60,3	64,0	63,4	6,0	5,1
S5	63,7	69,6	66,8	9,2	4,8
S6	65,8	69,4	74,2	5,4	12,7
S7	65,7	69,2	66,9	5,4	1,8
S8	86,8	91,6	87,5	5,6	0,8
S9	61,8	59,7	54,3	-3,6	-12,2
Mediana				5,39 (-3,55 – 9,22)	1,85 (-12,2 – 12,7)

Tabela10. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do ROM e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Mediana (min-max) da população. Os dados foram analisados através do teste Friedman repeated measure variance.

Posição máxima (°)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	12,4	14,8	8,5	19,3	-31,4
S2	8,5	10,8	9,1	27,5	7,8
S3	27,6	29,9	31,6	8,4	14,7
S4	15,6	18,4	17,7	17,8	13,4
S5	15,0	20,4	17,9	36,0	19,0
S6	15,5	15,8	20,0	1,9	28,5
S7	18,8	22,5	20,2	19,5	7,5
S8	27,3	30,2	28,0	10,7	2,6
S9	15,6	16,3	16,4	4,4	5,1
Mediana				17,82 (1,9 – 36)*	7,75 (-31,4 – 28,5)

Tabela 11. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da posição máxima e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Mediana (min-max) da população. Os dados foram analisados através do teste Friedman repeated measure variance. (*p=0,001)

A tabela 12 mostra os valores da torque máximo de cada sujeito nas diferentes fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {-3,30 (-8,9 – 19,7)} e L/M {-5,80 (-19 – 28,8)}, mediana (mínimo e máximo) respectivamente da população.

Torque máximo (Nm)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	18,3	18,3	16,4	0,2	-10,2
S2	17,2	15,8	16,1	-8,2	-6,2
S3	16,5	19,4	19,6	17,8	19,1
S4	18,8	22,4	16	19	-14,8
S5	21,5	25,7	26,1	19,7	21,4
S6	14,3	13	18,4	-8,8	28,8
S7	20	18,7	18,8	-6,4	-5,8
S8	20,8	19	22,9	-8,9	10,1
S9	24,9	24,1	20,2	-3,3	-19
Mediana				-3,30 (-8,9 – 19,7)	-5,80 (-19 – 28,8)

Tabela 12. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do torque máximo e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Mediana (min-max) da população. Os dados foram analisados através do teste Friedman repeated measure variance.

A tabela 13 mostra os valores da rigidez máxima de cada sujeito nas diferentes fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M

e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {-4,69 (- 22,3 – 31,4)} e L/M {3,78 (- 31,9 – 34,9)}, mediana (mínimo e máximo) respectivamente da população.

Rigidez máxima (Nm/°)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	1,0	0,8	0,9	-15,7	-13,2
S2	1,1	0,9	0,7	-9,6	-29,2
S3	0,6	0,8	0,6	31,4	15,6
S4	1,2	1,3	0,8	2,5	-31,9
S5	1,0	1,0	1,2	-0,5	19,1
S6	0,5	0,5	0,7	-9,1	35,0
S7	0,9	0,9	1,2	2,3	23,7
S8	0,9	0,7	0,9	-22,3	3,8
S9	1,4	1,3	1,0	-4,7	-25,1
Mediana				-4,69 (- 22,3 – 31,4)	3,78 (- 31,9 – 34,9)

Tabela 13. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da rigidez máxima e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Mediana (min-max) da população. Os dados foram analisados através do teste Friedman repeated measure variance.

A tabela 14 mostra os valores da área máxima de cada sujeito nas diferentes fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. A fase O apresenta área maior quando comparado com as outras fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M { 24,60* (-20,8 – 86,6)} e L/M {15,39 (-49,9 – 95,3)}, mediana (mínimo e máximo) respectivamente da população.

Área máxima (Nm°)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	53,7	64,7	26,9	20,5	-49,9
S2	23,1	35,9	27,1	55,1	17,0
S3	125,2	176,2	181,2	40,8	44,7
S4	68,2	107,4	68,9	57,4	1,0
S5	71,0	132,5	117,8	86,6	65,9
S6	46,7	37,0	91,2	-20,8	95,3
S7	88,3	110,1	99,9	24,6	13,1
S8	146,3	160,3	168,8	9,6	15,4
S9	97,0	99,2	90,3	2,2	-6,9
Mediana				24,60* (-20,8 – 86,6)	15,39 (-49,9 – 95,3)

Tabela 14. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da área máxima e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. A fase O possui a área maior quando comparado com as outras fases. Mediana (min-max) da população. Os dados foram analisados através do teste Friedman repeated measure variance (*p=0,031).

8.3. Estimulação Supramaximal

Latência das respostas Mmax

A tabela 15 e 16 mostram os valores das latências das respostas motoras Mmax do solear e do triceps sural respectivamente, calculadas nas fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações significativas entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {sol: -6,25 (-11,76 - 10,71); ts: -6,67 (-16,67 - 12,00)} e L/M {sol: 3,12 (-11,76 - 12,50); ts: -3,23 (-12,90 - 12,00)}, mediana (minimo e maximo) da população, respectivamente.

Latência Mmax SOL (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	2,4	2,2	2,3	-8,3	-4,2
S2	3	2,8	2,8	-6,7	-6,7
S3	2,7	2,6	3	-3,7	11,1
S4	2,8	3,1	2,9	10,7	3,6
S5	3,4	3,5	3,3	2,9	-2,9
S6	3,2	3	3,6	-6,3	12,5
S7	3,2	3	3,4	-6,3	6,2
S8	3,4	3	3	-11,8	-11,8
S9	3,2	2,9	3,3	-9,4	3,1
Mediana				-6,25 (-11,76 - 10,71)	3,12 (-11,76 - 12,50)

Tabela 15. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) das latências da resposta motora Mmax do solear e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Latência Mmax TS (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	2,3	2	2,1	-13,0	-8,7
S2	2,6	2,3	2,4	-11,5	-7,7
S3	2,5	2,4	2,8	-4,0	12,0
S4	2,5	2,8	2,5	12,0	0,0
S5	3,1	3	3	-3,2	-3,2
S6	3	2,8	3,1	-6,7	3,3
S7	3	2,8	3	-6,7	0,0
S8	3,1	2,8	2,7	-9,7	-12,9
S9	3	2,5	2,8	-16,7	-6,7
Mediana				-6,67 (-16,67 - 12,00)	-3,23 (-12,90 - 12,00)

Tabela 16. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) das latências da resposta motora Mmax do triceps sural e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Amplitude Média das respostas Mmax

As tabelas 17 e 18 mostram os valores das amplitudes médias das respostas motoras Mmax do solear e do triceps sural respectivamente, calculadas nas fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações significativas entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {sol: -2,60 (-27,96 - 23,38); ts: -7,30 (-28,06 - 42,61)} L/M {sol: 19,29(-10,24 - 52,81); ts: 10,35 (2,19 - 67,91)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

Amplitude Média Mmax SOL (μ V)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	1226,1	1080,8	1651,1	-11,9	34,7
S2	772,9	953,6	1181,0	23,4	52,8
S3	1280,9	922,7	1322,0	-28,0	3,2
S4	682,7	573,4	933,7	-16,0	36,8
S5	847,4	825,3	968,0	-2,6	14,2
S6	1029,0	1077,9	1256,1	4,7	22,1
S7	936,6	1009,0	840,7	7,7	-10,2
S8	1249,2	1285,1	1490,2	2,9	19,3
S9	774,6	733,2	823,2	-5,3	6,3
Mediana				-2,60 (-27,96 - 23,38)	19,29 (-10,24 - 52,81)

Tabela 17. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) das amplitudes média das respostas motora Mmax do solear, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure(*p=0,04).

Amplitude Média Mmax TS (μ V)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	2924,7	2104,0	4910,9	-28,1	67,9
S2	4301,9	4523,3	5537,6	5,1	28,7
S3	3254,9	3017,4	4007,0	-7,3	23,1
S4	2095,9	1930,7	2312,7	-7,9	10,3
S5	2386,9	2201,3	2439,3	-7,8	2,2
S6	2355,1	3228,4	2534,6	37,1	7,6
S7	2533,6	3613,1	2779,1	42,6	9,7
S8	4089,5	3158,5	5507,1	-22,8	34,7
S9	3355,2	3271,8	3608,7	-2,5	7,6
Mediana				-7,30 (-28,06 - 42,61)	10,35 (2,19 - 67,91)

Tabela 18. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) das amplitudes média das respostas motora Mmax do triceps sural, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure (*p=0,031).

8.4. Abalo muscular M

Atraso eletromecânico (DEM)

A tabela 19 mostra os valores de DEM calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da

população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {5,56 (-4,00 - 11,11)} e L/M {8,89 (-10,00 - 11,76)} mediana (minimo e maximo) da população, respectivamente.

DEM Mmax TS (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	10,2	11	11,2	7,8	9,8
S2	11	10,8	10,8	-1,8	-1,8
S3	10,2	11	11,4	7,8	11,8
S4	10,8	11,4	11,8	5,6	9,3
S5	10,2	10,8	11,2	5,9	9,8
S6	9	10	9,8	11,1	8,9
S7	10,2	10,6	10,6	3,9	3,9
S8	10	9,6	9	-4,0	-10,0
S9	10,8	11	9,9	1,9	-8,3
Mediana				5,56 (-4,00 - 11,11)	8,89 (-10,00 - 11,76)

Tabela 19. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do DEM da resposta motora Mmax do tríceps sural, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Tempo de Contração (TC)

A tabela 20 mostra os valores de TC calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {8,54 (-25,08 - 31,24)} e L/M {-0,46 (-49,89 - 22,04)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

TC abalo M (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	129,80	124,04	109,60	-4,4	-15,6
S2	75,48	90,88	89,84	20,4	19,0
S3	117,76	116,56	143,72	-1,0	22,0
S4	75,68	99,32	37,92	31,2	-49,9
S5	122,72	133,20	122,16	8,5	-0,5
S6	100,96	117,04	90,68	15,9	-10,2
S7	146,88	110,04	114,80	-25,1	-21,8
S8	117,80	101,08	118,76	-14,2	0,8
S9	94,44	105,44	109,40	11,6	15,8
Mediana				8,54 (-25,08 - 31,24)	-0,46 (-49,89 - 22,04)

Tabela 20. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do TC da resposta motora Mmax, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Tempo de meio relaxamento (TDR)

A tabela 21 mostra os valores de TDR calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {1,65 (-19,89 - 18,42)} e L/M {-2,32 (-12,79 - 34,64)}, mediana (minimo e maximo) da população, respectivamente.

TDR abalo M (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	96,9	98,5	110,8	1,7	14,4
S2	122,7	129,2	116,0	5,3	-5,4
S3	113,8	132,9	128,0	16,7	12,4
S4	125,4	109,7	111,1	-12,5	-11,4
S5	127,0	120,2	110,7	-5,3	-12,8
S6	137,8	116,6	144,1	-15,4	4,6
S7	119,0	95,4	160,3	-19,9	34,6
S8	131,2	155,3	128,1	18,4	-2,3
S9	104,4	106,2	92,3	1,8	-11,6
Mediana				1,65 (-19,89 - 18,42)	-2,32 (-12,79 - 34,64)

Tabela 21. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do TDR da resposta motora Mmax, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Amplitude do abalo M

A tabela 22 mostra os valores de Pt calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações significativas durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {3,56 (-20,94 - 19,98)} e L/M {-9,14 (-30,24 - 22,28)}, mediana (minimo e máximo) da população, respectivamente.

Eficácia Neuromuscular (ENM_M)

O ENM é definido como a relação entre a força desenvolvida e a ativação correspondente. A tabela 23 mostra os valores de ENM calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população.

Pt abalo	M (Nm)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1		12,06	13,52	14,75	12,1	22,3
S2		17,33	15,17	13,33	-12,5	-23,1
S3		15,27	16,78	17,89	9,9	17,1
S4		17,39	18,00	18,26	3,6	5,1
S5		16,17	12,84	11,28	-20,6	-30,2
S6		17,94	14,48	13,84	-19,3	-22,8
S7		10,89	13,06	11,80	20,0	8,4
S8		18,03	19,34	16,36	7,3	-9,2
S9		17,33	13,70	15,75	-20,9	-9,1
Mediana		3,56 (-20,94 - 19,98)			-9,14 (-30,24 - 22,28)	

Tabela 22. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do Pt da resposta motora Mmax, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Média Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {-13,89 (-41,11 - 55,84)} e L/M {-27,17 (-40,26 - -1,16)} mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

ENM M (Nm/mV)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	4,12	6,43	3,00	55,84	-27,17
S2	4,03	3,35	2,41	-16,78	-40,26
S3	4,69	5,56	4,46	18,54	-4,86
S4	8,29	9,33	7,90	12,43	-4,79
S5	6,77	5,83	4,62	-13,89	-31,74
S6	7,62	4,49	5,46	-41,11	-28,30
S7	4,30	3,61	4,25	-15,87	-1,16
S8	4,41	6,12	2,97	38,88	-32,60
S9	5,17	4,19	4,36	-18,93	-15,52
Mediana				-13,89 (-41,11 -55,84)	-27,17 (-40,26 -1,16)

Tabela 23. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do Pt da resposta motora Mmax, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

8.5. Reflexo H maximo

Latência

A tabela 24 e 25 mostram os valores das latências das respostas Hmax do solear e do triceps sural respectivamente, calculadas nas fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {sol: -1,27 (- 12,3 – 12,12); ts: -1,64 (-14,29 - 16,80)} L/M {sol: 0,00 (- 11,2 – 12,12); ts: 1,64 (-13,04 - 12,00)} mediana (minimo e máximo) da polulação, respectivamente.

Latência Hmax SOL (ms)	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
S1	28,6	28,6	25,4	0,0	-11,2
S2	26,4	29,6	29,6	12,1	12,1
S3	25,2	24,6	25,6	-2,4	1,6
S4	27,8	28	26,8	0,7	-3,6
S5	29,8	29,8	31,2	0,0	4,7
S6	27,6	27,2	27,6	-1,4	0,0
S7	25,4	22,6	27,2	-11,0	7,1
S8	24,4	21,4	24,4	-12,3	0,0
S9	31,4	31	31	-1,3	-1,3
Mediana				-1,27 (- 12,3 – 12,12)	0,00 (- 11,2 – 12,12)

Tabela 24. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) das latências da resposta Hmax do solear e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Latência Hmax TS (ms)	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
S1	27,6	27	24	-2,2	-13,0
S2	25	29,2	28	16,8	12,0
S3	24,4	24	24,8	-1,6	1,6
S4	26,6	26,4	26	-0,8	-2,3
S5	28,6	28,8	30	0,7	4,9
S6	27	26,4	26,6	-2,2	-1,5
S7	25,2	21,6	26,6	-14,3	5,6
S8	23,2	20,2	23,6	-12,9	1,7
S9	30,6	30,6	30,2	0,0	-1,3
Mediana				-1,64 (-14,29 - 16,80)	1,64 (-13,04 - 12,00)

Tabela 25. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) das latências da resposta Hmax do solear e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Latência H_{max} – Latência M_{max}

A tabela 26 e 27 mostra resultados da diferença entre as latências do reflexo H_{max} e da resposta motora M_{max} do solear e do tríceps sural respectivamente, calculadas nas fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {sol: -0,82 (-12,4 – 14,5); ts: 0,00 (-3,7 – 22,22)} L/M {sol: 1,90 (- 11,6 – 14,5); ts: 1,63 (- 23,4 – 21,4)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

(Lat H _{max} - Lat M _{max}) SOL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	25,8	26,6	22,8	3,1	-11,6
S2	23,4	26,8	26,8	14,5	14,5
S3	22,4	22	23	-1,8	2,7
S4	24	24,4	24	1,7	0,0
S5	26,4	24,8	27,2	-6,1	3,0
S6	24,4	24,2	24	-0,8	-1,6
S7	22,2	19,6	23,8	-11,7	7,2
S8	21	18,4	21,4	-12,4	1,9
S9	26,6	26,6	26,6	0,0	0,0
Mediana				-0,82 (-12,4 – 14,5)	1,90 (- 11,6 – 14,5)

Tabela 26. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da diferença entre as latências do reflexo Hmax e da resposta motora Mmax do solear e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repeated Measure.

(Lat H _{max} - Lat M _{max}) TS	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	25,6	26,8	19,6	4,7	-23,4
S2	23,4	28,6	28,4	22,2	21,4
S3	21,6	21,6	21,6	0,0	0,0
S4	23,4	23	24	-1,7	2,6
S5	27	26	26,6	-3,7	-1,5
S6	23,8	23,4	24,6	-1,7	3,4
S7	24,6	24,6	25	0,0	1,6
S8	19,8	21	20,4	6,1	3,0
S9	26,6	26,2	25,8	-1,5	-3,0
Mediana				0,00 (-3,7 – 22,22)	1,63 (- 23,4 – 21,4)

Tabela 27. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da diferença entre as latências do reflexo Hmax e da resposta motora Mmax do tríceps sural e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repeated Measure.

Amplitude Média do Hmax

A tabela 28 e 29 mostra os resultados da amplitude média do Hmax do solear e do tríceps sural respectivamente, calculadas nas fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {sol: -2,66 (-30,04 - 20,84); ts: -2,08 (-43,35 - 19,41)}; L/M {sol: 19,86 (-23,04 - 56,72); ts: 14,36 (-11,52 - 52,57)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

Amplitude Média $H_{\max}$ SOL (μV)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	723,45	683,49	960,01	-5,5	32,7
S2	533,53	644,74	521,45	20,8	-2,3
S3	859,31	601,20	1320,83	-30,0	53,7
S4	497,11	584,86	779,06	17,7	56,7
S5	574,88	448,02	592,76	-22,1	3,1
S6	403,38	363,70	310,46	-9,8	-23,0
S7	567,78	552,68	680,52	-2,7	19,9
S8	810,54	863,02	1184,32	6,5	46,1
S9	226,12	249,87	215,24	10,5	-4,8
Mediana				-2,66 (-30,04 - 20,84)	19,86 (-23,04 - 56,72)

Tabela 28. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da amplitude média do $H_{\max}$ do solear e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Amplitude Média $H_{\max}$ TS (μV)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	1665,83	1295,41	1905,04	-22,2	14,4
S2	1267,30	1259,26	1251,53	-0,6	-1,2
S3	1856,48	1051,64	2755,88	-43,4	48,4
S4	1009,04	1077,90	1431,62	6,8	41,9
S5	1100,32	988,08	1122,55	-10,2	2,0
S6	1713,77	1678,19	1531,00	-2,1	-10,7
S7	1067,63	1215,66	1351,38	13,9	26,6
S8	1269,16	1515,49	1936,37	19,4	52,6
S9	1723,19	1564,91	1524,71	-9,2	-11,5
Mediana				-2,08 (-43,35 - 19,41)	14,36 (-11,52 - 52,57)

Tabela 29. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da amplitude média do $H_{\max}$ do tríceps sural e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $H_{\max}/M_{\max}$

A relação $H_{\max}/M_{\max}$ é muitas vezes considerada como representação da porcentagem máxima de motoneurônios excitados pela via reflexa, e é utilizada como índice de excitabilidade motoneuronal. A tabela 30 e 31 mostra os resultados da relação $H_{\max}/M_{\max}$ do solear e do tríceps sural respectivamente, calculadas nas fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações entre as fases. Os resultados foram expressos em ganhos O/M {sol: -9,64 (-50,9 – 16,7); ts: -19,89 (- 38,9 – 54,6)} e L/M {sol: -3,05 (- 17,5 – 72,8); ts: 4,10 (- 31,9 – 96,1)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

Relação $H_{\max}/M_{\max}$ SOL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	70,5	63,2	58,1	-10,3	-17,5
S2	69,0	33,9	62,6	-50,9	-9,3
S3	67,1	65,2	65,0	-2,9	-3,0
S4	72,8	67,0	83,4	-8,0	14,6
S5	67,8	48,4	61,2	-28,6	-9,7
S6	39,2	33,7	32,5	-13,9	-17,2
S7	60,6	54,8	68,1	-9,6	12,3
S8	64,9	67,2	86,2	3,5	32,8
S9	29,2	34,1	50,4	16,7	72,8
Mediana				-9,64 (-50,9 – 16,7)	-3,05 (- 17,5 – 72,8)

Tabela 30. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $H_{\max}/M_{\max}$ do solear e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $H_{\max}/M_{\max}$ TS (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	57,0	61,6	38,8	8,1	-31,9
S2	29,5	18,7	20,7	-36,5	-29,8
S3	57,0	34,9	68,8	-38,9	20,6
S4	48,1	55,8	61,9	16,0	28,6
S5	46,1	44,9	48,0	-2,6	4,1
S6	30,3	21,0	20,9	-30,7	-30,9
S7	42,1	33,6	35,1	-20,2	-16,6
S8	31,0	48,0	35,2	54,6	13,3
S9	21,6	17,3	42,3	-19,9	96,0
Mediana				-19,89 (- 38,9 – 54,6)	4,10 (- 31,9 – 96,1)

Tabela 31. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $H_{\max}/M_{\max}$ do tríceps sural e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

8.6. Contração induzida por percussão tendinosa

O reflexo T foi induzido através de duas intensidades de percussão, uma máxima ($T_{\max}$) e outra mínima ($T_{\min}$) para todos os sujeitos. Demonstraremos para ambas as intensidades o abalo muscular incluído apenas os valores de TC, TDR e Pt calculados a partir do início do primeiro artefato do sinal, já que o DEM de ambos foi perturbado por interferências eletromagnéticas, assim que o martelo desencadeou a percussão, não podendo ser analisados. Apenas para o $T_{\max}$ será calculado o ENM_T e $ENM_{T/M}$ (normalizado). Também serão analisadas as relações $T_{\max}/M_{\max}$, $T_{\max}/H_{\max}$, $T_{\min}/M_{\max}$, $T_{\min}/H_{\max}$.

Abalo muscular do $T_{\max}$

Tempo de Contração (TC)

A tabela 32 mostra os valores de TC calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {4,18 (-16,26 - 36,65)} e L/M {-3,85 (-14,86 - 48,62)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

TC abalo $T_{\max}$ (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	127,02	116,82	187,34	-8,0	47,5
S2	129,50	176,96	192,46	36,6	48,6
S3	148,94	130,98	143,20	-12,1	-3,9
S4	154,24	157,38	142,44	2,0	-7,7
S5	178,08	149,12	151,62	-16,3	-14,9
S6	144,60	152,20	131,02	5,3	-9,4
S7	142,14	192,88	131,84	35,7	-7,2
S8	132,42	143,44	138,52	8,3	4,6
S9	124,76	129,98	136,16	4,2	9,1
Mediana				4,18 (-16,26 - 36,65)	-3,85 (-14,86 - 48,62)

Tabela 32. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do TC da resposta motora $T_{\max}$, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Tempo de meio relaxamento (TDR)

A tabela 33 mostra os valores de TDR calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {2,69 (-13,61 - 58,24)} e L/M {-4,65 (-29,96 - 55,71)}, mediana (minimo e máximo) da população, respectivamente.

