

Asymétrie osseuse et musculaire chez le Chien

E. BETTI

Département de Morphologie Fondamentale et Appliquée, École Nationale Vétérinaire de Nantes, Atlanpole, La Chantrerie, B.P. 40706, F-44307 Nantes Cedex 03
Tél. : (33) 02 40 68 77 36 - Fax : (33) 02 40 68 77 62 - email : betti@vet-nantes.fr

RÉSUMÉ

Cette étude porte sur l'asymétrie du fémur et des muscles qui mobilisent cet os chez le Chien. L'échantillon se compose de 44 animaux de race pure : 23 Beagles, 1 Beauceron, 15 Bergers allemands, 1 Boxer et 4 Colleys. Pour chaque individu, le sexe, l'âge et la masse corporelle ont été systématiquement relevés. À droite et à gauche, le corps charnu des 29 muscles disséqués a été pesé et 7 mesures linéaires ont été réalisées sur le fémur. L'asymétrie a été évaluée tant au niveau osseux que musculaire en calculant pour chaque variable V une différence algébrique (DA_v) et une différence relative entre les côtés droits et gauches (DR_v).

La moyenne des asymétries relatives varie pour les variables musculaires entre 3,3 et 15,8 % et entre 0,4 et 1,2 % pour les variables osseuses. L'asymétrie des 7 variables osseuses est indépendante de l'asymétrie musculaire. Les variations observées d'un côté à l'autre pour les variables musculaires sont soumises aux phénomènes de *compensation* et de *concordance*. Le déterminisme de l'asymétrie morphologique, en partie aléatoire, est régi également par les lois de la biomécanique.

MOTS-CLÉS : anatomie - asymétrie - fémur - muscle - ostéométrie - chien.

SUMMARY

Osseous and muscular asymmetry in dogs. By E. BETTI.

This study concerns muscular (muscles that move the femur) and femoral asymmetry in dogs. 44 purebred dogs were used : 23 Beagles, 1 Beauceron, 15 German Shepherd Dogs, 1 Boxer and 4 Collies. For every animal, sex, age and weight were systematically recorded. On the right and left sides, the fleshy portion of 29 dissected muscles was weighed, and 7 linear measurements were realised on the femur. For every variable (V), the algebraic difference (DA_v), and relative difference (DR_v) enabled to determine the asymmetry.

On average, DR_v vary between 3.3 and 15.8 % for muscular variables and between 0.4 and 1.2 % for osseous variables. The osseous asymmetry, measured with 7 variables, is independent of muscular asymmetry. The muscular asymmetry is subject to the phenomena of *compensation* and *concordance*. The determinism of morphological asymmetry, partly unpredictable, is also governed by biomechanical laws.

KEY-WORDS : anatomy - asymmetry - femur - muscle - osteometry - dog.

Chez l'Homme, on ne peut aborder l'étude de l'asymétrie musculaire ou osseuse sans évoquer le phénomène majeur qui la sous-tend : la latéralisation.

Cette dernière peut se définir comme l'établissement chez le jeune d'une topographie asymétrique des aires corticales. Elle entraîne la «latéralité», c'est-à-dire, la prédominance fonctionnelle d'un des côtés de l'individu. Certaines répercussions fonctionnelles de la latéralisation sont bien connues : les termes «droitier» ou «gaucher», tout comme la notion de «pied d'appel» des sauteurs en longueur ou en hauteur sont là pour en témoigner. Anatomiquement, cette prééminence fonctionnelle s'accompagne également d'une supériorité pondérale (muscle de l'avant-bras droit des droitiers) ou de longueur (humérus droit des droitiers) (MARTIN 1928 cité par [15]). Ce déséquilibre est certainement pour une large

part favorisé par l'asymétrie des activités entre membres homologues. On conçoit dans ces conditions que la détection des effets éventuels de la latéralité soit plus délicate chez le Chien, surtout entre les membres pelviens plus spécialisés dans la locomotion. D'ailleurs l'émergence de cette notion de latéralité chez les mammifères non-primates est récente [14, 17].

Il faut toutefois rappeler que le saut mais surtout certaines allures comme le galop sont par essence asymétriques, d'autant qu'à chaque cycle de ce mode de déplacement, le bipède pelvien frappe le sol avec un décalage temporel marqué chez le Chien (à la différence du Lapin, de la Souris...) [12]. D'ailleurs, une allure *a priori* symétrique, comme le pas ou le trot, ne mérite plus ce qualificatif lorsque, comme il est fréquent de l'observer chez le Chien, l'animal avance «en

crabe», l'axe du corps faisant avec la direction de déplacement un angle de 10-15° et même plus parfois. Certaines activités, comme le marquage du territoire, sont également des activités asymétriques.

Dans notre étude, les commémoratifs concernant les chiens ne mentionnent pas quel était le membre pelvien prépondérant lors d'activité asymétrique. Nous ne pouvons donc pas étudier ici, directement, les effets de la latéralisation.

Tout au plus a-t-on essayé de quantifier une asymétrie sans pouvoir évaluer la part qui revient, dans les écarts calculés, aux variations aléatoires.

1. Matériel et méthode

A) LE MATÉRIEL CANIN

Les chiens de cette étude provenaient d'animaux indemnes d'atteinte articulaire, euthanasiés ou décédés soit à l'École Nationale Vétérinaire de Nantes, soit dans quelques cliniques vétérinaires de la région nantaise. Quarante-quatre chiens ont ainsi été récupérés puis stockés au congélateur avant d'être disséqués. Ces Chiens se répartissent en 2 races principales de type morphologique voisin mais de format différent : 23 Beagles et 15 Bergers Allemands auxquels s'ajoutent 6 individus de format moyen mais de morphologies variées englobant un bréviligne (Boxer), un médioligne (Beauceron) et 4 sub-longilignes (Colley). L'âge des chiens a été déterminé à partir du degré d'ossification du coxal. Les dates de soudure osseuse retenues tiennent compte des données issues de la littérature [3, 8, 10] ou de celles provenant de la collection d'ostéologie du service d'Anatomie de l'École Nationale Vétérinaire de Nantes (cf. Tableau I). La répartition de ces individus en fonction de la race, de l'âge et du sexe se trouve dans le tableau II. La masse corporelle de ces chiens s'échelonne de 6 à 38 kg.

B) LE MATÉRIEL MUSCULAIRE

1) Les muscles prélevés

Les muscles étudiés sont tous ceux qui mobilisent le fémur, soit directement lorsqu'une de leurs insertions se situe sur cet os, soit indirectement lorsque leurs deux attaches sont situées

de part et d'autre de ce segment comme c'est le cas du muscle biceps fémoral ou du muscle droit de la cuisse.

Les muscles articulaires de la hanche et du genou n'interviennent pas dans notre étude. Ils ne sont pas, en effet, mobilisateurs du fémur, leur action se limitant à tendre la capsule articulaire des deux articulations concernées et à en éviter le pincement lors de mouvements extrêmes. Selon KINCAID et ses collaborateurs [9], ce type de muscle, qui possède une densité importante de fibres musculaires non compatible avec un rôle aussi accessoire, serait surtout un «moniteur kinesthésique» des mouvements articulaires. Il renseignerait ainsi, à chaque instant, les centres nerveux supérieurs du degré d'ouverture des angles articulaires.

2) Méthodologie

L'animal, qui dès sa collecte, avait été conservé au congélateur, a été placé à température ambiante jusqu'à ce qu'il puisse être disséqué.

Déroutement de la dissection

Après éviscération de l'animal, les deux membres pelviens ont été disséqués successivement en commençant au hasard par l'un ou par l'autre membre. Les éléments musculaires prélevés correspondent à des unités facilement isolables à la dissection : muscles (m. piriforme), chefs musculaires (m. droit de la cuisse), groupe de muscles (chef latéral du m. gastrocnémien et m. fléchisseur superficiel des doigts). La liste et l'ordre de dissection des éléments musculaires étudiés sont donnés dans l'annexe I.

Obtention de la masse des muscles

Dès qu'un muscle est désinséré, sa surface est débarrassée à la fois du tissu conjonctif qui le recouvre et des rameaux vasculo-nerveux qui y pénètrent. Ses tendons ou ses aponévroses sont sectionnés au ras du corps charnu [1]. Une fois ces opérations effectuées, il est immédiatement pesé.

Certaines précautions ont été prises pour diminuer les pertes liées à l'évaporation. Cette dernière est, à rugosité égale des surfaces évaporantes, proportionnelle à la vitesse de l'air, à la taille de la surface d'évaporation, à la différence de tension de vapeur entre la surface d'évaporation et l'air ambiant.

Classe	Degré d'ossification des coxaux	Age approximatif	Classe d'âge
C1	Coxaux	Tubérosité ischiatique non soudée à l'ischium	6 - 9 mois
C2	indépendants	Tubérosité ischiatique soudée à l'ischium	9 mois - 1 an
C3	Coxaux	Synostose ischio-pubienne incomplète	1 - 3 ans
C4	soudés	Synostose ischio-pubienne complète	plus de 3 ans
			Juvenile
			Adulte

TABLEAU I. — Définition des classes d'âge.

