

DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE HOOFD- HALSHOUDINGEN OP DE BEWEGING VAN HET PAARD

Sofie Van de Velde

Studentennummer: 01504218

Promotor: Dr. Michèle Dumoulin

Promotor: Prof. dr. Frederik Pille

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de richting diergeneeskunde

Academiejaar: 2017 – 2018

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten bieden geen enkele garantie met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de gegevens vervat in deze masterproef, noch dat de inhoud van deze masterproef geen inbreuk uitmaakt op of aanleiding kan geven tot inbreuken op de rechten van derden.

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten aanvaarden geen aansprakelijkheid of verantwoordelijkheid voor enig gebruik dat door iemand anders wordt gemaakt van de inhoud van de masterproef, noch voor enig vertrouwen dat wordt gesteld in een advies of informatie vervat in de masterproef.

VOORWOORD

Het schrijven van deze literatuurstudie was voor mij niet alleen een bijzonder leerrijke ervaring, maar ook een grote uitdaging. Persoonlijk ben ik zeer geïnteresseerd in het onderwerp van deze masterproef en ik ben dan ook heel dankbaar dat ik dit onderwerp heb gekregen om mij verder in te verdiepen.

Tijdens de opbouw van dit werk tot een samenhangend geheel kon ik steeds rekenen op de steun van verschillende personen. Ten eerste zou ik graag mijn promotor Dr. Michèle Dumoulin willen bedanken voor haar enthousiasme en begeleiding die ze mij heeft geboden tijdens het schrijven van dit werk. Daarnaast wil ik ook graag mijn ouders bedanken voor hun steun tijdens de moeilijke momenten en de grammaticale correcties.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING

INLEIDING

LITERATUURSTUDIE

1	Anatomie	7
1.1	Het asskelet	7
1.1.1	De cervicale wervelkolom	10
1.1.2	De thoracolumbaire wervelkolom.....	11
1.1.3	Het sacrum	12
1.2	De spieren.....	12
1.2.1	De spieren van de hals	13
1.2.2	De spieren van de romp.....	15
1.3	Het ligamentensysteem.....	16
1.3.1	Het ligamentum nuchae	16
1.3.2	Het ligamentum supraspinale	17
2	De natuurlijke beweging van het paard.....	18
2.1	De gangen van het paard.....	18
2.1.1	De stap	19
2.1.2	De draf	19
2.1.3	De galop	20
2.2	De normale beweging van de hals	20
2.3	De normale beweging van de thoracolumbaire wervelkolom	21
3	De verschillende hoofd-halshoudingen gebruikt bij de training van het sportpaard	22
3.1	De arbeidshouding	23
3.2	De lage hoofd-halshouding	24
3.3	Rollkür of hyperflexie.....	24
3.4	Laag, diep en rond	25
3.5	De controverse rond hyperflexie van hoofd en hals in de paardensport	26
3.5.1	Argumenten van de voorstanders.....	26
3.5.2	Argumenten van de tegenstanders.....	27
4	Beïnvloeding van de natuurlijke beweging.....	28
4.1	Het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen op de bespiering	28
4.2	De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de zenuwgeleiding.....	29
4.3	De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de beweging van de thoracolumbaire wervelkolom	29
4.4	De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op het gezichtsveld van het paard	30
4.5	De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de ademhaling en pharyngeale diameter	31
5	Effecten van rollkür op het welzijn van het paard	32
6	Discussie	37
7	Literatuurlijst	39

SAMENVATTING

Bij de opleiding van het sportpaard wordt gebruik gemaakt van verschillende hoofd-halshoudingen. Een van deze houdingen is rollkür, wat een zeer omstreden trainingstechniek is geworden binnen de dressuursport en in de media vaak in een slecht daglicht wordt gesteld. In deze literatuurstudie wordt getracht om het gebruik van deze trainingsmethode op een objectieve manier te beoordelen. Als eerste wordt de meest relevante anatomie van de hals en de rug van het paard besproken om zo een overzicht te geven van de belangrijkste structuren die een rol spelen bij de voortbeweging en bij het bekomen van de verschillende hoofd-halshoudingen die gebruikt worden bij de training van het paard. Hierbij spelen onder andere het *ligamentum nuchae* en het *ligamentum supraspinale*, alsook de bspiering van hals en rug een belangrijke rol. Verder is het ook uiterst belangrijk om een goed idee te hebben van de normale beweging van het paard alvorens verder in te gaan op de invloed die de verschillende hoofd-halshoudingen kunnen uitoefenen op deze beweging. Over de invloed die rollkür heeft op de voortbeweging van het paard bestaan echter veel verschillende en sterk uiteenlopende meningen, die al dan niet wetenschappelijk onderbouwd kunnen worden. Daarnaast worden ook andere aspecten van de verschillende hoofd-halshoudingen belicht, zoals het effect op het gezichtsveld en de ademhaling. De positie van hoofd en hals kan ook een sterk effect hebben op het welzijn van het paard. Verschillende studies hebben elk op hun eigen manier het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen op het welzijn bestudeerd. In deze literatuurstudie worden de belangrijkste studies besproken en met elkaar vergeleken.

INLEIDING

Bij de opleiding van dressuurpaarden kan gebruik gemaakt worden van verschillende trainingsmethoden. Bij elke methode is het echter van groot belang dat het welzijn van het paard te allen tijde gewaarborgd blijft. Hiervoor moeten zowel ruiter als trainer tijdens de opleiding van het jonge rijpaard rekening houden met de anatomische, fysiologische en psychologische eigenschappen van het paard. Een goede trainer is in staat om de fysieke capaciteit van het paard te verbeteren en hierbij te leren om de kwaliteiten van het paard te appreciëren en de tekortkomingen te compenseren (Denoix, 2013a). Het ultieme doel van de dressuur is namelijk het paard in een houding te brengen waarin het zijn potentieel ten volle kan benutten en hierbij ook gezond te blijven. Deze denkwijze kan reeds teruggevonden worden in een citaat uit het “heeresdienstvorschrift” uit 1912, namelijk: “De dressuur stelt zich ten doel het paard op te leiden tot zijn hoogst mogelijke prestatievermogen en het gehoorzaam te maken. Dit doel wordt alleen bereikt als het paard met behoud en bevordering van zijn natuurlijke aanleg en talenten in een vorm en houding wordt gebracht waarin het zijn krachten volledig kan ontplooien. In een dergelijke vorm en houding zal het paard ook lang opgewassen blijven tegen de inspanningen van de dienst.”

Ook de Fédération Équestre Internationale (FEI) volgt deze mening en omschrijft het doel van de dressuur als de ontwikkeling van het paard tot een gelukkige atleet bereikt door middel van een harmonieuze training. Het paard moet kalm, nageeflijk en met flexibiliteit de lichtste hulpen van zijn ruiter zonder enig verzet uitvoeren. Er wordt gestreefd naar een paard dat zich met regelmaat, rechtgericht en volledig losgelaten voortbeweegt (FEI Dressage Rules, 2018). In de richtlijnen voor dressuur, opgesteld door de FEI, wordt ook gesteld dat het hoofd van het paard in een stabiele positie en te allen tijde voor of op de loodlijn gedragen moet worden met als hoogste punt de nek. Een studie die hoofdposities tijdens een Grand Prix-wedstrijd op de Olympische Spelen in 1992 en de wereldbekerfinale in 2008 vergeleek kwam tot de conclusie dat het aantal paarden gereden achter de loodlijn significant hoger was in 2008. Ondanks de tegenstrijdigheid met de opgestelde richtlijnen werd deze manier van rijden niet bestraft door de jury maar zelfs beloond met een hogere score (Lashley et al., 2014). Recent hebben de verschillende hoofd-halshoudingen en hun effect op de biomechanica en op het welzijn van het paard meer aandacht gekregen in de paardensport en vormen ze zelfs een punt van discussie. Voornamelijk de extreme flexie van hoofd en hals, of rollkür genoemd, en het effect hiervan op het paardenlichaam zijn een sterk bekritiseerd onderwerp waarover de meningen sterk uiteenlopen (Smiet et al., 2014).

Het doel van dit werk is om het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen op de beweging en het welzijn van het paard te verduidelijken aan de hand van de meest recente literatuur.

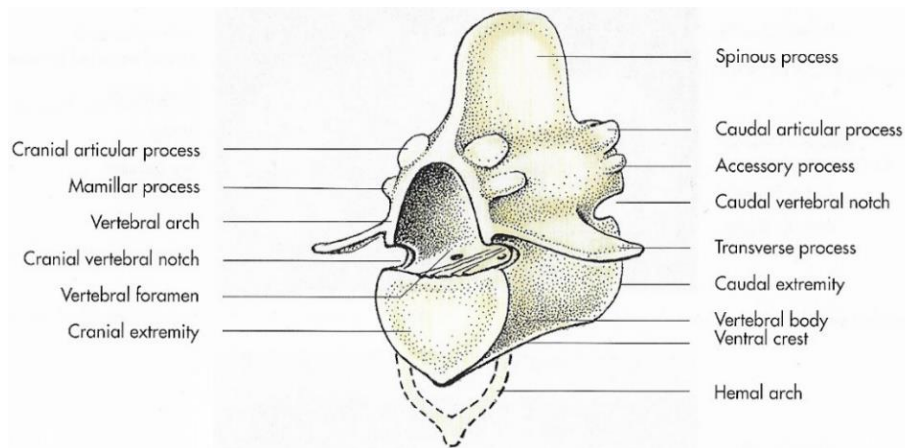
LITERATUURSTUDIE

1 Anatomie

1.1 Het asskelet

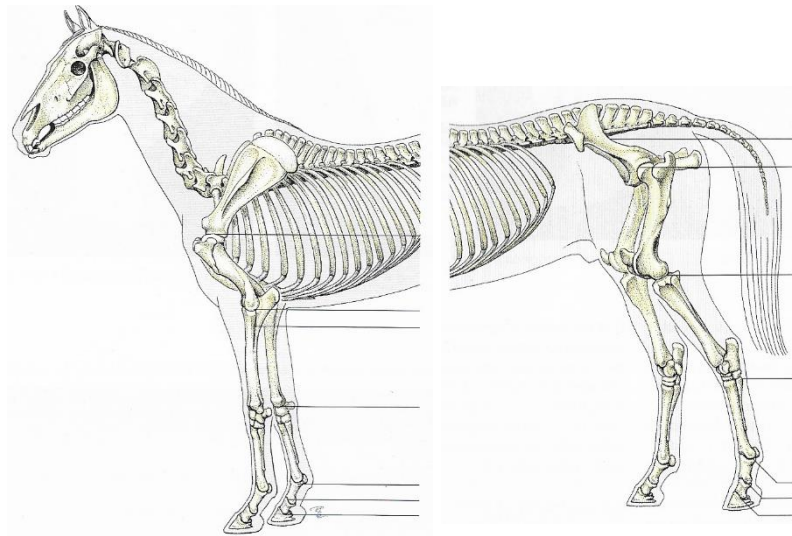
De wervelkolom is uitermate belangrijk bij het paard, met name bij het sportpaard, aangezien deze niet alleen zorgt voor de ondersteuning van het paardenlichaam, maar ook van het ruitergewicht. De wervelkolom vormt een brug tussen de voorste en achterste ledematen en speelt een essentiële rol bij de voortbeweging van het paard, aangezien dit geen rigide structuur vormt, maar een bepaalde beweeglijkheid en flexibiliteit tijdens beweging toelaat (Denoix, 2013b). In de lengteas van de wervelkolom kunnen drie verschillende krommingen waargenomen worden, namelijk een dorsale convexe kromming tussen hoofd en nek, een dorsale concave kromming tussen de cervicale en thoracale wervelkolom en een dorsale convexe kromming tussen de thoracale en lumbale wervelkolom. Op basis van lokalisatie en anatomische eigenschappen kan de wervelkolom van het paard in verschillende delen onderverdeeld worden. Zo beschikt het paard over zeven halswervels, achttien borstwervels, vijf tot zeven lendenwervels, vijf sacraalwervels die versmolten zijn tot het sacrum en vijftien tot eenentwintig staartwervels. De verschillende wervels lopen van de achterrand van de schedel tot in de punt van de staart en zijn door middel van gewrichten, ligamenten en spieren met elkaar verbonden. Anatomische verandering in een van deze structuren kan grote gevolgen hebben voor de voortbeweging van het paard (König en Liebich, 2007).

Ondanks de anatomische variatie tussen de wervels van de verschillende regio's kan er toch een overeenkomstige basisstructuur waargenomen worden (figuur 1). Iedere wervel wordt opgebouwd uit een wervellichaam, wervelboog en verschillende uitsteeksels. Het wervellichaam bevat een convexe craniale extremiteit en een concave caudale extremiteit die worden bedekt met hyalien kraakbeen. Tussen de opeenvolgende wervels is een tussenwervelschijf gelegen. Deze wordt opgebouwd door een ring van dens bindweefsel, de *annulus fibrosus*, die rond een geleachtige kern, de *nucleus pulposus*, gelegen is. De wervelboog of *arcus vertebralis* is gelegen op de dorsale zijde van het wervellichaam en vormt een holte, namelijk het *foramen vertebrale*. De vertebrale foramina van de opeenvolgende wervels vormen het vertebraal kanaal waarin het ruggenmerg gelegen is. Dit kanaal start aan het *foramen magnum* van de schedel en loopt tot het *canalis sacralis*. Naast het ruggenmerg zijn ook de meningen, bloedvaten, spinaalzenuwen en bindweefsel in dit kanaal gelegen. De diameter van het vertebraal kanaal is het grootst ter hoogte van de eerste en tweede halswervel en neemt vervolgens af over het verdere verloop van de halswervelkolom. De diameter neemt opnieuw toe in de craniale thoracale wervelkolom om vervolgens opnieuw nauwer te worden in de caudale thoracale regio. Er treedt opnieuw een verbreding op in de lumbale regio om vervolgens gradueel te verkleinen vanaf de eerste staartwervel. De basis van de wervelboog bevat zowel craniaal als caudaal een inkeping. Deze inkepingen van de opeenvolgende wervels vormen de *foramina intervertebralis* waar de spinaalzenuwen doorheen lopen. De dorsale zijden van de wervelbogen sluiten nauw op elkaar aan. Slechts op drie verschillende plaatsen is er een opening tussen deze wervelbogen, namelijk de atlanto-occipitale ruimte tussen het occiput en de eerste halswervel, de atlantoaxiale ruimte tussen de eerste en tweede halswervel en de lumbosacrale ruimte tussen de laatste lumbaalwervel en het sacrum. Deze plaatsen zijn van klinisch belang, aangezien ze gebruikt kunnen worden voor de collectie van cerebrospinaal vocht en epidurale injecties (König en Liebich, 2007).