TDR abalo	T _{max} (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1		86,24	84,08	74,74	-2,5	-13,3
S2		104,94	107,76	100,06	2,7	-4,7
S3		104,74	90,48	104,00	-13,6	-0,7
S4		68,98	88,42	87,95	28,2	27,5
S5		92,60	93,66	95,48	1,1	3,1
S6		100,68	105,08	94,62	4,4	-6,0
S7		63,22	100,04	98,44	58,2	55,7
S8		105,84	101,40	99,90	-4,2	-5,6
S9		95,98	101,24	67,22	5,5	-30,0
Mediana					2,69 (-13,61 - 58,24)	-4,65 (-29,96 - 55,71)

Tabela 33. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do TDR da resposta motora T_{max}, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Amplitude do abalo Tmax

A tabela 34 mostra os valores de Pt calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {-11,64 (-26,94 -35,10)} e L/M {-25,01 (-42,16 - 42,04)} mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

Eficácia Neuromuscular (ENM)

O ENM corresponde à relação entre a amplitude maximal do abalo muscular induzido por percussão tendinosa e a amplitude média da resposta T_{max}. A tabela 35 e 36 mostra os valores de ENM_T e ENM_{T/M} (normalizado) calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {30,47 (-40,03 - 422,03); 0,99 (-33,23 - 25,96)} e L/M {-18,60 (-58,64 - 275,42); -5,22 (-36,34 - 16,15)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

Pt abalo	T_{max} (Nm)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1		4,2	5,3	6,0	24,9	42,0
S2		5,5	4,9	4,7	-11,6	-14,8
S3		5,9	4,3	5,5	-26,6	-5,4
S4		4,8	3,7	3,6	-23,1	-25,0
S5		4,7	3,4	3,4	-26,9	-26,8
S6		4,2	3,6	3,1	-14,5	-26,9
S7		4,8	4,4	3,4	-9,8	-29,8
S8		3,4	4,6	3,2	35,1	-6,0
S9		5,3	4,9	3,1	-7,2	-42,2
Mediana					-11,64 (-26,94 -35,10)	-25,01 (-42,16 - 42,04)

Tabela 34. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do Pt da resposta motora T_{max} , e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

ENM _T (Nm/mV)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	2,00	2,60	7,49	30,47	275,42
S2	6,36	8,34	10,80	31,17	69,79
S3	3,47	8,69	9,87	150,70	184,91
S4	3,93	3,57	1,77	-9,25	-54,95
S5	1,89	9,88	5,29	422,03	179,49
S6	3,11	2,22	2,07	-28,61	-33,53
S7	15,15	9,09	6,27	-40,03	-58,64
S8	5,21	8,73	4,24	67,53	-18,60
S9	10,53	7,73	7,48	-26,54	-28,95
Mediana				30,47 (-40,03 - 422,03)	-18,60 (-58,64 - 275,42)

Tabela 35. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do ENM_T da resposta motora T_{max} , e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Média Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

ENM T_{max}/M_{max} (Nm/%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	0,35	0,39	0,41	11,4	16,2
S2	0,32	0,32	0,35	1,0	10,8
S3	0,38	0,26	0,31	-33,2	-19,2
S4	0,28	0,21	0,20	-25,8	-28,6
S5	0,29	0,27	0,31	-8,0	5,0
S6	0,24	0,25	0,22	5,9	-5,2
S7	0,44	0,33	0,29	-24,8	-35,3
S8	0,19	0,24	0,19	26,0	3,6
S9	0,31	0,36	0,19	17,3	-36,3
Mediana				0,99 (-33,23 - 25,96)	-5,22 (-36,34 - 16,15)

Tabela 36. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do ENM _{T_{max}/M_{max}} da resposta motora T_{max} , e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Abalo muscular do T_{min}

Tempo de Contração (TC)

A tabela 37 mostra os valores de TC calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em

ganhos O/M {-1,98 (-9,05 - 7,30)} e L/M {-3,85 (0,26 (-3,32 - 9,28))}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

TC abalo T _{min} (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	99,46	90,46	97,62	-9,0	-1,8
S2	123,94	121,48	128,24	-2,0	3,5
S3	124,08	129,02	121,08	4,0	-2,4
S4	93,16	93,42	93,40	0,3	0,3
S5	117,22	125,78	128,10	7,3	9,3
S6	125,40	122,64	121,24	-2,2	-3,3
S7	127,78	120,02	134,88	-6,1	5,6
S8	128,02	128,88	126,46	0,7	-1,2
S9	120,08	110,32	126,50	-8,1	5,3
Mediana				-1,98 (-9,05 - 7,30)	0,26 (-3,32 - 9,28)

Tabela 37. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do TC da resposta motora T_{min}, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Tempo de meio relaxamento (TDR)

A tabela 38 mostra os valores de TDR calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {-2,62 (-14,70 - 58,31)} e L/M {3,26 (-12,48 - 57,50)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

TDR abalo T _{min} (ms)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	59,20	93,72	93,24	58,3	57,5
S2	85,62	83,38	80,34	-2,6	-6,2
S3	98,68	92,26	101,90	-6,5	3,3
S4	99,20	84,62	86,82	-14,7	-12,5
S5	86,84	95,20	90,18	9,6	3,8
S6	84,14	97,96	93,90	16,4	11,6
S7	94,86	86,16	97,92	-9,2	3,2
S8	97,20	91,52	98,32	-5,8	1,2
S9	91,56	97,16	97,78	6,1	6,8
Mediana				-2,62 (-14,70 - 58,31)	3,26 (-12,48 - 57,50)

Tabela 38. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do TMR da resposta motora T_{min}, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Amplitude do abalo T_{min}

A tabela 39 mostra os valores de P_t calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados não mostram variações durante as fases. Os resultados estão expressos em

ganhos O/M {7,02 (-16,18 - 17,31)} e L/M {2,03 (-33,79 - 15,23)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

Pt abalo	$T_{\min}$ (Nm)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1		3,3	3,6	3,8	9,4	15,2
S2		5,0	4,2	5,4	-16,2	7,4
S3		3,2	3,5	3,7	8,6	15,2
S4		3,7	4,0	3,9	7,0	4,3
S5		3,7	3,4	3,8	-8,5	2,0
S6		3,3	3,8	3,0	15,9	-7,5
S7		3,8	4,0	3,7	6,5	-1,9
S8		3,3	3,8	3,3	17,3	-0,1
S9		4,7	4,0	3,1	-15,5	-33,8
Mediana		7,02 (-16,18 - 17,31)			2,03 (-33,79 - 15,23)	

Tabela 39. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) do Pt da resposta motora $T_{\min}$, e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\max}/M_{\max}$ e $T_{\max}/H_{\max}$

As modificações das respostas T podem refletir as modificações de solicitações fusoral, eles mesmos dependem da sensibilidade fusoral e das características elásticas do tendão. Assim, comparam-se as relações $T_{\max}/M_{\max}$, $T_{\max}/H_{\max}$, $T_{\min}/M_{\max}$, $T_{\min}/H_{\max}$ tanto do solear como do tríceps sural, para fornecer um critério de apreciação da solicitação e/ou da sensibilidade dos fusos neuromuscular.

As tabelas 40, 41, mostram os resultados do $T_{\max}/M_{\max\text{SOL}}$ e $T_{\max}/M_{\max\text{TS}}$ em ganho O/M {4,02 (-33,93 - 40,35); 4,41 (-25,15 - 28,27)} e L/M {-13,08 (-27,37 - 21,87); -17,14 (-50,12 - 29,93)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente. Os dados não mostram alterações significativas entre as fases.

As tabelas 42, 43, mostram os resultados do $T_{\max}/H_{\max\text{SOL}}$ e $T_{\max}/H_{\max\text{TS}}$ em ganho O/M {sol: -13,09 (-43,35 - 67,00); ts: -17,78 (-45,60 - 44,74)} e L/M {sol: -3,98 (-35,45 - 55,12); ts: -29,06 (-42,88 - 52,52)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente. Os dados não mostram alterações significativas entre as fases.

Relação $T_{\max}/M_{\max}$ SOL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	30,8	35,4	26,7	15,1	-13,1
S2	29,8	23,9	21,7	-19,9	-27,4
S3	33,9	22,4	26,9	-33,9	-20,6
S4	21,5	30,1	26,0	40,4	21,1
S5	31,5	35,5	35,2	12,7	11,7
S6	35,1	34,3	28,8	-2,5	-18,2
S7	28,8	29,9	27,3	4,0	-5,1
S8	31,8	28,7	27,3	-9,9	-14,3
S9	20,3	27,8	24,7	37,3	21,9
Mediana				4,02 (-33,93 - 40,35)	-13,08 (-27,37 - 21,87)

Tabela 40. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\max}/M_{\max}$ do solear (SOL), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\max}/M_{\max}$ TS (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	22,3	25,5	16,3	14,3	-27,0
S2	20,2	18,7	10,1	-7,2	-50,1
S3	21,9	16,4	14,0	-25,2	-36,1
S4	18,6	23,9	15,4	28,3	-17,1
S5	30,2	25,8	27,9	-14,5	-7,7
S6	27,7	30,4	36,0	9,8	29,9
S7	12,6	13,3	15,0	5,5	19,7
S8	15,9	16,6	13,7	4,4	-14,2
S9	19,1	15,2	12,4	-20,1	-35,1
Mediana				4,41 (-25,15 - 28,27)	-17,14 (-50,12 - 29,93)

Tabela 41. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\max}/M_{\max}$ do tríceps sural (TS), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\max}/H_{\max}$ SOL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	66,2	69,0	58,8	4,3	-11,2
S2	57,7	50,1	40,5	-13,1	-29,8
S3	50,5	34,3	48,5	-32,0	-4,0
S4	61,9	89,8	69,0	45,1	11,5
S5	52,4	32,1	57,5	-38,8	9,8
S6	42,7	59,4	63,4	39,0	48,3
S7	32,7	54,6	50,7	67,0	55,1
S8	49,0	27,8	31,7	-43,4	-35,4
S9	69,4	52,3	49,0	-24,6	-29,5
Mediana				-13,09 (-43,35 - 67,00)	-3,98 (-35,45 - 55,12)

Tabela 42. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\max}/H_{\max}$ do solear (SOL), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\max}/H_{\max}$ TS (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	66,0	61,8	42,0	-6,4	-36,3
S2	56,4	46,4	32,2	-17,8	-42,9
S3	49,0	31,0	31,0	-36,7	-36,7
S4	59,8	86,6	66,9	44,7	11,8
S5	50,0	30,2	54,1	-39,6	8,1
S6	40,4	57,1	61,7	41,2	52,5
S7	29,8	39,4	44,4	32,1	48,7
S8	45,3	24,6	30,8	-45,6	-31,9
S9	52,0	41,8	36,9	-19,6	-29,1
Mediana				-17,78 (-45,60 - 44,74)	-29,06 (-42,88 - 52,52)

Tabela 43. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\max}/H_{\max}$ do tríceps sural (TS), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

As tabelas 44, 45, mostram os resultados do $T_{\min}/M_{\max}\text{SOL}$ e $T_{\min}/M_{\max}\text{TS}$ em ganho O/M {sol: 7,01 (-39,51 - 52,28); ts: -5,79 (-40,12 - 50,95)} e L/M {sol: 4,43 (-8,40 - 39,55); ts: 8,96 (-9,83 - 37,48)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente. Os dados não mostram alterações significativas entre as fases.

As tabelas 46, 47, mostram os resultados do $T_{\min}/H_{\max}\text{SOL}$ e $T_{\min}/H_{\max}\text{TS}$ em ganho O/M {sol: 3,32 (-28,08 - 23,63)ts: -6,42 (-30,19 - 14,63)} e L/M {sol: 0,70 (-59,63 - 17,23); ts: 0,60 (-62,86 - 24,57)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente. Os dados não mostram alterações significativas entre as fases.

Relação $T_{\min}/M_{\max}$ SOL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	56,6	63,1	54,3	11,5	-4,1
S2	49,7	30,1	50,1	-39,5	0,7
S3	41,2	44,0	38,5	7,0	-6,5
S4	53,5	49,6	61,1	-7,2	14,2
S5	51,0	31,2	60,3	-38,9	18,1
S6	36,7	53,9	45,3	47,0	23,5
S7	41,5	59,9	57,9	44,5	39,5
S8	30,9	47,1	32,3	52,3	4,4
S9	46,2	44,8	42,3	-3,0	-8,4
Mediana				7,01 (-39,51 - 52,28)	4,43 (-8,40 - 39,55)

Tabela 44. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\min}/M_{\max}$ do solear (SOL), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\min}/M_{\max}$ TS (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	55,0	60,2	53,0	9,5	-3,5
S2	45,9	38,9	50,0	-15,1	9,0
S3	39,6	34,8	35,7	-12,2	-9,8
S4	51,6	56,7	59,0	9,9	14,5
S5	50,9	30,5	58,1	-40,1	14,2
S6	35,8	47,0	39,3	31,4	9,6
S7	40,5	55,8	55,7	37,7	37,5
S8	29,9	45,2	30,5	51,0	2,0
S9	42,7	40,2	40,4	-5,8	-5,4
Mediana				9,51 (-40,12 - 50,95)	8,96 (-9,83 - 37,48)

Tabela 45. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\min}/M_{\max}$ do tríceps sural (TS), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\min}/H_{\max}$	SOL (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1		40,3	49,8	41,7	23,6	3,6
S2		43,1	44,5	51,1	3,3	18,7
S3		61,4	67,6	54,8	10,2	-10,7
S4		54,7	39,3	63,1	-28,1	15,4
S5		65,2	64,4	64,7	-1,3	-0,7
S6		53,6	59,8	49,5	11,6	-7,6
S7		48,9	59,4	51,6	21,4	5,4
S8		47,7	35,4	55,9	-25,6	17,2
S9		55,3	43,4	47,2	-21,6	-14,8
Mediana					3,32 (-28,08 - 23,63)	3,63 (-14,77 - 18,71)

Tabela 46. Distribuição por cada sujeito, dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\min}/H_{\max}$ do solear (SOL), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Relação $T_{\min}/H_{\max}$	TS (%)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1		31,6	28,6	39,4	-9,5	24,6
S2		43,7	40,9	26,1	-6,4	-40,3
S3		59,4	62,7	22,0	5,6	-62,9
S4		47,9	46,8	59,4	-2,2	24,2
S5		59,2	60,1	60,2	1,6	1,8
S6		51,7	52,5	34,9	1,5	-32,6
S7		44,9	51,5	49,3	14,6	9,8
S8		45,4	41,7	45,6	-8,1	0,6
S9		42,6	45,9	34,5	7,8	-18,9
Mediana					1,51 (-9,47 - 14,63)	0,60 (-62,86 - 24,57)

Tabela 47. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores nas fases menstrual (M), ovular (O) e Luteal (L) da relação $T_{\min}/H_{\max}$ do tríceps sural (TS), e os ganhos O/M e L/M por esses parâmetros. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados através do teste de Friedman Repetead Measure.

Contração máxima voluntária e supra máxima

Os cálculos de ativação e força obtidos em contração voluntária, assim que um esforço de flexão plantar a diferentes porcentagens da CMV, possibilitando avaliar a contribuição dos fatores centrais e/ou periféricos que participam do desenvolvimento da força. Assim, primeiramente apresentamos a evolução durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L) dos resultados obtidos em contração voluntária máxima, a relação EMG-força, em seguida serão mostrados os resultados obtidos em contração submáxima com o déficit de ativação, ativação voluntária, o potencial de pós-ativação durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L) para o solear e o tríceps sural da população.

8.7. Contração máxima voluntária (CMV)

O resultado apresentado na tabela 48 mostra os valores CMV calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados mostram aumento da CMV em quatro sujeitos durante a fase L, três sujeitos na fase O e dois na fase M, mas este aumento não é significativo estatisticamente. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {0,40 (-14,1 -21,3)} e L/M {5,94 (-16,5 -15,5)}, mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente.

CMV (Nm)	M	O	L	ganho O/M (%)	ganho L/M (%)
S1	116,8	141,6	124,0	21,23	6,16
S2	118,5	119,1	136,9	0,48	15,54
S3	113,8	118,5	130,0	4,09	14,21
S4	102,8	89,2	109,0	-13,23	5,94
S5	139,4	132,1	156,1	-5,23	11,95
S6	131,1	125,4	130,8	-4,35	-0,19
S7	95,4	110,0	87,9	15,33	-7,83
S8	106,7	107,2	102,1	0,40	-4,34
S9	86,8	74,6	72,5	-14,10	-16,52
Mediana				0,40 (-14,1 -21,3)	5,94 (-16,5 -15,5)

Tabela 48. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) da Contração máxima voluntária (CVM) e dos ganhos: O/M e L/M por cada parâmetro. Os dados mostram uma maior prevalência na fase L, mas este aumento não é significativo estatisticamente. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measure.

Na tabela 49 mostra a amplitude média do EMG do solear durante as fases M, O e L dos valores brutos (A) e valores normalizados com relação à resposta M_{max} (B), como também os ganhos O/M e L/M da população. A amplitude média do EMG do solear em valores brutos é maior em cinco sujeitos durante a fase L, três na fase M e apenas um na fase O. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {-2,85 (-26,93 - 35,01)} L/M {12,49 (-100,00 - 41,52)}. Com relação à amplitude média do EMG do solear em valores normalizados apenas um sujeito obteve amplitude média alta na fase L, cinco na fase M e dois na fase O. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {-9,11 (-36,41 - 35,17)} e L/M {-11,62 (-100,00 - 33,42)} da população respectivamente.

A	Â EMG SOL CMV (μ V)	M	O	L	gain O/M	gain L/M
	S1	113	104	--	-8,27	-100,00
	S2	82	92	93	12,14	12,49
	S3	137	133	176	-2,85	28,01
	S4	68	55	86	-18,65	26,48
	S5	85	90	80	6,80	-5,93
	S6	109	118	136	8,21	24,35
	S7	75	60	55	-20,12	-26,53
	S8	128	173	181	35,01	41,52
	S9	75	54	58	-26,93	-22,64
Mediana					-2,85 (-26,93 - 35,01)	12,49 (-100,00 - 41,52)

B	Â EMG SOL CMV/M _{max} SOL (%)	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
	S1	0,11	0,10	--	-12,52	-100,00
	S2	0,11	0,10	0,09	-9,11	-11,62
	S3	0,11	0,14	0,13	35,17	24,13
	S4	0,10	0,06	0,09	-36,41	-7,52
	S5	0,10	0,10	0,08	-3,54	-18,54
	S6	0,11	0,11	0,14	3,20	33,42
	S7	0,08	0,06	0,07	-25,66	-17,79
	S8	0,10	0,13	0,12	30,82	18,73
	S9	0,10	0,07	0,07	-22,92	-27,36
Mediana					-9,11 (-36,41 - 35,17)	-11,62 (-100,00 - 33,42)

Tabela 49. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) da amplitude média (Â) do EMG do solear obtido a 100% da CMV em valores brutos (A) e em valores normalizados com relação à resposta motora M_{max} (B) e dos ganhos: O/M e L/M por cada parâmetro. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.

A tabela 50 mostra a amplitude média de ativação do EMG do tríceps sural durante as fases M, O e L dos valores brutos (A) e valores normalizados com relação à resposta M_{max} (B), como também os ganhos O/M e L/M da população. A amplitude média do tríceps sural em valores brutos é maior em cinco sujeitos na fase L, três na fase O e nenhum na fase M. Os valores estão expressos em ganhos O/M {2,01 (-34,31 - 42,55)} e L/M {16,51 (-100,00 - 57,24)} mediana (mínimo – máximo) da população. Com relação à amplitude média do tríceps sural em valores normalizados apenas três sujeitos obtiveram amplitude média levemente aumentada na fase M e O e cinco sujeitos na fase L. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {2,35 (-26,00 - 64,13)} e L/M {10,92 (-100,00 - 26,30)} da população.

A	Â EMG TS CMV (μV)	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
	S1	296	349	--	18,04	-100,00
	S2	538	353	546	-34,31	1,50
	S3	419	411	573	-1,84	36,85
	S4	170	115	233	-31,99	37,14
	S5	219	206	255	-5,79	16,51
	S6	240	342	325	42,55	35,39
	S7	163	173	138	6,04	-15,35
	S8	288	311	453	7,83	57,24
	S9	267	272	265	2,01	-0,77
Mediana		2,01 (-34,31 - 42,55)		16,51 (-100,00 - 57,24)		

B	Â EMG TS CMV/Mmax TS (%)	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
	S1	0,10	0,17	--	64,13	-100,00
	S2	0,13	0,11	0,13	-9,47	0,79
	S3	0,13	0,13	0,14	-1,84	10,92
	S4	0,08	0,06	0,10	-26,00	24,67
	S5	0,09	0,09	0,11	2,35	19,00
	S6	0,10	0,11	0,13	4,15	26,30
	S7	0,06	0,05	0,05	-25,68	-22,96
	S8	0,07	0,10	0,08	39,57	16,72
	S9	0,08	0,08	0,07	4,82	-7,65
Mediana		2,35 (-26,00 - 64,13)		10,92 (-100,00 -26,30)		

Tabela 50. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) da amplitude média (Â) do EMG do tríceps sural obtido a 100% da CMV em valores brutos (**A**) e em valores normalizados com relação à resposta motora M_{max} (**B**) e dos ganhos: O/M e L/M por cada parâmetro. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.

A figura 42 mostra os valores da relação EMG-força, normalizados através da resposta motora M_{max} durante as fases M, O e L obtidos do solear. Os resultados mostram leve aumento da inclinação na fase L ($R^2= 0,7798$) seguido da fase O ($R^2= 0,7479$) e da fase M ($R^2=0,9414$). Porém, esta inclinação não estatisticamente significativa.

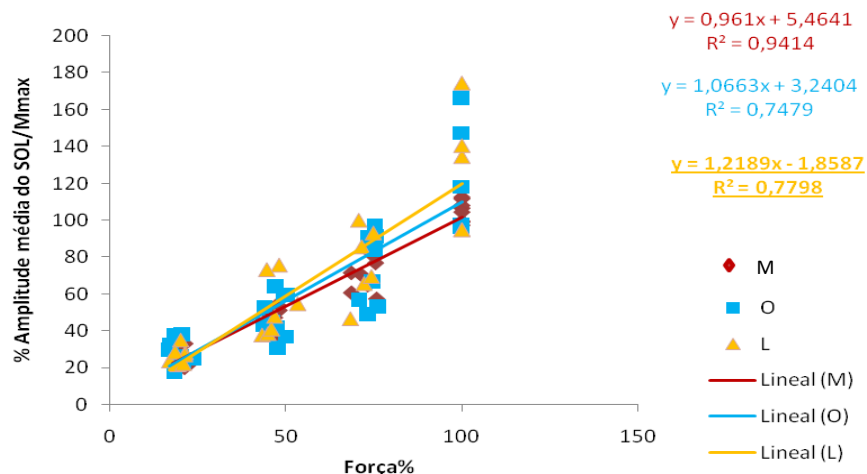


Figura 42. Relação EMG-força do solear em valores normalizados através da resposta motora Mmax. Os valores correspondem a mediana obtidos em contração voluntária em diferentes porcentagens da CMV da população. Um regressão foi calculado na fase M, O e L ($R^2 = 0,9414$, $R^2 = 0,7479$ e $R^2 = 0,7798$, respectivamente). Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.