RACES	SEXE	CLASSES D'ÂGE				TOTAL PAR SEXE	TOTAL
		Juvéniles		Adultes			
		C1	C2	C3	C4		
BAL	Mâle	2	2	1	3	8	15
	Femelle	-	-	2	5	7	
BAU	Mâle	-	-	-	1	1	1
	Femelle	-	-	-	-	-	
BEA	Mâle	3	3	2	1	9	23
	Femelle	3	2	8	1	14	
BOX	Mâle	-	-	-	1	1	1
	Femelle	-	-	-	-	-	
COL	Mâle	-	-	-	2	2	4
	Femelle	-	-	-	2	2	
TOTAL	Mâle	5	5	3	8	21	44
	Femelle	3	2	10	8	23	

[BAL : Berger allemand, BAU : Beauceron, BEA : Beagle, BOX : Boxer, COL : Colley]

TABLEAU II. — Répartition des chiens en fonction de leur race, leur sexe et leur âge.

Nous avons donc disséqué dans une salle sans courant d'air, fraîche et humide. De plus, l'animal n'a été dépecé dans un premier temps que dans une zone limitée, suffisante pour réséquer les premiers muscles. Enfin, dès qu'un muscle a été prélevé, et durant la période de préparation, la peau est replacée sur le reste de la dissection.

C) LE MATÉRIEL OSSEUX

Il s'agit ici essentiellement du fémur des chiens. Cependant, dans le but notamment de déterminer l'âge des chiens, les coxaux ont également été prélevés.

1) Préparation des os

À l'issue de la dissection, les fémurs droit et gauche ont été prélevés.

Les os, débarrassés au maximum des tendons et ligaments qui s'y inséraient ont été préparés selon des méthodes classiques en anatomie.

Lorsque ces os provenaient d'animaux en croissance, le nettoyage manuel initial a été suivi directement par le passage de l'os dans la papaine à 37°C ; ils étaient retirés de ce bain dès que le plus gros du conjonctif restant pouvait en être détaché. L'os en croissance a été mesuré dès sa préparation achevée.

2) Mesures du fémur

Pour chaque fémur, sept mesures ont été réalisées. Elles permettent d'appréhender l'os dans sa globalité, aussi bien au niveau de sa forme générale que de sa taille. Les mesures que nous avons définies sont des mesures linéaires faciles à prendre et de bonne répétabilité. Elles s'accordent à couvrir

toutes les régions de l'os équitablement. Ces mesures correspondent pour la plupart à celles définies par VON DEN DRIESCH [7].

Les mesures sont représentées sur la figure 1. Elles se définissent de la façon suivante :

☛ une mesure de la grande longueur de l'os :

GL : grande longueur

☛ deux mesures de l'épiphyse proximale :

Bp : largeur proximale

Dp : épaisseur ou profondeur proximale de la tête du fémur

☛ deux mesures de la diaphyse :

Bm : largeur de la diaphyse à mi-longueur de l'os (1/2 GL)

Dm : épaisseur ou profondeur de la diaphyse à mi-longueur de l'os

☛ deux mesures de l'épiphyse distale :

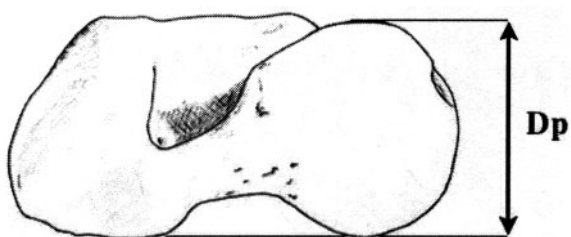
Bd : largeur de l'épiphyse distale

Dd : épaisseur ou profondeur de l'épiphyse distale

Les prises de mesure ont été faites en positionnant les os de façon analogue afin de minimiser les imprécisions dues aux manipulations.

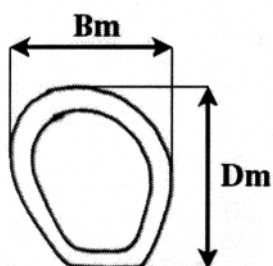
Ainsi, **GL** se définit plus précisément par la distance maximale entre le sommet de la tête fémorale et un plan passant par le bord distal des deux condyles fémoraux.

Pour mesurer **Bp**, le fémur a été placé par sa face crâniale sur un plan, de telle façon qu'à la fois le grand trochanter et la tête du fémur y reposent. Bp représente alors la largeur proximale de l'os prise perpendiculairement à l'axe de la



Dp = épaisseur de l'épiphyse proximale

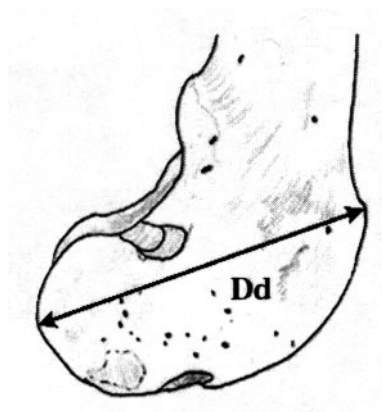
a. Epiphyse proximale - vue proximale



Bm = largeur diaphyse

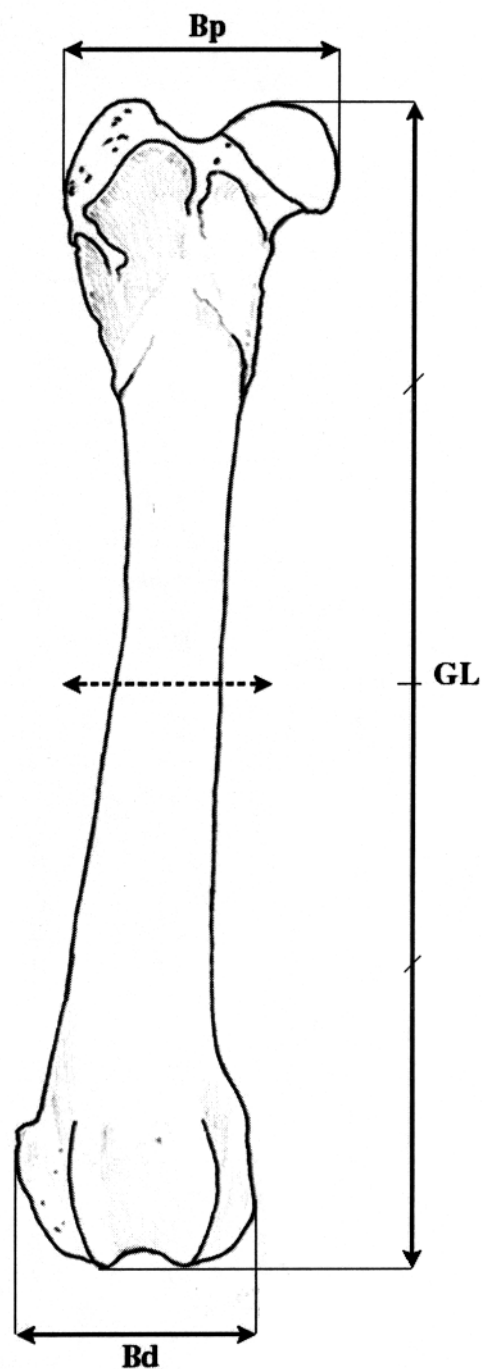
Dm = épaisseur diaphyse

b. Section transversale à mi-longueur du fémur



Dd = épaisseur de l'épiphyse distale

c. Epiphyse distale - vue latérale



Bd = largeur épiphyse distale

Bp = largeur épiphyse proximale

Bd = longueur totale

d. Fémur - vue crâniale

FIGURE 1 (a, b, c et d). — Mesures réalisées sur le fémur.

moitié proximale de la diaphyse (la partie proximale de la diaphyse, portion relativement cylindrique, possède un axe assez facile à visualiser), et parallèlement au plan du support.

Dp est l'épaisseur maximale de l'épiphyse proximale du fémur mesurée au niveau le plus épais de la tête fémorale, lorsque cet os est placé comme précédemment.

Dm est mesurée sur la diaphyse, à la moitié de **GL**, perpendiculairement à la surface âpre.

Bm est la largeur à ce niveau, mesurée perpendiculairement à Dm.

Pour la mesure **Bd**, le fémur est placé sur un plan par sa face caudale de telle façon que ses deux condyles soient appliquées distalement contre un plan perpendiculaire au précédent. Bd se définit alors comme la projection de la distance maximale entre les bords abaxiaux des deux condyles sur un axe transversal, intersection de ces deux plans.

Dd est la distance maximale mesurée entre l'extrémité proximale de la lèvre médiale de la trochlée et le bord caudal du condyle médial.