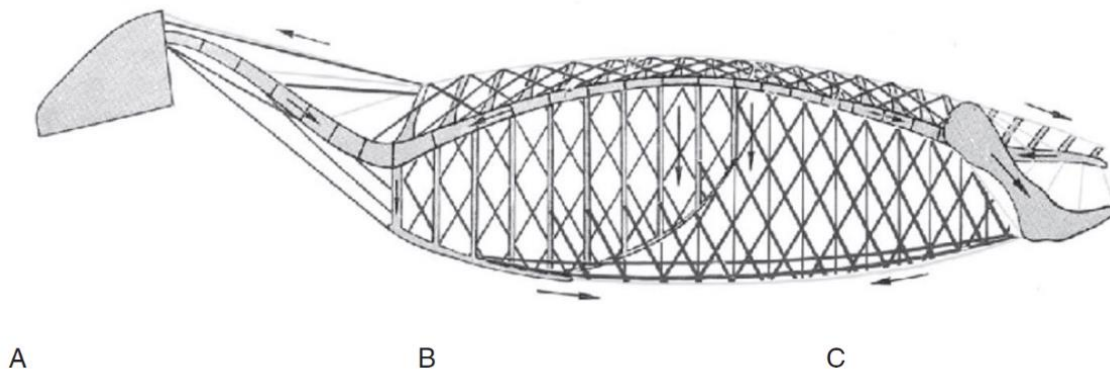
Figuur 1: schematische voorstelling van een halswervel (uit: König en Liebich, 2007).

Aangezien paarden geen sleutelbeen bezitten, is de wervelkolom ter hoogte van de voorhand niet met een beenderige verbinding verbonden met het voorbeen, maar wordt er gebruik gemaakt van een synsarcosis (Clayton, 2016). Dit is een sterke musculaire verbinding waarbij voornamelijk de *musculus serratus cervicis*, *musculus serratus thoracis* en *musculus pectoralis* een rol spelen (Denoix, 2013b). De afwezigheid van een beenderige verbinding tussen de voorste ledematen en de rest van het paardenlichaam zorgt er tevens voor dat het schouderblad beschikt over meer bewegingsvrijheid langs de thoracale wand (Clayton, 2016). De ophanging van de wervelkolom ter hoogte van de achterste ledematen gebeurt in tegenstelling tot het voorbeen wel met een beenderige verbinding, namelijk het sacro-iliacaalgewricht. Dit gewricht bezit een sterke ligamenteuze verbinding tussen het sacrum en het ventrale aspect van de iliumvleugels, waardoor er een sterke verbinding wordt gevormd met het achterbeen. Hierdoor wordt de stuwende kracht van het achterbeen, gegenereerd door de spieren en het heupgewricht, direct doorgegeven naar de rest van het lichaam (Denoix, 2013b). Wegens de rechte uitlijning van de gewrichten van de onderarm en de carpus tijdens steunname kan de constructie van het voorbeen vergeleken worden met deze van een zuil (figuur 2). Deze conformatie laat een belangrijke gewichtsdragende functie van de voorbenen toe, daar deze instaan voor de ondersteuning van 57 % tot 58 % van het lichaamsgewicht. Deze conformatie zorgt er echter ook voor dat de voorbenen minder efficiënt zijn voor het genereren van de voorwaartse stuwingskracht. Deze voorwaartse stuwingskracht wordt voornamelijk gegenereerd door de achterste ledematen die hiervoor beschikken over gebogen gewrichten die functioneren als hefboomen en bij extensie krachten kunnen genereren die nodig zijn voor deze propulsie (Clayton, 2016).



Figuur 2: links: opbouw van het skelet van het voorste lidmaat van het paard, rechts: opbouw van het skelet van het achterste lidmaat van het paard (uit: König en Liebich, 2007).

De bouw van het paardenskelet kan vergeleken worden met een brug waarbij de vier ledematen de steunpilaren vormen. Dit biomechanische model bevat echter enkele tekortkomingen, waardoor dit in de hedendaagse literatuur minder aangewend wordt. Een meer recent ontwikkeld model vergelijkt het skelet met een opgespannen boog, waarbij de boog gevormd wordt door de thoracolumbaire wervelkolom en de koord door de ventrale musculatuur, waaronder de *musculus rectus abdominis*, de *linea alba* en het sternum (figuur 3). Ook dit model bevat enkele tekortkomingen. Zo wordt er bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de flexie en extensie van de wervelkolom ter hoogte van het lumbosacrale gewricht en de rotatie van het bekken rond het coxofemorale gewricht. Ondanks deze tekortkomingen is dit model tot op heden nog steeds het meest geaccepteerde biomechanische model dat gebruikt wordt in de literatuur (van Weeren et al., 2010).



Figuur 3: voorstelling van het paardenskelet als een opgespannen boog naar het model van Slijper (1945) (uit: van Weeren et al., 2010).

1.1.1 De cervicale wervelkolom

Het hoofd (4 %) en de hals (6 %) van het paard maken samen ongeveer 10 % uit van het volledige lichaamsgewicht. Dit gewicht is ver gelegen van het massamiddelpunt van het paard, wat het aannemelijk maakt dat zowel de houding als de mobiliteit van hoofd en hals een niet te onderschatten effect uitoefenen op de rest van het paardenlichaam. De halswervelkolom wordt gevormd door zeven relatief grote halswervels (C1 tot C7 genoemd) die samen een S-vormige curve vormen. Een lage halshouding gaat hierdoor gepaard met buiging en niet met strekken van de hals. Tussen de verschillende halswervels is een niet geringe intervertebrale beweging mogelijk, waardoor de hals het meest beweeglijke deel van de wervelkolom vormt. De halswervels zijn voornamelijk aangepast aan een dorsoventrale flexie en laten minder laterale flexie of rotatie van de hals toe (Zsoldos et al., 2015).

De eerste en tweede halswervel zijn sterk aangepast om vrije beweging van het hoofd toe te laten en zijn hierdoor morfologisch gemakkelijk te onderscheiden van de andere halswervels. De atlas of eerste halswervel bevat geen wervellichaam maar bestaat uit een *arcus dorsalis* en *ventralis*. Lateraal van het wervellichaam zijn er twee atlasvleugels aanwezig die de aanhechtingsplaatsen vormen voor de dorsale en ventrale musculatuur van het hoofd en zo op- en neerwaartse beweging van het hoofd toelaten. De vrije laterale rand van de atlasvleugels is de aanhechtingsplaats voor de spieren die instaan voor de rotationele bewegingen van het hoofd. De tweede halswervel of axis bevat wel een wervellichaam die craniaal de *dens axis* vormt. Deze wervel vormt de spil waarrond de atlas en dus ook het hoofd roteren. De axis bevat een groot spinaaluitsteeksel dat de *crista axis* wordt genoemd. Dit vormt de aanhechtingsplaats voor ligamenten zoals het *ligamentum nuchae* en spieren. Het hoofd is verbonden met de wervelkolom door middel van het atlano-occipitaalgewricht dat gevormd wordt tussen de achterhoofdscondylen en de *fovea articulares craniales* van de atlas. De vorm van het gewrichtsoppervlak beperkt de beweging tussen hoofd en atlas hoofdzakelijk tot flexie en extensie in het sagittale vlak (König en Liebich, 2007). De laterale bewegingsmogelijkheid van dit gewricht wordt voornamelijk beperkt door het contact tussen de *processus jugularis* van de schedel en de atlasvleugels en minder door de weke delen structuren (Clayton et al., 2012). Het atlantoaxiale gewricht wordt gevormd door de *dens axis* en de *fovea dentis* van de atlas. Dit gewricht is een rolgewricht waardoor beweging slechts in één richting wordt toegelaten, namelijk de rotationele beweging langs de longitudinale zijde van de *dens axis* (König en Liebich, 2007). De overige halswervels staan met elkaar in verbinding door middel van facetgewrichten die gevormd worden door de caudale articulaire processus lateraal en de craniale articulaire processus mediaal. De hoek die gevormd wordt door de facetgewrichten van C3 tot C7 bezitten een meer dorsoventrale oriëntatie vergeleken met de facetgewrichten van C2-C3 en C7-T2 (Sleutjens, 2013). De gewrichten in het midden van de hals buigen aanzienlijk minder dan deze aan de basis van de hals. De mate van buiging die in de studie van Clayton et al (2012) in vivo werd gemeten week af van deze bij studies in vitro waarbij een progressieve toename van het bewegingsbereik bij laterale buiging van C2-C3 tot C6-C7 werd waargenomen. De diepe bespiering van de wervelkolom, welke verwijderd was bij de in vitro studies, kan rigiditeit veroorzaken ter hoogte van de intervertebrale gewrichten, wat de schijnbare reductie van mobiliteit in vivo kan verklaren. Het grote bewegingsbereik in flexie en extensie alsook de laterale buiging ter hoogte van de cervico-thoracale overgang laten toe dat de nek vanuit zijn basis in alle richtingen als een geheel kan bewegen (Clayton et al., 2012). De kracht die uitgeoefend wordt op de gewrichten van de halswervelkolom worden deels opgevangen door de ligamenteuze en musculaire structuren die deel uitmaken van de halswervelkolom (Zsoldos et al., 2015).

1.1.2 De thoracolumbaire wervelkolom

De thoracolumbaire wervelkolom wordt gevormd door achttien thoracale wervels en zes lumbale wervels en vormt een veel minder beweeglijk geheel dan de cervicale wervelkolom (Clayton, 2016). De beweeglijkheid is variabel in de verschillende segmenten van de thoracolumbaire wervelkolom. De graad van beweeglijkheid tussen de opeenvolgende wervels vormt de basis voor enkele dynamische functies zoals de transmissie en reductie van krachten tijdens de voortbeweging. Een kleine beweging van de individuele wervelgewrichten kan zowel dorsale, ventrale als laterale flexie van de volledige wervelkolom veroorzaken. De verbinding tussen de craniale thoracale wervels wordt gevormd door craniale en caudale facetgewrichten. De craniale facetgewrichten liggen craniaal aan de basis van het spinaaluitsteeksel en hebben een tangentiële oriëntatie tegenover de wervelboog. De caudale facetgewrichten liggen caudaal van de basis van het spinaaluitsteeksel en kennen een sagittale oriëntatie tegenover de wervelboog. Deze conformatie van de gewrichten zorgt voor rotationele bewegingsmogelijkheid tussen de craniale thoracale wervels. De caudale thoracale wervels bezitten zowel craniaal als caudaal een vlakke extremiteit die de connectie vormt met de tussenwervelschijf, wat leidt tot een beperkte bewegingsmogelijkheid tussen de opeenvolgende wervels vergeleken met de craniale regio (König en Liebich, 2007). De regio die de grootste laterale buiging toelaat ter hoogte van de thoracale wervelkolom is segment T11-T12 (Clayton et al., 2012).

Het wervellichaam is kort in de craniale thoracale wervels en wordt gradueel langer naar caudaal. De wervels articuleren bilateraal met de overeenkomstige ribben. De thoracale wervels bevatten in het midden van de dorsale zijde een *processus spinalis* die veel sterker ontwikkeld is vergeleken met de halswervels. Op dit spinaaluitsteeksel hechten spieren van hoofd en hals aan (König en Liebich, 2007). De spinaaluitsteeksels van de eerste vier thoracale wervels nemen gradueel toe in lengte en vormen zo de beenderige basis van de schoft. Vervolgens neemt de lengte van de spinaaluitsteeksels af tot aan de dertiende tot veertiende thoracale wervel. De *processus spinalis* van de zestiende ruggenwervel staat rechtop en wordt ook de anticlinale wervel genoemd. Ruggenwervels craniaal gelegen van de anticlinale wervel vertonen een lichte caudale helling van de *processus spinalis*. Degene die caudaal hiervan gelegen zijn vertonen een lichte craniale helling van deze processus (Clayton, 2016).

De lumbaalwervels bezitten tevens craniaal en caudaal een plat articulatievlak voor de connectie van opeenvolgende wervels. De articulaire processen hebben een sagittale oriëntatie tegenover het wervellichaam, waardoor enkel beweging in dorsoventrale richting wordt toegelaten. De laterale bewegingsmogelijkheid is zo goed als afwezig. Ter hoogte van de lumbaalwervels verbreedt de diameter van het vertebraal kanaal overeenkomstig met de zwelling van het ruggenmerg in deze regio of *intumescentia lumbalis* genoemd. De spinaaluitsteeksels van de lumbaalwervels hebben allemaal een overeenkomstige grootte en zijn naar craniaal gericht. De transversaaluitsteeksels zijn prominent aanwezig. Zowel de spinaal- als transversaaluitsteeksels vormen de aanhechtingsplaats voor meerdere spieren (König en Liebich, 2007).

1.1.3 Het sacrum

De sacraalwervels en hun geossificeerde tussenwervelschijven zijn gefuseerd tot een enkel bot en vormen het *os sacrale*. Rond de leeftijd van vier tot vijf jaar is deze fusie voltooid bij het paard. Deze verbening zorgt ervoor dat deze regio weinig flexibiliteit toelaat, maar verhoogt de effectiviteit waarmee de voorwaartse impuls gegenereerd door het achterbeen wordt doorgegeven naar de wervelkolom en de rest van het lichaam. De transmissie van deze impuls gebeurt via de eerste sacraalwervel die een stevige articulaire verbinding vormt met de bekkengordel. Het caudaal gedeelte van het sacrum maakt geen deel uit van deze articulatie, maar vormt het dak van de bekkenholte (König en Liebich, 2007).

1.2 De spieren

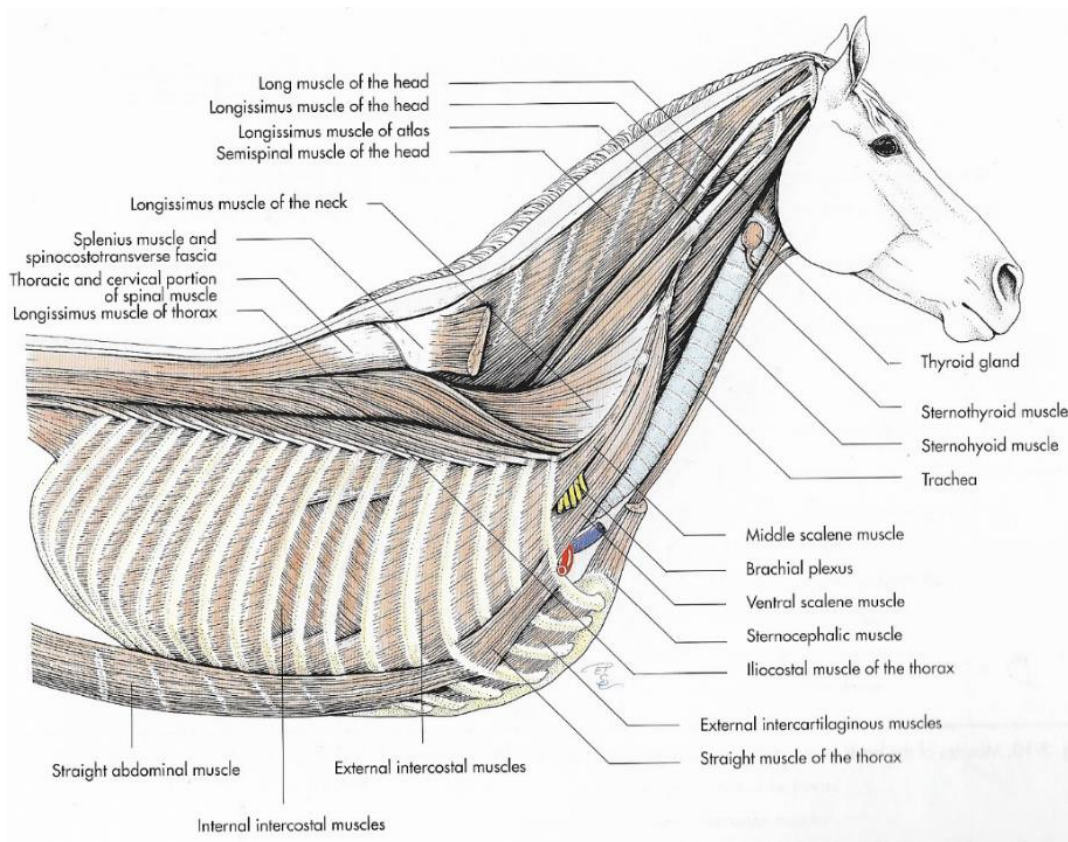
De skeletspieren van het paard zijn enorm belangrijk met het oog op de training van het paard en kunnen het paard bij correcte training esthetisch mooier maken. Daarnaast is extra activiteit van de spieren nodig om onnodige slijtage van ligamenten en wervels alsook trauma aan spinale zenuwen te voorkomen (Zsoldos et al., 2015). De skeletspieren die voornamelijk instaan voor de voortbeweging van het paard staan in voor 42 % van het lichaamsgewicht bij niet-getrainde paarden, vergeleken met 53 % bij getrainde sportpaarden. Spieren met dezelfde aanhechtingsplaatsen kunnen toch een sterk verschillende werking bezitten, wat verklaard kan worden aan de hand de opbouw van de musculotendineuze eenheden. Belangrijke kenmerken van de spier zijn hierbij de spiervezellengte, de hoek van de spiervezels tegenover de lengteas van de spier en de snelheid van contractie. Lange spiervezels met een parallelle uitlijning tegenover de lengteas van de spier kunnen de grootste verkorting realiseren van de spierbuik. Deze spiertypes worden gekarakteriseerd door een groot bewegingsbereik en een hoge snelheid van verkorting, waardoor ze de voornaamste bewegingsspieren van het lichaam vormen. Bij andere spiertypes staan de spiervezels georiënteerd onder een hoek tegenover de lengteas van de spier, waardoor de spiervezellengte relatief kort is tegenover de lengte van de volledige spierbuik. Ze worden ook gevederde spieren genoemd en zorgen voor de ontwikkeling van grote krachten, maar hebben een beperkt bewegingsbereik (Clayton, 2016).