A figura 43 mostra os valores da relação EMG-força, normalizados através da resposta motora M_{max} durante as fases M, O e L obtidos do solear. Os resultados mostram leve aumento da inclinação na fase L ($R^2 = 0,7635$) seguido da fase M ($R^2 = 0,6668$) e da fase O ($R^2 = 0,7834$). Porém, esta inclinação não estatisticamente significativa.

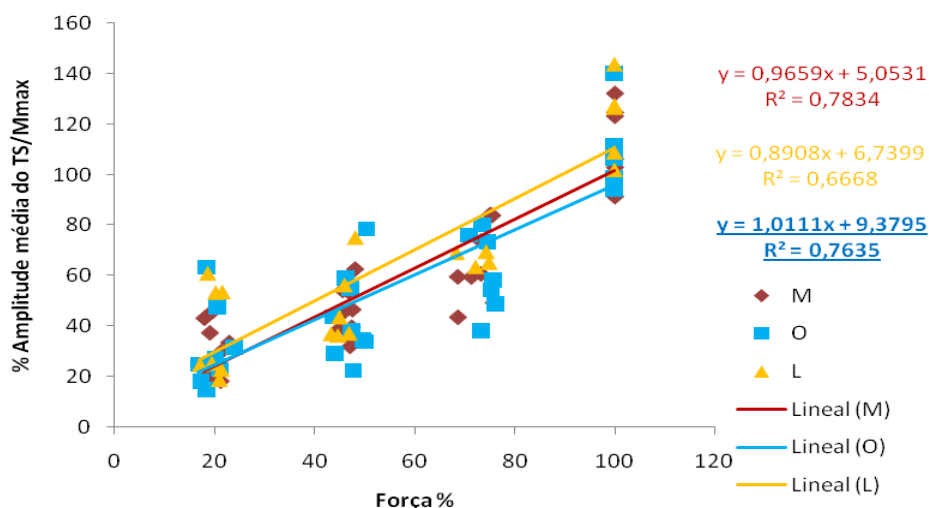


Figura 43. Relação EMG-força do triceps sural em valores normalizados através da resposta motora Mmax. Os valores correspondem a mediana obtidos em contração voluntária em diferentes porcentagens da CMV da população. Um regressão foi calculado na fase M, O e L ($R^2 = 0,7834$, $R^2 = 0,6668$ e $R^2 = 0,7635$, respectivamente). Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.

8.8. Contração submáxima

Através da técnica do “Twitch interpolar” é possível determinar o déficit de ativação, a ativação voluntária e o potencial de pós-ativação produzido de um esforço máximo ou submáximo. A relação %DA-%CMV permite seguir uma evolução do DA em função da % da CMV desenvolvida. A inclinação da curva de regressão calculada pela relação assim construída pode servir como índice do déficit de ativação.

O resultado apresentado na tabela 51 mostra os valores do índice do déficit de ativação calculados durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados mostram um leve aumento do índice de ativação na fase M com relação às outras fases, mas este resultado não é significativo estatisticamente. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {-6,36 (-42,5 -57,2)} e L/M {-9,66 (-190,5 -73,8)}, mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Na figura 44 esta representada a relação %DA-%CMV calculados durante as fases: menstrual, ovular e luteal para a população.

Índice de DA	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
S1	-44,5	-25,6	-40,2	-42,47	-9,66
S2	-67,5	-77,7	61,1	15,11	-190,52
S3	-52	-41	-40,8	-21,15	-21,54
S4	-50,4	-79,2	-87,6	57,14	73,81
S5	-53,8	-71,2	-65	32,34	20,82
S6	-52,8	-48,7	-42,2	-7,77	-20,08
S7	-76,6	-74,3	-76	-3,00	-0,78
S8	-55	-51,5	-69,2	-6,36	25,82
S9	-87,3	-64,7	-27,8	-25,89	-68,16
Mediana				-6,36 (-42,5 -57,2)	-9,66 (-190,5 -73,8)

Tabela 51. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) do índice do déficit de ativação (DA) e dos ganhos: O/M e L/M por cada parâmetro. Os dados mostram um leve aumento do índice de ativação na fase M com relação às outras fases, mas este resultado não é significativo estatisticamente. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measure.

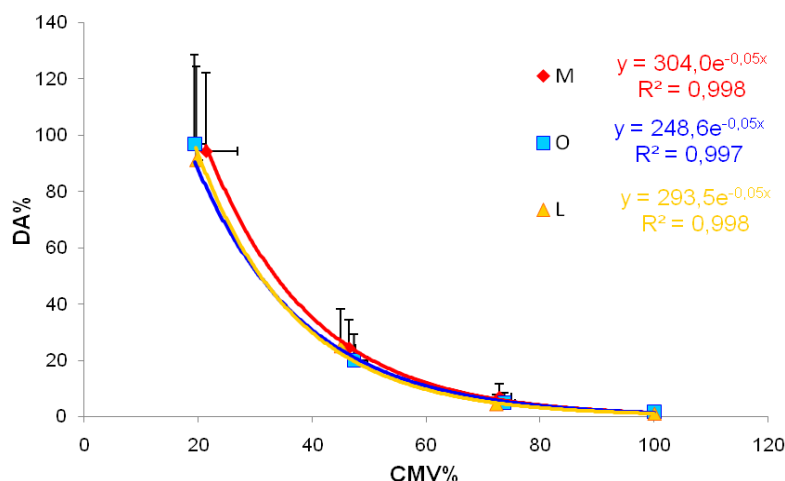


Figura 44. Relação %DA-%CMV obtido por contração voluntária nas fases M, O e L pela população. Os valores correspondem à média $\pm$ DP. Uma regressão logarítmica foi calculada para as fases: M, O e L ($r^2 = 0,998$; $r^2 = 0,997$ e $r^2 = 0,998$ respectivamente). Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measure.

O nível de ativação voluntária (AV%) do músculo flexor plantares durante a CMV será demonstrado na tabela 52 calculada durante as fases: menstrual (M), ovular (O) e luteal (L), como também os ganhos O/M e L/M da população. Os dados mostram o percentual de ativação voluntária maior em cinco sujeitos durante a fase L, três na fase O e dois na fase M. Os resultados estão expressos em ganhos O/M {0,25 (-7,5 - 4,9)} e L/M {0,2 (-5,5 - 12,6)}, mediana (mínimo e máximo) da população, respectivamente.

AV %	M	O	L	ganho O/M	ganho L/M
S1	94,8	97,6	98,1	3,0	3,5
S2	94,3	96,4	93,8	2,3	-0,5
S3	99,3	91,9	100,0	-7,5	0,7
S4	88,3	82,7	96,7	-6,4	9,5
S5	97,9	97,0	94,6	-0,9	-3,4
S6	100,0	98,8	97,1	-1,2	-2,9
S7	84,7	88,8	95,4	4,9	12,6
S8	93,5	94,2	88,4	0,8	-5,5
S9	99,8	100,0	100,0	0,2	0,2
Mediana	0,25 (-7,5 - 4,9)			0,2 (-5,5 - 12,6)	

Tabela 52. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) ativação voluntária (AV%) e dos ganhos: O/M e L/M por cada parâmetro. Os dados mostram um aumento da AV durante a fase L. Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.

A extensão do potencial de pós-ativação (PPA) do músculo flexor plantares durante a CMV será demonstrado na tabela 53 calculada durante as fases: M 23,4 (17 – 32,7)}, O { 22,8 (14,2 – 32,3)} e L { 22,8 (18,4 – 31,0)} expressos em mediana (mínimo - máximo) para cada fase. Os resultados mostram a extensão do potencial de pós-ativação um pouco maior durante a fase menstrual.

PPA (%)	M	O	L
S1	17,0	14,2	18,4
S2	30,1	32,3	23,6
S3	24,8	20,9	19,9
S4	32,7	27,7	31,0
S5	23,4	22,1	22,9
S6	24,7	25,7	22,8
S7	22,8	22,8	22,8
S8	22,8	22,8	22,8
S9	22,8	22,8	22,8
Mediana	23,4 (17 – 32,7)	22,8 (14,2 – 32,3)	22,8 (18,4 – 31,0)

Tabela 53. Distribuição por cada sujeito (n=9), dos valores menstrual (M), ovular (O) e lútea (L) potencial de pós-ativação (PPA). Os valores estão expressos em mediana (mínimo – máximo) da população, respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Friedman Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks.

9. DISCUSSÃO GERAL

RESUMO EM FRANÇÊS

DISCUSSION GÉNÉRALE

Des études humaines et animales ont démontré que des agressions nutritionnelles pendant les périodes sensibles de développement (fœtale, néonatale ou enfance) peuvent avoir des conséquences ultérieures à travers un mécanisme nommé « programmation » (LUCAS, 1999 ; HALES et BACKER, 2001 ; LEITE et MANHÃES-DE-CASTRO, 2007 ; LOPES DE SOUZA et al. 2008 ; TOSCANO et al. 2008). La programmation peut être produite par des stimulations endogènes (modifications hormonales) (BIRCH, et al. 1993) ou environnementales (nutrition) (LUCAS, 1999). Les répercussions de la « programmation » peuvent se retrouver tout au long de la vie et se transmettre aux générations futures (NEU, et al. 2007). Ce travail de thèse s'est intéressé aux effets croisés de la dénutrition périnatale et de la période du cycle ovarien sur l'activité locomotrice chez des rates adultes. Plusieurs études ont démontré les effets persistants de la dénutrition périnatale sur l'activité locomotrice du rat mâle (BARROS et al. 2006 ; TOSCANO et al. 2008) mais les données sont encore insuffisantes et ne concernent pas la rate ni l'influence du cycle ovarien sur ces activités locomotrices et la fonction musculaire. Cette étude animale aura, en perspective des prolongements chez la femme. Ceci justifie que, dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire brésilien et celui de l'Université de Compiègne, la deuxième partie de ce travail de thèse ait concerné les variations éventuelles au cours du cycle menstruel de la force, de l'activation volontaire et de l'excitabilité réflexe du groupe musculaire triceps sural chez des femmes jeunes. Cette deuxième étude servira de base pour de futures évaluations des propriétés neuromécaniques chez les femmes avec perturbations de l'état nutritionnel ou atteintes de diverses pathologies musculaires.

Etude 1

Effet de la dénutrition périnatale sur les caractéristiques physiques chez la rate

Les apports appropriés d'éléments nutritifs sont essentiels à la croissance et au développement de toutes les fonctions de l'organisme (MORGANE et al. 1978). Chez le rat, la dénutrition pendant la gestation et la période de lactation induit un déficit du taux de croissance au stade néonatal, une augmentation du stress oxydatif, et des modifications des liens glucose/insuline (OZANNE et BARKER, 1999 ; LOPES DE SOUZA et al, 2008 ; TOSCANO et al ; 2008). Des modifications physiques (DEIRO et al. 2004 ; 2005 ; LOPES DE SOUZA et al. 2004) et

des perturbations du développement du muscle squelettique (BRAMELD, 2004) ont également été décrits. Chez le rat, des dysfonctionnements du cycle reproductif dus à la dénutrition pendant la gestation et/ou la lactation (WADE et JONES, 2004) ont aussi été observés. Notre étude a démontré que la dénutrition périnatale a réduit le poids corporel, la largeur du crâne, la longueur du corps et la longueur de la queue chez les femelles. La réduction du poids corporel depuis la lactation jusqu'à l'âge adulte a été observée par d'autres auteurs chez des rats mâles (ROCHA-DE-MELO et al. 2006) en utilisant la même technique. De plus, des travaux utilisant différentes méthodologies d'induction de dénutrition ont aussi rapporté des modifications du poids des rats dénutris (MILLER et GERMAN, 1999 ; CARNEY et al. 2004 ; FAGUNDES et al. 2007 ; ARGILES et al. 2006 ; TOSCANO et al. 2008) et des changements de leurs caractéristiques physiques (CHOWDHURY et ORSKOV, 1997; MASANES et al. 1999; HORTON, 2005 ; LOBE et al. 2006). Ces modifications sont donc ici confirmées pour la rate.

Le cycle ovarien et les caractéristiques reproductives après dénutrition périnatale

Le cycle reproductif de la rate est appelé cycle ovarien (MANDL, 1951 ; FREEMAN, 1988), et comprend quatre phases : proœstrus, œstrus, metoœstrus et dioœstrus (MARCONDES et al. 2002). La détermination des phases du cycle ovarien est réalisée à travers la cytologie du frottis vaginal (LONG et EVANS, 1922 ; MARCONDES et al. 2002). La caractérisation de chaque phase est basée sur les proportions des cellules épithéliales, cornées ou écaillées et des leucocytes trouvés dans le frottis vaginal (MARCONDES et al. 2002). Sur la base de l'étude histologique et afin de faciliter l'étude, nous avons classé les rates selon deux groupes en fonction du cycle ovarien, groupe fertile correspondant aux phases d'œstrus et de proœstrus et groupe non fertile regroupant les phases metoœstrus et dioœstrus. Ces phases se différencient non seulement par les types cellulaires observés (MARCONES et al. 2002) mais aussi par les niveaux hormonaux (BUFFET et BOUCHARD, 2001) produits. Ainsi, dans la phase fertile les niveaux d'œstradiol, de progestérone, FSH, et LH sont élevés tandis qu'ils sont bas en phase non fertile (FINK, 1988 ; SILBERSTEIN et MERRIAM, 2000 ; BUFFET et BOUCHARD, 2001). Le cycle ovarien des rongeurs peut subir des variations selon l'âge, la période de l'année, l'origine de l'animal, mais aussi les conditions alimentaires (MENDONÇA et al. 2002). Des études montrent que la restriction alimentaire à l'âge adulte pendant des périodes prolongées touchent le taux d'ovulation, le comportement et la réceptivité sexuels (HOWLAND, 1971 ; NAKANISHI et al. 1976 ; BRONSON, 1989 ; TROPP et MARKUS, 2001). En plus de l'influence du cycle

sur l'activité locomotrice, l'état nutritionnel des rates a donc été étudié. Nos résultats démontrent que la dénutrition périnatale modifie la proportion de cellules épithéliales, cornées et des leucocytes trouvés pendant les phases (fertile et non-fertile) du cycle ovarien même après récupération nutritionnelle. Chez les rates, la récupération nutritionnelle n'a pas restauré les proportions cellulaires normales à l'âge adulte. Donc, nous supposons que la modification de la proportion cellulaire peut occasionner l'altération de la périodicité du cycle ovarien.

Plusieurs études ont observé l'effet de la dénutrition intra-utérine sur la puberté et sur le développement de la fonction reproductive des femelles (ÈRE et al. 2002 ; LEONHARDT et al. 2003 ; GUZMAN et al. 2006). Chez les rates gestantes issues de portées dénutries pendant la gestation et/ou l'allaitement, il a été rapporté une réduction du poids corporel (TONETE et al. 1983 ; ALEXANDER et al. 1988 ; GUZMAN et al. 2006), une réduction du poids de l'utérus (ARAYA et al. 1983 ; GUZMAN et al. 2006) ainsi qu'une réduction du nombre de fœtus viables et non viables (GUPTA, et al. 1967; 1968). En revanche, notre étude n'a pas révélé de différence dans le poids des rates au 15^{ème} jour de gestation, que les rates soient issues des portées dénutries ou normalement nourries. Cette absence d'effet est aussi observé vis-à-vis du poids de l'utérus (qui est même sensiblement plus lourd), du nombre total de fœtus par portée ainsi que dans la proportion de fœtus non viables. Ainsi, la dénutrition périnatale imposée dans notre étude n'a pas modifiée la fonction reproductive chez les rates adultes. Cette opposition entre les résultats de notre étude et ceux rapportés par la littérature, (GUPTA, et al. 1967; 1968; ALEXANDER et al. 1988; GUZMAN et al. 2006) peuvent s'expliquer par la différence dans les techniques d'agression et de récupération nutritionnelle. Des études complémentaires seraient nécessaires pour expliquer cette différence.

Effet de la dénutrition périnatale sur l'activité locomotrice des rates adultes

Les fluctuations des hormones sexuelles chez les femelles affectent les fonctions physiologiques et comportementales (GOUVEIA et al. 2004). Ainsi, femelles et mâles présentent des performances différentes dans les tests classiques d'open - Field, de nage forcée (KENNETT et al. 1986 ; ALONSO et al. 1991) et lors du test du labyrinthe en croix (JOHNSTON et FILE, 1991). Néanmoins, les recherches sur les paramètres locomoteurs restent encore insuffisantes. Dans notre étude, des paramètres locomoteurs évalués aux phases fertile et non fertile du cycle n'ont pas permis de conclure à des modifications du comportement locomoteur selon les phases du cycle ovarien. D'autres recherches montrent que les femelles en phase fertile sont plus actives que les mâles dans l'exploration d'un nouvel environnement (TROPP et MARKUS, 2001 ; LERET et al. 1994). En revanche, lorsqu'elles

sont habituées à l'environnement, les femelles diminuent l'activité locomotrice et l'exploration pour atteindre des niveaux semblables à ceux des mâles (TROPPE et MARKUS, 2001).

Les patrons d'activité locomotrice chez le rat se développent en suivant une séquence chronologique et dépendent du développement moteur et du contrôle postural (GRAMSBERGEN, 1998 ; ARGILES et al. 2006). L'acquisition d'une marche adulte est caractérisée par l'aisance dans les mouvements moteurs et l'augmentation de la vitesse de la marche (GRAMSBERGEN, et al. 1997 ; GEISLER, et al. 1993 ; WESTERGA, et al. 1990). Le développement et la coordination des membres des mammifères se produisent à des stades précoces de la vie (GRAMSBERGEN, 1998). Entre les 16^{ème} et 21^{ème} jours post-nataux, on observe d'importants remaniements des patrons d'activité des muscles du tronc et des extrémités pendant la marche pour atteindre les patrons d'activité adulte dès le 21^{ème} jour (GRAMSBERGEN, 1998). Ainsi, en conditions normales, le contrôle postural tel qu'observé chez l'adulte est acquis dès l'âge du sevrage chez le rat.

Dans la présente étude, nous avons utilisé un système de monitoring du mouvement locomoteur de petits animaux en champ ouvert, système développé en coopération avec le Département de Physique de l'UFPE pour démontrer que la dénutrition périnatale a diminué la plupart des paramètres de l'activité locomotrice, excepté le temps d'immobilité. Néanmoins, une réduction de la puissance moyenne n'a été observée que chez les rates pendant la phase fertile et dénutrie dans la période périnatale. Cet effet de la dénutrition périnatale sur les paramètres locomoteurs est indépendant de la phase du cycle ovarien. D'autres recherches ont aussi vérifié une réduction de l'activité locomotrice chez les rats dénutris pendant la période néonatale (BARROS et al. 2006). Ainsi, la dénutrition néonatale, en plus de toucher les caractéristiques physiques (LOBE et al, 2006), peut aussi toucher l'évolution du contrôle locomoteur (GRAMSBERGEN, 1998 ; ARGILES et al. 2006). Enfin, il est connu que la dénutrition peut toucher certains aspects de la fonction neuromusculaire (comme par exemple, la conduction des potentiels d'action afférents) (DA SILVA et al. 1987 ; TIENT et al. 2004).

Etude 2

Cette étude a été menée durant l'année passée en France, dans le cadre de ma thèse menée en co-tutelle entre mon laboratoire au Brésil et le laboratoire compiégnais, UMR CNRS 6600, Biomécanique et Bioingénierie. Il est utile de rappeler ici que la collaboration entre les deux laboratoires porte sur les effets de la dénutrition sur la fonction musculaire.

Mes travaux de recherche devraient, en perspective, s'intéresser aux effets de la dénutrition chez de jeunes femmes brésiliennes. En amont d'une telle étude, il m'a été proposé d'appliquer le protocole neuromécanique développé au laboratoire compiégnais à de jeunes femmes plusieurs fois au cours de leur cycle menstruel afin d'envisager dans quelle mesure l'un ou l'autre des paramètres étudiés était, ou non, affecté par la phase du cycle à laquelle on le mesure. En effet, si des différences devaient être observées, il faudrait par la suite, lors des études chez des femmes dénutries, prendre en compte cette influence du cycle sur l'évaluation de la fonction musculaire.

Cette étude avait aussi pour objectif de me familiariser avec ces mesures neuromécaniques, mes travaux précédents ayant été conduits uniquement chez l'animal. Les premiers mois de présence en France ont donc été totalement dédiés à mon apprentissage à ces techniques de mesure chez l'Homme, à découvrir l'électromyographie de surface, les propriétés mécaniques ou encore les tests à mettre en œuvre pour évaluer l'excitabilité réflexe des muscles extenseurs de la cheville. Parallèlement, j'ai prospecté pour recruter les femmes qui feraient l'objet de l'étude. Il s'agissait de trouver de jeunes femmes au cycle régulier, sans prise de contraceptif pour assurer les fluctuations hormonales normales du cycle menstruel, et acceptant aussi de venir plusieurs fois au laboratoire pour subir un protocole qui mobilisait au moins deux heures de leur temps. Ce préambule explique que la population étudiée ait été limitée à 9 femmes, faible échantillon, mais la seule année passée en France ne m'a pas permis d'étoffer davantage cette population.

Cycle menstruel et mesures anthropométriques

Les cycles reproductifs féminins résultent d'une séquence alternative d'interactions entre les composantes de l'axe Hypothalamus-hypophyse (« Pituitary »)-gonades (HPG) qui régule les taux de sécrétions des hormones sexuelles et module donc leurs effets (KNOBIL, 1980; SILBERSTEIN et MERRIAM, 2000; BUFFET et BOUCHARD, 2001). L'axe HPG possède de fortes influences sur le comportement alimentaire qui est donc lui aussi cyclique chez la femme, puisqu'il est influencé par les taux plasmatiques de l'œstradiol et de la progestérone (ASARIAN et GEARY, 2002). De ce fait, les hormones ovariennes participent à la régulation de l'ingestion des substances énergétiques ayant des effets directs sur le contrôle nerveux de ce comportement alimentaire (RICHARD, 1986). Cela suggère que l'œstradiol et la progestérone doivent influencer la composition corporelle, principalement à travers leurs effets sur le comportement alimentaire (TOTH et al. 2001), et ont une influence sur le poids corporel. La population humaine choisie pour l'étude est volontaire, avec un cycle menstruel

régulier, sans utilisation de contraceptif hormonal. Les mesures répétées aux différentes phases du cycle et les moyennes comparées pour la population étudiée des poids corporel, pourcentages de graisse et d'eau, ou de température corporelle, n'ont pas montré de différences significatives selon les phases du cycle menstruel. Les prises de température et de poids devraient par la suite être faites le matin des mesures, au réveil, pour éviter que le niveau d'activité et les prises alimentaires des sujets avant le test modifient ces paramètres et empêchent de trouver les différences attendues.