D) TRAITEMENT DES DONNÉES

1) Gestion de l'erreur sur la mesure

L'erreur sur la mesure des longueurs a été estimée à 0,1 mm. Celle concernant les masses est de 0,1 g. Pour les calculs, les mesures exprimées dans ces unités ont donc été arrondies à une décimale.

2) Mesure de l'asymétrie

Pour estimer l'asymétrie des variables musculaires et osseuses entre le côté droit et le côté gauche, nous avons utilisé pour toute variable V la différence algébrique DA_v et la différence DR_v définies comme suit :

$$DA_v = V_{\text{droit}} - V_{\text{gauche}}$$

et

$$DR_v = \left(\frac{V_{\text{droit}} - V_{\text{gauche}}}{V_{\text{droit}} + V_{\text{gauche}}} \times 2 \right) \times 100$$

Lorsque la différence algébrique DA_v était nulle, l'individu a été considéré comme symétrique pour la variable V.

3) Analyse statistique

Pour chacune de ces nouvelles variables, des **statistiques monovariées** classiques (moyenne, écart-type, maximum) ont été réalisées. Lorsque l'on a voulu, non plus décrire, mais comparer les valeurs de ces variables entre les différentes classes d'individus, nous avons utilisé l'analyse de la variance lorsque les effectifs des classes étaient importants, ou le test de KRUSKAL-WALLIS dans le cas contraire. Pour toutes les analyses monovariées précédentes, les variables DR_v et DA_v ont été auparavant transformées en leur valeur absolue. Les moyennes calculées, ou comparées, correspondent alors aux moyennes des écarts de la variable V entre les côtés droit et gauche.

Dans le cadre des **analyses bivariées**, nous avons employé les indices de corrélations de PEARSON sur les valeurs brutes (valeurs brutes car cette fois-ci, tout comme pour les analyses multivariées, le sens de la variation était important à prendre en compte). Dans l'analyse des tableaux de contingence, nous avons utilisé le test du χ^2 .

2. Résultats

A) ASYMÉTRIE MUSCULAIRE

Nous avons voulu dans un premier temps quantifier l'asymétrie musculaire globale des chiens, c'est-à-dire connaître la différence de masse, relative et absolue, de la musculature proximale du membre pelvien, d'un côté à l'autre. Ensuite l'influence que pourraient avoir sur cette asymétrie les différents paramètres signalétiques que sont l'âge, le sexe, la race et la masse de l'animal a été recherchée.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à quantifier l'asymétrie de chacune des masses musculaires disséquées. Les liens entre les asymétries des différents muscles ont été ensuite étudiés. Enfin, là encore, l'influence des paramètres signalétiques (de sexe, d'âge, de race et de masse corporelle) sur ces différences de masse à l'échelle du muscle a été recherchée.

1) Asymétrie musculaire globale

On peut tout d'abord quantifier l'asymétrie musculaire de façon globale. Pour cela la différence de la masse de la musculature étudiée (DA_{MTM}) entre les membres pelviens a été calculée.

Sur 44 individus sains étudiés, 6 peuvent être considérés comme symétriques. vingt ont une musculature plus importante à droite qu'à gauche, contre 18 pour une répartition inverse. Au seuil de 5 %, l'asymétrie est donc aussi souvent au bénéfice du côté droit que du côté gauche.

Parmi les animaux asymétriques, certains présentent une différence pouvant aller jusqu'à 106 g. La différence relative (DR_{MTM}) atteint alors 9,2 %.

En moyenne cependant, la différence relative n'est que 2,2 %. Le tableau III donne les valeurs des statistiques élémentaires pour les différences absolues et relatives entre côtés.

➤ Influence de l'ordre dans lequel les 2 membres pelviens du chien ont été disséqués :

Pour des raisons évidentes (limitation de l'évaporation) les deux membres ont été disséqués successivement. Le membre disséqué en premier a été pris «au hasard». Dans près de 57 % des cas, il s'agissait du membre gauche. Les muscles disséqués en dernier ont subi plus longtemps l'action de la dessiccation. On pourrait supposer que ces pertes hydriques entraînent une influence notable de l'ordre de dissection sur

	$ DA_{MTM} $	$ DR_{MTM} $
maximum	= 102 g	maximum = 9,2 %
moyenne	= 24 g	moyenne = 2,2 %
écart-type	= 20 g	écart-type = 2,1 %

TABEAU III. — Asymétrie de la masse totale des muscles de la région proximale du membre pelvien.

Race	Sexe	Classe d'Âge			
		C 1	C 2	C 3	C 4
BAL	Mâle	n = 2 1,8 1,1 - 2,5 $\sigma = 1,0$	n = 2 7,4 5,7 - 9,1 $\sigma = 2,4$	n = 1 1,6	n = 3 2,0 0,2 - 3,7 $\sigma = 1,7$
				n = 2 1,8	n = 5 2,0
	Femelle	-	-	0,5 - 3,2 $\sigma = 1,9$	0,2 - 5,9 $\sigma = 2,3$
BAU	Mâle	-	-	-	n = 1 5,6
BEA	Mâle	n = 3 1,8 0,8 - 2,9 $\sigma = 1,1$	n = 3 0,6 0,0 - 1,7 $\sigma = 1,0$	n = 2 1,5 1,0 - 1,9 $\sigma = 0,6$	n = 1 3,1
		n = 3 2,8 1,6 - 3,8 $\sigma = 1,1$	n = 2 1,0 0,0 - 2,0 $\sigma = 1,4$	n = 8 2,0 0,0 - 4,9 $\sigma = 1,7$	n = 1 0,0
	Femelle				
BOX	Mâle	-	-	-	n = 1 0,8
COL	Mâle	-	-	-	n = 2 5,0 2,2 - 7,7 $\sigma = 3,9$
					n = 2 0,3
	Femelle	-	-	-	0,0 - 0,6 $\sigma = 0,4$

[BAL : Berger allemand, BAU : Beauceron, BEA : Beagle, BOX : Boxer, COL : Colley]

Dans chacune des cases :

n = effectif
 moyenne de $|DR_{MTM}|$
 valeur minimale - valeur maximale
 σ = écart-type

TABLEAU IV. — Asymétrie (en %) de la masse totale des muscles de la région proximale du membre pelvien en fonction de la race, du sexe et de l'âge.
 (Valeur absolue de la différence relative d'un côté à l'autre : $|DR_{MTM}|$.)

les masses musculaires. Deux constatations nous ont fait, cependant, négliger la considération du premier côté disséqué dans l'interprétation des résultats :

- dans 52 % des cas, le premier côté disséqué avait une musculature plus faible.

- 2 muscles (ADDMAG et OBTINT) sont plus exposés à la dessiccation, durant la période de temps séparant les dissections des 2 membres d'un même animal (une nuit). En effet

ils sont mis à nu lors de la dissection du premier membre : le muscle grand adducteur (ADDMAG) parce qu'il s'accroche sur le plan médian à son homologue, le muscle obturateur interne (OBTINT) parce qu'il se trouve directement au contact de l'air dès que les organes pelviens sont réséqués. Cependant le côté pour lequel ces 2 muscles sont plus lourds n'a pas de relation significative, au seuil de 5 %, avec le côté par où débute la dissection.

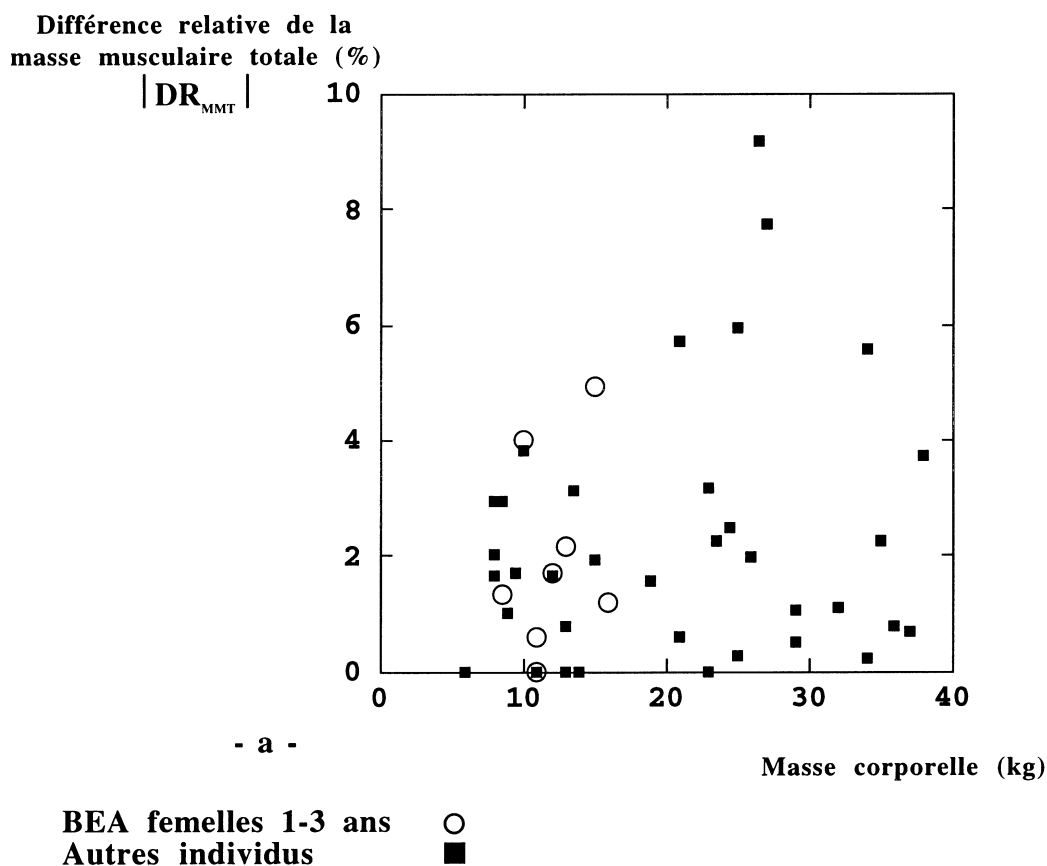


FIGURE 2. — Asymétrie relative moyenne de la masse musculaire totale (MMT) en fonction de la masse corporelle.

