

Teknologi A - Idræt B (Valg) 2016

# BENPROTESER



ELEV

Odense Teknisk Gymnasium, 3.I

## Abstract

This paper examines the athletic dilemma questioned after Oscar Pistorius participation in the Olympic games. Does he have an unfair advantage, by using double carbon-fibre prosthetists? In addition, the structure of modern leg prosthetics for daily use will be explained, and how these prosthetics have a positive impact for the users.

At first I set out the technology behind prosthetics for daily use and running, and discuss the running prosthetics function in proportioned to running. In the light of that, I will discuss which demands you can set up for the chosen prosthetics.

Afterwards I will make a movement analysis, that compares the running of Oscar Pistorius and normal runners, both mechanically and physically. In this passage, arguments for believing Pistorius has or do not have an advantage will be accentuated.

At last, I will put the development of leg prosthetics into perspective, for the sports, the users and the society.

The results show that we cannot conclude with certainty whether Oscar Pistorius has an unfair advantage or not. Though we can draw the conclusion that he is magnificently different in his case of running mechanics, compared to normal runners.

The findings also show that the development of prosthetics has a positive impact on the users. The newest technology assures that the user, has no physically restrictions, and therefor a higher quality of life.

The paper finds that the society structure, is clearly boosting the use of prosthetics so the users can have as few physically restrictions as possible, and contribute to the community again.

## Indholdsfortegnelse

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>INDLEDNING.....</b>	<b>4</b>
<b>HVERDAGS BENPROTESER .....</b>	<b>4</b>
LÅRBENSPROTESE .....	5
HOFTLEDSPROTESE .....	5
UNDERBENSPROTESE .....	5
<b>TEKNOLOGISKE FORSKELLE PÅ HVERDAGS BENPROTESER .....</b>	<b>5</b>
<b>CHEETAH LØBEPROTESE .....</b>	<b>7</b>
<b>KRAV TIL HVERDAGS BENPROTESER &amp; CHEETAH PROTESEN. ....</b>	<b>8</b>
HVERDAGSPROTESE.....	8
<i>Elektronik</i> .....	8
<i>Fysisk</i> .....	8
<i>Materialer</i> .....	8
LØBEPROTESE.....	9
<i>Fysik</i> .....	9
<i>Materialer</i> .....	9
<i>Teknologi</i> .....	9
<b>BEVÆGELSESANALYSE AF OSCAR PISTORIUS I FORHOLD TIL EN ALM. LØBER. ....</b>	<b>10</b>
LØB (ABCDE).....	10
<i>AB</i> .....	10
<i>BC</i> .....	10
<i>CD &amp; DE</i> .....	11
FYSISKE FORSKELLE VED AMPUTATIONSLØB OG ALM. LØB .....	11
<b>KONSEKVENSER FOR UDVIKLINGEN AF BENPROTESER, VED SPORTEM, BRUGERNE OG SAMFUNDET. ....</b>	<b>13</b>
<b>KONKLUSION.....</b>	<b>14</b>
<b>LITTERATURLISTE.....</b>	<b>15</b>
KILDEHENVISNING TIL FIGURER: .....	16

## Indledning

I 2012 blev Oscar Pistorius den første dobbelt benamputeret løber til at deltage til De Olympiske Lege, trods det faktum, at han fik nægtet adgang til funktionsdygtiges konkurrencer i 2007. Grundlaget for denne beslutning var, at IAAF og CAF mente, at Pistorius proteser gav ham en fordel. Efterfølgende designede Pistorius i samarbejde med University of Pretoria, studiet (*The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function?*) for at bevise at han ikke havde en fordel, og fik på baggrund af denne undersøgelse tilladelse til alligevel at deltage i funktionsdygtiges konkurrencer. Det har lige siden skabt stor diskussion om han har en fordel ved, at løbe med hans Chetaah kulfiber løbepoteser alligevel.

I dette projekt vil jeg undersøge Pistorius løbepoteser, og vha. en bevægelsesanalyse af Pistorius sammenlignet med en normal løber, uddrage forskelle mellem Pistorius og normale løberes mekaniske og fysiske forskelle. På baggrund af min bevægelsesanalyse vil jeg fremhæve argumenter for, hvorfor Pistorius måske har en fordel alligevel, trods hans godkendelse til funktionsdygtiges konkurrencer. Jeg vil desuden redegøre for højteknologiske benproteser til hverdagsbrug, diskutere og perspektivere hvad de har gjort for private brugere og samfundet, samt hvad løbepotesen har gjort for sportsverden. Jeg vil herefter diskutere de krav man må stille til en hverdags- og løbe-benprotese.