Ter hoogte van de ledematen van het paard nemen het volume en de massa van de spieren en de lengte van de spiervezels af van proximaal naar distaal. Het effect van deze proximale spieren wordt doorgegeven naar distaal met behulp van lange pezen. Deze structuur zorgt voor een grotere energetische efficiëntie en daarbij een reductie van de metabole kost voor de voortbeweging. De spieren proximaal van de ledematen zijn groot en krachtig en kunnen gewrichten over een groot bereik bewegen. De distaal gelegen spieren zijn kleiner en minder krachtig. Deze spieren bezitten kortere spiervezels die een hoek vormen tegenover de lengteas van de spier, waardoor ze slechts een beperkte verkorting van de spierbuik kunnen realiseren. Deze spieren zijn echter wel geschikt om isometrische tonus te behouden. De gewrichtshoeken gevormd aan de achterbenen zijn voornamelijk geschikt om zowel voorwaartse als opwaartse stuwkracht te genereren. De krachtige proximale spieren van het achterbeen hebben relatief lange spiervezels die een kleine hoek vormen met de lengteas van de spier, waardoor de gewrichten over een groot bereik kunnen bewegen. Veel spieren ter hoogte van het achterbeen overspannen meerdere gewrichten en bezitten meerdere spierbuiken en aanhechtingpunten. Dit bevordert de krachtontwikkeling in een groot aantal gewrichtsposities ondanks de beperkte lengte van de spiervezels (Clayton, 2016).

Wegens de complexiteit en de uitgebreidheid van de bspiering van het paard zullen in dit onderdeel enkel de spiergroepen besproken worden die relevant zijn voor de verdere opbouw van deze literatuurstudie.

1.2.1 De spieren van de hals

De halsspieren vormen een intrinsiek onderdeel van de voortbeweging en het evenwicht van het paard (figuur 4). Naast de extra elastische energie die wordt opgeslagen in de ligamenten en fasciae is bijkomende spieractiviteit nodig voor voldoende stabilisatie van de hals. Een belangrijke functie van de halsspieren is dus mobilisatie en stabilisatie van de halswervelkolom (Zsoldos et al., 2015). Tijdens beweging zorgen isometrische contracties van de spieren voor deze stabilisatie en controle van de gewrichten (Denoix, 2013b). Deze functie wordt uitgevoerd door de diepe flexoren van de hals, namelijk de *musculus longus colli* en *musculus longus capitis*, en de diepe extensor van de hals, namelijk de *musculi multifidi*. Deze diepe cervicale spieren bezitten korte spiervezels die een of meerdere wervels overbruggen en de opeenvolgende wervels verbinden. Ze spelen een primaire rol bij de gecontroleerde beweging van de individuele intervertebrale gewrichten (Clayton et al., 2012). Met behulp van de halsspieren kunnen de flexibiliteit, positie en buiging van de hals over een breed bereik variëren (Zsoldos et al., 2015). Ook tijdens de protractie- of zweeffase van het voorbeen spelen de halsspieren een grote rol. Deze functie wordt onder meer vervuld door de *musculus brachiocephalicus* die via zijn aanhechting op de humerus een verbinding vormt tussen het hoofd en het voorbeen. Ook de *musculus omotransversarius* speelt een belangrijke rol bij deze functie wegens zijn aanhechting op het schouderblad en de halswervels (Denoix, 2013b).



Figuur 4: oppervlakkige en middelste laag van de halsspieren (uit: König, Liebich et al., 2007).

1.2.1.1 Strekkers van de hals

De dorsale halsspieren zijn gelegen tussen de halswervels en het hoofd craniaal en de spinaaluitsteeksels van de craniale thoracale wervels caudaal. Door deze ligging zorgt contractie van deze spiergroepen voor het strekken van de halswervelkolom. Dit leidt tot oprichting van de hals en het strekken van de nek, waardoor het hoofd in een meer horizontale positie komt. De krachtigste spieren met deze werking zijn de *musculus splenius* en *musculus semispinalis capitis* (Denoix, 2013b). De *musculus splenius* is een oppervlakkige epaxiale spier die aan dorsale zijde van het asskelet ligt. Deze plaatvormige spier vult de ruimte tussen schoft, achterhoofd, *ligamentum nuchae* en halswervels op en hecht aan op de *fascia spinocostotransversaria* en *processus spinosus* van de thoracale wervels en insereert met het *pars cervicis* op de *processus transversus* van de derde tot vijfde cervicaalwervel en met het *pars capitis* op het occiput en de nekvakke. Naast het strekken van de hals kan een unilaterale contractie ook zorgen voor een laterale buiging van de hals (König, Liebich et al., 2007). De *musculus splenius* zorgt voornamelijk voor stabilisatie van het hoofd en de hals en werkt de zwaartekracht die hierop inwerkt tegen. Naast de *musculus splenius* draagt ook de *musculus trapezius* bij aan de ondersteuning van hoofd en hals (Kienapfel, 2014). De *musculus semispinalis* begint op de transversaaluitsteeksels van de wervels en loopt in dorsocraniale richting naar de *processi spinosi* (König, Liebich et al., 2007).

1.2.1.2 Buigers van de hals

De ventrale halsspieren zijn voornamelijk buigers van hals en nek. De belangrijkste spieren met deze functie zijn de *musculus brachiocephalicus*, *musculus sternocephalicus* en *musculus scalenus*. De *musculus brachiocephalicus* is een lange spier die door de claviculairstreep in twee delen opgedeeld wordt. Het ventrale deel van de claviculairstreep wordt de *musculus cleidobrachialis* genoemd en hecht aan op de *crista humeri*. Het dorsale deel wordt de *musculus cleidocephalicus* genoemd, wat bij het paard aanhecht op de *processus mastoideus* ter hoogte van de schedel. Een bilaterale contractie van deze spier zorgt bij een immobiel voorbeen voor het buigen van hoofd en hals en bij een unilaterale contractie voor het wenden van de hals (König, Liebich et al., 2007). De voornaamste functie van de *musculus brachiocephalicus* is echter het naar voren bewegen van het voorbeen en daarbij het strekken van de schouder (Kienapfel, 2014). De *musculus sternocephalicus* is een lange spier die begint op het sternum en ventrolateraal van de trachea ligt. In de halsstreek vormt ze de ondergrens van de *fossa jugularis*. De *musculus scalenus* loopt van de *processus transversus* van de tweede tot zevende cervicaalwervel naar het laterale oppervlak van de eerste rib. Deze spier is een buiger van de hals en kan bij een unilaterale contractie ook zorgen voor het wenden van de hals. Door de insertie ter hoogte van de eerste rib zorgt contractie van deze spier voor het naar voren trekken van de ribben waardoor de borstkas verruimt, wat van belang is bij een geforceerde ademhaling (König, Liebich et al., 2007). De *musculus omotransversarius* hecht aan op de atlasvleugel en cervicaalwervels twee tot vier en loopt onder de *musculus brachiocephalicus* door naar de schouder, waar deze insereert op de *spina scapula* en de humerus. Bij een immobiel voorbeen zorgt deze spier voor het buigen van de hals en bij unilaterale contractie voor het wenden van de hals. Daarnaast kan deze spier ook zorgen voor het omhoog brengen van de *scapula* en daarbij het strekken van het voorbeen (Zsoldos et al., 2015).

1.2.2 De spieren van de romp

De buigers en strekkers van de wervelkolom hebben een antagonistische werking maar werken toch vaak simultaan. Hierdoor zorgen ze voor balancerende van de krachten die inwerken op de wervelkolom. Laterale buiging van de wervelkolom wordt niet geïnduceerd door specifieke spieren maar door de inwerking van de buigers en flexoren van de wervelkolom die unilateraal contraheren. Deze laterale buiging is het meest uitgesproken in de caudale helft van de wervelkolom. Echte lateroflexie wordt evenwel niet toegelaten in het lumbosacrale gewricht (Denoix, 2013a).

1.2.2.1 Strekkers van de thoracolumbaire wervelkolom

De strekkers van de wervelkolom zijn dorsaal gelokaliseerd van de wervelkolom. De *musculus erector spinae* is een grote spier die caudaal aanhecht op het ilium en craniaal uitstrekt naar de nek. Op zijn verloop hecht deze spier aan op alle overspannen wervels alsook op de bovenzijde van de ribben. Deze spier is een krachtige strekker van de wervelkolom. Wegens de insertie op het ilium zorgt contractie van deze spier ook voor een opwaartse kanteling van het bekken met extensie van het lumbosacraal gewricht tot gevolg. De *musculus gluteus medius* is eveneens een krachtige spier en heeft zowel oorsprong als insertie op de lumbale wervelkolom. Ook deze spier controleert het lumbosacrale gewricht, wat van groot belang is bij de voortbeweging van het paard (Denoix, 2013b).

1.2.2.2 Buigers van de thoracolumbaire wervelkolom

De buigers van de wervelkolom zijn hypaxiaal of ventraal gelokaliseerd van de wervelkolom. Deze spieren kunnen in twee grote groepen ingedeeld worden, namelijk de spieren van de abdominale wand en de sublumbale spieren. De spieren van de abdominale wand dragen bij tot de buiging van de wervelkolom. Contractie van de abdominale spieren leidt tot een flexie van de volledige thoracolumbaire wervelkolom, waarbij het caudale einde van het bekken zakt. De sublumbale spieren zoals de *musculus iliopsoas* hechten ventraal aan op de wervelkolom en het ilium en proximaal aan de femur. Contractie van deze spieren zorgt voor buiging van de wervelkolom, het lumbosacrale gewricht en het heupgewricht. Hierdoor werken ze in op twee componenten van de activatie van het achterbeen, namelijk door voorwaartse kanteling van het bekken en flexie van het heupgewricht (Denoix, 2013b).

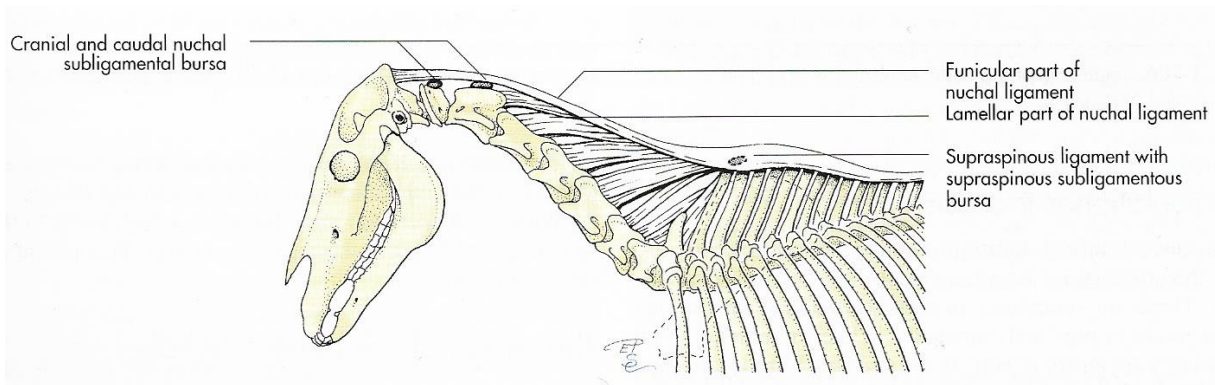
1.3 Het ligamentensysteem

Het bovenste contractiesysteem bestaat uit een ligamentensysteem dat een verbinding vormt tussen het achterhoofd en de verschillende wervels van de hals tot aan het heiligbeen. Zowel het *ligamentum nuchae* als het *ligamentum supraspinale* maken hier deel van uit. Tijdens de voortbeweging van het paard wordt in deze ligamenten een grote hoeveelheid elastische energie opgeslagen en weer vrijgegeven, wat de efficiëntie van voortbeweging en de stabiliteit op rechte lijnen enorm verhoogt. Zowel de elastische structuren in de hals als in de thoracale wervelkolom hebben deze eigenschap om elastische energie op te slaan en weer vrij te geven, zoals het *ligamentum nuchae* en *ligamentum supraspinale*. Het *ligamentum nuchae* speelt hierbij de belangrijkste rol en heeft als voornaamste functie de passieve strekking van hoofd en hals (Zsoldos et al., 2015). Deze structuren laten toe om actieve spierkracht te vervangen door passief werk, waardoor metabole energie gespaard blijft. Dit is vooral belangrijk bij grote diersoorten, aangezien deze het moeilijker hebben om voldoende metabole energie te genereren voor de voortbeweging. Voor paarden vormt dit dus een belangrijk systeem dat toelaat om zich snel en efficiënt over een grote afstand voort te bewegen. De elastische energie die opgeslagen wordt in het *ligamentum nuchae* draagt tot 55 % bij tot de beweging van hoofd en hals in stap, 33 % in draf en 31 % in galop (Gellman en Bertram, 2002b).

1.3.1 *Het ligamentum nuchae*

Het *ligamentum nuchae* is een elastische structuur die sterk ontwikkeld is bij paarden. Dit ligament loopt in de dorsale middellijn van de achterrand van de schedel tot aan de doornuitsteeksels van de schoft, waar het in verbinding staat met het *ligamentum supraspinale* dat verderloopt tot aan het sacrum. Het *ligamentum nuchae* is voor het grootste deel opgebouwd uit sterk uitrekbaar polymeerelastine. De elastinevezels liggen georiënteerd volgens de richting van de inwerkende krachten. De samenstelling van het *ligamentum nuchae* zorgt ervoor dat het elastisch is en sterk maar reversibel uitrekbaar over een grote afstand (Gellman en Bertram, 2002a).