2) Asymétrie musculaire globale et paramètres

Le tableau IV donne les différences relatives de la masse de la musculature du membre pelvien entre les côtés en fonction de la race, du sexe et de l'âge. Ces paramètres ne semblent pas, au seuil de 5 %, avoir d'influence sur l'asymétrie. Cette dernière est visiblement présente dès l'âge de 6 mois et ne semble pas s'accroître avec l'âge.

De la même façon, l'asymétrie musculaire relative ne semble pas être fonction de la masse de l'animal. Dans la figure 2, en effet, le diagramme de dispersion s'allonge suivant l'axe des masses et a une hauteur presque constante quelle que soit l'abscisse considérée. De plus, les individus de la classe de race, sexe et âge la plus représentée (Beagles femelles de 1 à 3 ans) représentés dans cette figure par un code distinctif (cercle) ont, pour une masse corporelle assez voisine, des ordonnées fortement différentes.

Ainsi les paramètres considérés (âge, sexe, race et masse de l'animal), ont une influence négligeable sur l'asymétrie musculaire.

3) Asymétrie à l'échelle du muscle

Dans le tableau V, sont répertoriées les différences relatives moyennes des masses des muscles disséqués. Y figurent également l'écart-type de cette valeur moyenne, la différence relative maximale ainsi que la masse relative du muscle par rapport à l'ensemble de la musculature de la région proximale du membre pelvien. La valeur moyenne, l'écart-type et

la valeur maximale ont été calculés à partir de la valeur absolue des différences relatives ($|DR_{MUSCLE}|$ - cf.I.D.3). Notons que l'écart-type est du même ordre de grandeur que la moyenne auquel il se rapporte.

En général les valeurs moyennes des différences relatives, muscle par muscle, sont supérieures à celles trouvées pour l'ensemble de la musculature. La différence relative d'un muscle donné est, en effet, en moyenne trois fois supérieure à celle de la musculature totale. La différence relative maximale peut atteindre des valeurs beaucoup plus élevées. Chez un individu, elle atteint même 94 % pour la partie crâniale du muscle fessier superficiel qui est deux fois plus lourde à droite qu'à gauche.

Les différences relatives moyenne et maximale sont globalement plus élevées pour les muscles les plus légers. Ainsi, les dix muscles les plus légers (en grisé sur le tableau V) diffèrent tous d'un côté à l'autre de plus de 6 % (à l'exception du muscle poplité), alors que les différences des quinze muscles les plus lourds sont toutes inférieures à cette valeur (sauf pour SEMMCR et SEMMCD, les parties crâniale et caudale du muscle semi-membraneux).

Il est à noter que lorsqu'on considère SEMMCR et SEMMCD comme un seul élément musculaire et que l'on calcule l'asymétrie relative de cet élément ($DR_{SEMMCR+SEMMCD}$), la valeur moyenne obtenue est de 4,5 % contre 8,7 et 11,0 % pour respectivement SEMMCR et SEMMCD pris isolément. Ceci serait en faveur d'une cer-

Muscles	Différence relative moyenne	Ecart-type	Différence relative maximale	Masse relative (%)
JUMEAU	7,8	10,2	41,9	0,24
ABDUCT	11,6	12,3	42,6	0,27
FESSUR	15,9	19,1	94,4	0,44
POPLIT	5,9	5,8	21,5	0,65
CARREF	8,0	7,6	34,0	0,77
PIRIFO	9,7	7,3	36,9	0,77
PECTIN	7,7	10,0	46,9	0,78
ADDEPTI	12,0	12,6	51,3	0,78
FESPRO	6,3	4,7	20,4	1,04
SARTCD	9,4	8,7	36,6	1,07
OBTINT	7,3	6,6	25,5	1,14
OBTEXT	4,6	4,6	23,9	1,19
EXTDOI	4,8	5,7	29,1	1,45
FESSUD	7,6	9,8	59,6	1,53
GASTME	4,7	4,3	22,2	2,14
TENSEU	6,0	4,9	23,1	2,48
SARCRA	5,7	3,1	13,8	2,88
ILIOFS	6,0	6,4	38,2	3,29
SEMMCD	11,0	11,0	55,2	3,83
GRACIL	4,6	3,8	18,3	4,47
DRCUIS	4,4	4,6	22,8	4,50
GASTLA	4,1	4,6	21,4	4,84
VASTME	3,3	3,3	11,9	5,00
SEMTEEN	5,1	3,9	16,7	5,43
SEMMCR	8,7	6,5	31,2	5,62
FESMOY	5,7	4,2	17,9	7,21
VASTLA	4,6	3,5	18,7	9,44
ADDMAG	3,8	3,4	11,7	11,99
BICEPS	3,9	3,4	14,9	14,76

TABLEAU V. — Asymétrie (en %) de la masse des muscles de la région proximale du membre pelvien.
[Valeur moyenne, écart-type et valeur maximale de $|DR_{MUSCLE}|$.
Les muscles sont classés dans l'ordre croissant de leur masse].

taine compensation des différences entre côtés au sein de cet ensemble musculaire.

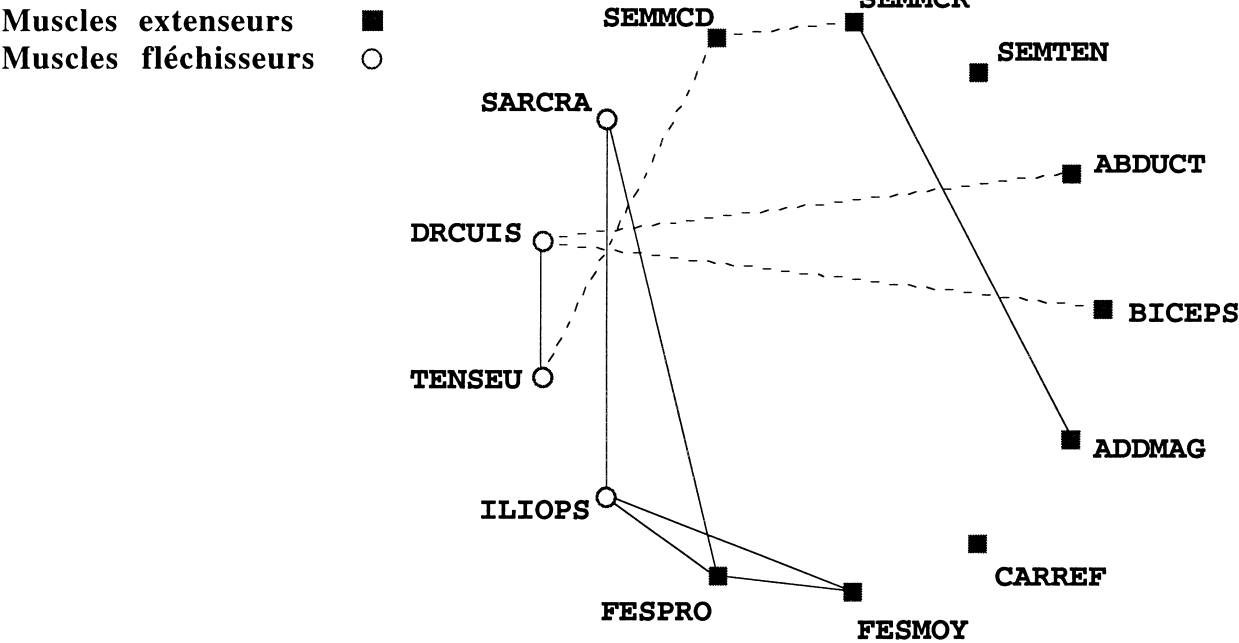
Ce phénomène de compensation des différences ne se limite pas à ces deux groupes musculaires.

