

Aandrijving

In dit hoofdstuk zal gekeken worden naar de verschillende aandrijftechnieken of het verstandig is om voet- of handaandrijving te vragen en of dit synchroon of asynchroon uitgevoerd dient te worden. Als laatst zal gekeken worden naar de overbrengingen.

Aandrijftechnieken

Trappen

De traptechniek is een techniek waarbij arm- of beenkracht wordt overgebracht op een trapper, welke via de crank en het tandwiel de kracht overbrengt op een ketting die vervolgens door een kettingwiel de wielen in beweging zet. Soms is de crank ook direct gekoppeld aan de wielas, waardoor een ketting niet meer noodzakelijk is. Het trappen is een algemeen bekende manier om vooruit te komen. Deze techniek wordt namelijk ook gebruikt bij gewoon fietsen.

Ketting

Wanneer er gebruik wordt gemaakt van kettingen zijn ook minstens twee kettingwielen van belang. De kettingwielen zorgen ervoor dat het voertuig daadwerkelijk vooruit komt. De hart-op-hartafstand tussen de assen mag niet kleiner zijn dan dertig maal de steek van de ketting en niet groter dan tachtig maal de steek. De kettingwielen moeten in één vlak liggen zodat zijdelingse buiging niet mogelijk is.

Opstelling kettingoverbrenging

Een horizontale opstelling of een opstelling tot 60 graden worden bij voorkeur gebruikt. De doorhang in het slappe deel mag niet meer dan 2% van de hartafstand L tussen de wielen bedragen.

Een voorspanning kan worden verkregen door het verstellen van de motor of met behulp van een spanrol. Het aantal tanden van het spanwiel dat in aangrijping is, moet minstens drie tanden zijn en het aantal tanden minimaal 17. Het spanwiel moet altijd worden aangebracht bij het slappe part van de aandrijving.

Vliegende hollander

De aandrijftechniek genaamd 'vliegende hollander' is afkomstig van een oud speelgoed. Bij deze manier van aandrijven wordt geen gebruik gemaakt van kettingen of tandwielen. Er wordt doormiddel van handen of voeten, een stang naar voren en achteren te bewegen welke vast zit aan de achterwielen. Door de beweging naar voor en achter wordt een stang die vast zit aan de achterwielen rond gedraaid. Op deze manier komen de achterwielen in beweging en gaat dus het hele voertuig vooruit.

Een nadeel van deze techniek is dat het zwaar is om naar voren te komen. Verder is deze manier niet algemeen bekend en moet worden aangeleerd.

Er wordt gekozen om de traptechniek toe te passen. Deze techniek heeft als groot voordeel dat het bij, over het algemeen, iedereen bekend is. Aangezien de techniek gebruikt moet worden op een vluchtvoertuig is het handig wanneer iemand weet hoe hij vooruit moet komen.

Aangezien er wel gebruik moet worden gemaakt van een ketting bestaat de kans dat deze er afvalt. Wanneer dit gebeurt tijdens het vluchten sta je vast. Om deze reden is er voor gekozen dat het vluchtvoertuig een tweede aandrijftechniek heeft als reserve voor de eerste. De reserve techniek dient echter niet te worden aangedreven door een ketting.

Roeien

De laatste aandrijftechniek is het roeien. Bij het roeien wordt vanuit een gehurkte positie de benen gestrekt, waarna de romp naar achter wordt gebracht en de armen naar de borst worden getrokken. Deze roeibeweging kan in een boot of op een roeiergometer uitgevoerd worden, maar tegenwoordig zijn ook al enkel fietsen bekend waarbij men met behulp van de roeibeweging zichzelf voortbeweegt.

Het voordeel van de roeibeweging is dat alle ledematen worden gebruikt, waardoor men grote krachten kan leveren. Het efficiënt uitvoeren van de roeibeweging is echter wel moeilijk, waardoor veel training noodzakelijk is.

Verder zijn de voertuigen vaak erg hoog worden doordat de arm van de hendel aan de bovenzijde en onderzijde vrijwel gelijk moet zijn, doordat anders veel kracht geleverd moet worden en dit slechts een kleine verplaatsing oplevert.

Als laatst is er sprake van een synchrone beweging, waardoor er veel balans noodzakelijk is.