Cycle menstruel et élasticité passive du triceps sural

La mesure de la flexibilité des muscles rotateurs de la cheville est une composante importante de l'évaluation clinique des fléchisseurs plantaires (MOSELEY et al, 2001). Pour évaluer cette flexibilité, il est essentiel que les muscles des membres inférieurs ne présentent aucune activité volontaire ou réflexe (MOSELEY et al, 2001) et le contrôle des électromyogrammes au cours de ce test de flexibilité est donc essentiel. Dans cette étude sur la flexibilité, seule la surface sous la courbe force passive-angle et la dorsiflexion maximale sont augmentées significativement pendant la phase ovulatoire comparativement à la phase menstruelle ; les autres paramètres étudiés (ROM, couple passif en flexion dorsale maximale et raideur passive) ne sont pas modifiés. Il est possible que les pics hormonaux observés pendant l'ovulation soient responsables de cette plus grande flexibilité indiquée par l'augmentation de flexion dorsale et celle de la surface sous la courbe. En effet, il a été montré que les hormones féminines (œstrogènes, progestérone et relaxine) ont des effets sur le système musculo-squelettique et neuromusculaire. Il a été montré un pic de force musculaire pendant la phase ovulatoire, pic de force pouvant être relié au pic d'œstrogènes observé pendant cette phase (SARWAR et al. 1996). L'habileté motrice semble par ailleurs diminuer en phase prémenstruelle (LEBRUM, 1993) et les taux d'œstrogènes auraient de profonds effets sur les caractéristiques biomécaniques (diminution de la force en adduction et abduction) de femmes athlètes (HEWETT, 2000). Les pics hormonaux en phase ovulatoire augmenteraient l'élasticité ligamentaire et diminueraient la performance neuromusculaire (HEWETT, 2000). Chez les femmes en âge de procréer, la relaxine varie au cours du cycle. Le taux de cette hormone est faible pendant la phase folliculaire et augmente pendant la phase lutéale (PEHRSSON et al. 2007). La diminution de raideur de différents tissus sous l'effet de la relaxine a par ailleurs été démontrée (SAMUEL et al. 1996). La relaxine a un fort impact dans les fonctions biologiques, liées à la reproduction, en agissant notamment sur les taux et la nature des collagènes et sur développement des fibroblastes (SAMUEL et al., 1996) ; elle a

de plus un rôle important dans l'implantation de l'embryon et dans les changements hémodynamiques qui surviennent pendant la grossesse (LEKGABE et al. 2006). Les fluctuations de la relaxine au cours du cycle menstruel sont cependant moindres que celles des autres hormones reproductives (PEHRSSON et al. 2007), ce qui pourrait expliquer que, dans la présente étude, les paramètres ROM, couple passif en flexion dorsale maximale et raideur passive n'aient pas présenté de modifications significatives au cours du cycle. Nos résultats confirment en fait d'autres recherches qui n'ont pas observé d'effet des phases du cycle menstruel sur la force, l'élasticité ou le contrôle postural impliquant les muscles du quadriceps (CARCIA et al, 2004 ; SHULTZ et al. 2005 HERTEL et al. 2006). Néanmoins, d'autres auteurs ont observé des effets des phases du cycle menstruel sur la raideur passive au niveau des membres inférieurs (DEIE et al. 2002 ; EILING et al. 2007). Cette réduction de la raideur musculaire pendant la phase l'ovulatoire expliquerait également l'augmentation du délai électromécanique pour les membres inférieurs observé par ces auteurs (EILING et al. 2007). Dans une autre étude, une augmentation de la laxité du genou a été observée au stade de l'ovulation (SHULTZ et al. 2005) soit lorsque les taux d'œstradiol et de progestérone sont les plus élevés. Ainsi les données de la littérature sur ces effets des hormones et de leurs fluctuations au cours du cycle menstruel sur les propriétés élastiques en passif restent peu nombreuses et contradictoires et pour mieux contribuer aux recherches dans ce domaine, il faudra reprendre cette partie de notre étude sur une plus large population.

Cycle menstruel et secousse musculaire

Pour mettre en évidence d'éventuels effets du cycle menstruel sur les capacités du muscle à développer la force, hors influence des capacités d'activation volontaire, le test de choix reste l'analyse de la secousse musculaire induite par stimulation maximale directe du nerf moteur. La secousse est caractérisée par différents paramètres : le délai électromécanique, le niveau de couple développé, le temps de contraction, le temps de demi-relaxation ainsi que par l'index de la cinétique de contraction (taux de développement de la force). Les changements de cet index, lors d'une immobilisation (DUCHATEAU et HAINAUT, 1987) ou selon l'âge des enfants prépubères indiquent une modification de la contractilité et sans doute de la typologie musculaire (GROSSET et al. 2005). Le délai électromécanique (DEM) évalue les mécanismes de couplage d'excitation-contraction et dépend de la compliance plus ou moins grande des structures élastiques, ce facteur d'influence étant prépondérant lors de l'analyse d'une secousse in vivo (CAVANAGH et KOMI, 1979). Les valeurs trouvées sont dépendantes du sexe du sujet (WINTER et BROOKES, 1991) et de la longueur initiale à laquelle la secousse

est induite (MURO et NAGATA, 1985). Pour les fléchisseurs plantaires, le DEM augmente en cas d'instabilité de la cheville (MORA et al. 2003) ou encore avec l'âge d'enfants prépubères (GROSSET et al. 2005) et ces modifications du DEM ont été interprétées en termes de changements de la raideur musculo-tendineuse. Les valeurs de DEM mesurées dans notre étude sont dans la moyenne décrite dans la littérature (9.5 et 18,7ms) (WINTER et BROOKES, 1991; DEIE et al. 2002; GROSSET et al. 2005). Dans le présent travail les phases du cycle menstruel n'ont pas touché le DEM de la secousse induite par stimulation maximale. Cette constance du DEM quelle que soit la phase du cycle indique que les variations hormonales, notamment celles de relaxine, n'ont pas modifié sensiblement la raideur musculo-tendineuse des fléchisseurs, si l'on accepte la mesure du DEM comme estimation indirecte de cette raideur (GROSSET et al, 2008)

Le temps de contraction (TC) et le temps de demi-relaxation (TDR) mesurés dans cette étude n'ont pas été modifiés en fonction des phases du cycle menstruel auxquelles ils ont été mesurés. Ces temps reflètent les cinétiques de libération et de recapture des ions calcium lors de l'activation des fibres musculaires et il pourrait être supposé que ces mouvements calciques soient influencés par les taux d'hormones. Dans une étude concernant l'analyse de la secousse du quadriceps aux différentes phases du cycle menstruel, le temps de contraction n'était pas non plus modifié selon la phase du cycle (JANSE DE JORGE et al. 2001). Une autre étude rapporte une modification du TDR de la secousse du quadriceps au stade ovulatoire (SARWAR et al. 1996).

Les études d'une secousse musculaire aux différentes phases du cycle restent donc fort peu nombreuses, leurs résultats sont parfois contradictoires mais il semble que les mécanismes périphériques responsables de la contraction musculaire soient peu affectés par les fluctuations hormonales au cours du cycle menstruel.

Dans notre étude, nous nous sommes également intéressés à la secousse induite par une percussion tendineuse qui active le triceps sural par voie réflexe. Sachant que le réflexe tendineux concerne essentiellement des unités motrices de type lent puisque les motoneurones lents sont plus facilement excitable par voie réflexe (HENNEMAN ET OLSON, 1965), l'analyse des paramètres des secousses évoquées par voie réflexe permettait d'envisager l'influence éventuelle du cycle menstruel sur les mécanismes périphériques de contraction des unités lentes. Aucun des paramètres étudiés n'a été modifié au cours du cycle, que la percussion tendineuse soit faible (peu d'unités recrutées) ou plus intense (davantage d'unités motrices recrutées).

Ces résultats indiquent que le cycle menstruel ne semble pas avoir d'influence notable sur la cinétique de la contraction musculaire, quel que soit le type des unités motrices impliquées dans la secousse étudiée.

Ces secousses permettent encore de calculer une « Efficacité Neuromusculaire » (ENM) en conditions induites, rapport entre la force développée et l'activité musculaire quantifiée par électromyographie. L'ENM indique les capacités qu'a le muscle à convertir l'énergie électrique d'activation en énergie mécanique de contraction (MORITANI et al, 1986). Il est en effet envisageable que des changements de force soient dus à des modifications des potentiels musculaires (et donc d'excitabilité) du fait de dépolarisation membranaire et/ou de modifications du fonctionnement des pompes Na^+/K^+ comme suggéré lors d'exercice (NIELSEN ET CLAUSEN, 2000). L'ENM calculée lors d'une stimulation électrique supramaximale du nerf moteur est donc le rapport entre l'amplitude de la secousse et la réponse M_{max} du triceps sural. Le calcul de l'ENM dans ces conditions a déjà été proposé et a servi à montrer des variations circadiennes d'efficacité neuromusculaire (CASTAINGTS et al, 2004). Dans notre étude ni l'ENM calculée à partir de la secousse et de la réponse M_{max} induites par stimulation électrique ni celle calculée à partir de la secousse et de la réponse T induites par percussion tendineuse n'ont montré de modification au cours du cycle ce qui semble indiquer que les paramètres évoqués plus haut ne sont pas sensiblement modifiés au cours du cycle menstruel.

Excitabilité réflexe

L'excitabilité réflexe dépend de l'excitabilité des motoneurones et de l'efficacité synaptique, deux processus qui dépendent d'activités et mécanismes membranaires aux niveaux postsynaptique et présynaptique (ZEHR, 2002 ; MISIASZEK, 2003 ; VOERMAN et al. 2005). Ces mécanismes centraux d'excitabilité motoneuronale et d'efficacité synaptique sont approchés dans cette étude par l'analyse du réflexe de Hoffmann et par le rapport $H_{\text{max}}/M_{\text{max}}$. Les amplitudes des réponses M_{max} et H_{max} peuvent être touchées par divers facteurs physiques ou l'état mental de la personne (MISIASZEK, 2003). Les amplitudes et latences des réponses M_{max} et du réflexe H_{max} , n'ont pas été touchées par les phases du cycle menstruel et l'on peut donc proposer que les processus centraux responsables de l'excitabilité réflexe ne soient pas atteints par les fluctuations hormonales au cours du cycle. Précédemment, il a été montré que les réponses H du triceps sural mesurées chez des femmes et des hommes ne présentaient pas de différences significatives (GOLBERG et al. 1992), ce qui pouvait laisser entendre que les cycles hormonaux chez la femme n'interféraient pas avec

l'excitabilité réflexe En ce qui concerne la latence, ce paramètre reflète pour la réponse M la fin du passage du potentiel d'action nerveux moteur, les processus chimiques de la transmission neuromusculaire et la propagation des potentiels d'action moteurs jusqu'aux électrodes de surface (CLARK et al. 2002). La constance de cette latence au cours du cycle indique que le potentiel d'action et les processus chimiques de transmission neuromusculaire ne sont pas touchés par les phases du cycle menstruel. La différence entre la latence de la réponse H et celle de la réponse M n'est pas non plus touchée par les différentes phases du cycle menstruel, ce qui indique que les vitesses de conduction le long des afférences Ia et des motoneurones alpha et les transmissions synaptiques Ia-alpha ne sont pas modifiées ; on aurait pu attendre des diminutions de latences aux phases du cycle où la température corporelle interne est normalement augmentée

Nous avons également étudié au cours du cycle l'amplitude des réflexes tendineux évoqués par percussion du tendon d'Achille. Ce réflexe est en effet dépendant des processus centraux cités plus haut pour le réflexe H mais aussi de la sensibilité des fuseaux neuromusculaires et de la sollicitation de ces fuseaux au travers des structures élastiques liées aux fuseaux neuromusculaires (BRADDOM et JOHNSON, 1974 ; STAM et TAN, 1987 ; ZHANG et al.1999 ; VOERMAN et al. 2005) L'amplitude du réflexe tendineux dépend de l'intensité de percussion (VOERMAN et al. 2005). Dans notre étude nous avons utilisé deux intensités (« min » et « max ») de percussion tendineuse avec l'hypothèse que la plus ou moins grande raideur passive des éléments élastiques en liaison avec les fuseaux neuromusculaires affecterait davantage les réflexes à faible percussion tendineuse que ceux à plus forte intensité de percussion. Les réflexes T ont été exprimés en pourcentage des réponses M_{max} ou des réflexes H_{max} pour faire ressortir l'influence des composantes périphériques dans l'établissement du réflexe tendineux (PEROT et al.1991 ; GROSSET et al. 2007). Les réflexes T n'ont pas été touchés par les phases du cycle menstruel. S'ils ne sont pas modifiés au cours du cycle c'est que les changements de l'environnement hormonal ne les affectent pas, ou pas suffisamment pour que cela entraîne des changements significatifs des paramètres mesurés. De la même façon, le réflexe T n'était pas modifié selon le moment de la journée auquel il était testé (CASTAINGTS et al, 2004), ce qui indique que ce réflexe mécaniquement induit et tous les mécanismes périphériques et centraux qui le sous-tendent ne sont pas très sensibles à ces rythmes circadiens ou menstruel.

Variations du cycle menstruel sur la force et l'activation dans des conditions volontaires

Le couple développé en contraction volontaire maximale par le groupe musculaire triceps sural n'a pas été touché par les phases du cycle menstruel. Cette mesure du couple isométrique maximal est assurément celle qui a été le plus souvent relevée au cours du cycle menstruel. Selon les auteurs et les muscles ou groupes musculaires étudiés, les résultats diffèrent. Il n'a pas été reporté de modification du couple maximal développé par le quadriceps (JANSE DE JONSE et al, 2001), le premier dorsal interosseux (ELLIOTT et al. 2003), ou encore les extenseurs des doigts (FRIDÈN et al. 2003). Dans ces travaux, les phases du cycle menstruel étaient identifiées par dosage hormonaux. D'autres études mentionnent au contraire des variations de couple maximal au cours du cycle. Ainsi, une augmentation de 10% de la CMV de l'adducteur pollicis a été observée pendant la phase folliculaire du cycle menstruel (PHILLIPS et al. 1993), et la CMV des muscles quadriceps est plus fort pendant la phase ovulaire (SARWAR et al. 1995). Les seules études soulignant des changements de couple isométrique maximal au cours du cycle concernent donc des muscles de petite taille, au nombre d'unités motrices plus restreint. Il est possible dès lors de proposer que si variation de couple maximal il y a, elles soient dues à des modifications d'activation des muscles.

Activation maximale :

L'activation maximale d'un muscle est nécessaire pour le développement maximum de la force en contraction volontaire. Elle dépend des modalités de recrutement et fréquences d'activation des unités motrices ainsi que des coordinations motrices. Les parts respectives de ces différents facteurs centraux ne peuvent pas être appréciées par la quantification d'EMG de surface, cependant l'EMG de surface reste l'outil non invasif d'appréciation des niveaux d'activation musculaire. Sachant que de nombreux facteurs, passés en revue par FARINA et al (2004) peuvent influencer la détection des signaux électromyographiques, l'appréciation de l'activation par EMG de surface nécessite que cet EMG soit normalisé par rapport à la réponse Mmax des muscles analysés. Les EMG quantifiés dans cette étude lors des efforts maximaux n'ont pas varié indiquant que les capacités d'activation du triceps sural ne se modifient pas au cours du cycle.

Une autre façon d'attester de cette activation maximale est d'appliquer la technique d'une secousse interpolée sur le plateau de maintien d'un effort maximal comme proposé initialement par MERTON (1954). Les conditions pour observer dans de bonnes conditions cette secousse éventuellement interpolée s'il y a déficit d'activation ont été précisées ultérieurement (BULOW et al. 1993). Dans notre étude, quelle que soit la phase du cycle, en

conditions maximales nous n'avons pas observé d'incrément de force lors de l'application du stimulus électrique sur le plateau de CMV ce qui confirme que l'activation maximale et les motivations des femmes à développer cet effort maximal restaient les mêmes aux trois phases testées. A notre connaissance, aucune autre étude n'a mené ce test en lien avec le cycle menstruel.

Activation musculaire en conditions sous maximales

Quoiqu'aucune différence ne soit observée en conditions maximales, il se pourrait que les modalités d'activation et les stratégies motrices lors d'efforts sous maximaux diffèrent selon les phases du cycle. Classiquement, deux analyses peuvent être conduites pour évaluer l'activation en conditions sous maximales: l'analyse de la relation EMG-Force et celle de la relation déficit d'activation (évalué par secousse interpolée) – force. La relation EMG-force est linéaire pour les muscles fléchisseurs plantaires dans les adultes (PERRY et BEKEY, 1981; TANI et NAGASAKI, 1996) et sa pente donne un index d'efficacité neuromusculaire en conditions sous maximales (MORITAMI et DE VRIES, 1979).

Notre étude a révélé une tendance à l'augmentation de la pente de la relation en phase lutéale tant pour le muscle soléaire que pour le triceps sural. Puisque couple et activation maximales ne sont pas modifiés, comme discuté précédemment, cette tendance à la modification de la pente de la relation EMG-Force indiquerait une relative sur activation des muscles pendant la phase lutéale ou, si l'on préfère, une diminution de l'efficacité neuromusculaire pendant cette phase. Ainsi, comme dans une précédente étude sur les capacités d'activation chez de jeunes enfants (GROSSET et al, 2008), il se pourrait que les faibles différences à mettre en évidence selon les phases du cycle concernent non pas les conditions maximales mais plutôt les efforts développés en conditions sous-maximales. Les perspectives à donner à nos travaux devraient porter sur ces conditions sous-maximales.

Cette tendance à un changement de l'efficacité neuromusculaire en conditions sous-maximales pourrait affecter la relation déficit d'activation (DA)-force, d'autant plus que la force mesurée juste avant une secousse interpolée peut fluctuer notamment en fonction de cette activation (OSKOUEI et al. 2003). La relation DA-Force établie aux différentes phases du cycle n'a pas présenté de différence d'allure ni de pente. Il en est de même lorsque l'on considère l'activation volontaire (AV), autre mode de calcul proposé dans différentes études pour comparer la secousse interpolée à la secousse de repos (ALLEN et al.1995 ; BABULT et al. 2001). Ces résultats indiquent donc que le nombre d'unités motrices activées en conditions sous maximales n'est pas modifié aux différentes phases du cycle menstruel.

En rapprochant ces résultats de ceux concernant l'efficacité neuromusculaire en conditions sous maximales, on peut dès lors proposer comme seule éventuelle différence au cours du cycle menstruel, une éventuelle plus grande fréquence de décharge des unités motrices en phase lutéale qui expliquerait la tendance à une moindre efficacité neuromusculaire durant cette phase. La confirmation d'une telle hypothèse nécessiterait une analyse d'EMG recueillis non pas en surface mais en intramusculaire.

Le dernier paramètre auquel nous nous sommes intéressés est l'amplitude de la secousse obtenue au repos en post activation, juste après les maintiens de plateaux de force. La potentiation de la secousse post tétanique (PPA) souvent décrite (HAMADA et al. 2000 ; SALE, 2002 ; KLASS et al, 2004 ; BAUDRY et DUCHATEAU, 2007) indique une meilleure phosphorylation des myosines et concerne essentiellement les fibres de type II (VANDERVOOT et al ; 1993 ; KLEIN et al. 2001 ; SALE, 2002 ; MAFFIULETTI et al. 2002). Ces réactions biochimiques auraient pu être modifiées par l'environnement hormonal fluctuant au cours du cycle mais nos résultats n'ont pas mis en évidence de différences des secousses mesurées en post activation.

En conclusion, la fonction du groupe musculaire triceps sural semble très peu affectée par le cycle menstruel. Seuls deux paramètres parmi ceux étudiés seraient modifiés en phase lutéale, l'élasticité passive qui diminuerait à ce stade et l'efficacité neuromusculaire qui aurait tendance à diminuer en conditions sous maximales pendant cette phase. Ces résultats, s'ils devaient être confirmés sur une plus large population, indiqueraient que, pour ce groupe musculaire, les effets du cycle menstruel, faibles quoi qu'il en soit, porteraient non pas sur des efforts maximaux mais sur les contractions sous maximales qui représentent la majorité des activités motrices de la vie quotidienne.

DISCUSSÃO GERAL

DISCUSSÃO GERAL

Estudos em humanos e animais têm demonstrado que agressões nutricionais durante os períodos sensíveis de desenvolvimento (fetal, neonatal ou infância) podem causar consequências posteriores através de um mecanismo denominado "programação" (LUCAS, 1999; HALES e BACKER, 2001; LEITE e MANHÃES-DE-

CASTRO, 2007; LOPES DE SOUZA et al., 2008; TOSCANO et al., 2008). A programação pode ser gerada por estímulos endógenos (alterações hormonais) (BIRCH, et al., 1993) ou ambientais (nutrição) (LUCAS, 1999). A programação nutricional é uma das mais importantes, induzida através da alteração nutricional, aonde esse tipo de estímulo ambiental durante um determinado momento do desenvolvimento, tem um efeito permanente sobre a estrutura definitiva e sua função no organismo independente do sexo (LUCAS, 1999; LEITE e MANHÃES-DE-CASTRO, 2007). O desenvolvimento normal do organismo multicelular é dirigido através de instruções genéticas adquiridas durante a concepção (NEU et al., 2007). Ainda durante o período crítico de desenvolvimento da vida, o corpo apresenta habilidades de responder a situações ambientais, que programam o indivíduo para respostas futuras. Esse efeito da “programação” pode ser funcional através da vida e pode passar para gerações futuras (NEU, et al., 2007). Isso ocorre através da “programação epigenética”, que são mudanças na formação genética como metilação de DNA, etc (JUNIEN et al., 2005).

Geralmente, os experimentos envolvendo modelos animais utilizam machos, com a freqüente justificativa, quando as fêmeas são usadas os resultados não são os mesmos (GOUVEIA et al. 2004). Estes resultados estão relacionados com as diferenças nos gêneros e a fisiologia sexual (GOUVEIA et al. 2004). Pesquisas têm mostrado que as fêmeas são mais susceptíveis a alterações corporais (LEITE et al. 2008a) e ao comportamento exploratório (TROPP e MARKUS, 2001).

Na presente pesquisa foi realizado, primeiramente, um estudo experimental do efeito da desnutrição perinatal sobre parâmetros biomecânicos locomotores em ratas adultas durante o ciclo estral. Como se sabe a desnutrição perinatal causa conseqüências persistentes em ratos. Mais dados sobre as ratas ainda são

escassos. Na etapa seguinte, em humanos, abordamos os efeitos das eventuais variações do ciclo menstrual sobre a força, a ativação voluntária e sua excitabilidade reflexa no grupo muscular tríceps sural em mulheres jovens. Pois, este trabalho servirá de base para futuras comparações com o estado nutricional e diversas patologias musculares.

Estudo 1

Efeito da desnutrição perinatal sobre as características físicas em ratas

O suprimento adequado de nutrientes é essencial para o crescimento e desenvolvimento de todas as funções do organismo (MORGANE et al. 1993). A agressão nutricional durante o período perinatal pode afetar permanentemente padrões morfofuncionais numa variedade de sistemas fisiológicos (HALES e BARKER, 2001). No presente trabalho a desnutrição perinatal afetou o desenvolvimento somático de ratas.