Si un muscle est nettement plus léger d'un côté, on peut s'attendre à ce que d'autres groupes musculaires ipsilatéraux soient, au contraire, plus lourds, étant donnée que la différence de la masse de la musculature totale est faible. C'est ce que nous appellerons la *compensation musculaire*. Pour étudier ce phénomène, nous avons tout d'abord calculé les corrélations entre les valeurs algébriques des différences relatives (DR_{MUSCLE}). Seules 72 corrélations sont significatives sur les 406 calculées (limite de signification au seuil de 5 % $\approx 0,3$). Elles sont toutes inférieures en valeur absolue à 0,65. Sur ces 72 indices de corrélation, seuls 5 sont négatifs. Cela ne veut pas dire pour autant que le phénomène de compensation musculaire n'existe pas. Plus d'un quart des 406 corréla-

tions calculées ont des valeurs négatives mais sont pour la plupart situées sous la limite de signification. Au regard des indices de corrélation précédents, il ressort que le phénomène le plus marquant n'est pas la compensation musculaire mais plutôt une certaine concordance musculaire. En effet, la plupart des indices de corrélation sont positifs, signe que les couples musculaires corrélés ont des asymétries similaires qui s'ajoutent plus qu'elles ne se compensent : il y a donc concordance des asymétries musculaires.

Mais un autre résultat vient nuancer cette hypothèse. En effet, l'asymétrie relative de la musculature totale est corrélée positivement avec l'asymétrie relative de 16 des 29 muscles étudiés dont 9 des 10 plus lourds ($0,30 < r < 0,77$). La concordance précédente traduit simplement l'augmentation globale de la masse de chacun des muscles en faveur du côté dont la musculature totale est la plus développée. L'asymétrie d'un muscle donné peut ainsi se résoudre en deux composantes,

- a -



- b -

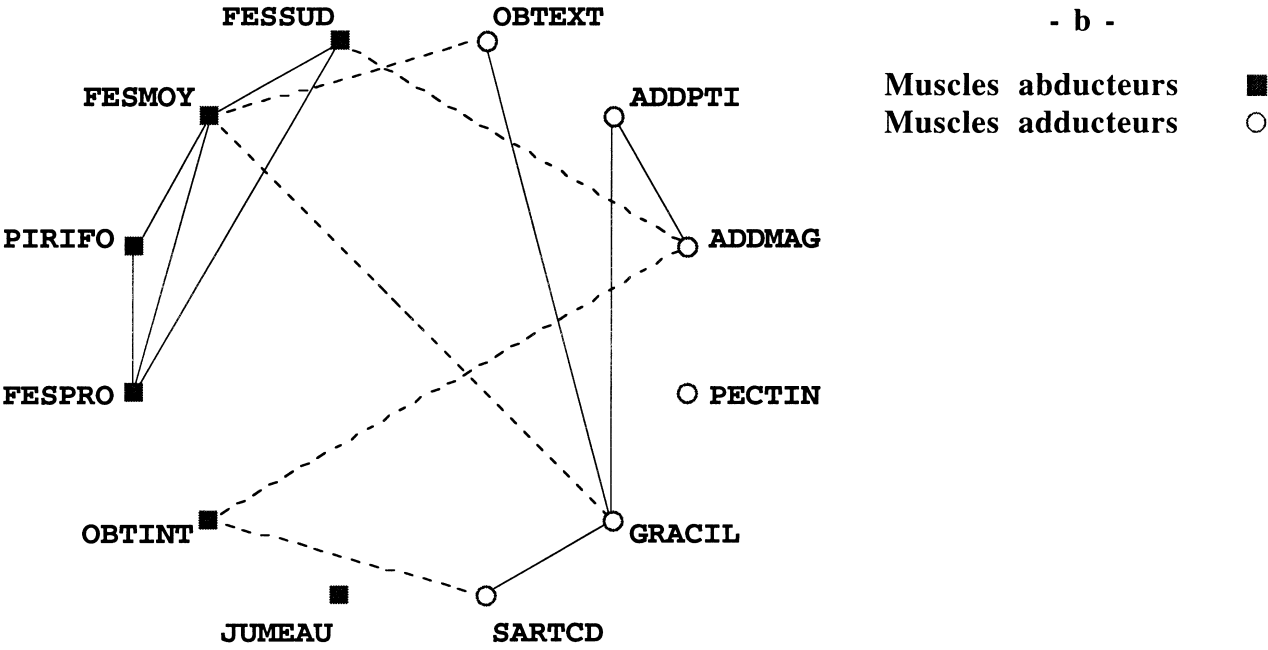


FIGURE 3 (a et b). — Corrélations des asymétries musculaires (CI_{MUSCLE}).
Muscles mobilisateurs de l'articulation coxo-fémorale.
(Trait continu : corrélation positive ; trait pointillé : corrélation négative).

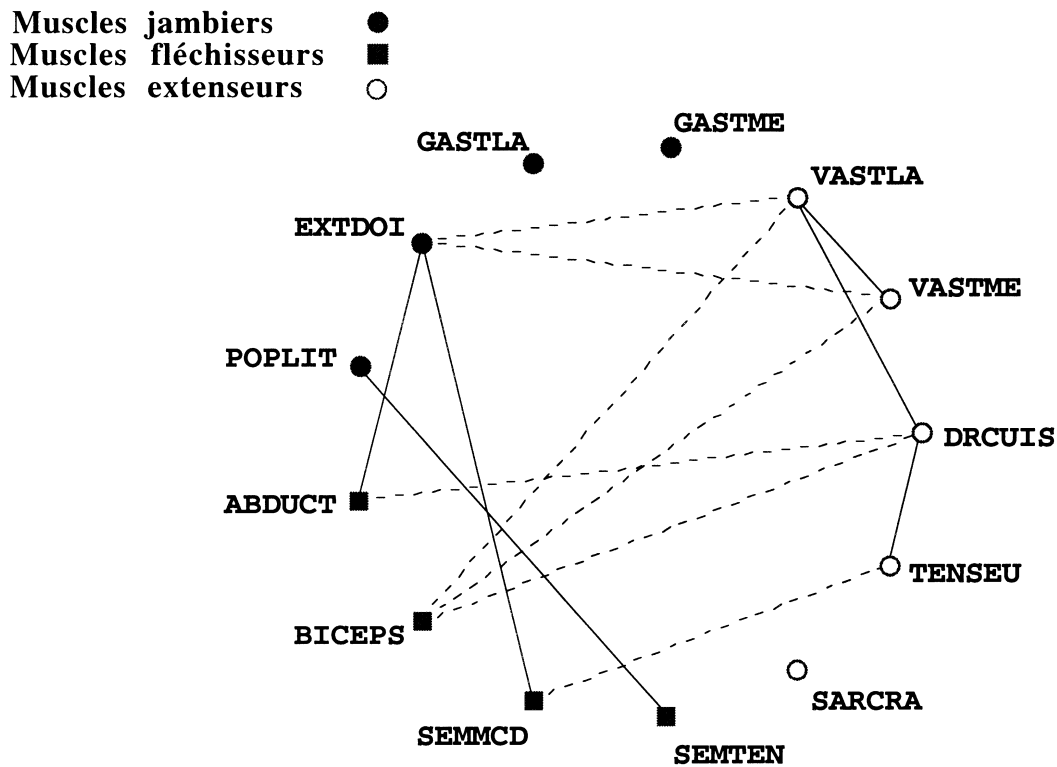


FIGURE 4. — Corrélations des asymétries musculaires (CI_{MUSCLE}).
 Muscles mobilisateurs de l'articulation fémoro-tibio-patellaire.
 (Trait continu : corrélation positive ; trait pointillé : corrélation négative).

une composante individuelle et une composante liée à l'asymétrie de la masse musculaire totale.

Afin d'aller plus loin dans l'interprétation de l'asymétrie musculaire, les relations entre les composantes individuelles de l'asymétrie relatives des différents muscles a été étudiée. Cette composante a été calculée en soustrayant à l'asymétrie relative d'un muscle donné, l'asymétrie relative de la masse musculaire totale ($CI_{MUSCLE} = DR_{MUSCLE} - DR_{MMT}$). 42 des 406 corrélations entre ces composantes individuelles sont significatives au seuil de 5 %. En valeur absolue, elles sont toutes inférieures à 0,63. 14 d'entre elles sont négatives, 28 positives. Parmi ces 28 corrélations, 25 se rapportent à des couples dont les asymétries relatives étaient elles-mêmes corrélées positivement.

D'un point de vue fonctionnel, 30 des 42 corrélations mettent en jeu des couples d'agonistes ($n = 16$), ou des couples agoniste-antagoniste ($n = 14$). Les 12 autres corrélations font intervenir des muscles appartenant à des régions anatomiques différentes ; 9 d'entre-elles mettent en jeu un muscle de la jambe. Parmi les 16 couples d'agonistes, seul le couple formé des deux parties du muscle semi-membraneux est corrélé négativement. A l'inverse, parmi les 14 couples d'antagonistes, seuls 4 sont corrélés positivement. Ces derniers couples sont formés par des muscles fessiers d'une part unis aux muscles iliopsoas et sartorius (portion crâniale) d'autre part.