Anatomisch gezien kan het *ligamentum nuchae* opgedeeld worden in twee delen, namelijk de *funiculus nuchae* en de *lamina nuchae* (figuur 5). De *funiculus nuchae* is koordvormig ter hoogte van de aanhechting aan de schedel en wordt breder en platter ter hoogte van de aanhechting op de craniale spinaaluitsteeksels van de schoft. In tegenstelling tot het funiculaire deel heeft de *lamina nuchae* een platte structuur. De lamina is sterk verbonden met het funiculaire deel en hecht aan op de dorsale uitsteeksels van halswervels twee tot zes. De band van de *lamina nuchae* die aanhecht op C2 is het langst en meest robuust (Gellman en Bertram, 2002a). Naast de anatomische opdeling kan er ook een onderscheid gemaakt worden op basis van de samenstelling van de verschillende delen. De voornaamste functie van de *funiculus nuchae* is de nodige musculaire inspanning te verminderen en daarbij hoofd en hals te stabiliseren. Hiervoor bevat het een groter volume aan minder elastisch weefsel. De *lamina nuchae* bevat een groot aandeel aan hoogelastische collageenvezels, wat de opslag van energie tijdens de voortbeweging bevordert (Zsoldos et al., 2015).



Figuur 5: het *ligamentum nuchae* met de opdeling in de *funiculus nuchae* en *lamina nuchae* (uit: König, Liebich et al., 2007).

Wanneer het paard zijn hoofd laat zakken, wordt het *ligamentum nuchae* uitgerokken. Wanneer het hoofd opnieuw hoger wordt gedragen, zal het *ligamentum nuchae* terugkeren naar zijn voormalige vorm. De hoek gevormd door de hals en de verticale doorheen de schoft heeft een belangrijk effect op de grootte van de spanningsenergie opgeslagen in het *ligamentum nuchae*. Hoe groter de hoek, en dus hoe lager het hoofd, hoe meer het *ligamentum nuchae* uitgerokken wordt. In een heel opgerichte houding staat het *ligamentum nuchae* niet onder spanning (Gellman en Bertram, 2002b). De overheersende kracht die inwerkt op het hoofd en de hals is de zwaartekracht. Deze kracht wordt passief tegengewerkt door de treksterkte van het *ligamentum nuchae* en actief door de halsspieren. Het *ligamentum nuchae* kan zowel tijdens flexie als extensie van de hals energie opslaan, wat hulp biedt bij het behoud van balans bij beweging op de rechte lijn. In vrijheid passen paarden hun hoofdhouding aan in functie van de snelheid en de gang. Bij een toename van de snelheid zal het hoofd meer voorwaarts gestrekt worden. Deze verlenging van hoofd en hals maakt een balancerend effect mogelijk en zorgt tevens voor een verruiming van het gezichtsveld van het paard (Zsoldos et al., 2015).

1.3.2 Het *ligamentum supraspinale*

Het *ligamentum supraspinale* is de voortzetting van het *ligamentum nuchae*. Dit ligament hecht aan op de spinaaluitsteeksels van de ruggenwervels en loopt tot de derde sacraalwervel (König, Liebich et al., 2007). Dit ligament is minder elastisch, maar tussen T4 en T8 neemt de hoeveelheid elastine in het supraspinale ligament toe naar craniaal tot het de samenstelling van het *ligamentum nuchae* bevat (Gellman en Bertram, 2002a).

2 De natuurlijke beweging van het paard

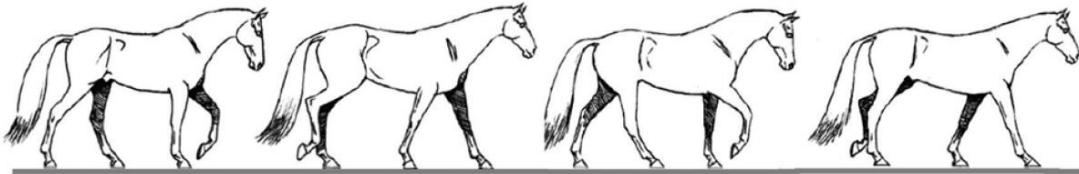
2.1 De gangen van het paard

Het paard beschikt over verschillende gangen die gekenmerkt worden door een herhaald en ritmisch patroon van de beenzetting waarbij elke herhaling van het patroon een pas wordt genoemd. Tijdens elke pas heeft elk lidmaat een steunfase waarbij de hoof contact maakt met de grond en een zweeffase waarbij het lidmaat naar voren beweegt. De zweeffase bestaat uit protractie gevolgd door retractie van het lidmaat alvorens de grond wordt geraakt. Deze retractie zorgt op het moment van contactname voor een reductie van de snelheid van de hoof tegenover de grond, wat leidt tot een reductie van de impact op het lidmaat, en vermindert daarbij ook het risico op uitglijden. De retractie van het lidmaat gaat verder tijdens de steunfase. De verschillende gangen onderscheiden zich van elkaar door de beenzetting en snelheid. In elke gang komt er een beperkt bereik van snelheden voor. Een pas kan gekwantificeerd worden aan de hand van de paslengte en duur. Een paslengte wordt bepaald door de afstand die het massamiddelpunt van het paard aflegt tijdens die pas. Dit kan gemeten worden aan de hand van de afstand tussen twee opeenvolgende steunfasen van eenzelfde lidmaat. De duur van de pas wordt bepaald door de tijd tussen de opeenvolgende steunfasen van hetzelfde lidmaat. De snelheid kan sterk variëren binnen dezelfde gang en is afhankelijk van de paslengte en pasfrequentie, wat wordt uitgedrukt in aantal passen per minuut of per seconde. De paslengte neemt binnen een gang lineair toe met de snelheid, in tegenstelling tot de pasfrequentie die meer gradueel toeneemt met de snelheid. De gangen van het paard worden als symmetrisch of asymmetrisch bestempeld, afhankelijk van de symmetrie van de beweging van de contralaterale ledematen. Een symmetrische gang wordt gekenmerkt door een gelijke lengte en duur van de pas van zowel het linker- als rechtervoorbeen als van de achterbenen. De overgangen tussen de verschillende gangen gaan gepaard met een abrupte verandering van een of meerdere karakteristieke eigenschappen van die gang en treden op bij kritische snelheden. De eigenlijke oorzaak voor de overgangen tussen de verschillende gangen is nog niet duidelijk. Een mogelijke hypothese stelt dat de overgang optreedt om de energetische kost van de voortbeweging en de belasting op het musculoskeletale systeem zo laag mogelijk te houden (Clayton, 2016).

Bewaring van mechanische energie gebeurt verschillend tussen de gangen met en zonder zweeffase. In stap, een gang zonder zweeffase, is er een uitwisseling tussen potentiële en kinetische energie. Tijdens de steunfase van ieder lidmaat beweegt het lichaam opwaarts over het steunende lidmaat, waardoor de potentiële energie toeneemt. Wanneer het lichaam over het steunende voorbeen naar voren beweegt, neemt tevens de snelheid af en daarbij ook de kinetische energie. Hierdoor zal de potentiële energie afnemen wanneer de kinetische energie toeneemt en omgekeerd. In de gangen met een zweefmoment daalt het lichaam tijdens de steunfase wegens de compressie van de gewrichten van het lidmaat door het lichaamsgewicht. Tijdens deze belasting strekken de ligamenten en pezen, zoals de *musculus interosseus medius* en de oppervlakkige buiger. Bij het naar voren bewegen van het lichaam zullen de gestrekte ligamenten terugkeren naar hun oorspronkelijke lengte en komt de opgeslagen elastische (potentiële) energie vrij. Deze opslag van energie in de elastische structuren verhoogt de metabole efficiëntie, waardoor de nood om metabole energie te genereren daalt (Clayton, 2016).

2.1.1 De stap

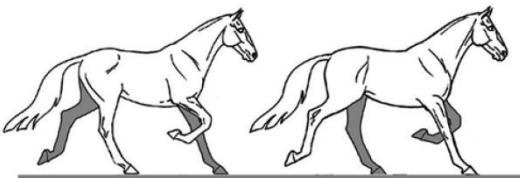
De stap is naast draf en galop een van de drie basisgangen van het paard en de traagste gang. Het is een symmetrische gang gekenmerkt door een viertaktbeweging, waarbij de benen afwisselend en afzonderlijk worden opgetild en geplaatst (figuur 6). De stap wordt gekenmerkt door een laterale sequentie van de beenzetting, waarbij plaatsing van het achterbeen wordt gevolgd door plaatsing van het voorbeen aan de ipsilaterale zijde. Ideaal gezien bezit de stap een gelijk tijdsinterval tussen de plaatsing van de vier opeenvolgende voeten. Tijdens deze gang is er geen zweeffase aanwezig en zijn er steeds twee tot drie ledematen in contact met de grond (Clayton, 2016).



Figuur 6: de stap waarbij de volgorde van de beenzetting als volgt verloopt: linksachter, linksvoor, rechtsachter, rechtsvoor (uit: Clayton, 2016).

2.1.2 De draf

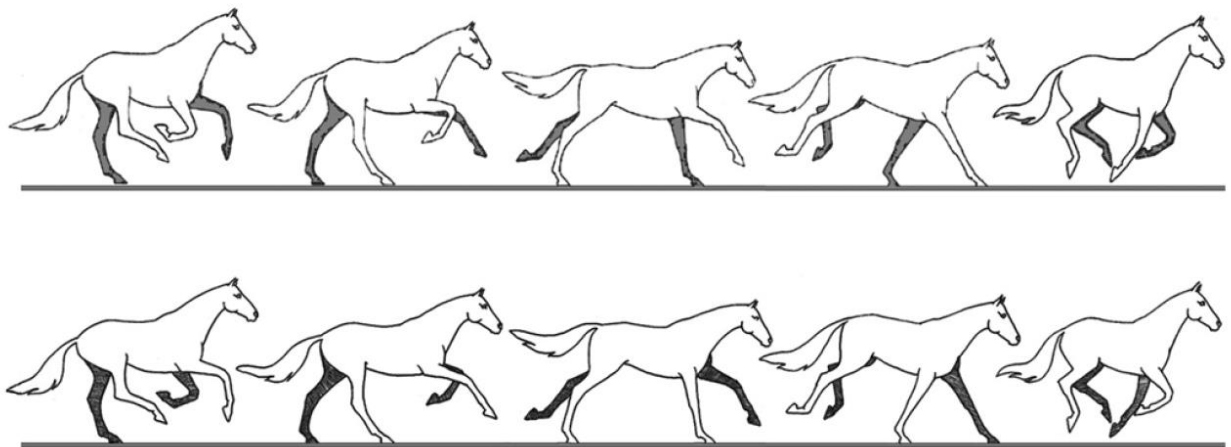
De draf is net zoals de stap een symmetrische gang maar wordt gekenmerkt door een tweetaktbeweging. In deze gang wordt het diagonale benenpaar tegelijk en synchroon naar voren geplaatst en terug neergezet (figuur 7). Als deze beweging synchroon verloopt aan het laterale benenpaar, wordt er van telgang gesproken. De draf bevat twee zweeffasen per pas, namelijk één na elke verplaatsing van een diagonaal benenpaar. Als in deze gang de beweging van het contralaterale benenpaar asymmetrisch verloopt, zal dit te horen zijn als een ont dubbeling van de beenzetting (Clayton, 2016).



Figuur 7: de draf waarbij de beenzetting als volgt verloopt: linksvoor en rechtsachter gevolgd door rechtsvoor en linksachter (uit: Clayton, 2016).

2.1.3 De galop

De galop is een asymmetrische gang waarbij de beweging van het leidende achterbeen en contralaterale voorbeen synchroon verloopt, waardoor de gang gekenmerkt wordt door een drietaktbeweging. Als deze beweging synchroon verloopt tussen het leidende achterbeen en het ipsilaterale voorbeen, wordt er van kruisgalop gesproken, waarbij de beenzetting een circulair patroon volgt. De galop bevat één zweefmoment per pas, waarbij alle ledematen zich in de zweeffase bevinden (figuur 8). Paarden die galopperen tegen de maximale snelheid hebben twee tot zelfs drie zweefmomenten per pas, waardoor er ook een onderscheid gemaakt kan worden tussen galop en rengalop (Clayton, 2016).



Figuur 8: boven: de rechtergalop waarbij de beenzetting als volgt verloopt: linksachter, rechtsachter, linksvoor, rechtsvoor gevolgd door een zweeffase. Het rechter voor- en achterbeen zijn hier de leidende ledematen. Onder: kruisgalop waarbij de beenzetting als volgt verloopt: linksachter, rechtsachter, rechtsvoor, linksvoor gevolgd door een zweeffase. De leidende ledematen zijn hier rechtsachter en linksvoor (uit: Clayton, 2016).

2.2 De normale beweging van de hals

Tijdens de voortbeweging vormt de hals een belangrijk onderdeel van het balanceringsmechanisme van het paard. Het effect hiervan wordt naar de rest van het lichaam doorgegeven via ligamenteuze, musculaire en beenderige structuren (Zsoldos et al., 2015). De maximale beweging van het hoofd en de hals wordt beperkt door de structuur van de halswervels. De beweging van hoofd en hals die waargenomen wordt onder normale fysiologische omstandigheden is echter veel beperkter dan de maximale beweeglijkheid. In de verschillende gangen kan er een verandering van de beweging van het hoofd waargenomen worden, kenmerkend voor deze gang (Gellman en Bertram, 2002b). De hoogte van de nek kan ook gelinkt worden met de paslengte. Bij kortere passen zal de hoogte van de nek toenemen. Wanneer de passen verlengen, zal de nek lager gedragen worden (McGreevy et al., 2010). Dit impliceert dat de houding en mobiliteit van hoofd en hals een belangrijke rol spelen bij de beweging van het paard (Gellman en Bertram, 2002b). Bij een hogere snelheid en dus ook snellere gang wordt de hals actief meer gestabiliseerd, waarbij de intervertebrale beweging afneemt. Dit heeft als meest voor de hand liggend doel de algemene voortbeweging van het paard zo weinig mogelijk te storen. Tussen de verschillende paardenrassen die voor een verschillend soort werk gebruikt worden, kan er tevens een verschil in conformatie van de hals opgemerkt worden. Dit is ook een indicatie dat hoofd en hals een belangrijke invloed uitoefenen op de beweging van het paard (Zsoldos et al., 2015). Andere functies van de hoofdhouding tijdens de voortbeweging zijn behoud van het visuele veld en vestibulaire oriëntatie (Gellman en Bertram, 2002b).

In stap beweegt het hoofd voornamelijk rond de horizontale positie op ongeveer dezelfde hoogte als de schoft en het *tuber sacrale*. In draf wordt het hoofd gemiddeld 20 cm hoger gehouden dan in stap. In galop komt de hoogste hoofd-halshouding overeen met de houding in draf en de laagste met deze in stap. De grootste verplaatsing van het hoofd wordt dus waargenomen in galop met een verplaatsing van ongeveer 15 cm, gevolgd door de beweging in stap met een gemiddelde verplaatsing van ongeveer 10 cm en vervolgens draf met gemiddeld 4 cm. Wanneer dit echter relatief vergeleken wordt met de simultane beweging van het hele lichaam, wordt de grootste verplaatsing waargenomen in stap (12-15 cm), gevolgd door galop (9-11 cm) en draf (slechts 3-5 cm) (Gellman en Bertram, 2002). In stap wordt dus de grootste bewegingsvrijheid van de hals waargenomen, zowel op het vlak van flexie en extensie als van laterale beweging. Dit in tegenstelling tot draf en galop, waarbij de hals relatief stil wordt gehouden. Dit wijst erop dat de stabiliteit van de hals in stap een minder grote rol speelt bij de efficiëntie van voortbeweging in vergelijking met de andere gangen (Zsoldos et al., 2015).