Em ratos, a desnutrição durante a gestação e lactação induz a déficit da taxa de crescimento dos neonatos, aumento do prejuízo oxidativo, alteração do mecanismo de glicose/insulina (OZANNE e BARKER, 1999; LOPES DE SOUZA et al, 2008; TOSCANO et al; 2008), alterações físicas (DEIRO et al. 2004; 2005) e alteração do desenvolvimento do músculo esquelético (BRAMELD, 2004). Em ratas, foi observada disfunção do ciclo reprodutivo devido à desnutrição durante a gestação e/ou lactação (WADE e JONES, 2004).

A desnutrição neonatal em fêmeas em nosso estudo alterou a evolução ponderal durante o período de aleitamento (1° ao 21° dia pós-natal), apresentando menor peso corporal a partir do 4° dia pós-natal. Mesmo após a recuperação nutricional as fêmeas na idade adulta permaneceram com baixo peso, evidenciando o efeito persistente da desnutrição perinatal. O menor peso corporal desde a

lactação até a idade adulta também foi observado por outros autores em ratos machos (ROCHA-DE-MELO et al. 2006) também utilizando a mesma técnica.

Ademais, trabalhos com diferentes metodologias de indução de desnutrição também verificaram alteração do peso (MILLER e GERMAN, 1999; CARNEY et al., 2004; FAGUNDES et al., 2007; BARROS et al., 2006; TOSCANO et al., 2008). Em pesquisas utilizando dieta hipoprotéica durante a lactação foi constatado redução do peso corporal desde a lactação até a idade adulta comum a ambos os gêneros (MILLER e GERMAN, 1999; BARROS et al. 2006). Em outro estudo empregando a dieta hipoprotéica durante a gestação também foi observado menor peso corporal desde a lactação até a idade adulta em ratos machos (TOSCANO et al. 2008).

A técnica de restrição da quantidade de dieta fornecida durante a gestação e a lactação induz igualmente redução do peso corporal em animais de ambos os gêneros (CARNEY et al. 2004; FAGUNDES et al. 2007) com efeito persistente na idade adulta. Assim, constatamos que a desnutrição independente da forma de indução influi efetivamente no peso corporal ao nascer, durante a lactação e com permanentes conseqüências para a vida adulta em ratas.

Os eventos de crescimento e desenvolvimento ocorrem em acordo com uma determinada seqüência temporal (MORGANE et al. 1993). As evoluções do peso, altura e perímetro cefálico relativos à idade são muito usadas em humanos para a avaliação do crescimento e desenvolvimento bem como o estado nutricional (OMS, 1995). Em virtude, desse conhecimento, também foi realizado uma análise das medidas antropométricas em mulheres sadias com ciclo menstrual regular que será enfatizado posteriormente. Medidas similares são utilizadas para avaliar o desenvolvimento somático em ratos sujeitos ao efeito das manipulações nutricionais e farmacológicas (DEIRO et al. 2004; 2005; LOPES DE SOUZA et al. 2008). No

presente estudo foi observado redução na evolução do peso corporal em ratas desnutridas no período perinatal.

Com relação ao desenvolvimento somático existe um impacto considerável da desnutrição protéica perinatal sobre padrões de crescimento como o tamanho do esqueleto em ratos adultos (LOBE et al, 2006). No presente estudo observamos redução do eixo latero-lateral e longitudinal do crânio e do comprimento da cauda nas fêmeas desnutridas no período perinatal. Pesquisas mostram um prejuízo nas medidas crânio facial da segunda geração de fêmeas subnutridas durante o aleitamento confirmando o efeito persistente e duradouro da desnutrição (LOBE et al. 2006). Os prejuízos decorrentes da desnutrição neonatal observados nas medidas físicas sugerem um desenvolvimento prioritário com maior procura energética no útero e na lactação (CHOWDHURY e ORSKOV, 1997; MASANES et al. 1999; HORTON, 2005; LOBE et al. 2006). A dieta hipoprotéica acarreta efeito sobre a evolução do crescimento (MILLER e GERMAN 1999). Esses autores observaram menor eixo latero-lateral do crânio de ratos manipulados com dieta hipoprotéica (MILLER e GERMAN 1999). Esses resultados sugerem que as demandas crânio viscerais são enormes após o nascimento e que o crescimento desta área acontece de forma muito rápida (MILLER e GERMAN 1999). No presente estudo foi observado redução dos eixos do crânio em ratas através da desnutrição perinatal.

Já é bem conhecido o efeito da desnutrição neonatal em ratos adultos (BARROS et al., 2006, LOPES DE SOUZA et al. 2008), já em fêmeas há ainda escassez de dados. Em estudo sobre a evolução ponderal e a farmacogenética dos ISRS (Inibidores Seletivos da Recaptação de Serotonina) em ratos de ambos os gêneros, observamos estar entre as fêmeas os melhores e os piores respondedores

aos efeitos desses antidepressivos (LEITE et al. 2008a). O presente trabalho demonstrou que a desnutrição perinatal afetou as características somáticas e a evolução do peso corporal em ratas.

O ciclo estral e suas características reprodutivas diante da desnutrição perinatal

O ciclo reprodutivo das ratas é chamado de ciclo estral e possui duração média de quatro dias (LONG e EVANS, 1922; MANDL, 1951; FREEMAN, 1988). A ciclicidade estral da rata pode ser classificada em quatro fases: proestro, estro, metaestro e diestro (MARCONDES et al., 2002). A determinação das fases do ciclo estral é realizada através da citologia do esfregaço vaginal (LONG e EVANS, 1922; MARCONDES et al. 2002). A caracterização de cada fase é baseada na proporção das células epiteliais, corneificadas ou descamadas e leucócitos encontradas no esfregaço vaginal (LONG e EVANS, 1922; MARCONDES et al. 2002). No presente trabalho observaram-se histologicamente os esfregaços vaginal corados em HE (Hematoxilina-Eosina). As fases do ciclo estral de ratas adultas foram classificadas em fértil (proestro e estro), e não-fértil (metaestro e diestro). Nesse estudo o ciclo estral das ratas foi caracterizado por quatro fases: no proestro, células epiteliais nucleadas e células anucleadas; no estro, células epiteliais superficiais ou corneificadas e células anucleadas; no metaestro, células anucleadas e leucócitos e no diestro, predominantemente leucócitos (Figura 20-24). Ademais, as fases do ciclo podem ser determinadas pelos tipos celulares observados no esfregaço vaginal. Os resultados desse experimento são similares aqueles obtidos quanto à determinação das fases do ciclo estral em ratas através do esfregaço vaginal (LONG e EVANS, 1922; MARCONDES et al. 2002). Além dos tipos celulares (MARCONDES et al. 2002), os níveis hormonais (BUFFET e BOUCHARD, 2001) também são

responsáveis pela determinação da ciclicidade estral. Assim, na fase fértil os níveis de estradiol, progesterona, FSH, e LH estão elevados e na não-fértil os níveis hormonais estão baixos (FINK, 1988; MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000; BUFFET e BOUCHARD, 2001).

O ciclo estral dos roedores pode sofrer variações de acordo com a idade, estação do ano, origem do animal, bem como as condições alimentares (MENDONÇA et al., 2002). É bem conhecida que a privação alimentar grave (50% da dieta normal) cessa o ciclo estral (PIACSEK e MEITES, 1967; COOPER et al, 1970; STERIN, et al. 1983; TROPP e MARKUS, 2001). Como por exemplo, a privação alimentar em ratas reduz os pesos da glândula pituitária, do ovário, e do útero (NAKANISHI et al. 1976; TROPP e MARKUS, 2001). No presente estudo a desnutrição perinatal com recuperação protéica na idade adulta não afetou o peso do útero. A restrição alimentar na idade adulta por períodos prolongados afetam a taxa de ovulação, o comportamento cíclico e a receptividade sexual (HOWLAND, 1971; NAKANISHI et al. 1976; TROPP e MARKUS, 2001). Na presente pesquisa a desnutrição perinatal afetou os tipos celulares encontrados nas fases do ciclo estral. Trabalhos reportando estudo em desnutrição perinatal nas fases do ciclo estral são escassos na literatura. São necessários mais estudos nessa área. Autores mostraram que a privação alimentar grave na idade adulta causa cessação da ciclicidade estral em ratas (NAKANISHI et al. 1976). E após a recuperação alimentar há restauração da ciclicidade estral por volta do quarto dia (TROPP e MARKUS, 2001). No presente trabalho o estudo histológico do esfregaço vaginal de ratas desnutridas durante o período perinatal mostrou uma alteração nos tipos celulares. A recuperação nutricional na idade adulta das ratas não garantiu uma proporção celular regular.

Observações clínicas e epidemiológicas evidenciam que as deficiências nutricionais aumentam a frequência e a severidade das infecções. Isto pode ser observado através da redução da migração leucocitária polimorfo-nucleadas (CHANDRA, 1980; LANDGRAF et al. 2005). No presente estudo após a recuperação protéica a desnutrição perinatal alterou a proporção de leucócitos encontrados na fase não-fértil. Nesta fase também mostrou alteração da proporção das células epiteliais, corneificadas. Subsidiando nosso resultado um estudo sobre a desnutrição intra-uterina reduz a migração de leucócitos (LANDGRAF et al. 2005). Esta redução de leucócitos se deve, a vários fatores, como variáveis hemodinâmicas e contagem de leucócitos, bem como, a expressão da adesão de moléculas leucocitárias e endoteliais (LANDGRAF et al. 2005). Os mecanismos associados à desnutrição perinatal parecem prejudicar a migração leucocitária sendo responsáveis pela escassez leucocitária. No entanto, em recente estudo a desnutrição perinatal não afetou o número de leucócitos e monócitos no sangue (BARRETO-MEDEIROS et al, 2007). No presente trabalho a desnutrição perinatal também acarretou uma deficiência de células superficiais e anucleadas na fase fértil. Essa fase é reconhecida pelo aumento importante de FSH - E₂ (estradiol), LH – progesterona (BUFFET e BOUCHARD, 2001). Os níveis de gonadotrofina e de FSH são alterados através da restrição alimentar na idade adulta (NAKANISHI et al. 1976; TROPP e MARKUS, 2001). O estradiol é conhecido como indutor da maturação do epitélio vaginal atrófico entre células parabasais, intermediárias e superficiais, diferentemente da progesterona que induz apenas as células intermediárias (MESSINIS, 2006). É evidente que a desnutrição perinatal no presente estudo causou diferenças nos tipos celulares encontradas nas fases estro, metaestro e diestro. As alterações nos tipos de células encontradas no ciclo estral de ratas

desnutridas no período perinatal sugerem alteração da ciclicidade estral. Ainda é importante mais estudos nessa área. Entretanto, corroborando a presente hipótese, a restrição da quantidade de dieta fornecida durante a gestação e lactação causou alteração da ciclicidade estral (CARNEY et al. 2004). Outros estudos evidenciaram o aumento na duração do ciclo estral com restrição da quantidade de dieta fornecida em até 30%, no entanto, quando esse percentual de restrição é menor não há efeito sobre o ciclo estral (CHAPIN et al. 1993). Entretanto, outros autores não observaram alteração na ciclicidade estral após recuperação protéica, indicando rápida recuperação (CARNEY et al. 2004).

Muitos estudos têm observado o efeito da desnutrição intra-uterina na puberdade e no desenvolvimento da função reprodutiva das fêmeas (LEONHARDT et al. 2003; GUZMAN et al. 2006). No presente estudo foi observado o efeito da desnutrição perinatal sobre a função reprodutiva das fêmeas. Pesquisas mostram que a desnutrição na gestação e/ou lactação reduz o peso materno durante a gestação (TONETE et al. 1983; ALEXANDER et al. 1988; GUZMAN et al. 2006). Na presente pesquisa a desnutridas perinatal não reduziu o peso materno durante a gestação. Isto indica que a desnutrição perinatal com recuperação na idade adulta não altera o peso materno durante a gestação. Também não foi observado alteração no peso do útero de fêmeas desnutridas durante o período perinatal. Assim, corroborando nosso resultado, um estudo ao verificar a desnutrição durante a gestação e/ou lactação também não observou alteração do peso do útero (ARAYA et al. 1983; GUZMAN et al. 2006). A manipulação nutricional já é conhecida por afetar a reprodução (ALEXANDER et al; 1988). A desnutrição crônica em ratos diminui o número de filhotes (YOUNG e RASMUSSEN, 1985; FELLOWS, 1985; GUPTA e LACY, 1967). Existem pesquisas sobre o trato reprodutivo no 9°, 11° e 13°

dias de gestação, o número de corpus lúteo e fetos *in situ* de ratas submetidas à dieta hipoprotéica (GUPTA e LACY, 1967). Estas pesquisas constataram excessiva mortalidade pré-natal aproximadamente cinco dias antes da concepção (GUPTA e LACY, 1967). Na presente pesquisa ao observamos o trato reprodutivo no 15º dia de gestação não constatamos alteração para as fêmeas desnutridas durante o período perinatal. A quantidade de fetos viáveis e inviáveis no presente estudo não foi alterada pela desnutrição perinatal. Evidenciando que a recuperação nutricional na idade adulta preservou as características reprodutivas. Outro estudo mostrou que a desnutrição crônica moderada tem somente um efeito secundário na fecundidade (capacidade reprodutiva) e resultando num pequeno efeito sobre a fertilidade (reprodução atual) (BONGAARTS, 1980).

Assim, no presente estudo as características reprodutivas das fêmeas não foram afetadas pela desnutrição perinatal devido à recuperação nutricional durante a idade adulta. Os dados encontrados na literatura sobre os prejuízos decorrentes da desnutrição sobre as características reprodutivas (GUPTA e LACY, 1967; ALEXANDER et al. 1988; GUZMAN et al. 2006) utilizaram técnicas de agressão nutricional diferentes do presente estudo sem recuperação nutricional. Pois, estudos que observaram desnutrição na idade adulta com recuperação protéica posterior observaram restauração da ciclicidade estral (TROPP e MARKUS, 2001). Isto pode indicar que as características reprodutivas também sejam restauradas. São necessários mais estudos nessa área.

Os resultados discutidos anteriormente demonstram os efeitos da desnutrição perinatal sobre os tipos celulares encontrados durante as fases (fértil e não-fértil) do ciclo estral mesmo após recuperação nutricional. Entretanto, sugerem que as características reprodutivas não são afetadas pela desnutrição perinatal, indicando

preservação após recuperação nutricional na idade adulta. Também evidenciou que as diferentes fases (fértil e não-fértil) do ciclo estral não influenciam os parâmetros locomotores.

Embora seja bem conhecido o efeito deletério da desnutrição sobre as características físicas, comportamentais e locomotoras em ratos, é necessário estudar aspectos relacionados às fêmeas. Neste particular, será discutido em detalhe a seguir, o comportamento em fêmeas dos mesmos parâmetros locomotores durante as fases (fértil ou não-fértil) do ciclo estral, em consequência da desnutrição perinatal.

Efeito da desnutrição perinatal sobre a atividade locomotora em ratas adultas

As flutuações dos hormônios sexuais, presente apenas nas fêmeas diversificam os aspectos fisiológicos e comportamentais (GOUVEIA et al. 2004). As diferenças entre os gêneros têm sido reportadas em modelos comportamentais (GOUVEIA et al. 2004). Foram observadas diferenças no desempenho de fêmeas e machos nos testes: do open - Field, do nado forçado (KENNETT et al. 1986; ALONSO et al. 1991) e do labirinto em cruz (JOHNSTON e FILE, 1991). Pesquisas mostraram que as fêmeas durante a fase não-fértil apresentaram facilidade no comportamento exploratório no braço aberto no teste de labirinto em cruz (DIAZ-VELIZ et al. 1989; 1997). Outra pesquisa mostrou que as fêmeas na fase não-fértil apresentaram índices de ansiedade maiores do que os machos no labirinto em cruz (MORA et al. 1996). Por se mostrarem, mas ansiosas as fêmeas se locomovem mais do que os machos (MORA et al. 1996). Já no final da fase não-fértil (metaestro) as fêmeas apresentam o mesmo comportamento que os machos no teste do labirinto em cruz (GOUVEIA et al. 2004). Evidenciando que no metaestro há pouco ou nenhuma influência hormonal sobre o comportamento (GOUVEIA et al. 2004). No

teste do labirinto na água as fêmeas mostram melhor desempenho espacial durante no início da fase fértil (proestro) e melhor aprendizagem espacial no final da fase fértil (estro) (WARREN e JURASKA, 1997). As diferenças com relação às habilidades espaciais são em conseqüências das diferenças sexuais nos diversos níveis de atividade (ARCHER, 1975; BLIZARD et al. 1975). Também podem ser devidas as diferentes maneiras como as fêmeas e os machos exploram o ambiente (ARCHER, 1975; BLIZARD et al. 1975). Entretanto, as pesquisas sobre os parâmetros locomotores ainda são escassas. No presente trabalho os parâmetros locomotores foram observados na fase fértil e não-fértil do ciclo não nos permite concluir que as modificações dos parâmetros locomotores sofrem influência do ciclo estral. Pesquisas mostram que fêmeas na fase fértil são mais ativas que os machos na exploração de um novo ambiente (TROPP e MARKUS, 2001; LERET et al. 1994). Quando habituadas ao ambiente as fêmeas diminuem a atividade e a exploração mantendo níveis semelhantes aos machos (TROPP e MARKUS, 2001).

Os padrões locomotores em ratos desenvolvem-se seguindo uma seqüência cronológica e que depende do desenvolvimento motor e do controle postural (GRAMSBERGEN, 1998; BARROS et al., 2006). Eles dependem do desenvolvimento e a coordenação dos membros nos mamíferos ocorre em estágios precoces da vida (GRAMBERGEN, 1998). Em humanos este padrão locomotor vai se desenvolvendo durante o primeiro ano de vida (FORESSBERG, 1985). Já, em ratos, o padrão da marcha locomotora ocorre por volta do 15°-16° dia pós-natal em virtude das mudanças qualitativas do controle postural (GRAMBERGEN, 1998). O padrão do controle postural adulto acontece por volta 21° pós-natal no rato, e entre 16° e 21° dia pós-natal há um importante deslocamento da ativação dos músculos do tronco e das extremidades durante a marcha (GRAMSBERGEN, 1998). Existem

muitos métodos de avaliação das funções locomotoras em roedores (KUNKEL-BAGDEN, et al. 1993; MUIR; WEBB, 2000). O teste de open - Field é muito usado para identificar seqüelas ocorridas na medula espinhal, como prejuízo no movimento angular parcial, postura suportada pelo peso através da estabilidade e coordenação da marcha (CUMMINGS et al. 2007). Fortes evidências indicam que o ritmo dos movimentos dos membros inferiores durante a locomoção é gerado através da união dos neurônios na medula espinhal (GRAMSBERGEN et al. 1999). As conexões dendríticas devem ativar as unidades motoras dos mesmos músculos que são inervados por diferentes segmentos da medula espinhal (GRAMSBERGEN et al. 1999). No presente estudo foi utilizado um sistema de monitoramento do movimento locomotor de pequenos animais em campo aberto desenvolvido em cooperação com o Departamento de Física e colaboração do Curso de Graduação em Engenharia Biomédica, ambos da UFPE.

O desenvolvimento dos padrões locomotores deve ser igual em ambos os gêneros. Ademais, são escassos dados na literatura reportando essas diferenças. No entanto, existem diferenças com relação às habilidades espaciais podendo ser em consequência as diferenças sexuais nos diversos níveis das atividades (ARCHER, 1975; BLIZARD et al. 1975) e dos comportamentos (ARCHER, 1975). Podem também refletir nas diferentes maneiras como as fêmeas e os machos exploram o ambiente (ARCHER, 1975; BLIZARD et al. 1975). Por se mostrarem, mais ansiosas as fêmeas se locomovem mais do que os machos (MORA et al. 1996).

Estudos mostraram que as fêmeas são mais ativas na fase fértil (TROPP e MARKUS, 2001). Na fase fértil as ratas são mais ágeis que os machos em especial na atividade exploratória (TROPP e MARKUS, 2001).

Todos os parâmetros locomotores foram reduzidos exceto o tempo imóvel nas ratas adultas submetidas à desnutrição perinatal. Entretanto, uma redução na potência média foi observada em ratas durante a fase fértil e desnutridas durante o período perinatal. Estes efeitos da desnutrição perinatal são independentes da fase do ciclo estral. Outra pesquisa também observou redução da atividade locomotora em ratos desnutridos durante o período neonatal (BARROS et al. 2006). Assim, a desnutrição neonatal além de afetar as características físicas (LOBE et al, 2006), também pode afetar o padrão da marcha.

Assim, o presente trabalho sugeriu que a desnutrição perinatal possui efeitos que persistem na idade adulta mesmo após recuperação nutricional, também sendo evidenciada por outros autores (MILLER; GERMAN, 1999; CARNEY et al.,2004; FAGUNDES et al., 2007; BARROS et al., 2006; TOSCANO et al., 2008).

A diminuição dos padrões locomotores reflete, necessariamente, um menor tônus muscular que se define universalmente como uma tensão involuntária (latente) permanente dos músculos, que pode variar em relação a diversas ações cinéticas ou reflexas que o reforçam ou inibem (ZHU et al. 2006). Estudos mostram que a desnutrição durante a gestação modifica as propriedades contráteis e elásticas dos músculos esqueléticos (TOSCANO et al. 2008). Esses efeitos persistentes da desnutrição podem modificar algumas propriedades mecânicas como a locomoção e as funções posturais (TOSCANO et al. 2008). Existem evidências que ratos submetidos à desnutrição pré ou pós-natal mostram retardo na evolução de padrões locomotores (GRAMSBERGEN, 1998; BARROS et al., 2006). Também é conhecido que a desnutrição pode afetar alguns aspectos da função neuromuscular (como por exemplo, a condução do potencial de ação sensorial) (DA SILVA et al. 1987; SEGURA et al. 2004). Mudanças na excitabilidade reflexa vêm sendo demonstrado

em ratos após período de treinamento (ALMEIDA-SILVEIRA, et al. 1996) ou de hipoatividade (ANDERSON, et al. 1999) através da quantificação das respostas M, H e T em ratos (PEROT e ALMEIDA-SILVEIRA, 1994). No entanto, são escassas as pesquisas nesta área envolvendo ratas em idade reprodutiva com deficiência protéica. Entretanto, em humanos, a função neuromuscular e sua interação com o ciclo reprodutivo vêm sendo estudada (JANSE DE JORGE et al. 200; HETEL et al, 2006 ; EILING et al. 2007).