Pour illustrer cet aspect fonctionnel, la figure 3 donne les liaisons significatives entre les muscles mobilisant l'articulation coxo-fémorale et la figure 4 donne celles entre les muscles mobilisant l'articulation fémoro-tibio-patellaire.

Ces figures schématisent les corrélations positives par un trait continu, les corrélations négatives par un trait pointillé.

En ce qui concerne les muscles extenseurs et fléchisseurs de l'articulation coxo-fémorale (figure 3a), les liaisons entre muscles semblent régies plus par des critères topographiques que fonctionnels. En effet, les corrélations positives sont retrouvées soit entre muscles s'insérant sur l'ilium, soit entre muscles s'insérant sur le reste du coxal. Les corrélations négatives opposent ces deux groupes musculaires. Dans le cas de l'abduction-adduction (figure 3b), les abducteurs sont corrélés positivement entre eux, tout comme les adducteurs, mais les couples abducteurs-adducteurs sont corrélés négativement. En d'autres termes, si l'on trouve d'un côté un abducteur nettement plus gros que son homologue controlatéral, il y a de grandes chances pour que les autres abducteurs soient également plus massifs de ce côté et que les adducteurs ipsilatéraux soient, eux, plus petits que leurs homologues controlatéraux.

En ce qui concerne l'articulation fémoro-tibio-patellaire (figure 4), toutes les corrélations reliant entre elles les asymétries des muscles jambiers et fléchisseurs de la jambe d'une part et les asymétries des muscles extenseurs de la jambe d'autre part sont positives. Ces deux groupes musculaires sont en revanche corrélés négativement.

On peut donc conclure des résultats précédents que l'asymétrie d'un muscle donné est la conjugaison d'une augmentation globale de la masse des muscles en faveur d'un côté (concordance globale) et de phénomène de compensation et de concordance à l'échelle du muscle faisant intervenir des critères fonctionnels et topographiques.

Mesure	Différence relative moyenne	Ecart-type	Différence relative maximale
GL	4	4	13
Bp	9	9	46
Dp	8	8	30
Bd	8	10	37
Dd	10	9	35
Dm	12	11	45
Bm	12	13	60

TABLEAU VI. — Asymétrie (en %) des variables fémorales.
[Valeur moyenne, écart-type et valeur maximale de $|DR_{OS}|$].

L'asymétrie relative (DR_V) varie-t-elle en fonction des paramètres de race, de sexe, d'âge ou de masse corporelle ?

Il n'y a pas de différence significative de l'asymétrie moyenne d'un sexe à l'autre pour tous les muscles étudiés. Il existe, en revanche, une différence significative pour quelques-uns de ces muscles, selon la race considérée (muscles gracile, piriforme et tenseur du fascia lata), et selon la catégorie d'âge (muscles extenseur commun des doigts et court adducteur). Enfin, l'augmentation de la masse corporelle ne semble liée qu'avec quelques asymétries musculaires (masse des muscles droits de la cuisse et court adducteur supérieure du côté droit, masse du muscle semi-tendineux supérieure du côté gauche). Ces différences, portant sur moins de 5 % des tests réalisés, sont considérées comme liées à des erreurs de type 1.

B) ASYMÉTRIE OSSEUSE

Lorsque l'on s'intéresse uniquement à la longueur du fémur, 6 chiens paraissent symétriques au regard des méthodes de mesure utilisées. 15 possèdent un fémur droit

plus long, 23 présentent la particularité inverse. Au seuil de 5 %, cette répartition entre «droitiers» et «gauchers» ne diffère pas d'une répartition au hasard.

Nous présentons dans le tableau VI à la fois la différence relative moyenne des variables en valeur absolue (DR_V , V étant la variable), l'écart-type associé et la différence relative maximale. L'écart-type est, comme pour les muscles, du même ordre de grandeur que la moyenne auquel il se rapporte.

La variation bilatérale de la longueur du fémur est entre 2 et 3 fois plus faible que celle sur les autres mesures.

L'asymétrie est maximale pour les mesures effectuées à mi-diaphyse (Dm et Bm) : 1,2 %.

Les asymétries des différentes variables osseuses sont mal corrélées entre-elles. Seuls les couples (Bd-Bm, Dd-Bp) sont liés positivement de façon significative, l'indice de corrélation étant cependant toujours inférieur à 0,4.

Les différences relatives sont nettement inférieures à celles trouvées pour les muscles (8 fois inférieures en moyenne). La

Répartition des individus en fonction					
du côté pour lequel GL est maximal					
		Equilibré	Droit	Gauche	Total
Répartition des individus	Equilibré	1	2	3	6
en fonction du côté pour	Droit	3	8	9	20
lequel MMT est maximale	Gauche	2	5	11	18
Total		6	15	23	44

TABLEAU VII. — Répartition des individus en fonction du côté pour lequel la longueur du fémur (GL) et la masse musculaire totale des muscles qui mobilisent cet os (MMT) sont maximales.

différence de dimension entre variables linéaires et variables pondérales ne suffit pas à expliquer cet écart. En effet, la masse étant proportionnelle au cube d'une variable linéaire, la différence relative de la masse des muscles devrait être environ 3 fois supérieure à celle portant sur les mesures linéaires. En multipliant par trois les différences relatives du tableau VI, on obtient des valeurs toujours inférieures à celles trouvées pour les muscles. Les valeurs obtenues sont toutefois du même ordre que la différence relative moyenne portant sur l'ensemble de la musculature mobilisant le fémur (MMT). La musculature totale de l'os semblent donc soumis aux mêmes contraintes de symétrie.

L'influence des paramètres de race, de sexe, d'âge et de masse corporelle sur l'asymétrie osseuse est faible. L'asymétrie est toutefois significativement différente pour la largeur de la diaphyse Bm en fonction de l'âge et pour GL en fonction du sexe.

C) COMPARAISON DES ASYMÉTRIES OSSEUSES ET MUSCULAIRES

Lorsque l'on s'intéresse à la distribution des chiens en fonction du côté pour lequel la longueur de leur fémur et la masse musculaire totale (MMT) sont maximaux, (cf. tableau VII) le test du χ^2 réalisé montre que, au seuil de 5 %, ces deux distributions peuvent être considérées comme indépendantes. Cette conclusion reste vraie d'ailleurs, quelle que soit la variable osseuse utilisée dans cette comparaison. Nous avons cependant essayé de mettre en évidence une relation unissant l'asymétrie osseuse et l'asymétrie musculaire. Pour cela nous avons, d'un côté à l'autre, calculé les corrélations entre différences relatives des mesures osseuses et des mesures musculaires (variables musculaires et masse totale des muscles MMT). Ces variables sont très mal corrélées (seulement 9 des 203 indices de corrélation, soit 4 %, sont significatifs au seuil de 5 %) et varient indépendamment (vérification graphique) les unes relativement aux autres.

Ainsi, un chien présentant une faible variation de masse musculaire d'un côté à l'autre, pourra posséder des fémurs très dissymétriques et inversement. De plus, le côté le plus développé sur le plan osseux n'est pas forcément le plus développé sur le plan musculaire.

L'asymétrie osseuse et l'asymétrie musculaire de l'animal sain apparaissent donc indépendantes.

3. Discussion

A) PRÉDOMINANCE ET ASYMÉTRIE FONCTIONNELLES

1) Asymétrie et latéralité

Sans une connaissance préalable des comportements locomoteurs des animaux disséqués, il est difficile d'étudier de façon complète l'asymétrie osseuse et musculaire des membres pelviens des chiens. Nous avons cependant imaginé d'étudier la latéralité grâce à des critères classiquement considérés, par le profane autant que par le scientifique, comme en signant l'existence. Chez l'Homme, le bras prédo-

minant est statistiquement situé du côté droit (10 à 30 % des gens sont gauchers, et seulement 6 à 8 % le sont dans toutes leurs activités manuelles) ; ce bras possède de plus un humérus plus long et une musculature plus développée. On peut imaginer chez le Chien qu'il existe de même un côté, droit ou gauche, plus volontiers dévolu à certaines activités. On peut alors supposer qu'il existe une plus forte proportion d'animaux droitiers ou gauchers pour le membre considéré, le côté devenant ainsi par lui-même un critère de latéralité. De même on peut imaginer que certaines asymétries morphologiques — fémur plus long ou musculature associée à cet os plus développée — soient des critères permettant de définir le côté fonctionnellement prédominant.

Il ne semble pas qu'un de ces critères soit meilleur que les autres. Au contraire, on peut multiplier les critères morphologiques (côté où l'épaisseur de la diaphyse fémorale, ou tout autre variable osseuse, est plus importante) : la répartition des individus entre les classes sera à chaque fois nouvelle. Les paramètres retenus semblent être dans tous les cas indépendants.