## Hverdags benproteser

Jeg vil i dette afsnit redegøre for forskellige typer af hverdags benproteser og diskutere teknologiske forskelle på benproteserne.

Benproteser har været til stede i mange hundrede år igennem historien. Det typiske eksempel er piraten med træbenet, fra omkring 1200, 1300 tallet<sup>1</sup>. Der har altså altid været behov for benproteser.

Ligesom så meget andet teknologi, har benproteser fuldt den teknologiske udvikling, hvilket har ændret protesen gevaldigt fra træbenet, til hvad vi har i dag. I Danmark foretages omkring 1700 benamputationer om året<sup>2</sup>, og Sahva A/S har specialiseret sig i netop dette fagområde og er ligeledes blevet Skandinaviens førende indenfor fremstilling af benproteser.

En benproteses opbygning er meget individuel, i forhold til den person den skal designes til. Her er der mange forhold der spiller ind, såsom aktivitetsniveau og fysik m.m. Det er derfor ikke direkte muligt at sige, at der er 3 slags benproteser. Alligevel har Sahva A/S fremvist eksempler på 3 forskellige klassiske benproteser (Figur 1).



Figur 1 (fra venstre, Hoftelidsprotese, Lårbensprotese og Underbensprotese)

<sup>1</sup> Sjøgren, Kristian: *Hvem var piraterne*. I: Videnskab.dk, 25.06.2011, Sektion: Pirater var handelsmænd, s. --. Internetadresse: <http://videnskab.dk/kultur-samfund/hvem-var-piraterne> Besøgt d. 12.12.2016 (Artikel)

<sup>2</sup> Lindberg, Kajsa og Morten Tange Kristensen: *Genoptræningsforløbs beskrivelse for benamputerede*. I: Region Hovedstaden, 2014, s. 13-13. Internetadresse: <https://www.regionh.dk/Sundhedsaftale/bilag-og-download/Documents/Genoptræningsforløbsbeskrivelse%20for%20benamputerede%20RegionH%202014%20final%20april%202015.pdf> Besøgt d. 12.12.2016 (Artikel)

## Lårbensprotese

Det første eksempel er en lårbensprotese. Brugeren skal bruge denne form for protese hvis han/hun er blevet amputeret igennem lårbensknoglen, og protesen er opbygget på følgende måde:

Proteser er i dag computerstyret. Det hele starter med den kunstige fod, hvor der findes 9 typer fødder, som udvælges afhængigt af vægt og aktivitetsniveau på brugeren. Foden er koblet til en rør-adapter med sensorer, måler det tryk som brugeren lægger på den forreste og bagerste del af foden. Når sensoren opfanger, at der lægges vægt på den forreste del af foden, sendes information til mikroprocessoren i knæet, og protesen vil føre sig fremad. Rør-adapteren er koblet til endnu et rør, hvor det kunstige knæled sidder på. I knæet er der ligeledes en sensor, der måler, hvor meget knæet er bøjet og hvad hastigheden er, disse informationer sendes videre til mikroprocessoren, der så styrer knæet. Under knæet sidder Hydraulikbeholderen, der sørger for, at protesen ikke hænger og svinger uregelmæssigt frem og tilbage under gang. Det gør den ved enten, at yde meget eller lidt modstand når benet bevæges fremad. Hydraulikken bremser altså benet, så man får en normal gangbevægelse. Protesen er omringet af en kulfiber-ramme for, at modstå de mange belastninger protesen udsættes for under brug. Materialet gør, at protesen er let og stærk, samt sikre, at elektronikken og batteriet, der sidder bag ved, ikke bliver beskadiget. I den øverste del af protesen sidder mikroprocessoren der styrer hele protesen. Den kombinerer alle bevægelsesinformationer fra protesens sensorer, der måles 50 gange i sekundet. Processoren bruger informationerne til at genkende, i hvilken fase benet er i, og åbner og lukker for hydraulikken, så protesen får en naturlig gang. Til at koble hylsteret, der hvor den resterende del af benet sidder i, og protesen sammen, er der en pyramidekobling. Lige inden den sammenkobling sidder 2 kontakter, til henholdsvis opladning og bluetooth forbindelse til sin mobiltelefon. Protesen skal ca. oplades en gang i døgnet, ligesom en mobil telefon.