Estudo 2

Este estudo foi realizado na França, no âmbito da tese em Co-tutela entre o laboratório de Nutrição na UFPE no Brasil e o laboratório de Compiègne, UMR CNRS 6600, Biomecânica e Bioengenharia na França. A colaboração entre os dois laboratórios trata sobre os efeitos da desnutrição sobre a função muscular. Assim, no Laboratório de Compiègne utilizou-se um protocolo de neuromecânica para avaliar jovens mulheres varias vezes durante o ciclo menstrual a fim de avaliar se um ou mais parâmetros estudado seriam afetados pelas fases do ciclo menstrual. Sugerindo como perspectiva deste trabalho avaliar jovens mulheres brasileiras na França sobre a influência do ciclo em diferentes estados nutricionais sobre a avaliação da função muscular. Este estudo possibilitou a familiarização das medidas neuromecânicas em humanos. Assim, através da utilização da eletromiografia de superfície foi possível observar as propriedades mecânicas e a excitabilidade reflexa dos músculos extensores do calcanhar. Paralelamente, recrutaram-se mulheres jovens com o ciclo regular, não utilizando contraceptivo hormonal para assegurar as flutuações normais do ciclo menstrual e que aceitassem se submeter a um protocolo que mobilizava pelo menos duas horas. Desta forma, a população estudada foi

limitada a nove mulheres, fraca amostra, mas o único ano passado na França não permitiu aumentar mais esta população.

Ciclo menstrual e medidas antropométricas

Os ciclos reprodutivos femininos são resultado de uma seqüência alternada de interações entre o eixo Hipotalâmico-pituitária-gonadal (HPG) com a ação dos hormônios sexuais modulando seu efeito (KNOBIL, 1980; MERRIAM E SILBERSTEIN, 2000; BUFFET e BOUCHARD, 2001). O eixo HPG possui forte influência no controle alimentar de forma cíclica, em diversas espécies do gênero feminino, devido à influência plasmática do estradiol e da progesterona (ASARIAN e GEARY, 2002). Desta forma, os hormônios ovarianos regulam a ingestão energética através do efeito direto sobre padrões neurais (RICHARD, 1986). Isso sugere que o estradiol e a progesterona devem regular a composição corporal principalmente através dos seus efeitos sobre o comportamento alimentar (TOTH et al., 2001), devendo influenciar no peso corporal.

A população humana escolhida para estudo foi voluntária, com ciclo menstrual regular, sem utilização de contraceptivo hormonal. Com medidas antropométricas próximas, como peso corporal, percentual de gordura e água, temperatura corporal, sem alterações durante as fases do ciclo menstrual.

Ciclo menstrual e elasticidade passiva do tríceps sural

A avaliação da extensibilidade passiva na musculatura humana vem sendo extensamente pesquisada (MOSELEY et al., 2001; GAJDOSIK, 2001; 2005), mas seus dados ainda são escassos. A avaliação da flexibilidade durante a dorsiflexão e da flexão plantar é um importante componente de exame físico da contratura da flexão plantar (MOSELEY et al, 2001). Para os procedimentos da avaliação desta

flexibilidade é essencial que os músculos dos membros inferiores não demonstrem atividade através da contração voluntária ou reflexa (MOSELEY et al, 2001).

No presente estudo sobre a flexibilidade somente a superfície sobre a curva ângulo-passivo foi alterada durante a fase ovulatória quando comparada a fase menstrual; todos os outros parâmetros (ROM, flexão máxima, força passiva em flexão máxima, rigidez passiva) não foram modificados. A taxa dos hormônios femininos flutua bastante durante o ciclo menstrual e é possível que os picos hormonais durante a ovulação sejam responsáveis por esta modificação observada. Assim, um estudo mostrou que os hormônios femininos (estrogênio, progesterona e relaxina) têm seu efeito sobre o sistema músculo esquelético e neuromuscular (HEWETT, 2000). Durante a fase ovulatória, as variações hormonais podem influenciar no aumento da elasticidade dos ligamentos e no desempenho neuromuscular (HEWETT, 2000). Em mulheres em idade reprodutiva, a relaxina varia durante o ciclo menstrual (PEHRSSON et al. 2007). A taxa desse hormônio é fraca durante a fase folicular e maior durante a fase luteal (PEHRSSON et al. 2007). O estrogênio e a relaxina modificam as propriedades dos ligamentos e certas características neuromuscular. As concentrações do estradiol diminuem a rigidez do ligamento (HEWETT, 2000). A relaxina também demonstrou igualmente diminuição da rigidez de diferentes tecidos (SAMUEL et al. 1996). A habilidade motora parece diminuir na fase pré-menstrual (LEBRUM, 1993), e a taxa tem um profundo efeito sobre as características biomecânicas (diminuição da força de abdução e adução) e fisiológicas (diminuição do nível de estrogênio) de fêmeas atletas (HEWETT, 2000). A relaxina está ligada às funções biológicas da reprodução, possuindo importante papel sobre o colágeno e desenvolvimento de fibroblastos (SAMUEL et al., 1996). Ela tem importante papel na implantação embriogênica e mudanças hemodinâmicas

durante a gravidez (LEKGABE et al., 2006). As flutuações da relaxina são dependentes dos hormônios reprodutivos (PEHRSSON et al., 2007). Isto pode explicar que no presente estudo os parâmetros ROM, a posição passiva, o torque passivo e a rigidez passiva. Corroborando nossos resultados, os parâmetros de posição passiva, força, elasticidade e controle postural do músculo dos quadríceps não foram afetados pelas variações hormonais do ciclo menstrual (HERTEL et al. 2006). Desta forma, os dados sugerem que o desempenho neuromuscular e a elasticidade do quadríceps não se alteram em virtude das variações dos níveis de estrógeno e progesterona durante o ciclo menstrual (HERTEL et al, 2006). Num outro estudo sobre o deslocamento e a rigidez através do artrômetro KT 2000 dos músculos do quadríceps também não foram afetados pelas fases do ciclo menstrual (CARCIA et al, 2004). Ainda subsidiando o presente estudo, a rigidez da articulação do joelho através do artrômetro KT 2000 não foi afetada pelas variações das fases do ciclo menstrual (SHULTZ et al. 2005). O presente estudo foi refutado por pesquisas que observaram variações durante as fases do ciclo menstrual para o deslocamento e a rigidez (DEIE et al. 2002). A rigidez passiva também foi reduzida durante as diferentes fases do ciclo menstrual através do teste “Warm-up” (EILING et al. 2007). Assim, essa redução da rigidez muscular resulta numa grande confiança sobre as respostas dos componentes contráteis do músculo diminuindo a contribuição das estruturas elásticas passivas e aumentando o prazo eletromecânico (EILING et al. 2007). No outro estudo foi observado aumento da elasticidade durante a ovulação (SHULTZ et al. 2005). O aumento da elasticidade parece coincidir com os dias do ciclo menstrual quando o estradiol e a progesterona estão consideravelmente elevados (SHULTZ et al. 2005). No presente trabalho não foi observado nenhuma alteração com relação à elasticidade.

Existem poucos estudos sobre as conseqüências das variações do ciclo menstrual sobre a flexibilidade passiva da flexão dorsal e plantar utilizando o modelo desenvolvido por Moseley et al (2001). Os resultados das investigações tem se apresentado conflitantes, muitos em virtude dos diferentes protocolos utilizados. Assim, em virtude da escassez de dados na literatura sobre este assunto encontramos dificuldade em compararmos nos resultados com pesquisas abordando a mesma metodologia.

Ciclo menstrual e abalo muscular

Para destacar os eventuais efeitos do ciclo menstrual sobre as capacidades do músculo de desenvolver a força, fora de influência das capacidades de ativação voluntária, o teste escolhido foi a análise do abalo muscular induzido por estimulação máxima direta do nervo motor. O abalo é caracterizado por diferentes parâmetros: o prazo eletromecânico, o nível de força desenvolvido, o tempo de contração, o tempo de meio- relaxamento bem como pelo índice da cinética de contração (taxas de desenvolvimento da força). As mudanças deste índice, através de uma imobilização (DUCHATEAU e HAINAUT, 1987) ou de acordo com a idade das crianças pré-adolescentes indicam uma modificação da contractilidade e sem dúvida a tipologia muscular (GROSSET et al. 2005). O prazo eletromecânico (DEM) avalia os mecanismos de acoplamento de excitação-contração e depende da adaptabilidade maior ou menor das estruturas elásticas, este fator de influência é preponderante quando a análise do abalo é *in vivo* (CAVANAGH e KOMI, 1979). Os valores encontrados são dependentes do sexo do sujeito (WINTER e BROOKES, 1991) e do comprimento do músculo ao qual o abalo é induzido (MURO e NAGATA, 1985). Para os flexores plantares, o DEM aumenta no caso de instabilidade do calcanhar (MORA e Al 2003) ou ainda com a idade de crianças pré-adolescentes

(GROSSET e AI 2005) e estas modificações do DEM foram interpretadas em termos de mudanças da rigidez músculo-tendão. Os valores de DEM medidos no nosso estudo estão na média descrita na literatura (9.5 e 18,7ms) (WINTER e BROOKES, 1991; DEIE et al. 2002; GROSSET et al. 2005). No presente trabalho as fases do ciclo menstrual não afetou o DEM do abalo induzido por estimulação máxima. Esta constância do DEM qualquer que seja a fase do ciclo indica que as variações hormonais, normalmente as de relaxina, não alteraram a rigidez musculo-tendão dos flexores, se aceita a medida do DEM como estimativa indireta desta rigidez (GROSSET e AI, 2008).

O tempo de contração (TC) e o tempo de meio-relaxamento (TMR) medidos neste estudo não foram alterados em função das fases do ciclo menstrual. Este tempo, que reflete a cinética da liberação e recapturar íon cálcio no momento da ativação da fibra muscular, se pode supor que este movimento do cálcio seja influenciado pela taxa hormonal. Num estudo relativo à análise do abalo quadríceps às diferentes fases do ciclo menstrual, o tempo de contração também não foi alterado durante as fases do ciclo (JANSE de JORGE et AL, 2001). Outro estudo traz uma modificação do TMR do abalo do quadríceps durante a fase ovulatória (SARWAR et al. 1996). Os estudos de um abalo muscular durante as diferentes fases do ciclo menstrual são escassos e seus resultados às vezes contraditórios, mas parece que os mecanismos periféricos responsáveis pela contração muscular são pouco afetados pelas flutuações hormonais durante o ciclo menstrual. No nosso estudo, também nos interessamos pelo abalo induzido por uma percussão tendinosa ativando o tríceps sural por via reflexa. Sabendo que o reflexo tendinoso refere-se essencialmente a unidades motoras do tipo lento dado que os motoneurônios lentos são facilmente excitáveis por via reflexa (HENNEMAN E OLSON, 1965), a análise

dos parâmetros dos abalos evocados por via reflexa permite observar a influência eventual do ciclo menstrual sobre os mecanismos periféricos de contração das unidades lentas. Nenhum dos parâmetros estudados foi alterado durante do ciclo menstrual, que a percussão tendinosa seja fraca (poucas unidades recrutadas) ou mais intensa (mais unidades motoras recrutadas). Estes resultados indicam que o ciclo menstrual não parece ter influência notável sobre a cinética da contração muscular, independentemente do tipo das unidades motoras implicadas no abalo estudado. Estes abalos permitem ainda calcular a “Eficácia Neuromuscular” (ENM) em condições induzidas, relação entre a força desenvolvida e atividade muscular quantificada por eletromiografia. O ENM indica as capacidades de o músculo converter a energia elétrica de ativação em energia mecânica de contração (MORITANI et al. 1986). É com efeito possível que mudanças de força devem-se às modificações dos potenciais musculares (excitabilidade) devido à despolarização da membrana e/ou modificações do funcionamento das bombas Na^+/K^+ (NIELSEN E CLAUSEN, 2000). O ENM calculado a partir de uma estimulação elétrica supra máxima do nervo motor e, por conseguinte a relação entre a amplitude do abalo e a resposta Mmax do tríceps sural. O cálculo do ENM nestas condições já mostrou as variações circadianas da eficácia neuromuscular (CASTAINGTS et al., 2004). No nosso estudo nem o ENM calculado a partir do abalo da resposta Mmax induzidos por estimulação elétrica, do abalo da resposta T induzido por percussão tendinosa não mostraram modificações durante o ciclo menstrual, o que parece indicar que os parâmetros evocados anteriormente não são sensivelmente alterados durante o ciclo menstrual.

Excitabilidade reflexa

A excitabilidade reflexa depende da excitabilidade dos motoneurônios e a eficácia sináptica, dos dois processos que dependem das atividades e mecanismos da membrana aos níveis pós-sinápticos e pré-sinápticos (ZEHR, 2002; MISIASZEK, 2003; VOERMAN et al. 2005). Estes mecanismos centrais de excitabilidade motoneuronal e eficácia sináptica são observados neste estudo pela análise do reflexo de Hoffmann e pela relação Hmax/Mmax das amplitudes das respostas Mmax e Hmax que podem ser alteradas por diversos fatores físicos ou o estado mental da pessoa (MISIASZEK, 2003). As amplitudes e latências das respostas Mmax e do reflexo Hmax, não foram afetadas pelas fases do ciclo menstrual e pode-se propor que os processos centrais responsáveis da excitabilidade reflexa não sejam atingidos pelas flutuações hormonais durante o ciclo menstrual. Previamente, foi mostrado que as respostas H do tríceps sural medidas em mulheres e homens não apresentavam diferenças significativas (GOLBERG et al. 1992), o que podia ser entendido que os ciclos hormonais da mulher não interferiam na a excitabilidade reflexa no que diz respeito à latência, este parâmetro reflete as resposta M do fim da passagem do potencial de ação nervosa motora, os processos químicos da transmissão neuromuscular e a propagação dos potenciais de ação motora até os elétrodos de superfície (CLARK et al. 2002). A constância desta latência durante o ciclo indica que o potencial de ação e os processos químicos de transmissão neuromuscular não são afetados pelas fases do ciclo menstrual. A diferença entre a latência do reflexo H e a da resposta M também não é afetada pelas diferentes fases do ciclo menstrual, o que indica que as velocidades de condução ao longo das vias aferentes Ia e dos motoneurônios α e as transmissões sinápticas Ia e α não são alterados.

Também estudamos durante o ciclo a amplitude dos reflexos tendinoso evocados por percussão do tendão de Aquiles. Este reflexo é com efeito dependente dos processos centrais citados anteriormente para o reflexo H mas também a sensibilidade dos fusos neuromuscular e a solicitação destes fusos através das estruturas elásticas ligadas aos fusos neuromusculares (BRADDOM e JOHNSON, 1974; STAM e CURTUME, 1987; ZHANG et al.1999; VOERMAN et al.2005) A amplitude do reflexo tendinoso depende da intensidade de percussão (VOERMAN e Al 2005). No nosso estudo utilizamos duas intensidades (“mínimo” e “máximo”) de percussão tendinosa com a hipótese que maior ou menor rigidez passiva dos elementos elásticos em ligação com os fusos neuromusculares afetaria menos à fraca percussão tendinosa e, mais à forte intensidade de percussão. Os reflexos T foram exprimidos em percentagem das respostas Mmax ou dos reflexos Hmax para observar a influência dos componentes periféricos no estabelecimento do reflexo tendinoso (PEROT et al. 1991; GROSSET et al.2007). Os reflexos T não foram afetados pelas fases do ciclo menstrual. Assim, as flutuações hormonais decorrentes do ciclo não afetaram, ou não suficientemente de modo que aquilo provoque mudanças significativas dos parâmetros medidos. Da mesma maneira, o reflexo T não foi alterado de acordo com o momento do dia ao qual era testado (CASTAINGTS et al., 2004), o que indica que este reflexo mecanicamente induzido e todos os mecanismos periféricos e centrais não são muito sensíveis a estes ritmos circadianos ou menstrual.

Variações do ciclo menstrual sobre a força e a ativação em condições voluntárias

O torque desenvolvido em contração voluntária máxima pelo grupo muscular tríceps sural não são afetados pelas fases do ciclo menstrual. Esta medida de torque

isométrico máximo é indubitavelmente aumentada durante o ciclo menstrual. De acordo com os autores e os músculos ou grupos musculares estudados, os resultados diferem. Não foi observada modificação do torque máximo desenvolvido pelo quadríceps (JANSE e JONSE e Al, 2001), o primeiro dorsal interosseo (ELLIOTT e Al 2003), ou ainda os extensores dos dedos (FRIDÈN e Al 2003). Nestes trabalhos, as fases do ciclo menstrual eram identificadas por dosagem hormonais. Outros estudos observaram o contrário das variações de torque máximo durante o ciclo. Assim, um aumento de 10% da contração máxima voluntária (CMV) do adutor pollicis foi observado durante a fase folicular do ciclo menstrual (PHILIPS e Al 1993), e o CMV dos músculos quadríceps é mais forte durante a fase ovular (SARWAR e Al 1995). Os únicos estudos que sublinham mudanças do torque isométrico máximo durante o ciclo referem-se aos músculos pequenos, ao número de unidades motoras mais restrito. É portanto possível propor que as variações de torque máximo, devam-se às modificações de ativação dos músculos.

Ativação máxima:

A ativação máxima de um músculo é necessária para o desenvolvimento máximo da força em contração voluntária. Depende das modalidades de recrutamento e frequências de ativação das unidades motoras bem como as coordenações motoras. As partes respectivas destes diferentes fatores centrais não podem ser apreciadas pela quantificação de EMG de superfície, não obstante o EMG de superfície permanece como instrumento não invasivo de apreciação dos níveis de ativação muscular. Sabendo que numerosos fatores, anteriormente revistos por FARINA et al. (2004) podem influenciar a detecção dos sinais eletromiográficos, a apreciação da ativação por EMG de superfície necessita que este EMG seja normalizado em relação à resposta Mmax dos músculos analisados.

Os EMG quantificados neste estudo a partir dos esforços máximos não variaram o que indicam que as capacidades de ativação do tríceps sural não se alteram durante o ciclo. Outra maneira de atestar esta ativação máxima é aplicar a técnica do Twitch Interpolar sobre um esforço máximo como proposto inicialmente por MERTON (1954). Para se observar as boas condições do Twitch Interpolar pode se observar seus déficits de ativação descritos posteriormente (BULOW e AI 1993). No nosso estudo, qualquer que seja a fase do ciclo menstrual, em condições máximas não foi observado um incremento de força a partir da aplicação do estímulo elétrico sobre a CMV confirmando que a ativação máxima e as motivações das mulheres desenvolverem este esforço máximo continuavam a ser o mesmo durante as três fases testadas. Ao nosso conhecimento, nenhum outro estudo efetuou este teste em relação com o ciclo menstrual.

Ativação muscular em condições supra máxima

Embora nenhuma diferença seja observada em condições máximas, poder-se-ia dizer que as modalidades de ativação e as estratégias motoras a partir de esforços supra máximos diferem de acordo com as fases do ciclo. Classicamente, duas análises podem ser conduzidas para avaliar a ativação em condições supra máximas: a análise da relação EMG-Force e a da relação déficit de ativação (twitch interpolar) - força. A relação EMG-force é linear para os músculos flexores plantares nos adultos (PERRY e BEKEY, 1981; TANI e NAGASAKI, 1996) e a sua inclinação dá um índice de eficácia neuromuscular em condições supra máxima (MORITAMI e DE VRIES, 1979).

O nosso estudo revelou uma tendência a aumento da inclinação da relação em fase luteal tanto para o músculo solear que para tríceps sural. Dado que torque e a ativação máxima não são alterados, como discutido previamente, esta tendência

a modificação da inclinação da relação EMG-Force indicaria à uma relativa sobre ativação dos músculos durante a fase folicular ou, se prefere, uma melhor eficácia neuromuscular em condições supra máximas em fase luteal. Assim, como num precedente estudo sobre as capacidades de ativação em crianças jovens (GROSSET e Al, 2008), observou-se que as fracas diferenças a destacarem de acordo com as fases do ciclo referem-se não às condições máximas, mas antes os esforços desenvolvidos em condições supra máximas.

Esta tendência da eficácia neuromuscular em condições supra máximas poderia afetar a relação do déficit de ativação (DA) - força, tanto mais que a força medida exatamente antes de um abalo induzido pode flutuar em função desta ativação (OSKOUET e Al 2003). A relação DA-Força estabelecida às diferentes fases do ciclo não apresentou diferença de andamento nem de inclinação. E do mesmo modo quando se considera a ativação voluntária, outro cálculo proposto em diferentes estudos para comparar o abalo induzido (Twitch Interpolar) com o abalo em repouso (ALLEN e al.1995; BABULT e Al 2001). Estes resultados indicam que o número de unidades motoras ativadas em condições supra máximas não é alterado durante as diferentes fases do ciclo menstrual.

Aproximando estes resultados dos relativos à eficácia neuromuscular em condições supra máximas, pode-se, portanto propor como única eventual diferença ao curso do ciclo menstrual, eventual maior frequência de quitação das unidades motoras em fase folicular que explicaria a tendência a uma menor eficácia neuromuscular durante esta fase. A confirmação de tal hipótese necessitaria uma análise de EMG recolhidos não em superfície, mas intramuscular.

O último parâmetro ao qual interessamo-nos é a amplitude do abalo obtido ao repouso chamado de pós-ativação, exatamente após o platô de força. O potencial do

abalo pós tetânico freqüentemente descrito (HAMADA et al. 2000; SALE, 2002; KLASS et al, 2004 ; BAUDRY e DUCHATEAU, 2007) indica a melhor fosforização das miosinas e referem-se essencialmente às fibras de tipo II (VANDERVOOT et al. 1993 ; KLEIN et al. 2001 ; SALE, 2002; MAFFIULETTI et al. 2002). Estas reações bioquímicas poderiam ser alteradas pela flutuação hormonal durante o ciclo, mas os nossos resultados não destacaram diferenças dos abalos medidos pós-ativação.

10. CONCLUSÃO GERAL

RESUMO EM FRANÇAIS

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les résultats de l'étude « Cycle ovarien: des répercussions de l'agression nutritionnelle précoce sous des paramètres biomécaniques dans des rats adultes » permettent de conclure que:

- À travers de l'évaluation des indicateurs de développement somatique chez des rates sous-alimentées pendant la période périnatale, nous avons observé des réductions des mesures anatomiques choisies;
- Les différents types de cellules épithéliales des phases du cycle ovarien observé histologiquement ont été modifiés par la dénutrition périnatale;
- À travers l'évaluation de la viabilité fœtale il a été observé que les caractéristiques reproductives n'ont pas été changées par la dénutrition périnatale;
- Par un système de monitoring de l'activité locomotrice il a été possible d'observer une réduction des paramètres locomoteurs évalués chez les rates adultes sous-alimentées pendant la période périnatale;
- Les paramètres locomoteurs n'ont pas été modifiés par les phases du cycle ovarien dans des rats sous-alimentés pendant la période périnatale.

Les résultats de l'étude « Cycle menstruel: conséquences sur la biomécanique musculaire chez des femmes jeunes » permettent de conclure que, aucun des paramètres étudiés n'a présenté de différence significative selon la phase du cycle étudiée. Cette étude neuromécanique a porté sur un faible nombre de femmes, et il est certain qu'il faudrait élargir la population pour pouvoir affiner l'étude et affirmer que force et activation présentées en

conditions volontaires et réflexes ne sont réellement pas affectées par les modifications d'environnement hormonal au cours du cycle.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados do estudo “Ciclo estral: repercussões da agressão nutricional precoce sob parâmetros biomecânicos em ratas adultas” permitem concluir que:

- A através da avaliação dos indicadores de desenvolvimento somático em ratas desnutridas durante o período perinatal observou-se redução de pontos anatômicos predeterminados;
- Os diferentes tipos de células epiteliais das fases do ciclo estral observado histologicamente foram alterados pela desnutrição perinatal;
- Através da viabilidade fetal foi observado que as características reprodutivas não foram afetadas pela desnutrição perinatal;
- Através do sistema de monitoramento da atividade locomotora foi possível observar redução de parâmetros locomotores em ratas adultas desnutridas durante o período perinatal;
- Os parâmetros locomotores não foram afetados pelas fases do ciclo estral em ratas desnutridas durante o período perinatal.