Ces critères peuvent-ils être associés à des latéralités à chaque fois distinctes ?

Chez l'Homme, le côté prépondérant lors d'activités mécaniques asymétriques diverses n'est pas toujours le même. Un droitier peut ainsi avoir l'œil gauche comme œil directeur ou le pied gauche comme pied d'appel. Il ne semble pas y avoir de corrélation nette entre ces divers types de latéralité. Chez le Chien, autant qu'on peut en juger à partir des résultats présentés par BUDSBERG *et al.* [16], la répartition de la masse, lors de la marche, semble aussi équitable entre diagonales qu'entre côtés. Le membre qui supporte le plus de poids est aussi souvent situé du côté droit que du côté gauche, au seuil de 5 %, pour chacun des deux bipèdes. L'asymétrie fonctionnelle du bipède thoracique est indépendante de celle du bipède pelvien.

Il paraît peu probable cependant que l'asymétrie dans la longueur du fémur d'une part ou dans la masse de la musculature pelvienne d'autre part correspondent à deux asymétries corticales ou deux latéralités distinctes. Un paramètre de symétrie, au plus, possède peut-être une signification fonctionnelle. Etant donné que la répartition des individus entre les classes des paramètres de symétrie ne diffère pas d'une répartition au hasard, il est même probable qu'aucune des asymétries relevées ne soit la conséquence d'une latéralité [4].

Pour aller plus avant dans ce domaine, il faudrait pouvoir évaluer les éventuelles prédominances fonctionnelles, sur l'animal vivant bien sûr, avant de réaliser l'étude musculaire et osseuse.

2) Asymétrie morphologique et asymétrie fonctionnelle

Une asymétrie fonctionnelle peut exister lors d'allures symétriques en dehors de toute latéralité. Chez l'animal sain, cette asymétrie n'est pas alors secondaire à une prédominance fonctionnelle mais découle simplement d'une certaine variabilité morphologique. Cependant, il existe vraisemblablement des contraintes importantes qui limitent l'asymétrie. En effet, la nécessité d'une symétrie morphologique pour un

mammifère carnassier de type coureur comme le Chien paraît évidente. Cette symétrie permet par exemple à l'animal de changer de trajectoire avec la même rapidité quelle que soit la nouvelle direction choisie, ou de soutenir pendant une longue période avec la même efficacité une allure symétrique telle que le trot.

Il faut faire cependant la distinction entre asymétrie dans la locomotion et asymétrie morphologique. En effet la plupart des études biomécaniques ne mettent pas en évidence d'asymétrie hormis peut-être pour des mouvements latéraux accessoires [13, 16] alors qu'il est probable que quelques-uns des chiens utilisés dans ces expérimentations présentaient également une asymétrie globale.

Dans ce contexte, l'asymétrie ne se présente plus comme un phénomène gênant qui nuit au bon déroulement de l'activité motrice, mais au contraire apparaît comme une parade développée pour tempérer les effets d'une asymétrie existant en amont et ainsi rétablir l'efficacité motrice.

B) ASYMÉTRIE DES VARIABLES

Abandonnons maintenant l'asymétrie fonctionnelle pour revenir à l'asymétrie bilatérale des variables osseuses ou musculaires.

1) Asymétrie et variabilité

Lorsqu'on atténue la part relevant du fait qu'il s'agisse de dimensions d'ordres différents, les asymétries de la masse musculaire totale (MMT) et des variables osseuses sont voisines. La variabilité de l'asymétrie des muscles pris individuellement reste toutefois supérieure.

La variabilité semble ne dépendre d'aucun des paramètres retenus dans cette étude (race, sexe, âge et masse corporelle). Il aurait pourtant été envisageable que l'asymétrie puisse être influencée dans son expression par l'appartenance à une race ou un sexe donné. Il existe en effet des différences dans le degré de latéralisation chez la Souris pour ces deux paramètres [5, 17]. De même, l'asymétrie aurait pu s'exprimer à des degrés divers selon l'âge ou la masse corporelle. Au vu de nos résultats, il n'en est vraisemblablement rien. En revanche l'asymétrie relative (DR) est, globalement, d'autant plus importante qu'elle se rapporte à une variable, musculaire ou osseuse, de petite taille.

Enfin, il ne semble pas exister, pour un individu donné, de lien entre l'asymétrie bilatérale des variables osseuses et celles des variables musculaires. Cependant, l'asymétrie osseuse mise en évidence dans ce travail est une asymétrie dans la forme globale du fémur. Elle ne prend pas en compte les modifications fines de la morphologie de cet os (angle d'antéversion, angle d'inclinaison, position relative et taille des reliefs d'insertions des groupes musculaires antagonistes...). Ce qui explique probablement l'apparente dissociation des asymétries osseuse et musculaire.

2) Asymétrie osseuse

Il existe vraisemblablement des contraintes imposant aux structures osseuses une certaine symétrie. Il semble que les contraintes pesant sur la longueur du fémur soient supé-

rieures à celles des autres variables fémorales. Un déséquilibre dans la longueur des fémurs, même s'il est partiellement compensé par la modification des angles articulaires, a des répercussions néfastes sur la locomotion, alors que les autres asymétries osseuses peuvent être plus facilement compensées sur le plan fonctionnel par un développement musculaire adéquat. On comprend dès lors que l'asymétrie relative de la longueur du fémur soit inférieure à celle des autres mesures osseuses.

Le fait que l'asymétrie des mesures de la diaphyse soit en moyenne plus élevée que celle des autres variables fémorales s'explique là encore certainement en termes de contrainte fonctionnelle. La diaphyse ne sert principalement qu'à transmettre des forces et si sa forme générale a une certaine importance [18], les variations potentielles de son contour externe sont certainement assez nombreuses compensées qu'elles sont, d'un point de vue fonctionnel, par celles de son contour interne.

3) Asymétrie musculaire globale

Quelles peuvent être les raisons de l'asymétrie musculaire globale c'est-à-dire portant sur l'ensemble de la musculature étudiée ? Cette asymétrie n'est pas la résultante d'asymétries musculaires individuelles variant de façon aléatoire. Elle n'est donc pas le reflet d'une certaine variabilité musculaire. L'asymétrie globale s'accompagne au contraire d'un phénomène de concordance musculaire, c'est-à-dire du fait que l'ensemble des muscles présentent des asymétries en faveur du même côté. La contrainte qui impose à l'asymétrie des différents muscles de varier dans le même sens ne s'explique guère en dehors d'un contexte fonctionnel. Il est donc logique de penser que l'asymétrie globale est elle-même soumise à des contraintes fonctionnelles.

L'asymétrie globale résulte peut-être de la répartition préférentielle des tâches entre les membres lors d'activités asymétriques : le membre pelvien le plus musclé ayant à subir dans ces mouvements les contraintes mécaniques les plus élevées. Elle peut aussi être la résultante d'une autre asymétrie touchant le squelette et notamment le bassin osseux. Les travaux d'ARNOCZKY et TORZILLI ont montré qu'un faible décalage latéral du fémur entraînait la nécessité d'augmenter considérablement les forces mises en jeu pour maintenir une bonne coaptation de l'articulation coxo-fémorale et donc l'obligation d'une masse musculaire accrue [2].

4) Asymétrie musculaire à l'échelle du muscle : compensation versus concordance

Lorsque l'on fait abstraction de la part de l'asymétrie musculaire qui revient à l'asymétrie globale, c'est-à-dire lorsque l'on s'intéresse uniquement à la composante individuelle de l'asymétrie musculaire (CI_{MUSCLE}), deux phénomènes semblent intervenir de façon concomitante : la compensation musculaire d'une part, la concordance musculaire d'autre part. Ces deux phénomènes répondent là encore à des contraintes fonctionnelles. En effet, pour une articulation donnée, la concordance n'existe pratiquement qu'entre couples d'agonistes, et la compensation qu'entre couples d'agoniste-antagoniste. Sans autre donnée biomécanique,

I - MUSCLES DE LA REGION LOMBO-ILIAQUE

- m. grand psoas (*m. psoas major*) } m. iliopsoas (*m. iliopsoas*) **ILIOPS** (25)
- m. iliaque (*m. iliacus*) }

II - MUSCLES DU BASSIN

A. Muscles fessiers

- m. fessier superficiel (*m. gluteus superficialis*)
- | | |
|-----------------|-------------------|
| partie crâniale | FESSUR (8) |
| partie caudale | FESSUD (7) |
- m. fessier moyen (*m. gluteus medius*) }
- m. fessier accessoire (*m. gluteus accessorius*) } **FESMOY** (11)
- m. fessier profond (*m. gluteus profundus*) **FESPRO** (13)

B. Muscles pelviens profonds

- m. piriforme (*m. piriformis*) **PIRIFO** (12)
- m. obturateur interne (*m. obturatorius internus*) **OBTINT** (23)
- m. jumeaux (*mm. gemelli*) **JUMEAU** (23)
- m. obturateur externe (*m. obturatorius externus*) **OBTEXT** (22)
- m. carré fémoral (*m. quadratus femoris*) **CARREF** (21)