Conclusie

Uiteindelijk blijkt de traptechniek de meest handige aandrijftechniek voor het vluchtvoertuig. Iedereen is bekend met deze techniek, waardoor de uitvoering ook het meest efficiënt zal zijn. De volgende eis en wens komen hieruit naar voren:

Eis: Het vluchtvoertuig moet worden aangedreven d.m.v. een traptechniek.

Wens: Het vluchtvoertuig heeft een 'reserve' aandrijftechniek volgens de vliegende hollander.

Spierkracht in de armen en benen

Zoals benoemd in de randvoorwaarden, moet het vluchtvoertuig voorzien zijn van hand- of voetaandrijving. Nu rijst de vraag welke aandrijving het best gekozen kan worden.

Om een voertuig in beweging te krijgen is vermogen nodig, zoals af te leiden uit formule 1. Dit kan geleverd worden door bijvoorbeeld een motor of spierkracht. De snelheid die het vluchtvoertuig kan bereiken is dus mede afhankelijk van het vermogen dat geleverd kan worden.

Formule 1

$$\vec{v} = \frac{P}{\vec{F}}$$

waarin:

$\vec{v}$ snelheid is, in m/s

P het vermogen is, in watt

$\vec{F}$ de kracht is, in newton

Bij de keuze tussen hand- of voetaandrijving moet dus gekeken worden naar het vermogen dat de armen dan wel benen kunnen leveren. Een groter vermogen betekent dat een hogere snelheid gerealiseerd kan worden.

Om het vermogen van de armen en benen te vergelijken, zal gekeken worden naar zowel het piekvermogen als het gemiddeld vermogen dat door beide spiergroepen geleverd kan worden. In de bekeken onderzoeken wordt fietsen vergeleken met het zwingelen van de armen. Uit een onderzoek van Marsh ¹ (Tabel 1) valt af te lezen dat het piekvermogen dat de benen kunnen leveren meer dan dubbel zo hoog ligt als dat van de armen.

Tabel 1: vermogen en hartslag bij voet- en handaangedreven, Marsh

Table 1. Peak exercise values obtained during incremental arm cranking and leg cycling. Values presented are means (SEM). $\dot{V}O_{2peak}$ Peak oxygen uptake; HR_{max} maximal exercise heart rate

	Leg cycling	Arm cranking
$\dot{V}O_{2peak}$ (l·min ⁻¹)	3.10 (0.14)	2.08 (0.11) **
$\dot{V}O_{2peak}$ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	39.0 (2.2)	25.9 (1.6) **
Peak power (W)	280.2 (14.9)	128.6 (6.9)**
HR_{max} (beats·min ⁻¹)	192.5 (2.0)	180.8 (5.2)*

*Significant difference between arm and leg exercise, $P < 0.05$

**Significant difference between arm and leg exercise, $P < 0.001$

Het onderzoek van Schneider ² (Tabel 2) bevestigt dat de beenspieren meer vermogen kunnen leveren dan de spieren in de arm. Dit geldt niet alleen voor het piekvermogen, maar ook voor het gemiddeld vermogen.

Tabel 2: vermogen hand- en voetaangedreven, Schneider

Table 2. Peak and mean power output during leg and arm 30 s Wingate test in young and older subjects

	Leg cycling			Arm cranking		
	Young	Old	Percentage difference	Young	Old	Percentage difference
Peak power						
W	1049 ± 110.5	814 ± 136.0 *	22	639 ± 74.2	578 ± 100.6 *	10
W kg ⁻¹	14.6 ± 1.6	10.7 ± 1.1 *	27	8.9 ± 0.8	7.5 ± 0.6 *	16
W l ⁻¹	139.9	25.9*	10	—	—	—
Mean power						
W	765.7 ± 62.6	577.4 ± 63.0 *	24	462 ± 66.9	378 ± 51.2 *	18
W kg ⁻¹	10.7 ± 0.6	7.4 ± 0.9 *	31	6.4 ± 0.7	5.0 ± 0.7 *	22
W l ⁻¹	102.1	87.5 *	17	—	—	—

Values are means ± S.D.; W l⁻¹, power expressed relative to lean leg volume. *Significant difference ($P < 0.05$) between young and old.