Os resultados do estudo “Ciclo menstrual: consequências para a biomecânica muscular em mulheres jovens” permitem concluir que:

- A medidas antropométricas e a temperatura corporal basal não foram não foram afetadas pelas fases do ciclo menstrual;
- A posição de flexão dorsal e a área máxima articular da flexibilidade passiva foram alterados durante as fases do ciclo menstrual;

- Através da contração voluntária máxima foi observado que o recrutamento das unidades motoras afetado pelas fases do ciclo menstrual;
- Através do “Twitch Interpolar” foi observado que o déficit de ativação, a ativação voluntária e o potencial pós-ativação não foram afetados pelas fases do ciclo menstrual.

11. PERSPECTIVAS

RESUMO EM FRANÇAIS

PERSPECTIVES

Les deux études menées chez l’animal et chez l’humain offrent les perspectives suivantes :

Chez le rat

- Réaliser une comparaison des indicateurs de développement somatique pour les rats mâles et femelles sous-alimentés pendant la période périnatale;
- Vérifier les niveaux hormonaux pour définir les phases du cycle ovarien;
- Faire des mesures de leucopénie et de morphométrie des cellules du frottis vaginal afin de quantifier les différences trouvées chez les rates sous-alimentées pendant la période périnatale;
- Comparer les paramètres locomoteurs pour des rats mâles et femelles sous-alimentés pendant période périnatale;

Chez la femme

- Un dispositif ergométrique étant désormais implanté au laboratoire brésilien, reprendre tout ou partie du protocole neuromécanique utilisé au laboratoire compiégnais, pour élargir la population et avoir ainsi une meilleure assurance que les paramètres étudiés ne sont pas affectés par le cycle menstruel
- Appliquer alors le protocole, ou une partie de celui ci à des femmes souffrant de dénutrition.

PERSPECTIVAS

Assim, para dar continuidade ao presente trabalho elaboramos algumas hipóteses descritas a seguir:

- Realizar uma comparação dos indicadores de desenvolvimento somático em ambos os gêneros desnutridos durante o período perinatal;
- Verificar os níveis hormonais para definir as fases do ciclo estral;
- Realizar morfometria nas estruturas celulares do esfregaço vaginal a fim de quantificar as diferenças encontradas de ratas desnutridas durante o período perinatal;
- Comparar os parâmetros locomotores em ambos os gêneros desnutridos durante o período perinatal;
- Com base no protocolo ergométrico utilizado na UTC- França, investigar aqui no Brasil o estado nutricional, o treinamento físico em mulheres em idade reprodutivas;
- Verificar os níveis hormonais e monitorar a temperatura corporal basal diária durante as fases do ciclo menstrual em diferentes estados nutricionais.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ALLEN, G.M.; TESCH, P.A.; BERG, H.E. Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. Med Sci Sports Exerc 32: 459-463, 1995.

ALEXANDER MH, LAZAN KS, RASMUSSEN KM. Effect of chronic protein-energy malnutrition on fecundability, fecundity and fertility in rats. J Nutr. Jul;118(7):883-7, 1988.

ALONSO SJ, AREVALO R, AFONSO D, RODRÍGUEZ M. Effects of maternal stress during pregnancy on forced swimming test behavior of the offspring. Physiol Behav. Sep;50(3):511-7, 1991.

ARAYA J, REYES MC, BAGINSKY CM, RUZ M. Cellular growth of uterus, placenta and fetus during chronic maternal caloric restriction in rats. Arch Latinoam Nutr. Dec;33(4):814-25, 1983.

ASARIAN, L.; GEARY, N. Cyclic estradiol treatment normalizes body weight restores physiological patterns of spontaneous feeding and sexual receptivity in ovariectomized rats. Horm & Behavior, 42: 461-471, 2002.

ASARIAN, L.; GEARY, N. Modulation of appetite by gonadal steroid hormones. Phil Trans R Soc B, (1860):1-13, 2006.

BABAULT, N.; POUSSON, M.; BALLAY, Y.; VAN HOECKE, J. Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. J Appl Physiol 91: 2628-2634, 2001.

BARKER, D. J. P. Maternal Nutrition, Fetal Nutrition, and Disease in Later Life. Nutrition, 13 (9): 807-813, 1997.

BARKER, D. J. P. The malnourished baby and infant. Brit Med Bulletin, 60: 69–88, 2001.

BAYOL, S.; JONES, D.; GOLDSPINK, G.; NEIL, STICKLAND, C. The influence of undernutrition during gestation on skeletal muscle cellularity and on the expression of genes that control muscle growth. British J Nut, 91: 331–339, 2004.

BÄCKSTRÖM, T. ANDREEN, L.; BIRZNIECE, I.; et.al. The role of hormones and Hormonal treatments in premenstrual syndrome. CNS Drugs, 17 (5):325-342, 2003.

BAMBAEICHI, E.; REILLY, T.; CABLE, N.T.; GIACOMONI, M. The isolated effects of menstrual cycle phase and time-of-day on muscle strength of eumenorrheic females. Chronobiol Int, 21 (4-5): 645-660, 2004.

BARRETO-MEDEIROS J, QUEIROS-SANTOS A, CABRAL-FILHO JE, FERREIRA E SILVA WT, LEANDRO CG, DEIRÓ TC, MANHAES-DE-CASTRO R, MACHADO BARBOSA DE-CASTRO CM. Stress/aggressiveness-induced immune changes are altered in adult rats submitted to neonatal malnutrition. Neuroimmunomodulation.14(5):229-334, 2007.

BARROS, K. M. F. T., MANHAES-DE-CASTRO, R., LOPES-DESOUZA, S., MATOS, R. J. B., DEIRO, T. C. B. J., CABRAL-FILHO, J.E.; CANON, F. A regional model (Northeastern Brazil) of induced mal-nutrition delays ontogeny of reflexes and locomotor activity in rats. Nutr Neurosc, 9(1/2): 99–104, 2006.

BAUDRY, S.; KLASS, M.; DUCHATEAU, J. Postactivation potentiation of short tetanic contractions is differently influenced by stimulation frequency in young and elderly adults Eur J Appl Physiol, 103:449–459, 2008.

BAUDRY, S.; DUCHATEAU, J. Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions *J Appl Physiol* 103: 1318–1325, 2007.

BERCHTOLD, M. W.; BRINKMEIER, H.; MUNTENER, M. Calcium Ion in Skeletal Muscle: Its Crucial Role for Muscle Function, Plasticity, and Disease. *Physiol Rev* 80:1215-1265, 2000.

BEHM, D. G.; ST-PIERRE, D. M. M.; PEREZ, D. Muscle inactivation: assessment of interpolated twitch technique. *J Appl Physiol*, 81:2267-2273, 1996.

BIRCH, K.M.; REILLY, T. Manual handling performance: the effects of menstrual cycle phase. *Ergonomics*, 42 (10): 1317-1332, 1999.

BIRCH, K.M.; REILLY, T. The diurnal rhythm in isometric muscular performance differs with eumenorrheic menstrual cycle phase. *Chronobiol Int*, 19(4): 731-742, 2002.

BISDEE, J.T.; GARLICK, P. J.; JAMES, W.P.T. Metabolic changes during the menstrual cycle. *Br J Nutr*, (61):641-650, 1989.

BLAKE, F.; SALKOVSKIS, P.; GATH, D. Cognitive therapy for premenstrual syndrome: a controlled trial. *J Psy Res*, (45): 307-318, 1998.

BONGAARTS J. Does malnutrition affect fecundity? A summary of evidence. *Science*. May 9;208(4444):564-9, 1980.

BRAMELD, J. M. The influence of undernutrition on skeletal muscle development. *Brit J Nutr*, 91:327–328, 2004.

BRODIE, T. G. THE EXTENSIBILITY OF MUSCLE. Physiological Laboratory, King's College, London, 1896.

BUFFENSTEIN, R.; POPPITT, S. D.; McDEVITT, R.M. Food intake and menstrual cycle: a retrospective analysis, with implications for appetite research. *Phy Beh*, (58) :1067-1077, 1995.

BUFFET, N. C.; DJAKOURE, C.; MAITRE, S. C.; BOUCHARD, P. Regulation of the Human Menstrual Cycle. *FRONTIERS IN NEUROENDOCRINOLOGY*, **19**: 151–186, 1998.

BUFFET, N. C.; BOUCHARD, P. The neuroendocrine regulation of the human ovarian cycle. *Chr Int*, 18 (6): 893-919, 2001.

BUIST WG, VISSER SL, FOLKERTS JF. Evaluation of EMG methods used in the diagnosis of central motor disturbances. *European Neurology* 1972;8:270 – 285.

BULLOW, P. M.; NORREGAARD, J.; DANNESKIOLD-SAMSOE, B.; MEHLSSEN, J. Twitch interpolation technique in testing of maximal muscle strength: influence of

potenciation, force level, stimulus intensity and preload. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 67: 462-466, 1993.

CAMPAGNE,D.M.;CAMPAGNE, G. The premenstrual syndrome revisited. Eur. J Obst Gyn Rep Bio, (130): 4-172007.

CARNEY, E. W., ZABLOTNY, C. L., MARTY, M. S., CRISSMAN, J. W., ANDERSON, P., WOOLHISER, M.; HOLSAPPLE, M. The Effects of Feed Restriction during in Utero and Postnatal Development in Rats TOXICOLOGICAL SCIENCES 82, 237–249, 2004.

CASTAINGTS, V.; MARTIN, A.; VAN HOECKE, J.; PEROT, C. Neuromuscular efficiency of triceps surae in induced and voluntary contractions: morning and evening evaluations. Chronobiol. Intern. 21, (4-5): 631-643, 2004.

CLARK, K. A.; MCELHINNY, A. S.; BECKERLE, M. C.; GREGORIO, A. C. Striated Muscle Cytoarchitecture: An Intricate Web of Form and Function. Annu. Rev. Cell Dev. Biol, 18:637–706,2002.

CHANDRA RK. Acrodermatitis Enteropathica: Zinc Levels And Cell-Mediated Immunity. Pediatrics. Nov;66(5):789-91, 1980.

CHAPIN, R. E., GULANTI, D. K., BARNES, L. H., TEAGUE, J. L. The effects of feed restriction on reproductive function in Sprague-Dawley rats. Fundam. Appl. Toxicol. 20, 23–29, 1993.

CHOWDHURY, S; ORSKOV, E. Protein energy relationships with particular reference to energy undernutrition: a review. *Small Ruminant Res* 26: 1–7, 1997.

COOPER KJ, HAYNES NB, LAMMING GE. Effects of unrestricted feeding during oestrus on reproduction in the underfed female rat. J Reprod Fertil. Jul; 22(2):293-301,1970.

CROSS,G. B.; MARLEY, J.; MILES, H. Changes in nutrient intake during the menstrual cycle of overweight woman with premenstrual syndrome. Bri J Nutr, (85): 475-482, 2001.

DAVIES, B. N.; ELFORD, J. C. C.; JAMIESON, K. F. Variations in performance in simples muscle tests at different phases of the menstrual cycle. J Sports Med Phys Fitness, 31: 532-537, 1991.

DYE, L.; BLUNDELL, J. E. Menstrual cycle and appetite control: implications for weight regulation. Hum Rep, (12):1142-1152, 1997.

DEIE ,M.; SAKAMKI, Y.; SUMEN, Y. Anterior knee laxity in young women varies with their menstrual cycle. Int Orthop, 26: 154-156, 2002.

DRUST, B.; WATERHOUSE, J.; ATKINSON, G.; EDWARDS, B.; REILLY, T. Circadian rhythms in sports performance – an update. *Chronobiol Int*, 22 (1): 21-44, 2005.

DEIRO T.C.B.J., MANHAES-DE-CASTRO, R.; CABRAL-FILHO, J.E.; SOUZA, S.L.; FREITAS-SILVA, S.R., FERREIRA, L.M.P., GUEDES, R.C.A., CÂMARA, C.R.V. Neonatal administration of citalopram delays somatic maturation in rats. *Br J Med Biol Research*, 37: 1503-1509, 2004.

DEIRO T.C.B.J., MANHAES-DE-CASTRO, R.; CABRAL-FILHO, J.E.; BARRETO-MEDEIROS, J.M.; SOUZA, S.L.; MARINHO, S.M.O.C.; CASTRO, F.M.M.; TOSCANO, A.E.; JESUS-DEIRO, R.A.; BARROS, K.M.F.T. Sertraline delays the somatic growth and reflex ontogeny in neonate rats. *Phys & Behavior*, 2005.

DIAZ-VELIZ G, SOTO V, DUSSAUBAT N, MORA S. Influence of the estrous cycle, ovariectomy and estradiol replacement upon the acquisition of conditioned avoidance responses in rats. *Physiol Behav*. Sep;46(3):397-401, 1989.

DUCHATEAU J, HAINAUT K. Electrical and mechanical changes in immobilized human muscle. *J Appl Physiol* 62:2168–2173, 1987.

ECKEL, L. A.; HOUP, T. A.; GEARY, N. Spontaneous meal patterns in female rats with and without access to running wheels. *Physiol & Behavior*, 70:397–405, 2000.

EDEY TN, CLARK JR, FIRST NL, CHAPMAN AB, CASIDA LE. Ovarian response to fasting following high and low planes of nutrition in puberal gilts. *Anim. Sci.*, 35: 1223 - 27, 1972.

EISEN A. Electromyography in disorders of muscle tone. *Canadian Journal of Neurology and Science*;14:501 – 505, 1987.

EILING, E.; BRYANT, A.L.; PETERSEN, W.; MURPHY, A.; HOHMANN, E. Effects of menstrual cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc*, 15 (2): 126-132, 2007.

ELLIOTT, K.J.; CABLE, N.T.; REILLY, T.; DIVER, M.J. Effect of menstrual cycle phase on the concentration of bioavailable 17- β oestradiol and testosterone and muscle strength. *Clin Science*, 105: 663-669, 2004 .

ERTEKIN, C.; BADEMKIRAN, F.; TATAROGLU, C.; AYDOGDU, I.; KARAPINARS, N. Adductor T and H reflexes in humans. *Muscle & Nerve*, 34: 640-645, 2006.

FAGUNDES, A. T. S., MOURA, E. G., PASSOS, M. C. F. , OLIVEIRA, E., TOSTE, F. P., BONOMO, I. T., TREVENZOLI, I. H., GARCIA, R. M. G., LISBOA P. C. Maternal low-protein diet during lactation programmes body composition and glucose homeostasis in the adult rat offspring. *British Journal of Nutrition*, 98, 922–928, 2007.

FINK, G. Oestrogen progesterone interactions control gonadotrophin prolactin secretion. *J Steroid Biochem*, 30 (1-6):169-178, 1988.

FREEMAN, M. E., The ovarian cycle of the rat. In: E. Knobil & Neil (eds.), Physiology of reproduction. Raven Press Ltd. New York, 1893 – 1928, 1988.

FREITAS-SILVA, S.R. MANHÃES-DE-CASTRO, R. PÉROT, C. Is the maturation of monosynaptic stretch reflex in rats affected by neonatal malnutrition? Nutritional Neuroscience Vol 11 No 5 207, 2008

FRIDÉN, C.; HIRSCHBERG, A.L.; SAARTOK, T. Muscle strength and endurance do not significantly vary across 3 phases of the menstrual cycle in moderately active premenopausal women. Cli J Sport Med, (13): 238-241, 2003.

GANDEVIA, S. C. HERBERT R. D.; LEEPER, J. B. Voluntary activation of human elbow flexor muscles during maximal concentric contractions Journal of Physiology 512.2: 595—602, 1998.

GEEVES, M. A. The dynamics of actin and myosin association and the cross bridge model of muscle contraction. Biochem. J, 274: 1-14, 1991.

GOUVEIA A JR, DOS SANTOS UD, FELISBINO FE, DE AFONSECA TL, ANTUNES G, MORATO S. Influence of the estrous cycle on the behavior of rats in the elevated T-maze. Behav Processes. 30;67(2):167-71, 2004.

GRAMSBERGEN, A. Posture and Locomotion in the Rat: Independent or Interdependent Development? Neuroscience and Biobehav Reviews, 22 (4): 547–553, 1998.

GRAMSBERGEN, A.; GEISLER, H.C.; TAEKEMA, H.; VAN EYKERN, L. A. The activation of back muscles during locomotion in the developing rat. Develop Brain Res, 112:217–228, 1999.

GROSSET, J.F.; MORA, I.; LAMBERTZ, D. ; AND PEROT, C. Age-Related Changes in Twitch Properties of Plantar Flexor Muscles in Prepubertal Children. PEDIAT RES. Vol. 58, No. 5, 2005.

GROSSET, J.F.; MORA, I.; LAMBERTZ, D. ; AND PEROT, C. Changes in stretch reflexes and muscle stiffness with age in prepubescent children. J Appl Physiol, 102: 2352-2360, 2007.

GUPTA SR, LACY B. Effects of protein calorie deficiency on the reproductive performance of female rats. Indian J Med Res. Aug;55(8):904-10, 1967.

GUZMÁN C, CABRERA R, CÁRDENAS M, LARREA F, NATHANIELSZ PW, ZAMBRANO E. Protein restriction during fetal and neonatal development in the rat alters reproductive function and accelerates reproductive ageing in female progeny. J Physiol.1;572(Pt 1):97-108, 2006.

HALES, C. N.; BARKER, D. J. P. The thrifty phenotype hypothesis. Brit Med Bulletin; 60: 5–20, 2001.

HARTER, R. A. ; HAYES, B. T.; WOJTYS, E. M.; MURTAUGH, P. The Interrelationships Among Sex Hormone Concentrations, Motoneuron Excitability, and Anterior Tibial Displacement in Women and Men Mark Hoffman, *Journal of Athletic Training*;43(4):364–372, 2008.

HERBERT, R. D.; GANDEVIA, S. C. Twitch Interpolation in Human Muscles: Mechanisms and Implications for Measurement of Voluntary Activation. *American Physiological Society*, 2271-2283, 1999.

HETEL J.; WILLIAMS, N.I.; OLMSTED-KRAMER, L.C. et al. Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes. *14: 817-822*, 2006.

HEWETT, T. E. Neuromuscular and Hormonal Factors Associated With Knee Injuries in Female Athletes. *Sports Med*, 29 (5): 313-327, 2000.

HOFFMAN, M.; HARTE, R. A.; HAYES, B. T.; WOJTYS, E. M.; MURTAUGH, P. The Interrelationships Among Sex Hormone Concentrations, Motoneuron Excitability, and Anterior Tibial Displacement in Women and Men. *J Athletic Training*. 43(4):364–372, 2008.

HORTON, T.H. Fetal origins of developmental plasticity: Animal models of induced life history variation. *Am J Human Biol* 17: 34–43, 2005.

HOWLAND BE. Gonadotrophin levels in female rats subjected to restricted feed intake. *J Reprod Fertil*. Dec;27(3):467-70, 1971.

HUXLEY. A. F. Muscular Contraction. *J. Physiol*, 243: 1-43, 1974.

HUXLEY. A. F. Discoveries on muscle: observation, theory, and experiment. *BRIT MED J*, 293: 115-117, 1986.

HUXLEY. A. F. Mechanics and models of the myosin motor. *Phil.Trans. R. Soc. Lond*, 355, 433-440, 2000.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003 (POF). 2004.

INDUSEKHAR, R.; USMAN, S. B.; O'BRIEN, S. Psychological aspects of premenstrual syndrome. *Res Cli Obs Gyn*, (21): 207-220, 2007.

JANSE DE JONGE, X.A.K.; BOOT, C.R.L.; THOM, J.M.; et.al. The influence of menstrual cycle phase on skeletal muscle contractile characteristics in humans. *J Phys*, 530 (1): 161-166, 2001.

JANSE DE JONGE, X.A.K. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Med*; 33(11):833-851, 2003.

JOHNSTON AL, FILE SE. Sex differences in animal tests of anxiety. *Physiol Behav.* Feb;49(2):245-50, 1991.

JUBEAU, M.; ZORY, R.; GONDIN, J.; MARTIN, A.; MAYULETTI, N. A. Late neural adaptations to electrostimulation resistance training of the plantar flexor muscles. *Eur J Appl Physiol*, 98:202–211, 2006.

JUNIEN, C. ; GALLOU-KABANI, C.; VIGE, A. ; GROSS, M. S. Epigénomique nutritionnelle: impact de régimes alimentaires déséquilibrés sur les processus épigénétiques de programmation au cours de la vie et transgénérationnels. *Ann. Endocrinol*, 66, (2): 2S19-2S28, 2005.

KENNETT GA, CHAOULOFF F, MARCOU M, CURZON G. Female rats are more vulnerable than males in an animal model of depression: the possible role of serotonin. *Brain Res. Sep 24;382(2):416-21*, 1986.

KLASS, M.; GUISSARD, N.; DUCHATEAU, J. Limiting mechanism of force production after repetitive dynamic contraction in human triceps surae. *J Appl Physiol* 96: 1516-1521, 2004.

KNOBIL, E. The neuroendocrine control of the menstrual cycle. *Horm Res*, (37): 53-88, 1980.

KOOISTRA, R. D.; RUITER, C.J.; HAAN, A. Conventionally assessed voluntary activation does not represent relative voluntary torque production. *Eur J Appl Physiol* 100: 309-320, 2007.

KRAEMER, W.J.; KIM, S.K.; BUSH,J.A.; et al. Influence of the menstrual cycle on proenkephalin peptide F responses to maximal cycle exercise. *Eur J Physiol*, 96:581-586, 2006.

KUBO, K.; TSUNODA, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Activation of agonist and antagonist muscles at different joint angles during maximal isometric efforts. *Eur J Appl Physiol*, 91: 349–352, 2004.

LAMBERZT, D.; GOUBEL, F.; PEROT, C. A method to evaluate reflex excitability of the human ankle plantarflexors despite changes in maximal activation capacities. *Exp Brain Res.* 143: 89-99, 2002.

LANDGRAF, M. A. V.; MARTINEZ, L. L.; RASTELLI, V. M. F.; FRANCO, M. C. P.; SOTO-SUAZO,M.; TOSTES, R. C. A.; CARVALHO, M. H. C.; NIGRO, D.; FORTES, Z. B. Intrauterine Undernutrition in Rats Interferes with Leukocyte Migration, Decreasing Adhesion Molecule Expression in Leukocytes and Endothelial Cells. 1480-1485, 2005.

LEITE, R. M. P., OLIVEIRA, J. R. M., FREITAS-SILVA, S. R., MANHAES-DE-CASTRO, R. A pharmacokinetic protocol for Fluoxetine response during a period of rapid brain development. *Neurobiologia*, 69, 2008a.