De karakteristieke beweging van hoofd en hals laat tevens toe om de kreupelheid te onderkennen. Voornamelijk bij kreupelheid gelokaliseerd ter hoogte van de voorhand speelt de vrijdragende eigenschap van de hals een belangrijke rol (Zsoldos et al., 2015). Door aanpassing van het bewegingspatroon zal een mank paard proberen het gewicht te verschuiven van het pijnlijke lidmaat naar de compenserende ledematen. Voornamelijk in draf wordt dit gekenmerkt door een asymmetrische beweging van hals, schoft en bekken tijdens de diagonale beenzetting. Het vermogen om deze asymmetrische beweging te detecteren is afhankelijk van de accuraatheid van het menselijk oog, waarbij de drempelwaarde voor herkenning van de asymmetrie ongeveer 25 % bedraagt. Hierbij is de waarneming van kreupelheid gemakkelijker ter hoogte van de voorste ledematen vergeleken met de achterste ledematen (Clayton, 2016). Manken ter hoogte van de voorhand gaat gepaard met het zakken van de hals tijdens de steunfase van het niet-pijnlijke lidmaat. Hierdoor wordt de afstand afgelegd door hoofd en hals tijdens deze pas groter, waardoor ook de snelheid van deze hoofd-halsbeweging toeneemt. Dit leidt tot verschuiving van gewicht van het pijnlijke naar het niet-pijnlijke lidmaat. Bij een grotere verplaatsing van hoofd en hals zal meer gewicht verplaatst worden. Dit vormt ook een indicatie voor de graad van pijnlijkheid en kreupelheid (Zsoldos et al., 2015).

2.3 De normale beweging van de thoracolumbaire wervelkolom

Elke wervel kan roteren in drie verschillende vlakken, namelijk extensie/flexie, laterale buiging en axiale rotatie. De beweging van de wervelkolom is sterk gecorreleerd met de beweging van de ledematen, waarbij de wervelkolom de beweging van de ledematen volgt (Rhodin et al., 2005). Vergeleken met springpaarden bezitten dressuurpaarden significant meer laterale buiging van de wervelkolom, aangezien deze laterale buiging van belang is voor de zijgangen maar minder voor de flexie/extensie nodig tijdens het springen. De conformatie van de wervelkolom is ook gerelateerd met de kinetische eigenschappen. Zo vertonen paarden met een lange rug meer laterale buiging. Paarden met een groter bewegingsbereik in flexie en extensie bezitten een grotere paslengte (van Weeren et al., 2010). Tijdens draf treden er een passieve extensie en flexie op van de romp door de inertie van de abdominale massa. Tijdens de steunfase oefent de ventrale verplaatsing van het abdomen een trekkende kracht uit op de thoracale wervelkolom, wat leidt tot extensie. Door de excentrische contractie van de abdominale spieren op dit moment wordt deze beweging beperkt (Denoix, 2013b).

3 De verschillende hoofd-halshoudingen gebruikt bij de training van het sportpaard

De dressuursport wordt beschouwd als voorbeeld van de ideale opleiding van het paard en heeft als doel het paard in een houding te brengen waarin het zijn potentieel ten volle kan benutten (McGreevy et al., 2010). Door de lange en flexibele hals van het paard is er een hele reeks hoofd-halshoudingen mogelijk (van Weeren et al., 2013). In de geschiedenis werd het bereden paard echter voornamelijk voorgesteld met een gebogen en opgerichte hals. Het is niet duidelijk welke functie deze typische houding van de hals juist heeft. Werd dit gebruikt om een betere controle over het paard te krijgen, om zijn beweging te beïnvloeden, of was het slechts een manier om het paard eleganter en indrukwekkender te laten overkomen (Rhodin et al., 2009)? Ook in de richtlijnen voor dressuur opgesteld door de FEI wordt deze houding tot op heden beschreven als de ideale houding die vereist wordt bij wedstrijden. Volgens deze richtlijnen wordt tevens gesteld dat het hoofd van het paard te allen tijde voor de loodlijn gedragen moet worden. Tegenwoordig laten veel ruiters tijdens de opwarming voor een dressuurwedstrijd hun paarden een houding aannemen die volgens de richtlijnen afwijkt van het ideaalbeeld en waarbij de neus van het paard soms zelfs ver achter de loodlijn gedragen wordt. Aangezien de positie van het hoofd in rekening wordt gebracht bij de score van iedere beweging en ook voor de algemene indruk aan het eind van een dressuurproef, kan een continue verkeerde houding een grote invloed hebben op het eindresultaat. Er werd desondanks aangetoond dat het aantal paarden gereden achter de loodlijn beduidend hoger was in de wereldbekerfinale in 2008 vergeleken met een Grand Prix-wedstrijd op de Olympische Spelen in 1992. Ondanks de tegenstrijdigheid met de opgestelde richtlijnen werd deze manier van rijden niet bestraft door de jury maar zelfs beloond met een hogere score (Lashley et al., 2014). De verschillende hoofd-halshoudingen van het paard worden echter vaak subjectief beoordeeld (Elgersma et al., 2010). Daarom zullen hier de verschillende hoofd-halshoudingen die het meest frequent gebruikt worden bij de opleiding van het sportpaard kort verduidelijkt worden.

3.1 De arbeidshouding

De arbeidshouding of wedstrijdhouding wordt van het paard vereist in een dressuurproef en staat beschreven in de richtlijnen van de FEI. Hierbij moet het paard te allen tijde 'aan het bit' zijn, wat betekent dat het paard zichzelf in positie draagt met een constant, maar licht contact met het bit, waarbij de hals opgericht en gebogen wordt gehouden (figuur 9). Het hoofd moet in een stabiele positie en bij regel licht voor de loodlijn gedragen worden, met een ontspannen nek die het hoogste punt vormt. Er mag geen weerstand geboden worden aan de ruiter en elke beweging van de ruiterhand dient soepel gevolgd te worden (FEI Dressage rules, 2018). Een verticaal gedragen hoofd betekent hierdoor niet noodzakelijk dat het paard ook effectief aan het bit loopt, vooral wanneer het hoofd in die positie wordt gehouden door de handen van de ruiter of het gebruik van hulpteugels (McGreevy et al., 2010).



Figuur 9: de arbeidshouding waarbij het paard 'aan het bit loopt' met de neus licht voor de loodlijn gedragen (uit: Heuschmann, 2008).

In elke dressuurmatige beweging waarbij het paard 'aan het bit loopt' kunnen in de houding van hoofd en hals drie verschillende types buiging waargenomen worden. Bij het rijden van wendingen of zijgangen wordt er laterale buiging gevraagd van de hals. Wanneer het paard gevraagd wordt om de passen te verruimen, zal er meer longitudinale buiging vertoond worden, waarbij de hals langer wordt gemaakt en de nek boven de schoft wordt gedragen. De houding van het paard is ook afhankelijk van het trainingsniveau van het paard. Naarmate de opleiding van het paard vordert, zal de nek hoger gedragen worden en neemt de ventrale buiging van de hals toe bij een hogere graad van verzameling. Toename van deze buiging, waarbij de neus iets dichterbij de borst wordt gebracht, zorgt voor een grotere tonus van het *ligamentum nuchae* en een verhoogde belasting op de rugspieren. Er wordt verondersteld dat dit biomechanische voordelen veroorzaakt en een zachtere rug om op te zitten creëert voor de ruiter (McLean en McGreevy, 2010).

3.2 De lage hoofd-halshouding

Bij de training van sportpaarden in verschillende disciplines hoort het laten zakken van de hals tot een van de oefeningen gebruikt bij de basisafrichting van het paard. Daarvan wordt tijdens de opwarming regelmatig gebruikt gemaakt (figuur 10). Horizontale strekking van hoofd en hals leidt tot een voorwaartse verplaatsing van het massamiddelpunt van het paard. Dit zorgt voor een toename van de belasting op de voorhand met als gevolg een ontlasting van de achterhand. Verhoogde belasting van de voorhand zorgt voor een toename van het ontwikkeling van de *musculus pectoralis* en *musculus serratus*, wat leidt tot een verbeterde ondersteuning en ontlasting van de voorhand bij een neutrale hoofd-halshouding (Denoix, 2013a).



Figuur 10: de lage hoofd-halshouding waarbij de neus richting de grond en voor de loodlijn wordt gedragen (uit: Denoix, 2013a).

3.3 Rollkür of hyperflexie

Rollkür is een wijdverspreide term die gebruikt wordt in de paardensport. Hiermee wordt een afgedwongen en extreme flexie van hoofd en hals van het paard bedoeld. Deze houding gaat gepaard met een overmatige flexie ter hoogte van de midcervicale regio, waarbij de hoek tussen de onderzijde van de hals en de mandibula bijna volledig gesloten wordt (figuur 11) (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 2006). Het veterinaire comité van de FEI (2006) stelt dat deze overmatige flexie van de hals voor een langdurige periode niet zelf onderhouden kan worden door het paard of opgelegd kan worden door de ruiter, zonder daarbij een weerslag te hebben op het welzijn van het paard (McLean en McGreevy, 2010).



Figuur 11: rollkür met overmatige flexie van de hals en nek verkregen door gespannen teugels, waarbij de neus richting de borst en achter de loodlijn wordt gedragen (uit: Heuschmann, 2008).

3.4 Laag, diep en rond

In 2010 werd er binnen de FEI een onderscheid gemaakt tussen rollkür of hyperflexie en laag, diep en rond (figuur 12). Met rollkür wordt een extreme hoofd-halshouding bedoeld die met kracht wordt afgedwongen en ook wordt afgekeurd door de FEI. Als dezelfde hoofd-halshouding verkregen wordt zonder het toepassen van dwang, wordt de term laag, diep en rond gebruikt, wat een geaccepteerde trainingstechniek is geworden (van Weeren et al., 2010). Hierbij wordt de hals gebogen en de neus achter de loodlijn wordt gedragen.



Figuur 12: de laag, diep en ronde houding waarbij de hals gebogen en laag wordt gehouden en de neus achter de loodlijn wordt gedragen (uit: Denoix, 2013a).

3.5 De controverse rond hyperflexie van hoofd en hals in de paardensport

Door sommige hedendaagse (dressuur)ruiters wordt hyperflexie van hoofd en hals gebruikt als trainingsmethode voor hun paarden. Deze methode is niet nieuw, maar werd reeds gebruikt en besproken door grootmeesters in de dressuur uit de 17^e en 18^e eeuw, zoals de la Guerinière en Baucher. De controverse rond het gebruik van deze methode dook reeds twintig jaar geleden op, maar wordt tot op heden hevig bediscuteerd binnen de FEI daar waargenomen wordt dat deze extreme halshouding een nadelig effect zou kunnen hebben op het welzijn van het paard (van Weeren et al., 2013). Ook de publieke opinie deelt deze bezorgdheid over het welzijn van paarden die getraind worden met behulp van deze extreme houding (van Breda, 2006). De FEI heeft als reactie op deze controversiële houding gesteld dat hyperflexie als trainingsmethode met de nodige zorg gehanteerd moet worden, aangezien deze techniek door een onervaren ruiter gemakkelijk misbruikt kan worden (Lashley et al., 2014). Het comité van de FEI die de definitie over het onderscheid tussen rollkür en laag diep en rond heeft opgesteld was het er unaniem over eens dat elke vorm van agressie in de ruitersport veroordeeld moet worden. Men definieert echter niet hoe dit waargenomen of beoordeeld kan worden. Verder wordt er eveneens niet gespecificeerd hoeveel flexie van de hals teveel is en welke duur als te lang wordt beschouwd. Dit maakt het extreem moeilijk om op basis van deze definitie ruiters en hun trainingsmethoden in de praktijk te beoordelen. Teugeldrukmeters zouden hierbij een mogelijk hulpmiddel kunnen vormen (McLean en McGreevy, 2010). Verschillende aspecten van rollkür dienen echter bestudeerd te worden alvorens besloten kan worden of deze techniek al dan niet schadelijk is voor het paard (Dwyer, 2007).

3.5.1 *Argumenten van de voorstanders*

Veel ruiters die gebruik maken van rollkür bij de training van hun paarden beweren dat deze trainingsmethode leidt tot biomechanische voordelen die de prestaties van het paard zouden bevorderen (McGreevy et al., 2010; von Borstel et al., 2008). Dit zou een voordelig effect hebben op de soepelheid van het paard. Een andere veronderstelling is dat de hoofd-halshouding ook een invloed heeft op de rug van het paard (Rhodin et al., 2005). Zo zorgt rollkür volgens sommige ruiters voor het stretchen van de rug en versterking van de rugspieren, wat zou helpen om letsels aan de rug te voorkomen (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 2006). Uit onderzoek is gebleken dat de rug van paarden gereden met rollkür het grootste bewegingsbereik vertoont in draf vergeleken met andere hoofd-halshoudingen (von Borstel et al., 2008). Dit argument wordt gebruikt om het gymnastiserend effect en het voordeel van deze methode aan te tonen vergeleken met de meer conventionele trainingsmethoden (van Weeren et al., 2010). Daarnaast wordt ook beweerd dat rollkür tot een afname van de paslengte leidt en een grotere buiging van het spronggewricht induceert, waarbij ook de dorsoventrale beweging in de lumbosacrale regio wordt bevorderd. Het mechanisme dat dit zou veroorzaken is echter nog onbekend (McLean en McGreevy, 2010). Paarden gereden in hyperflexie vertonen ook een meer uitgesproken beweging van het voorbeen vergeleken met paarden gereden in een meer natuurlijke houding. Dit kan verklaard worden door de toename van de activiteit van de musculus brachiocephalicus in deze houding, die als voornaamste functie het naar voren plaatsen van het voorbeen heeft (Kienapfel, 2014).

Aangezien de FEI stelt dat rollkür niet voor een langdurige periode zelfstandig aangehouden kan worden door het paard, kan worden gesteld dat continue teugeldruk een rol speelt bij het behoud van deze houding. Dit wordt echter tegengesproken door sommige trainers, die beweren dat wanneer het paard geleerd heeft deze extreme houding aan te nemen, dit bereikt kan worden met een veel lichter teugelcontact dan initieel nodig. Dit laat toe de teugeldruk bij paarden gereden in rollkür laag te houden na een adaptatieperiode. Verder wordt aangehaald dat deze houding geleidelijk aan geïntroduceerd wordt aan het paard en dat dit slechts voor een korte periode wordt toegepast. Het gebruik van deze methode voor langere perioden werd echter al vaker waargenomen (McLean en McGreevy, 2010).

Een ander argument is dat er geen bewijs bestaat dat rollkür schade aanricht op lange termijn. Zo werd in een studie van Welling (2006) geen deformatie van de wervels gevonden bij paarden die gedurende meerdere jaren met rollkür getraind werden (von Borstel et al., 2008). Daarnaast wordt ook het argument aangehaald dat topdressuurpaarden die getraind werden met behulp van deze techniek tot hun 20^e levensjaar succesvol in de sport werden uitgebracht. Dit zou niet mogelijk zijn als ze hiervan ongemak ondervonden of hun welzijn sterk gecompromitteerd werd (McLean en McGreevy, 2010).