II - MUSCLES DE LA CUISSE

A. Région fémorale crâniale

- m. tenseur du fascia lata (*m. tensor fasciae latae*) **TENSEU** (10)
- m. quadriceps fémoral (*m. quadriceps femoris*)
- | | |
|---|----------------------|
| m. droit de la cuisse (<i>m. rectus femoris</i>) | DRCUIS (14) |
| m. vaste latéral (<i>m. vastus lateralis</i>) | } VASTLA (15) |
| m. vaste intermédiaire (<i>m. vastus intermedius</i>) | |
| m. vaste médial (<i>m. vastus medialis</i>) | VASTME (24) |

B. Région fémorale caudale

- m. biceps fémoral (*m. biceps femoris*) **BICEPS** (1)
 - m. abducteur caudal de la jambe (*m. abductor cruris caudalis*) **ABDUCT** (1)
 - m. semi-tendineux (*m. semi-tendinosus*) **SEMTEN** (2)
 - m. semi-membraneux (*m. semi-membranosus*)
- | | |
|-----------------|-------------------|
| partie crâniale | SEMMCR (6) |
| partie caudale | SEMMCD (5) |

C. Région fémorale médiale

- m. sartorius (*m. sartorius*)
- | | |
|---|--------------------|
| partie crâniale (<i>pars cranialis</i>) | SARCRA (9) |
| partie caudale (<i>pars caudalis</i>) | SARTCD (17) |
- m. gracile (*m. gracilis*) **GRACIL** (16)
 - m. pectiné (*m. pectineus*) **PECTIN** (20)
 - m. grand adducteur (*m. adductor magnus*) **ADDMAG** (18)
 - m. court adducteur (*m. adductor brevis*) **ADDPTI** (19)

IV - MUSCLES DE LA JAMBE**A. Muscles jambiers crâniaux**

- m. long extenseur des orteils (*m. extensor digitorum longus*) **EXTDOI** (26)

B. Muscles jambiers caudaux

- m. gastrocnémien (*m. gastrocnemius*)
- | | |
|--|---------------------|
| chef médial (<i>caput mediale</i>) | GASTME (4) |
| chef latéral (<i>caput laterale</i>) | } GASTLA (3) |
- m. fléchisseur superficiel des doigts (*m. flexor digitorum superficialis*)
 - m. poplité (*m. popliteus*) **POPLIT** (27)

ANNEXE I (suite). — Liste des muscles disséqués, nomenclature et abréviations.
(L'ordre de dissection est donné entre parenthèses).

l'explication fait place à la conjecture. Ainsi pour les muscles mobilisant l'articulation coxo-fémorale, une première hypothèse pourrait faire intervenir des morphologies osseuses asymétriques. Une asymétrie dans l'angle d'inclinaison et d'antéversion pourrait entraîner ce type de conséquences [2]. Une autre hypothèse pourrait être une asymétrie locomotrice : l'animal qui avance « en crabe » utilise, du côté tourné vers l'avant, ses abducteurs pour étendre le fémur crânialement, alors que du côté opposé ce sont les adducteurs qui s'allient aux extenseurs du fémur.

Compensation et concordance musculaires sont d'ailleurs ici très difficiles à évaluer au moins pour deux raisons. Tout d'abord parce que notre méthode d'évaluation de ces phénomènes, fondée sur l'étude des masses et non sur celle des forces musculaires, est forcément biaisée. D'autre part du fait que le rôle exact des muscles n'est pas facile à établir surtout pour ceux dont l'insertion est large : quels sont les muscles réellement mis en jeu lors du mouvement et pour ceux qui le sont, quelle est la région de leur corps charnu réellement activée ?

D'ailleurs pour tenir compte du rôle complexe des muscles précédents, PEDERSEN *et al.* ont préconisé de les subdiviser en portions possédant des fonctions plus simples [11]. Cependant, définir des portions musculaires homologues d'un côté à l'autre, ou entre individus, relève de la gageure, ce qui rend illusoire ici l'utilisation d'une telle méthode.

La part de l'asymétrie musculaire ou de l'asymétrie osseuse qui peut être attribuée au hasard est difficile à appréhender. Il semble cependant que le déterminisme de cette asymétrie repose avant tout, directement ou non, sur les lois de la biomécanique. Cela paraît ici surtout très net pour l'asymétrie musculaire ou l'asymétrie osseuse lorsqu'elles sont considérées indépendamment. Quand on connaît les interrelations existant entre muscles et os, on peut s'étonner de l'absence apparente de lien entre ces deux asymétries. Il existe probablement entre elles des relations plus complexes que de nouvelles méthodes d'approches permettraient de mettre en évidence (cinématographie, électromyographie...). Ces méthodes d'investigation couplées à l'étude de la prédominance fonctionnelle aideraient sans aucun doute à interpréter certaines asymétries morphologiques relevées.

Références bibliographiques

1. — ABDALLAH O.Y., MAHALLAWI M. et LATIF M.G.A. : Anatomical and joint dissection studies of tissue weight distribution in buffalo bulls and cows. Part I : distribution of muscle and bone. *Meat. Sci.*, 1982, **7**, 117-129.
2. — ARNOCZKY S.P. et TORZILLI P.A. : Biomechanical analysis of forces acting about the canine hip. *Am. J. Vet. Res.*, 1981, **42** (9), 1581-1585.
3. — BARONE R. : Anatomie comparée des mammifères domestiques. I - Ostéologie, Vigot Frères Editeurs, Paris, 1976.
4. — BETTI E. : Etude morphométrique du fémur du Chien. Variation en fonction des paramètres signalétiques de l'animal. Thèse de Doctorat du Museum National d'Histoire Naturelle, Anatomie comparée, Paris, 1997.
5. — BIDDLE F.G., COFFARO C.M., ZIEHR J.E. et EALES B.A. : Genetic variation in paw preference (handedness) in mouse. *Genome*, 1993, **36**, 935-943.
6. — BUDSBERG S.C., VERSTRAETE M.C. et SOUTAS-LITTLE R.W. : Force plate analysis of the walking gait in healthy dogs. *Am. J. Vet. Res.*, 1987, **48** (6), 915-918.
7. — DRIESCH A. (von den) et BOESSNECK J. : Kritische Anmerkungen zur Wilderristhöhenberechnung aus Längenmassen vor- und frühgeschichtlicher Tierknochen. *Säugetierekd. Mitt.*, 1974, **22**, 325-348.
8. — GETTY R. : The anatomy of the domestic animals. Sisson and Grossman's. Saunders W.B. Company, Philadelphia, London, Toronto, 1975.
9. — KINCAID S.A., RUMPH P.F., GARRETT P.D., BEARD D.K., KAMMERMAN J.R. et VISCO D.M. : Morphology of the *musculus articularis genus* in dog with description of ectopic muscle spindles. *Anat. Histol. Embryol.*, 1996, **25**, 113-116.
10. — PARCHER J.W. et WILLIAMS J.R. : Skeletal system. B-Ossification. In : A.C. ANDERSEN (éd.) : The Beagle as an experimental dog. Ames, (Iowa), Iowa State University Press, 1970, 158-161.
11. — PEDERSEN D.R., FEINBERG J.H. et BRAND R.A. : A model to predict canine pelvic limb musculoskeletal geometry. *Acta Anat. Basel*, 1991, **40** (2), 139-145.
12. — RENOUS S. : Locomotion, 252 pages, Dunod, Paris, 1994.
13. — RUMPH P.F., LANDER J.E., KINCAID S.A., BAIRD D.K., KAMMERMAN J.R. et VISCO D.M. : Ground reaction force profiles from force platform gait analyses of clinically normal mesomorphic dogs at the trot. *Am. J. Vet. Res.*, 1994, **55** (6), 756-761.
14. — SARNAT H.B. et NETSKY M.G. : Evolution of the nervous system, 504 pages, Oxford University Press, New York, Oxford, 1981.
15. — SCOTT J.H. : Muscle growth and function in relation to skeletal morphology. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1957, **15**, 197-234.
16. — SHAEFER S.L., DECAMP C.E., HAUPTMAN J.G. et WALTON A. : Kinematic gait analysis of hind limb symmetry in dogs at the trot. *Am. J. Vet. Res.*, 1998, **59** (6), 680-685.
17. — SIGNORE P., CHAOUI M., NOSTEN-BERTRAND M., PEREZ-DIAZ F. et MARCHALAND C. : Handedness in mice : comparison across eleven inbred strains. *Behav. Genet.*, 1991, **21** (4), 421-429.
18. — SZIVEK J.A., JOHNSON E.M. et MAGEE F.P. : *In vivo* strain analysis of the Greyhound femoral diaphysis. *J. Invest. Surg.*, 1992, **5** (2), 91-108.