Op basis van de spierkracht lijkt voetaandrijving een logische keuze. Tevens; een hoger vermogen resulteert, bij gelijke omstandigheden, in een hogere snelheid. Wel dient er rekening te worden gehouden met het feit dat bij het leveren van armkracht er een continue aandrijving mogelijk is, men kan namelijk zowel een trek- als een duwbeweging maken. Toch kan men ondanks dit feit, toch meer vermogen leveren met de benen dan met de armen.

Eis: het voertuig dient met behulp van beenkracht te worden aangedreven.

Houding

In het dagelijks leven komt men een verscheidenheid tegen van hand- en voetaangedreven voertuigen. Naast de vorm van aandrijving zijn er ook verschillende houdingen waarin de kracht geleverd wordt. Men kan zich afvragen in welke richting een persoon de meeste kracht kan leveren en daarmee een hoger vermogen. Concrete voorbeelden hiervan zijn de fiets vergeleken met de ligfiets en de handbike versus de rolstoel.

Handaandrijving vindt men op verschillende manieren toegepast in voertuigen. Zo kan de kracht voor het lichaam worden overgebracht, zoals het geval is bij een handbike. Een andere mogelijkheid is om, net als bij een rolstoel, de kracht langs het lichaam naar beneden te richten. Niet beide vormen van aandrijving zijn even effectief, zo blijkt uit onderzoek van Hintzy³. In zijn onderzoek is het vermogen dat geleverd kan worden door middel van zwengelen (ACE) vergeleken met het voortrollen van een rolstoel (WERG). Uit Tabel 3 valt af te lezen dat het piekvermogen significant hoger is wanneer gekozen wordt voor aandrijving door middel van het zwengelen van de armen.

Tabel 3: vermogen bij ACE en WERG, Hintzy

Table 1 Physiological responses during ACE and WERG maximal exercise. $\dot{V}O_{2peak}$: peak oxygen consumption, RER_{peak}: peak respiratory exchange ratio, PO_{peak}: peak power output. Values are means $\pm$ SD. *Significantly different between ACE and WERG exercise, $p < 0.05$; ***: $p < 0.001$

	ACE	WERG
$\dot{V}O_{2peak}$ (ml $\times$ min ⁻¹ $\times$ kg ⁻¹)	38.92 $\pm$ 4.01***	34.51 $\pm$ 3.61
RER _{peak}	1.28 $\pm$ 0.06*	1.26 $\pm$ 0.06
PO _{peak} (W)	111.33 $\pm$ 9.9***	78.67 $\pm$ 12.46

Net als bij handaangedreven voertuigen is een zelfde vergelijking te maken voor voetaandrijving. Wanneer fietsen vergeleken wordt met fietsen op een ligfiets, kan men concluderen dat de kracht in beide voertuigen niet gelijk gericht is. Horizontaal voor de ligfiets tegen een verticaal gerichte kracht tijdens het fietsen. Egaña⁴ heeft in zijn onderzoek onder andere uitgezocht wat het verschil is in piekvermogen bij liggend fietsen en fietsen in een rechte houding.

In Tabel 4 is te zien dat het piekvermogen hoger ligt bij fietsen in een rechtop zittende houding. Echter moet hierbij worden opgemerkt dat getest is in een stilstaande situatie. Hierdoor is de luchtweerstand, die men tijdens het fietsen zou tegenkomen, niet meegomen in de uitkomsten van dit onderzoek.

Verder valt op in Tabel 4, dat de hartslag en de VO_2 max. lager ligt bij het fietsen op een ligfiets, dit is dus een groot voordeel ten opzichte van het liggend fietsen ten opzichte van het rechtop fietsen. Door deze factoren kan een ligfiets gemakkelijker langere afstanden afleggen dan een normale fiets.