3.5.2 Argumenten van de tegenstanders

In tegenstelling tot de voorstanders van deze trainingmethode beweren de tegenstanders dat het gebruik van deze techniek het paard stijver maakt en ook ongemak veroorzaakt. Zo zou het een minder ritmische gang, onregelmatige beweging van de achterbenen en holle lenden veroorzaken (McLean en McGreevy, 2010). Verder kan niet aangetoond worden dat de verbeterde beweging van de rug en de betere responsiviteit op de ruiter die wordt beschreven door sommige auteurs (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 2006) ook overblijft in de wedstrijdrij, waar een arbeidshouding wordt gevraagd met de neus op of licht voor de loodlijn. Het nut van het gebruik van rollkür kan hierdoor in twijfel getrokken worden (Von Borstel et al., 2008).

Bepaalde technieken waarbij het paard gedwongen wordt om 'aan het bit' te lopen lijken de ruiter op korte termijn voordelen op te leveren, maar kunnen daarbij schadelijke neveneffecten hebben voor het paard. Volgens Heuschmann (2006) zorgt de gradueel opgebouwde oprichting van hoofd en hals voor een vrij gedragen en ontspannen rug in tegenstelling tot het afdwingen van de gebogen houding die zorgt voor een holle rug met spanning en verzet (Rhodin et al., 2009).

Een valse knik is een abrupte overgang in de ventrale buiging van de hals, waarbij de grootste graad van flexie typisch waargenomen wordt ter hoogte van C3-C5. Dit wijst erop dat de gebogen houding van de hals afgedwongen wordt door teveel invloed van de ruiterhand. Het is echter nog onduidelijk of dit gepaard gaat met pathologische veranderingen. Daarnaast kan het gebruik van teugeldruk om buiging van de hals te verkrijgen ook verwarring oproepen bij het paard, aangezien dit reeds aan het begin van de opleiding wordt aangeleerd als een signaal om te vertragen (McLean en McGreevy, 2010).

Door Denoix (2006) werd aangetoond dat hyperflexie van hoofd en hals de druk op de cervicale tussenwervelschijven doet toenemen en zorgt voor stress in het ligamentum nuchae. De grootste kracht op het ligamentum nuchae werd gevonden ter hoogte van de aanhechting op C2 bij een maximale flexie van hoofd en hals (von Borstel et al., 2008; Kienapfel, 2014). Dit zou op langere termijn kunnen leiden tot pijn en lesies in deze regio (von Borstel et al., 2008).

4 Beïnvloeding van de natuurlijke beweging

4.1 Het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen op de bespiering

De ontwikkeling van de halsspieren die instaan voor de oprichting van hoofd en hals is niet alleen uiterst belangrijk in de dressuursport, maar ook in andere disciplines van de paardensport (Denoix, 2013a). De halsspieren worden actief gebruikt voor stabilisatie van de hals tijdens de natuurlijke voortbeweging van het paard. Door de beweging van hoofd en hals te beperken, wordt de belasting op de spieren van de hals groter. In extreme gevallen kan dit zelfs de neurale prikkelgeleiding naar de spieren in het gedrang brengen (Zsoldos et al., 2015). De bovenste cervicale intervertebrale gewrichten vertonen de hoogste graad van flexie wanneer de kin naar het manubrium wordt gericht. Bij een lagere hoofdpositie waarbij de kin naar de carpussen of kogels wijst, zal er extensie van de craniale cervicale gewrichten optreden evenals een grotere flexie aan de basis van de hals en in de thoracale regio. Dit impliceert dat door het paard een reeks verschillende halshoudingen te laten aannemen, de segmentale bespiering in verschillende regio's van de wervelkolom gebruikt zal worden voor de stabilisatie van de intervertebrale gewrichten. Het versterken van deze diepe stabiliserende spieren heeft een therapeutisch effect op het herstel van de vertebrale stabiliteit en een profylactisch effect op het voorkomen van microbeweging ter hoogte van de intervertebrale gewrichten. Dit is een gunstig effect aangezien deze microbeweging predisponerend kan werken voor artrotische veranderingen (Clayton et al., 2012). De belangrijkste oppervlakkige spieren van de hals zijn de *musculus splenius*, *musculus brachiocephalicus* en *musculus trapezius*. Vooral de *musculus splenius* speelt een belangrijke rol in de verschillende gangen. Aan de hand van elektromyografie werd aangetoond dat deze spier minder activiteit vertoonde bij maximale flexie van de hals dan in een positie waarbij de bewegingsvrijheid van de hals niet beperkt werd. De *musculus brachiocephalicus* vertoonde daarentegen in alle gangen meer activiteit bij een extreme flexie van hoofd en hals vergeleken met een vrije of opgerichte houding. Deze resultaten werden niet beïnvloed door het al dan niet gereden worden van het paard of de gang waarin het zich voortbewoog. De *musculus trapezius* vertoonde bij hyperflexie van hoofd en hals minder activiteit vergeleken met de andere houdingen in stap. In draf kon er geen verschil worden opgemerkt in activiteit tussen oprichting en extreme flexie van hoofd en hals. In galop kon in geen van de houdingen een verschil in activiteit worden opgemerkt (Kienapfel, 2014).

Tijdens een dagelijkse trainingssessie worden paarden hoofdzakelijk gereden met de neus voor of op de loodlijn, wat het meest aansluit bij de natuurlijke houding. Deze houding leidt tot belasting van de dorsale halsspieren, waartoe de *musculus splenius* behoort, waardoor deze spieren die de bovenlijn van de hals vormen meer ontwikkeld worden. Dit is zonder twijfel een gunstig effect vanuit een functioneel standpunt bij sportpaarden en voornamelijk dressuurpaarden, en draagt waarschijnlijk bij tot het behoud van de gezondheid van het paard, waardoor zijn carrière als sportpaard verlengd wordt. Extreme flexie van hoofd en hals zorgt hoofdzakelijk voor de ontwikkeling van de ventrale halsspieren. Daarbij is er minder kracht nodig van de dorsale halsspieren. In deze houding vertonen de halsspieren dus geen natuurlijk activiteitspatroon. Wanneer het hoofd achter de loodlijn wordt gehouden, wat gepaard gaat met een groot gewicht, treedt er activatie op van spieren die zorgen voor de buiging van het atlanto-occipitale gewricht. Deze functie kan uitgevoerd worden door de *musculus brachiocephalicus*. Hierdoor vertoont de *musculus brachiocephalicus* continue activiteit bij hyperflexie van hoofd en hals, wat afwijkt van het normale activiteitspatroon van deze spier tijdens de natuurlijke beweging. Langdurige training in hyperflexie van de hals kan hierdoor leiden tot spasmen in de *musculus brachiocephalicus*, wat pijn en ongemak kan veroorzaken. In de richtlijnen van de FEI wordt vermeld dat het welzijn van het paard te allen tijde gewaarborgd moet worden. Hierbij is ook het behoud van de natuurlijke beweging van groot belang. Om deze reden wordt volgens Kienapfel (2014) niet aan deze vereiste voldaan bij het trainen met hyperflexie.

4.2 De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de zenuwgeleiding

De positie van hoofd en hals kan een invloed uitoefenen op het ruggenmerg en op de spinaalzenuwen die hieruit ontspringen (Zsoldos et al., 2015). Een laag gehouden hals zorgt ook voor flexie van de halswervelkolom, wat gepaard gaat met een opening van de *foramina vertebrales* die gevormd worden door twee opeenvolgende halswervels. Uit deze foramina ontspringen de spinaalzenuwen. Opening van deze foramina kan helpen bij compressie van de zenuwen, wat kan leiden tot stijfheid van de hals, verzet tijdens het rijden en zelfs mankheid ter hoogte van de voorhand (Denoix, 2013a). Hyperflexie van de hals zorgt in tegenstelling tot de lage halshouding voor flexie van de craniale halswervelkolom en extensie van de caudale halswervelkolom. Volledige extensie van de halswervelkolom zorgt voor vernauwing van de *foramina intervertebrales*. Dit kan een verhoogde druk op de zenuwwortels veroorzaken met een vertraagde zenuwgeleiding tot gevolg. Op lange termijn kan dit tot neurologische effecten leiden, maar ook kortetermijneffecten op neuronale en musculaire functie zijn mogelijk bij een maximale flexie van hoofd en hals. Andere studies toonden eveneens deze vertraagde zenuwgeleiding aan bij paarden gereden met de neus achter de loodlijn (Zsoldos et al., 2015).

4.3 De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de beweging van de thoracolumbaire wervelkolom

Bij paarden aan de longe werd reeds aangetoond dat flexie van hoofd en hals leidt tot een toename van het bewegingsbereik van de thoracolumbaire wervelkolom en een verbeterd gebruik van de achterhand van het paard, waarbij de achterbenen meer onder het paardenlichaam treden en zo zorgen voor een gelijkmatigere verdeling van het lichaamsgewicht tussen de voorste en achterste ledematen (Gómez-Álvarez et al., 2006). In een studie uitgevoerd door Rhodin et al. (2009) kon dit effect echter niet aangetoond worden bij het bereden paard. In tegenstelling tot flexie van hoofd en hals kon zowel bij het bereden als onbereden paard aangetoond worden dat extensie van de hals leidt tot een toename van de extensie van de thoracolumbaire wervelkolom (Gómez-Álvarez et al., 2006; Rhodin et al., 2009).

Volgens Denoix (2013a) zorgt een laag gedragen hals voor flexie van de thoracale wervelkolom. Dit wordt veroorzaakt door elongatie van het *ligamentum nuchae*, wat zorgt voor een voorwaartse tractie op de spinaaluitsteeksels van de ruggenwervels die de schoft vormen. Deze flexie van de thoracale wervelkolom is het meest uitgesproken in de regio waarin het zadel wordt geplaatst en zorgt zo voor een betere ondersteuning van de ruiter. Deze houding wordt hierdoor aangeraden bij jonge paarden bij wie de spieren nog niet aangepast zijn om het ruitergewicht te dragen. Tractie op het *ligamentum nuchae* zorgt tevens voor elongatie van het *ligamentum supraspinale*. Dit bevordert het gebruik van de achterhand, met flexie van het lumbosacrale gewricht tot gevolg. Flexie van de thoracale wervelkolom zorgt daarnaast ook voor een vergroting van de ruimte tussen de opeenvolgende spinaaluitsteeksels. Dit kan zorgen voor een verlichting van de pijn bij paarden die lijden aan kissing spines (Denoix, 2013a). Deze flexie ter hoogte van de thoracale wervelkolom bij een lage hoofd-halshouding werd niet waargenomen door Rhodin et al. (2005) die het effect van verschillende hoofd-halshoudingen op de beweging van de wervelkolom bestudeerde aan de hand van verschillende sensoren die op de huid werden bevestigd. In deze studie werd aangetoond dat in stap de paslengte en de beweging ter hoogte van de lumbale wervelkolom significant beperkter waren met het hoofd en de hals in een opgerichte positie vergeleken met een vrije of lage hoofd-halshouding. In tegenstelling tot deze bevindingen werd gesteld dat de thoracale wervelkolom een significant grotere laterale buiging vertoonde bij de opgerichte houding. In draf was flexie en extensie van de rug enkel beperkt in segment T17 met het hoofd in de opgerichte positie en bleek de paslengte onafhankelijk te zijn van de hoofd-halshouding. De verschillende resultaten in stap en draf kunnen verbonden zijn met de verschillende karakteristieken van deze gangen. Het kleinere bewegingsbereik in het lumbaal gedeelte van de rug kan te wijten zijn aan de verkorte paslengte, aangezien de beweging van de rug ook gerelateerd is met de paslengte. Zo strekken en buigen paarden met een grote paslengte de caudale zadelregio meer in stap. De vergrote beweging ter hoogte van het thoracale gedeelte van de rug kan hierdoor compensatoir zijn of direct veroorzaakt worden door de hoofd-halshouding. Artefacten die ontstaan door beweging van de huid kunnen de resultaten van deze metingen mogelijk beïnvloeden. Zo werd reeds aangetoond dat de gegevens verkregen door de sensoren bevestigd aan de huid niet accuraat zijn voor laterale buiging gemeten in stap. In draf was deze nauwkeurigheid beter (Rhodin et al., 2005).

4.4 De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op het gezichtsveld van het paard

De houding van hoofd en hals kan een invloed uitoefenen op het gezichtsveld van het paard, wat op zijn beurt kan leiden tot een verstoring van de balans (McGreevy et al., 2010). Door McGreevy et al. (2010) werd aangetoond dat rollkür het gezichtsveld van het paard in de richting van voortbeweging sterk beperkt. Door Bartos et al. (2008) werd echter aangetoond dat het paard in staat is om de pupil onafhankelijk van de hoofd-halshouding in een horizontale positie tegenover de grond te houden en hierdoor dus het verlies van het gezichtsveld dat anders zou optreden bij een wijziging van de hoofd-halshouding kan compenseren. In deze studie werden slechts drie houdingen getest, namelijk hoge hoofd-halshouding waarbij de neus boven de horizontale werd gedragen, een houding waarbij het paard 'aan het bit' gereden werd en waarbij de neus voor de loodlijn werd gedragen, en een lage hoofd-halshouding waarbij het hoofd dicht tegen de grond werd gedragen. In al deze houdingen waren de paarden in staat om de ogen te roteren en zo de horizontale positie van de pupil tegenover de grond permanent te behouden (Bartos et al., 2008). In het geval van hyperflexie, een houding die in de studie van Bartos et al. (2008) niet getest werd, gaat het echter om een extreme hoofd-halshouding waarbij deze compensatiemethode mogelijk niet volstaat om het gezichtsveld te behouden (McGreevy et al., 2010).

4.5 De invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de ademhaling en pharyngeale diameter

Het optimaal functioneren van het ademhalingsstelsel als voldoende arteriële oxygenatie is een belangrijke factor om optimale prestaties te kunnen bereiken. Flexie van hoofd en hals heeft een invloed op de functionaliteit van de bovenste luchtwegen. Zo kan flexie van de hals een belangrijke factor zijn die bijdraagt tot de ontwikkeling van een dynamische luchtwegobstructie, maar is daarnaast ook een oorzaak voor deze dynamische obstructie bij gezonde paarden die een zware inspanning leveren (Sleutjens, 2013). Zo werd in een studie van Petsche et al. (1995) aangetoond dat flexie van hoofd en hals een significante stijging van de impedantie tijdens inhalatie veroorzaakt wanneer het paard arbeid leverde aan 100 % van het maximale hartritme. De impedantie tijdens expiratie bleef hierbij ongewijzigd. Deze resultaten werden ook bij lagere snelheden waargenomen, maar ontbraken dan aan statistische relevantie. Bij maximale inspanning werd bij flexie van de hals een reductie van 50 % van het tidaal volume bij inhalatie waargenomen. Deze reductie trad niet op bij exhalatie. Flexie van hoofd en hals leidt dus tot een obstructie van de luchtstroom bij inhalatie maar niet bij exhalatie. Dit betekent dat het een dynamische obstructie betreft die niet enkel veroorzaakt wordt door de grotere hoek die de luchtstroom moet volgen bij flexie van hoofd en hals, aangezien in dat geval zowel bij inhalatie als exhalatie een obstructie van de luchtstroom zou optreden. Flexie van hoofd en hals kan leiden tot een hogere compliantie van de bovenste luchtwegen, waardoor weke delen zich kunnen verplaatsen naar het ademhalingsstelsel en zo obstructie van de luchtstroom kunnen veroorzaken (Petsche et al., 1995). Endoscopie van de luchtwegen bij een paard in rust heeft daarnaast ook aangetoond dat flexie van hoofd en hals leidt tot een reductie van de faryngale diameter (Sleutjens, 2013, Kienapfel, 2014) in tegenstelling tot extensie, wat gepaard gaat met een toename van de faryngale diameter (Sleutjens, 2013). Ook werd een toename van turbulentie ter hoogte van de bovenste ademhalingswegen waargenomen bij flexie van hoofd en hals (McGreevy et al., 2010). Obstructie van de bovenste ademhalingswegen veroorzaakt een verhoogd intrathoracaal drukverschil en een hogere negatieve druk tijdens inhalatie. Inefficiënte alveolaire ventilatie kan leiden tot verminderde arteriële oxygenatie, wat kan leiden tot verminderd prestatievermogen (Sleutjens, 2013). Ondanks deze bevindingen kon door van Weeren et al. (2013) bij geen enkele hoofd-halshouding een negatieve invloed op het zuurstofgehalte van het bloed waargenomen worden.