LEITE R. M. P.; PORTELA N. M.; VAN HOUTTE C. ; MANHÃES-DE-CASTRO R.; PEROT C. Are passive ankle stiffness and ROM modified during the menstrual cycle? Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 11 (S1): 143 – 144, 2008b.

LEITE, R.M.P., MANHÃES DE CASTRO,R. As repercussões da desnutrição feminina. Nutrição Brasil., v.6, p.241 - 246, 2007.

LEITE, R. M. P., ESTEVES, A. C., ALBUQUERQUE, M. A., LIRA, M. S., ARAUJO, R. V., OLIVEIRA, S. H. C., RIBAS, V. R., MANHÃES DE CASTRO, R Neonatal treatment with sertraline causes resistance to experimental depression in adult rat. Neurobiologia. , v.68, p.53 - 61, 2005.

LEITE, R. M. P., ESTEVES, A. C., LIRA, M. S., ALBUQUERQUE, M. A., ARAUJO, R. V., MANHÃES DE CASTRO, R Administração neonatal de sertralina causa resistência a depressão experimental induzida em ratos adultos. Anais da Faculdade de Medicina do Centro de Ciências da Saúde da UFPE. , v.49, p.34 - 37, 2004.

LEKGABE, E. D.; ROYCE, S. G.; HEWITSON, T. D.; TANG, M. L. K.; ZHAO, C.; MOORE, X. L.; TREGGAR, G. W.; BATHGATE, R. A. D.; DU, X. J.; SAMUEL, C. S. The Effects of Relaxin and Estrogen Deficiency on Collagen Deposition and Hypertrophy of Nonreproductive Organs. Endocrinology, 147(12):5575–5583, 2006.

LÉONHARDT M, LESAGE J, CROIX D, DUTRIEZ-CASTELOOT I, BEAUVILLAIN JC, DUPOUY JP. Effects of perinatal maternal food restriction on pituitary-gonadal axis and plasma leptin level in rat pup at birth and weaning and on timing of puberty. Biol Reprod. Feb;68(2):390-400, 2003.

LIU, Y.; GOLD, E. B.; LASLEY, B. L.; JOHNSON, W. O. Factors Affecting Menstrual Cycle Characteristics. Am J Epidemiol, 160:131–140, 2004.

LOBE, S.L.; BERNSTEIN, M. C.; GERMAN, R. Z. Life-long protein malnutrition in the rat (*Rattus Norvegicus*) results in altered patterns of craniofacial growth and smaller individuals *J. Anat.* 208: 795–812, 2006.

LONG JA. E EVANS HM, The estrous in rat and its associated phenomena. Memories of University, 6: 1- 148, 1922.

LOPES DE SOUZA, S.; OROZCO-SOLIS, R.; GRIT, I.; MANHÃES DE CASTRO, R.; BOLANÇOS-JIMENEZ, F. Perinatal protein restriction reduces the inhibitory action of serotonin on food intake. Euro J Neuroscience, 27: 1400–1408, 2008.

LUCAS, A.; FEWTRELL, M. S.; COLE, T. J. Fetal origins of adult disease—the hypothesis revisited. B M J, 319, 1999.

MAEDA, H., GLEISTER, C. A., MASORO, E. J., MURATA, I., McMAHAN, C. A., YU, B. P. Nutricional influences on aging of Fischer 344 rats: II pathology. *J. Gerontol.* 40: 671 – 688, 1985.

MANDL, A. M. The phases of the oestrous cycle in the adult white rat. *Journal of Experimental Biology* 28: 576 – 584, 1951.

MASANES, R, FERNANDEZ-LOPEZ, J.L.A; IEMANY, M.; REMESAR, X.; RAFECAS, I. Effect of dietary protein content on tissue protein synthesis rates in Zucker lean rats. *Nutrition Res* 19: 1017–1026, 1999.

MAFFIULETTI, N. A.; PENSINI, M.; FERRI, G S. A.; BALLAY, Y.; MARTIN, A. Effect of electromyostimulation training on soleus and gastrocnemii H- and T-reflex properties. *Eur J Appl Physiol.* 90: 601–607, 2003.

MCCANN SM, TALEISNIK S, FRIEDMAN HM. LH – releasing activity in hypothalamic extracts. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 104: 432, 1960

McLAY, R.T.; THOMSON, C.D.; WILLIAMS, S.M.; et. al. Carbohydrate loading and female endurance athletes: effect of menstrual cycle phase. *Int J Sport Nutr Exer Metab*, (17): 189-205, 2007.

MCILROY WE, BROOKE JD. Within-subject subject reliability of the Hoffmann reflex in man. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*;27:401 – 404, 1987.

MENDONÇA F.S., EVÊNCIO-NETO J., BARATELLA-EVÊNCIO L., TEIXEIRA A.A.C., WANDERLEY- TEIXEIRA V., MENDONÇA J.S., MEDEIROS J.P., MELO A.H., SOARES A.P. Avaliação do ciclo estral de ratas (*rattus norvegicus albinus*) pinealectomizadas e submetidas à ausência de luz. *Arq.Inst.Biol.*, São Paulo, v.69 (supl.), p.1-306, 2002.

MERRIAM, S.D.; SILBERSTEIN, G.R. Physiology of the menstrual cycle. *Cephalalgia*, 20, 148-154, 2000.

MERTON PA. Voluntary strength and fatigue. *J Physiol*;123:553–64, 1954.

MESSINIS, I. E. Ovarian feedback, mechanism of action and possible clinical implications. 12 (5): 557-571, 2006.

MILANOV IG. Examination of the segmental pathophysiological mechanisms of spasticity. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*;34:73 – 79, 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de atendimento da criança com desnutrição grave em nível hospitalar. Secretaria de Atenção à Saúde, Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição – Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

MILLER, J.P.; GERMAN, R. Z. Protein Malnutrition Affects the Growth Trajectories of the Craniofacial Skeleton in Rats *J Nutr* 129(11):2061-9, 1999.

- MISIASZEK, J.E. The H-reflex as a tool in neurophysiology: its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve*, 28(2):144-60, 2003
- MORA S, DUSSAUBAT N, DÍAZ-VÉLIZ G. Effects of the estrous cycle and ovarian hormones on behavioral indices of anxiety in female rats. *Psychoneuroendocrinology*. Oct;21(7):609-20, 1996.
- MORGANE PJ, AUSTIN-LAFRANCE R, BRONZINO J, TONKISS J, DIAZ-CINTRA S, CINTRA L, KEMPER T, GALLER JR. Prenatal malnutrition and development of the brain. *Neurosci Biobehav Rev* 17:91–128. 1993.
- MORGANE PJ, MOCKLER DJ, GALLER JR. Effects of perinatal protein malnutrition on the hippocampal formation. *Neurosci Biobehav Rev* 26:471–483. 2002.
- MORITANI, T., DE VRIES, H. A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*;58: 115–30, 1979.
- MORITAMI, T.; MURO, M.; NAGATA, A; Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. *J. Appl. Physiol.* 60: 1179-1185, 1986.
- MOSELEY A. M.; CROSBIE, J.; ADAMS, R. Normative data for passive ankle plantarflexion-dorsiflexion flexibility. *Clin. Biomech.* 16: 514-521, 2001.
- NAKANISHI Y, MORI J, NAGASAWA H. Recovery of pituitary secretion of gonadotrophins and prolactin during re-feeding after chronic restricted feeding in female rats. *J Endocrinol.* Jun; 69(3):329-39, 1976.
- NEU, J.; HAUSER, N.; DOUGLAS-ESCOBAR, M. Postnatal nutrition and adult health programming. *Seminars Fetal Neonatal Med*, 12:78-86, 2007.
- NICOLAY, C.W.; KENNEY, J.L.; LUCKI, N.C. Grip strength and endurance throughout the menstrual cycle in eumenorrheic and woman using oral contraceptives. *Int J Ind Erg*, (37): 291-301, 2007.
- OKAZAKI T, EBIHARAS S, ASADA M, YAMANDA S, SAIJO Y, SHIRAISHI, Y, EBIHARA T, NIU K, MEI H, ARAI H, YAMBE T. Macrophage colony-stimulating factor improves cardiac function after ischemic injury by inducing vascular endothelial growth factor production and survival of cardiomyocytes. *Am. J. Pathol.*, 171 (4): 1093 - 1103, 2007.
- OSKOEI M. A, VAN MAZIK B. C, SCHUILING M. H, HERZOG W. Variability in the interpolated twitch torque for maximal and submaximal voluntary contractions. *J Appl Physiol* 95:1648–1655,2003.
- OZANNE, S. E.; HALES, C. N. The long-term consequences of intra-uterine protein malnutrition for glucose metabolism. *Proceedings Nutr Society*, 58:615–619, 1999.

OZMERDIVENLI, R., BULUT, S., URAT, T., AYAR, A. The H- and T-Reflex Response Parameters of Long- and Short-Distance Athletes. *Physiol. Res.* 51: 395-400, 2002.

PEHRSSON, M.; WESTBERG, L.; LANDEN, M.; EKMAN, A. Stable serum levels of relaxin throughout the menstrual cycle: a preliminary comparison of women with premenstrual dysphoria and controls. *Arch Womens Ment Health*, 10: 147–153, 2007.

PELKMAN, C. L.; CHOW, M.; HEINBACH, R. A.; et. al. Short-term effects of a progestational contraceptive drug on food intake, resting energy expenditure, and body weight in young woman. *Am J Clin Nutr*, (73): 19-26, 2001.

PÉROT C, GOUBEL F, MORA I. Quantification of T- and H-responses before and after a period of endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*;63(5):368-75, 1991.

PERRY J, BEKEY GA. EMG-force relationships in skeletal muscle. *Crit Rev Biomed Eng*;7:1–22, 1981.

PETROFSKY, J. MALTBY, A. A.; SUH, H. J. Isometric endurance, body and skin temperature and limb and skin blood flow during the menstrual cycle. *Med. Sci. Monit.* 13(3): CR111-117, 2007.

PHILLIPS S.K.; SANDERSON, A.G.; BIRCH, K.; BRUCE, S.A.; WOLEDGE, R.C. Changes in maximal voluntary force of human adductor pollicis during the menstrual cycle. *J Phys*, 496, (2): 551-557, 1996.

PIACSEK BE, MEITES J. Reinitiation of gonadotropin release in underfed rats by constant light or epinephrine. *Endocrinology*. Aug;79(2):432-9. 1967

QUINN, R. Comparing rat's to human's age: How old is my rat in people years? *Nutrition*, 21: 775-777, 2005.

RAPKIN, A. A review of treatment of premenstrual syndrome and premenstrual dysphoric disorder. *Psy Neu End* 2003 (28): 39-53.

RICHARD D. Effects of ovarian hormones on energy balance and brown adipose tissue thermogenesis. *Am J Physiol*. 1986.

ROCA, C.A.; SCHMIDT, P.J.; ALTEMUS, M.; et.al. Differential menstrual cycle regulation of hypothalamic-pituitary-adrenal axis in woman with premenstrual syndrome and controls. *J Clin End Metab* (7):3057-3063, 2003.

ROCHA-DE-MELO, A. P., CAVALCANTI, J. B., SANTOS BARROS, A. M.; GUEDES, R. C. A. Manipulation of rat litter size during suckling influences cortical spreading depression after weaning and at adulthood. *Nutr Neurosc*, 9(3/4): 155–160, 2006.

ROMANI, W.; PATRIE, J.; CURL, L.A.; FLAWS, J.A. The correlations between estradiol, estrone, estriol, progesterone, and sex hormone-binding globin and anterior cruciate ligament stiffness in healthy, active females. *J Woman's Health*, 12 (3): 287-298, 2004.

SAMPAIO, H.A.C. Aspectos nutricionais relacionados ao ciclo menstrual. *Rev. Nutr.*, Campinas, , 15 (3):309-317, 2002.

SAMUEL, C. S.; BUTKUS, A.; COGHLAN, J. P.; BATEMAN, J. F. The Effect of Relaxin on Collagen Metabolism in the Nonpregnant Rat Pubic Symphysis: The Influence of Estrogen and Progesterone in Regulating Relaxin Activity. *Endocrinology*, 137 (9):3884-3890, 1996.

SARWAR, R.; BELTRAN NICLOS, B.; RUTHERFORD O.M. Changes in muscle strength, relaxation rate and fatiguability during the human menstrual cycle. *J Phys*, 493 (1): 267-272, 1996.

SCHAUF, C.F.; MOFFETT, D.F.; MOFFETT,S.B. *Fisiologia Humana* – RJ: Guanabara Koogan, 1993.

SCHWARTZ, M. W.; WOODS, S. C.; PORTE JR, D.; SEELEY, R. J.; BASKIN, D. G. Central nervous system control of food intake. *Nature*, 404, 2000.

SCHIERECK , P.; VAN HEIJST, B. G. V.; JANSEN, P. M. L.; SCHIERECK, J.; VAN DER LEUN, M.; BRAS, W.; DE BEER, E. L. Force generation and shift of mass between myosin and actin in skinned striated muscle fibers at low calcium concentrations. *Eur Biophys J* , 27: 575–581, 1998.

SEHGAL N, MCGUIRE JR. Beyond Ashworth: Electrophysiologic quantification of spasticity. *Electromyography*; 9(4):949 – 979, 1998.

SILVA, H.J.; MARINHO, S.M.O.; SILVA , A.E.T.M.; ALBUQUERQUE, C.G.; MORAES, S.R.A.; MANHÃES DE CASTRO, R. Protocolo f mensuration to avaliation of indicators of somatic development of wistar. *Int. J. Morphol.*, 23(3): 227-230, 2005.

SMART JL, DOBBING J. Vulnerability of developing brain. II: Effects of early nutritional deprivation on reflex ontogeny and development of behavior in the rat. *Brain Res* 28:85–95. 1971.

SOUZA, S.L.; Nogueira, M. I. DEIRO T.C.B.J., CASTRO, F.M.M.; Mendes da Silva, C. da Silva, M. C., Lira, L.O.; Azmitia, E. C. MANHAES-DE-CASTRO, R.; Differential affects on somatic and reflex development by chronic clomipramine treatment. *Phys & Behav*, 2004.

STAM J, VAN CREVEL H. Reliability of the clinical and electromyographic examination of tendon reflexes. *Journal of Neurology*;237(7):427 – 431, 1990.

STAM K, TAN KM. Tendon reflex variability and method of stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*;67:463 – 467, 1987.

STERIN AB, GOLDRAIJ A, GIMENO MF, GIMENO AL. Dietary restriction alters the "in vitro" spontaneous or oxytocin-induced contractions of uterine smooth muscle from estrous rats. Possible participation of prostaglandins. *Prostaglandins Leukot Med.* Jan;10(1):1-10, 1983.

SHULTZ, S.J.; SANDER, T.C.; KIRK, S.E.; PERRIN, D.H. Sex differences in knee joint laxity change across the female menstrual cycle. *J Sport Med Phys Fitness*, 2005, 45 (4): 594-603.

SLAUTERBECK JR, FUZIE SF, SMITH MP, CLARK RJ, XU K, STARCH DW, HARDY DM. The Menstrual Cycle, Sex Hormones, and Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train.* 2002 Sep;37(3):275-278.

SPORNITZ U.M., SOCIN C.D., DRAVID A.A. Estrous Stage Determination in Rats by Means of Scanning Electron Microscopic Images of Uterine Surface Epithelium. *THE ANAT RECORD* 254:116–126,1999.

SQUIRE, J. M. Muscle Filament Structure And Muscle Contraction. *Annu. Rev. Biophys. Bioeng*, 4:137-163, 1975.

STEINER, M. Premenstrual syndrome and premenstrual dysphoric disorder: guidelines for management. *J Psychiatry Neurosci* 2000; 25 (5): 459-68.

STOCKARD CR, PAPANICOLAOU GN. The existence of a typical oestrus cycle in the guinea-pig with a study of its histological and physiological changes. *Amer. J. Anat.* 22: 225, 1917.

TANI H, NAGASAKI H. Contractile properties of human ankle muscles determined by a systems analysis method for the EMG-force relationship. *J Electromyogr Kinesiol*;6:205–13, 1996.

THE ESHRE CAPRI WORKSHOP GROUP. Nutrition and reproduction in women. *Human Reproduction Update*, Vol.12, No.3 pp. 193–207, 2006.

TOSCANO, A. E.; MANHÃES-DE-CASTRO, R.; CANON, F. Effect of a low-protein diet during pregnancy on skeletal muscle mechanical properties of offspring rats. *Nutr*, 24:270–278, 2008.

TONETE SS, DE NÓBREGA FJ, CURI PR, TRINDADE CE, ARTOR ME, DE MOURA EC. Intrauterine malnutrition in rats. I. Impact on weight gain, length of pregnancy and number of offspring. *Arch Latinoam Nutr.* Mar;33(1):96-108, 1983.

TOTH, M. J.; POEHLMAN, E. T.; MATTHEWS, D. E.; TCHERNOF, A. MACCOSS, M. J. Effects of estradiol and progesterone on body composition, protein synthesis and lipoprotein lipase in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280: E496-E501, 2001.

TOURSEL T, STEVENS L, MOUNIER Y. Evolution of contractile and elastic properties of rat soleus muscle fibres under unloading conditions. *Exp Physiol.* 84(1):93-1071999.

TROPP J, MARKUS EJ. Effects of mild food deprivation on the estrous cycle of rats. *Physiol Behav.* Jul;73(4):553-9, 2001.

VANDER, S.L. *Physiologie Humaine – Les mécanisme du fonctionnement de l'organisme*. 4ed., Maloine, 2004.

VARMA, M.; CHAI, J.K.; MEGUID, M. M.; LAVIANO, A.; GLEASON, J. R.; YANG, Z. J.; BLAHA, V. Effect of estradiol and progesterone on daily rhythm in food intake and feeding patterns in Fischer rats. *Physiol & Behavior*, 68:99–107, 1999.

VOERMAN, G.E.; GREGORIC, M.; HERMENS, H.J. Neurophysiological ethods for the assessment of spasticity: The Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex. *Disability and Rehabilitation*, 27(1/2): 33 – 68, 2005.

VOIGT M, CHELLI F, FRIGO C Changes in the excitability of soleus muscle short latency stretch reflexes during human hopping after 4 weeks of hopping training. *Eur J Appl Physiol* 78:522–532, 1998.

WADE, G. N.; JONES, J. E. Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287: R1277–R1296, 2004.

WADE GN, GRAY JM. Gonadal effects on food intake and adiposity: a metabolic hypothesis. *Physiol Behav.* 22(3):583-93, 1979.

WARREN SG, JURASKA JM. Spatial and nonspatial learning across the rat estrous cycle. *Behav Neurosci.* Apr;111(2):259-66, 1997.

WELLS J.B. Comparison of mechanical properties between slow and fast mammalian muscles. *J Physiol.* 178:252-69, 1965.

WELLS, J. C. K. The Thrifty Phenotype Hypothesis: Thrifty Offspring or Thrifty Mother? *J theor Biol*, 221:143–161, 2003.

WHITE, M.J.; WEEKES, C. No evidence for a change in the voluntary or electrically evoked contractile characteristics of the triceps surae during the human menstrual cycle [abstract]. *J Physiol*, 1998, 506P:119P.

WINTER EM, BROOKES FB. Electromechanical response times and muscle elasticity in men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*;63(2):124-8, 1991.

WORTHINGTON-ROBERTS BS. Nutrição no ciclo vital. In: Mahan LK, Arlin MT. Ktause: Alimentos, nutrição e dietoterapia. São Paulo: Rocca; 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Nutrition for Health and Development. World Health Organization, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Malnutrition. World Health Organization, 2008
YOUNG, J.; GOUGEON, A.; SCHAISON, G. Le cycle ovarien. *médecine/sciences*, 15 : 183-90, 1999.

YOUNG, J. GOUGEON, A., SCHAISON, G. *Le cycle ovarien médecine/sciences* 1999 ; 15 : 183-90

YU, L. C.; ROBERT, T. DOWBEN, M.; KORNACKER, K. The Molecular Mechanism of Force Generation in Striated Muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 66 (4):1199-1205, 1970.

ZEHR, E. P. Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies *Eur J Appl Physiol* 86: 455–468, 2002.

ZHANG L-Q, HUANG H, SLIWA JA, RYMER WZ. System identification of tendon reflex dynamics. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*;7:193 – 203, 1999.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. N.º 134/2006-CEP/CCS

Recife, 09 de agosto de 2006.

Registro do SISNEP FR – 93855

CAAE – 0093.0.172.000-06

Registro CEP/CCS/UFPE N.º 095/06

Título: **"Ciclo Menstrual: consequências sobre a biomecânica muscular em mulheres jovens"**

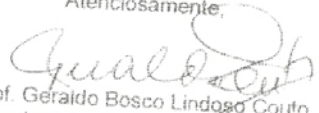
Pesquisador Responsável: Roberta Maria Pereira Leite

Senhora Pesquisadora:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco CEP/CCS/UFPE registrou e analisou, de acordo com a Resolução N.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, o protocolo de pesquisa em epígrafe, aprovando-o e liberando-o para início da coleta de dados em 09 de agosto de 2006. **Recomendamos que as adolescentes também deverão assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).**

Ressaltamos que a pesquisadora responsável deverá apresentar relatório anual da pesquisa

Atenciosamente,


Prof. Geraldo Bosco Lindoso Couto
Coordenador do CEP/CCS / UFPE

A
Doutoranda Roberta Maria Pereira Leite
Programa de Pós-Graduação em Nutrição – CCS / UFPE

Av. Prof. Moraes Rego s/nº - Cid. Universitária - 50670-901, Recife - PE, Tel/Fax: 81 3271 8388, cep@ccs.ufpe.br

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas**

Av. Prof. Nelson Chaves, s/n
50670-420 / Recife - PE - Brasil
fones: (55 81) 2126 8840 | 2126 8351
fax: (55 81) 2126 8350
www.ccb.ufpe.br



Recife, 07 de julho de 2008

Ofício nº 39/08

Da Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da UFPE

Para: **Prof. Raul Manhaes de Castro**

Departamento de Nutrição – CCS

Universidade Federal de Pernambuco

Processo nº 23076.006345/2008-54

Os membros da Comissão de Ética em Experimentação Animal do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (CEEA-UFPE) avaliaram seu projeto de pesquisa intitulado ***“Repercussões das manipulações nutricionais e farmacológicas no período neonatal em ratas”***.

Concluimos que os procedimentos descritos para a utilização experimental dos animais encontram-se de acordo com as normas sugeridas pelo Colégio Brasileiro para Experimentação Animal e com as normas internacionais estabelecidas pelo National Institute of Health Guide for Care and Use of Laboratory Animals as quais são adotadas como critérios de avaliação e julgamento pela CEEA-UFPE.

Encontra-se de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 9.605 – art. 32 e Decreto 3.179-art 17, de 21/09/1999, que trata da questão do uso de animais para fins científicos.

Diante do exposto, emitimos **parecer favorável** aos protocolos experimentais realizados.

Atenciosamente,

Maria Teresa Jansen de Almeida Catanho

CCB: Integrar para desenvolver