Tabel 4: vermogens bij rechtop en liggend fietsen

Table 2 Graded test exercise times and peak physiological responses (mean $\pm$ SD)

	Men		Sig.	Women	
	Upright	Supine		Upright	Supine
All subjects ($n=22$)					
Cycle time (min)	20.3 $\pm$ 3.7*	18.3 $\pm$ 2.9	**	15.4 $\pm$ 3.0*	13.9 $\pm$ 3.2
Peak power (W)	248 $\pm$ 38*	226 $\pm$ 34	**	169 $\pm$ 31*	150 $\pm$ 27
Peak power (W.kg ⁻¹)	3.31 $\pm$ 0.49*	3.02 $\pm$ 0.43		2.89 $\pm$ 0.73*	2.55 $\pm$ 0.58
Peak $\dot{V}O_2$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	41.2 $\pm$ 7.7	39.7 $\pm$ 8.1	**	31.9 $\pm$ 11.4	30.5 $\pm$ 12.2
Peak $\dot{V}_E$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	1342 $\pm$ 296	1297 $\pm$ 318		989 $\pm$ 365	829 $\pm$ 328
Peak HR (beats.min ⁻¹)	184 $\pm$ 19*	172 $\pm$ 21		179 $\pm$ 11*	164 $\pm$ 11
Subjects who also performed the constant-load tests ($n=10$)					
Cycle time (min)	21.2 $\pm$ 3.6*	18.5 $\pm$ 3.1	**	16.4 $\pm$ 2.3*	14.0 $\pm$ 3.1
Peak power (W)	252 $\pm$ 46*	228 $\pm$ 40	**	174 $\pm$ 25*	150 $\pm$ 30
Peak power (W.kg ⁻¹)	3.3 $\pm$ 0.7*	3.0 $\pm$ 0.5	**	2.4 $\pm$ 0.4*	2.2 $\pm$ 0.4
Peak $\dot{V}O_2$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	42.8 $\pm$ 4.8	43.1 $\pm$ 7.3	**	33.9 $\pm$ 3.8	30.7 $\pm$ 7.4
Peak $\dot{V}O_2$ (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹ lean)	50.6 $\pm$ 7.4	51.1 $\pm$ 11.8		45.8 $\pm$ 3.2	41.5 $\pm$ 9.0
Peak $\dot{V}_E$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	1271 $\pm$ 326	1476 $\pm$ 335		1230 $\pm$ 282	1005 $\pm$ 390
Peak HR (beats.min ⁻¹)	179 $\pm$ 7*	166 $\pm$ 13		182 $\pm$ 10*	164 $\pm$ 11

* Significantly different from supine ($P < 0.05$)

** Significantly different between men and women ($P < 0.05$)

Synchroon of asynchrone aandrijving

Uit voorgaande paragraaf blijkt dat het vluchtvoertuig het beste aangedreven kan worden met behulp van voetaandrijving. Voor het overbrengen van de aandrijfkraft van de voet op de pedaal zijn twee mogelijkheden. Als eerste kan dit synchroon gebeuren, hierbij zullen beide pedalen naast elkaar staan en dus beide tegelijk omhoog en naar beneden gaan. De tweede mogelijkheid is dat de pedalen tegenover elkaar staan. Dit is hetzelfde als bij een gewone fiets. Deze vorm heet een asynchrone aandrijving.

Om te kijken welke aandrijving wordt gebruikt, zal worden gekeken naar de voor- en nadelen van beide systemen.

Inspanningsonderzoek heeft aangetoond dat het minder kracht kost om een handbike met twee armen tegelijk aan te drijven. Bij een bepaalde snelheid kost het minder energie waardoor men meer vermogen kan leveren en dus sneller kan gaan.

Bij fietsen staan de pedalen tegenover elkaar omdat het zadel het lichaamsgewicht ondersteunt. Zo kan de afzetkracht van het ene been worden gebruikt om het andere op te tillen. Daardoor is er sprake van een continue krachtoverbrenging.

Een synchrone aandrijving is alleen effectiever bij een aandrijving met de handen. Er wordt echter een voertuig gemaakt waarbij de aandrijving plaats vindt met de benen. Er zal dus een asynchrone aandrijving zijn.

Eis: Het vluchtvoertuig wordt asynchroon aangedreven.

Literatuur:

- (1) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-445X.1999.01848.x/pdf>
- (2) http://www.uni.edu/dolgener/cardiovascular_phys/Electronic%20Articles/O2%20Cost%20andHR%20in%20Arm%20and%20Leg%20cycling.pdf
- (3) <http://link.springer.com.ezproxy.hhs.nl:2048/article/10.1007/s00420-005-0076-1/fulltext.html>
- (4) <http://link.springer.com/article/10.1007/s00421-006-0365-8#page-1>