5 Effecten van rollkür op het welzijn van het paard

De FEI focust zich reeds lange tijd op het welzijn van het sportpaard en heeft in dit verband in 1990 een gedragscode opgesteld. Hierin wordt gesteld dat alle rij- en trainingsmethoden rekening moeten houden met het paard als levend wezen en geen gebruik mogen maken van technieken die het welzijn van het paard in het gedrang kunnen brengen en afgekeurd worden door de FEI (Dwyer, 2007).

Verschillende trainingsmethoden worden vaak bekritiseerd omwille van de onnatuurlijke houdingen die hierbij gevraagd worden aan het paard (van Breda, 2006). Zo wordt geïmpliceerd dat bepaalde hoofd-halshoudingen het comfort van het paard in het gedrang kunnen brengen, zoals overmatige flexie van hoofd en hals (Zsoldos et al., 2015). Aangezien de FEI stelt dat het doel van dressuur de ontwikkeling van het paard tot een gelukkige atleet is, zou het psychologische welzijn van het paard een belangrijke sleutelfactor moeten zijn bij diens opleiding (von Borstel et al., 2008). Bij verschillende diersoorten werd het nut van variabiliteit in hartritme reeds aangetoond als indicator voor acute en chronische stress. Hierdoor wordt deze parameter frequent gebruikt in onderzoeken naar het gedrag en welzijn van paarden. Ook conflictgedragingen zoals slagen met de staart en openen van de mond worden gebruikt om acuut ongemak bij het paard aan te tonen in stressgerelateerde studies. Het belang van deze gedragsmatige indicatoren werd echter nog niet wetenschappelijk bewezen. Een van de meest gebruikte hormonen om de stressrespons van het paard te meten is cortisol, wat bepaald kan worden in plasma, serum en speeksel en stijgt bij een stressrespons. Kleine veranderingen in de omgeving van het paard kunnen reeds een weerslag hebben op het cortisolgehalte. De combinatie van cortisolconcentratie, variabiliteit in hartritme en gedragsmatige parameters kan meer informatie leveren over de aanwezigheid van acute of chronische stress in bepaalde situaties (Smiet et al., 2014). Diverse studies hebben het effect van rollkür op de psychologische toestand van het paard onderzocht door parameters voor stress en ongemak te meten. Hierbij werden echter geen eenduidige resultaten bekomen, maar spraken de bevindingen van de verschillende studies elkaar zelfs tegen.

Tegenwoordig worden paarden tijdens de opwarming voor een dressuurwedstrijd frequent gereden met de neus achter de loodlijn. Zo werd bij een screening van de hoofd-halshouding van 355 paarden in de inrijpiste bevonden dat 69% van de paarden gereden werden met de neus achter de loodlijn, 19% met hun neus op de loodlijn en slechts 12% met hun neus voor de loodlijn. In de lagere dressuurklassen ging een neus die achter de loodlijn gedragen werd gepaard met een lagere score, maar dit werd niet waargenomen in de hogere klassen. Daarnaast werden significant meer conflictgedragingen geobserveerd bij de paarden gereden met hun neus achter de loodlijn. Deze conflictgedragingen werden waargenomen onafhankelijk van het niveau waarop het paard presteerde. Dit impliceert dat de uitlokkende factor voor dit gedrag voornamelijk de toegenomen flexie van de hals is en niet het trainingsniveau van het paard of de ervaring van de ruiter (Kienapfel et al., 2014).

In een studie uitgevoerd door Smiet et al. (2014) werden verschillende hoofd-halshoudingen onderzocht in verband met hun mogelijk effect op het welzijn van het paard. Er werden vijf hoofd-halshoudingen onderzocht, waaronder een vrije hoofd-halshouding, een opgerichte houding waarbij de neus op de loodlijn werd gedragen, een lage en gebogen houding waarbij de neus naar de borst werd gericht, een hoge houding waarbij de hals werd gestrekt, en een lage en gebogen houding waarbij de neus naar de carpus werd gericht (figuur 13). Hierbij werd gebruik gemaakt van de variabiliteit in hartritme en de cortisolconcentratie in het bloed en speeksel, evenals van gedragsmatige parameters om het welzijn te beoordelen. In deze studie werd voornamelijk bij de opgerichte houding met de neus op de loodlijn een stressrespons waargenomen, waarbij er zowel een toename was van het cortisolgehalte in het speeksel als van de variabiliteit in hartritme, wat kan wijzen op een toename van stress of werklast van de arbeid. Ook werden er meer conflictgedragingen waargenomen. De houding die de minste stress veroorzaakte was diegene waarbij de hals werd gebogen en de neus in de richting van de carpus wees. Al deze houdingen werden bekomen met behulp van hulpteugels. (Smiet et al., 2014).



Figuur 13: de verschillende hoofd-halshoudingen, waaronder een vrije hoofd-halshouding (HNP1), een opgerichte houding waarbij de neus op de loodlijn werd gedragen (HNP2), een lage en gebogen houding waarbij de neus naar de borst werd gericht (HNP4), een hoge houding waarbij de hals werd gestrekt (HNP5), en een lage en gebogen houding waarbij de neus naar de carpus werd gericht (HNP7) (uit: Smiet et al., 2014).

In een studie uitgevoerd door van Breda (2006) werd de invloed van verschillende trainingstechnieken en daarbij behorende hoofd-halshoudingen op pijn en stress onderzocht. Dit gebeurde aan de hand van de variabiliteit in hartritme. Hiervoor werden twaalf paarden gebruikt, waarvan zeven paarden op recreatief niveau gereden werden en vijf paarden op internationaal niveau sportprestaties leverden. De paarden op recreatief niveau werden gereden in de normale arbeidshouding zoals vereist in een dressuurwedstrijd, namelijk met de neus op of licht voor de loodlijn. De elitedressuurpaarden werden gereden met hyperflexie van hoofd en hals, waarbij de neus ver achter de loodlijn wordt gedragen. Bij elke groep werd het hartritme gemeten in rust, 30 minuten na het voeren in de ochtend, en 30 minuten na een trainingssessie in de voormiddag. De resultaten van dit onderzoek konden geen significant verschil in hartritme aantonen tussen de recreatie- en sportpaarden tijdens rust, maar wel 30 minuten na training, waarbij de elitedressuurpaarden minder variabiliteit in hartritme vertoonden. Hieruit werd geconcludeerd dat de dressuurpaarden gereden met hyperflexie van de hals minder acute stress vertoonden dan de recreatiepaarden die niet in deze extreme positie getraind werden. Dit werd beschouwd als een argument voor het behoud van welzijn bij het gebruik van trainingstechnieken die een onnatuurlijke houding gebruiken, zoals rollkür bij elitedressuurpaarden.

Een beperking van deze studie ligt in het feit dat de elitedressuurpaarden en recreatiepaarden die gebruikt werden in deze studie onderworpen werden aan verschillende trainingsmethoden. Daarnaast waren de trainingsduur evenals de tijd die de elitedressuurpaarden dagelijks op de paddock doorbrachten langer vergeleken met de recreatiepaarden (van Breda, 2006). Om deze redenen is directe vergelijking tussen deze twee groepen onbetrouwbaar. Bijgevolg werd ook het gebruik van rollkür bij recreatiepaarden in deze studie niet bestudeerd (Dwyer, 2007). Een andere mogelijk verstorende factor in deze studie is het verschil van ras tussen de twee groepen, wat mogelijk een significante invloed kan hebben op het hartritme. Het verschil in hartritme tussen verschillende paardenrassen kon echter nog niet worden aangetoond, in tegenstelling tot koeienrassen waarbij dit wel reeds werd beschreven in de literatuur (van Breda, 2006).

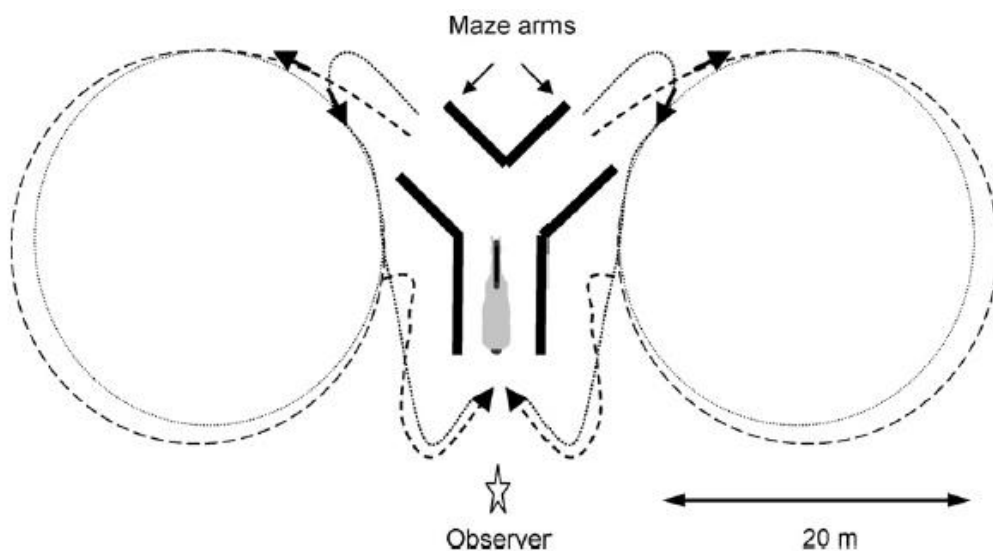
In tegenstelling tot van Breda (2006) vond Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al. (2006) een hoger hartritme en een hogere lactaatconcentratie in het bloed bij acht L-dressuurpaarden die gereden werden door een ervaren ruiter in een ronde en diepe houding (figuur 14) die gebruikt werd als een benadering van rollkür, vergeleken met een natuurlijke houding waarbij een licht contact op de teugels gehanteerd werd. De paarden in deze studie werden gereden met behulp van een hulpteugel om de ronde en diepe houding te bekomen. Aangezien de paarden in deze studie niet gewend waren aan rollkür, werd het gebruik van de hulpteugels beperkt. Uit deze studie werd geconcludeerd dat de verhoogde hartslag en lactaatconcentratie gemeten in het bloed een indicatie waren voor een hogere werklast tijdens deze houding, aangezien het paard geen tekenen van onbehaaglijkheid vertoonde. Een beter gebruik van de spieren en het lichaam tijdens de ronde en diepe houding werd aangehaald als verklaring voor deze hogere werklast (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 2006).



Figuur 14: een paard gereden in een rond en diepe houding met behulp van een slofteugel als benadering voor de rollkür houding (uit: Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 2006).

De buiging van hoofd en hals die in deze studie werd toegepast is echter minder extreem en werd niet zo langdurig toegepast als het geval zou zijn bij het gebruik van rollkür bij hoog opgeleide dressuurpaarden. Toch suggereren de auteurs van deze studie dat de hoofd-halshouding die gebruikt werd bij de relatief ongetrainde dressuurpaarden gelijkwaardig is aan de extreme rollkür die bij elitedressuurpaarden wordt toegepast. Er zijn echter geen kwantificeerbare data om deze theorie te ondersteunen (Dwyer, 2007). Subjectieve waarneming van zowel de observator als ruiter impliceerde een verbetering van de beweging van de paarden en een verbeterde attentie voor de hulpen van hun ruiter tijdens de ronde en diepe houding. Hierbij werden geen tekenen van ongemak of stress waargenomen (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 2006). Deze verhoogde responsiviteit werd niet waargenomen in de studie van von Borstel et al. (2008), maar wordt volgens deze auteur verklaard door het beperkte gezichtsveld bij rollkür waardoor het paard afhankelijk wordt van de hulpen van de ruiter om te navigeren.

Een andere studie uitgevoerd door von Borstel et al. (2008), die ook de invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op het welzijn en angst bij sportpaarden onderzocht, maakte tevens gebruik van de variabiliteit in hartritme, maar hield daarnaast ook rekening met gedragsmatige veranderingen waarneembaar bij de verschillende trainingsmethoden. In deze studie werden 15 sportpaarden gebruikt, waarvan er zowel prestaties leverden in de springsport als in de dressuursport. Bij deze proefopstelling werd gebruik gemaakt van een Y-vormig doolhof dat in de piste geplaatst werd (figuur 15). De paarden werden herhaaldelijk door de Y-vorm gereden, waarbij het rijden door de ene arm van de Y-vorm gevolgd werd door een cirkel van twintig meter diameter gereden in arbeidshouding, en het rijden door de andere arm gevolgd werd door een cirkel van twintig meter diameter gereden in rollkür. Voorts werd onderzocht of de paarden een voorkeur vertoonden voor de ene of de andere rijstijl. Dit werd getest door de paarden na een periode van conditionering te laten kiezen langs welke arm ze de Y-vorm zouden verlaten. Hyperflexie van hoofd en hals werd afgedwongen door een hogere druk uit te oefenen op de teugels in combinatie met het gebruik van hulpteugels, wat het verkrijgen van deze extreme houding voor de ruiter vergemakkelijkt en de nodige kracht hiervoor reduceert.



Figuur 15: schematische voorstelling van het Y-vormige doolhof. De pijlen geven de richting aan waarin het paard en de ruiter bewegen tijdens de test (uit: von Borstel et al., 2008).

Indien de kans gegeven, verkozen de paarden significant vaker de arm van de Y-vorm die gevolgd werd door de cirkel gereden in arbeidshouding. Daarnaast vertoonden de paarden die onderworpen werden aan angststimuli meer angst wanneer gereden met hyperflexie en hadden ze meer tijd nodig om deze te benaderen. De resultaten konden geen significant verschil in hartritme aantonen tussen de verschillende trainingstechnieken. Wel werd bevonden dat de paarden trager bewogen wanneer ze gereden werden in rollkür en ze hierbij ook beduidend meer tekenen van ongemak vertoonden, zoals slagen met de staart en het hoofd als herhaalde pogingen tot bokken. De ruiter moest meer moeite doen om het paard voorwaarts te rijden tijdens rollkür vergeleken met de arbeidshouding, wat verklaard zou kunnen worden door het beperkte gezichtsveld en de hogere spanning op de teugels, wat voor het paard een signaal is om te stoppen. Uit deze bevindingen werd geconcludeerd dat gedwongen hyperflexie van hoofd en hals leidt tot ongemak en verhoogde angst, waardoor de paarden ook gevaarlijker worden om te rijden. Dit is mogelijk te wijten aan de beperking van het gezichtsveld van het paard dat gepaard gaat met rollkür. De duidelijke voorkeur van de paarden voor de arbeidshouding vergeleken met hyperflexie zou mede veroorzaakt kunnen worden door de keuze van de paarden voor het bekende, aangezien geen van hen gewend was aan rollkür als trainingsmethode. Er kan echter gespeculeerd worden dat verhoging van het hartritme, veroorzaakt door hogere fysische inspanning vereist tijdens rollkür, gecompenseerd wordt door de tragere voortbeweging die leidt tot een lagere lichamelijke inspanning. Aangezien het effect van verschillende stimuli op het hartritme sommeerbaar is, kunnen twee factoren, namelijk een lagere lichamelijke inspanning en verhoogde opwindings tijdens rollkür, leiden tot een onveranderd hartritme. Een andere mogelijke verklaring hiervoor is dat rollkür door de spanning op de teugels gepaard gaat met een hogere fysische inspanning die gecompenseerd wordt door de lagere lichamelijke inspanning, waardoor ook een onveranderd hartritme wordt bekomen (von Borstel et al., 2008).

6 Discussie

De meningen over de verschillende hoofd-halshoudingen gebruikt bij de training van het sportpaard lopen sterk uiteen en spreken elkaar zelfs regelmatig tegen, maar zijn echter niet altijd wetenschappelijk gefundeerd. De FEI beschrijft in zijn richtlijnen voor dressuur dat het hoofd en de hals van het paard zo gedragen moeten worden dat de neus van het paard te allen tijde voor de loodlijn wordt gedragen met de nek als hoogste punt (FEI Dressage Rules, 2018). Toch werd reeds in meerdere studies aangetoond dat een groot deel van de paarden bij de opwarming en tijdens een dressuurwedstrijd gereden werd met de neus achter de loodlijn gedragen. Ondanks deze tegenstrijdigheid met de opgestelde richtlijnen ging dit in de hogere klassen van de dressuur niet gepaard met een lagere score (Lashley et al., 2014; Kienapfel et al., 2014). Daarnaast veroordeelt de FEI het gebruik van elke vorm van agressie en dwang in de ruitersport, maar er wordt nergens gespecificeerd wat deze begrippen juist inhouden en hoe dit beoordeeld kan worden. Er is dus nood aan meer duidelijkheid omtrent deze richtlijnen en de toepassing hiervan. Zo wordt er ook een onderscheid gemaakt tussen laag, diep en rond, wat wel geaccepteerd wordt door de FEI, en rollkür, wat een agressieve component bevat en hierdoor een trainingstechniek is die niet wordt toegelaten (van Weeren et al., 2010). De richtlijnen die het onderscheid tussen deze houdingen maakt gebruikt termen als “overmatige flexie” en “langdurig”, maar ook hier is er geen duidelijkheid over wat hiermee juist bedoeld wordt. Dat maakt het zeer moeilijk om deze beide houdingen in de praktijk van elkaar te onderscheiden.

Ook over de invloed van de verschillende hoofd-halshoudingen op de beweging van het paard bestaat veel onduidelijkheid en zijn de meningen verdeeld. De voorstanders van hyperflexie als trainingstechniek beweren dat deze houding leidt tot biomechanische voordelen en een verbetering van de souplesse van het paard (McGreevy et al., 2010, von Borstel et al., 2008). Deze stelling wordt echter tegengesproken door de tegenstanders die beweren dat deze extreme houding negatieve effecten heeft op de gang van het paard en tot ongemak leidt (McLean en McGreevy, 2010). Een studie die de beweging van paarden aan de longe onderzocht kon bij flexie van de hals positieve effecten op de beweging van het paard vaststellen (Gómez-Álvarez et al., 2006), maar deze effecten konden niet worden bevestigd in een andere studie die gebruikmaakte van bereden paarden (Rhodin et al., 2009). Daarnaast wordt er in de literatuur ook beschreven welke delen van de thoracolumbaire wervelkolom een groter of kleiner bewegingsbereik vertonen bij de verschillende hoofd-halshoudingen (Rhodin et al., 2005). De relevantie hiervan op de volledige beweging van het paard en de te leveren sportprestaties blijft echter onbekend. Een gebogen maar laag gedragen hals wordt in meerdere studies als meest voordelige houding bevonden (Denoix, 2013a; Smiet et al., 2014). Er is echter nood aan meer studies om het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen te onderzoeken en daarbij ook aandacht te schenken aan het effect op het gebruik van de achterhand en het bewegingsbereik van de voorste ledematen.

De resultaten uit de verschillende studies die het welzijn van het paard bij de verschillende hoofd-halshoudingen hebben onderzocht moeten echter met de nodige zorg geïnterpreteerd worden. In de studie van van Breda (2006) werd geen rekening gehouden met gedragsmatige veranderingen, in tegenstelling tot de studie van von Borstel et al. (2008) en Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al. (2006), waar dit wel het geval was.

Een ander belangrijk verschil is dat de elitedressuurpaarden gebruikt in de studie van van Breda (2006) gewend waren aan rollkür als trainingsmethode, in tegenstelling tot de sportpaarden gebruikt in de andere studies, die buiten deze proefopstelling niet getraind werden met deze extreme houding (Dwyer, 2007). Ook de manier waarop de verschillende houdingen verkregen werden verschilt tussen de verschillende studies. Een paard dat het hoofd in een verticale positie houdt tegenover de grond loopt daarom niet “aan het bit” (McGreevy et al., 2010). De manier waarop de verschillende houdingen bekomen worden is dus ook van groot belang voor de beweging en het gedrag van het paard en zou dus een aandachtspunt moeten zijn bij de beoordeling van het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen. Daarnaast vormt dit ook een factor die het moeilijker maakt om de verschillende studies met elkaar te vergelijken, aangezien er telkens andere methoden gebruikt worden. Zo wordt er zowel gebruikgemaakt van bereden als onbereden paarden en van teugels die al dan niet gecombineerd werden met hulpteugels. Ook door het gebrek aan studies op lange termijn moeten de conclusies uit deze studies kritisch bekeken worden. Als internationale topruiters technieken zoals rollkür gebruiken bij de opleiding van hun paarden en er daarbij in slagen overwinningen te behalen, zullen ook minder ervaren ruiters deze technieken proberen te imiteren. In geen van bovenstaande studies wordt echter het effect van deze extreme hoofd-halshouding onderzocht op paarden die niet dressuurmatig geschoold zijn. Enkel Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al. (2006) past deze techniek toe op matig geschoolde dressuurpaarden, maar kon hierbij de eigenlijke rollkürhouding niet bereiken (Dwyer, 2007). Het is dus ook belangrijk om bij de beoordeling van rollkür als trainingsmethode rekening te houden met het opleidingsniveau van het paard en de ervaring van de ruiter. De topsportpaarden die meestal gereden worden door ervaren ruiters bezitten vaak een lichaamsbouw die meer souplesse toelaat vergeleken met de recreatiepaarden die meestal gereden worden door beginnende ruiters. De impact die rollkür heeft op het lichaam van een topsportpaard met een atletische bouw en dat reeds gewend is aan deze extreme houding, is daardoor niet te vergelijken met een beginnende ruiter die dit wil toepassen op zijn minder flexibele paard. Daardoor is het ook aannemelijk dat deze houding meer schade kan berokkenen wanneer toegepast bij deze laatste groep.

Over de interpretatie van de verschillende hoofd-halshoudingen bestaat eveneens onduidelijkheid. De overgrote meerderheid van de bovenstaande studies maakte geen gebruik van een gestandaardiseerde manier om de verschillende hoofd-halshoudingen te bekomen, waardoor deze ook op een andere manier geïnterpreteerd kunnen worden door verschillende personen. Zo verschilde bijvoorbeeld de mate van hyperflexie tussen de verschillende studies. Er is dus nood aan een meer gestandaardiseerde manier om dit te onderzoeken. Elgersma et al. (2010) heeft een methode ontwikkeld die de verschillende hoofd-halshoudingen standaardiseert in het sagittale vlak bij paarden aan de longe. Dit is een goede methode waarvan toekomstige studies gebruik kunnen maken om de hoofd-halshouding op een meer objectieve manier te kunnen beoordelen.

De conclusie is dat er nood is aan studies die het effect van de verschillende hoofd-halshoudingen bestuderen op een gestandaardiseerde manier en daarbij ook dezelfde groepen paarden vergelijken. Daarnaast is er ook nood aan studies op lange termijn om de mogelijke schadelijke effecten van rollkür en andere hoofd-halshoudingen te onderzoeken. Ook de richtlijnen opgesteld door de FEI dienen verduidelijkt te worden, zodat deze effectief gebruikt kunnen worden in het veld.

7 Literatuurlijst

Anonymous (2018). FEI. Dressage rules 25th edition, effective 1st January 2014 Including updates effective 1st January 2018.

https://inside.fei.org/sites/default/files/DRE-Rules_2018_Clean_Version_0.pdf

Bartos L., Bartosova J., Starostova L., 2008. Position of the head is not associated with changes in horse vision. *Equine veterinary journal* 40, 599-601.

Clayton H.M., Kaiser L.J., Lavagnino M., Stubbs N.C., 2012. Evaluation of intersegmental vertebral motion during performance of dynamic mobilization exercises in cervical lateral bending in horses. *American Journal of Veterinary Research* 73, 1153-1159.

Clayton, H.M., 2016. Horse Species Symposium: Biomechanics of the exercising horse. *American Society of Animal Science* 94, 4076-4086.

Denoix, J.M., 2013a. Biomechanical analysis of longitudinal movements. In: *Biomechanics and physical training of the horse*. CRC press, London, UK, pp. 52-72.

Denoix, J.M., 2013b. Muscle groups and their actions. In: *Biomechanics and physical training of the horse*. CRC press, London, UK, pp. 14-39.

Dwyer, S., 2007. A review of recent studies into the effect of 'Rollkür' on the wellbeing of competition horses. *Animal Welfare Essay*, d.o.i.

Elgersma A.E., Wijnberg I.D., Sleutjens J., Van der Kolk H., van Weeren P.R., Back W., 2010. A pilot study on objective qualification and anatomical modelling of in vivo head and neck positions commonly applied in training and competition of sport horses. *Equine Veterinary Journal* 42, 436-443.

Gellman, K.S., Bertram, J.E.A., 2002a. The equine nuchal ligament 1: structural and material properties. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 15, 1-6.

Gellman, K.S., Bertram, J.E.A., 2002b. The equine nuchal ligament 2: passive dynamic energy exchange in locomotion. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 15, 7-14.

Gomez-Alvarez C.B., Rhodin M., Bobbert M.F., Meyer H., Weishaupt M.A., Johnston C., van Weeren P.R., 2006. The effect of head and neck position on the thoracolumbar kinematics in the unriden horse. *Equine veterinary Journal* 36, 445-451.

Heuschmann, G., 2008. Functionele verbanden – en hun consequenties voor een juiste training. In: *Dressuur onder vuur*, derde editie. Tirion, Baarn, Nederland, pp. 87-95.

Kienapfel K., Link Y., König von Borstel U., 2014. Prevalence of Different Head-Neck Positions in Horses Shown at Dressage Competitions and Their Relation to Conflict Behaviour and Performance Marks. *PLoS ONE*. 9, d.o.i.

Kienapfel, K., 2015. The effect of three different head–neck positions on the average EMG activity of three important neck muscles in the horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99, 132–138.

König, H.E., Liebich, H.G., 2007. Axial skeleton. In: *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals*, third Edn. Schattauer GmbH, Hölderlinstraße, Stuttgart, Germany, pp. 86-112.

König, H.E., Liebich, H.G., Maierl J., 2007. Fasciae and muscles of the head, neck and trunk. In: *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals*, third Edn. Schattauer GmbH, Hölderlinstraße, Stuttgart, Germany, pp. 124-134.

- Lashley, M.J., Nauwelaerts, S., Vernooij, J.C.M., Back, W., Clayton, H.M., 2014. Comparison of the head and neck position of elite dressage horses during top-level competitions in 1992 versus 2008. *The Veterinary Journal* 202, 462–465.
- McGreevy, P.D., Harman, A., McLean, A., Hawson, L., 2010. Over-flexing the horse's neck: A modern equestrian obsession? *Journal of Veterinary Behavior* 5, 180-186.
- McLean, A.N., McGreevy, P.D., 2010. Horse-training techniques that may defy the principles of learning theory and compromise welfare. *Journal of Veterinary Behavior* 5, 187-195.
- Petsche, V.M., Derksen F.J., Berney, C.E., Robinson N.E., 1995. Effect of head position on upper airway function in exercising horses. *Equine Veterinary Journal* 18, 18-22.
- Rhodin, M., Johnston, C., Roethlisberger Holm, K., Wennerstrand, J., Drevemo, S., 2005. The influence of head and neck position on kinematics of the back in riding horses at the walk and trot. *Equine Veterinary Journal* 37, 7-11.
- Rhodin, M., Gómez Álvarez, C.B., Byström, A., Johnston, C., van Weeren, P.R., Roepstorff, L., Weishaupt, M.A., 2009. The effect of different head and neck positions on the caudal back and hindlimb kinematics in the elite dressage horse at trot. *Equine Veterinary Journal* 41, 274-279.
- Sleutjens, J., 2013. The effect of the head and neck position on the equine athlete. Doctoraat, Doctor of Veterinary Medicine in de diergeneeskunde, Faculteit diergeneeskunde, Universiteit Utrecht, Nederland.
- Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., Blok, M.B., Begeman, L., Kamphuis, M.C.D., Lameris, C.M., Spierenburg, A.J., Lashley, M.J.J.O., 2006. Workload and stress in horses: comparison in horses ridden deep and round ('rollkur') with a draw rein and horses ridden in a natural frame with only light rein contact. *Tijdschrift voor diergeneeskunde* 131, 114-119.
- Smiet, E., van Dierendonck, M.C., Sleutjens, J., Menheere, P.P.C.A., van Breda, E., de Boer, D., Back, W., Wijnberg, I.D., van der Kolk, J.H., 2014. Effect of different head and neck positions on behaviour, heart rate variability and cortisol levels in lunged Royal Dutch sport horses. *The Veterinary Journal* 202, 26–32.
- Van Breda, E., 2006. A non-natural head–neck position (Rollkur) during training results in less acute stress in elite, trained, dressage horses. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 9, 59–64.
- van Weeren, P.R., McGowan, C., Haussler K.K., 2010. Development of a structural and functional understanding of the equine back. *Equine Veterinary Journal* 42, 393-400.
- van Weeren, P.R., 2013. About Rollkur, or low, deep and round: why Winston Churchill and Albert Einstein were right. *The Veterinary Journal* 196, 290–293.
- Von Borstel, U.U., Duncan, I.J.H., Shoveller, A.K., Merkies, K., Keeling, L.J., Millman, S.T., 2008. Impact of riding in a coercively obtained Rollkur posture on welfare and fear of performance horses. *Applied Animal Behaviour Science* 116, 228– 236.
- Zsoldos, R.R., Licka, T.F., 2015. The equine neck and its function during movement and locomotion. *Zoology* 118, 364-376.