Hylsteret er enten fremstillet af kulfiber, silikone eller termoplast og er specialdesignet til brugeren, da den skal sidde så stramt, at protesen ikke falder af benet.<sup>3</sup>

## Hofteledsprotese

I sjældne tilfælde vil en amputation af hele benet og noget af hoften være nødvendig. Her skal en videre udvikling af lårbensprotesen til. Som det kan ses på figur 1, så er der endnu et rør, fra det kunstige knæled og op til den kunstige hofte. Dette rør er, som den første rør-adapter udstyret med sensorer der kontrollerer tryk, og styrer benet. Hoftekuglen er her også computerstyret. Præcist som ved det forklarede eksempel på en lårbensprotese, er mikrochippen specialprogrammeret og designet til den enkelte bruger, da ikke to personer er ens i kroppens opbygning og bevægelser.

## Underbensprotese

Underbensprotesen har ingen mikroprocessor, da det er en mere simpel protese. Det er ikke nødvendigt med en computer styring, da en lettere affjedring i foden, er nok til at protesen fungerer optimalt for brugeren. Derved er det bare hylsteret til den resterende del af det amputerede ben, sammensat med et rør ned til foden. Brugere med denne type protese vil som oftest kunne leve deres liv videre, som de har gjort tidligere, da protesen kun skal erstatte underdelen af benet. Når der ikke skal konstrueres avancerede led, som knæled og hofteled, vil man som bruger have nemt ved at tilvænne sig denne type protese.

## Teknologiske forskelle på hverdags benproteser

Opbygningen på de 3 modeller er ens. De bygger alle sammen på en efterligning af den biologiske krop, med fod, læg, knæ, etc. Underbensprotesen har dog hylsteret siddende på stumpen under knæet, og teknologien er derfor mere simpel, da der ikke skal konstrueres nye besværlige led. Dette gør det nemmere

---

<sup>3</sup> Axelholm, Lars Bo: *Så smart er en moderne benprotese*. I: Sundhed, 2012, s. 28-31. Internetadresse: <https://bibliotek.dk/da/moreinfo/netarchive/870971-tsart%253A35204822> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)

for brugeren at benytte protesen, da de forhold man er vant til før operationen minder meget om dem man får med protesen. Primært pga. den lette affjedring i foden, der minder om en almindelig fod.

Som tidligere beskrevet indgår et knæled i de proteser, hvor amputationen er sket over knæet. Knæledet i proteseform kan inddeles i 5 forskellige typer, som indenfor hver type har en lang række variationer.

Det mest teknologiske knæled der findes i dag, er computerknæet. Som sagt sidder der en mikroprocessor inde i protesen der styrer knæet til perfektion. Hvert enkelt knæ bliver programmeret efter hver enkelt bruger. Dette sikre, at når man foretager sig en bevægelse, eller ligger tryk på foden, så går protesen. Processen i et skridt føles altså, som brugeren har oplevet før operationen<sup>4</sup>. Som tidligere nævnt findes der også andre slags knæproteser. Disse tages i brug hvis brugeren inden operationen eksempelvis var dårligt gående, personen ikke føler sig tryk ved protesen eller brugeren simpelthen ikke har nok styrke i sin muskulatur til at bærer den tunge protese. Eksempler på simple typer proteser kunne være låst knæ, som udløses med en snor, frileddet knæ, der er løst, men med en mekanisk frembringer, og olie- eller luftstyret knæ, der styres med en pumpe.



Figur 2 Eksempel på computer knæ protese

På hofteledsprotesen indgår den computerstyrrede hofte, hvilket adskiller den fra de andre proteser. Denne protese er i særdeleshed svær, at bruge, da man skal vende sig til et helt nyt ben, og man ikke har biologiske led og muskulatur til at vejlede en. Dette gør det også endnu sværere for bandagisten, da programmeringen af protesen, skal afkodes sammen med både hofte og knæ.<sup>5</sup>  
6

Fælles for hofteleds- og lårbens-protesen, sidder dette hylster hvor den resterende del af benet går i. Der findes to slags låsemekanismer. Den første er kaldt en Iceross. Icerossen fungerer, som en sok man trækker ud over stumpen af benet. På enden af Icerossen er der en pind, der kan gå i hak med den manchete, der er inde i hylsteret. Når de to går i hak vil protesen altså sidde fast på benet. På indersiden af icerossen er der silikone for at strømpen ikke skal skride eller udvikle irritationer for huden<sup>7</sup>. Andre proteser, specialdesignes så stumpen sidder så stramt nede i hylsteret at den ikke rykker sig.

---

<sup>5</sup> Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=WuXdUAUOuoI> - Besøgt d. 14.12.2016 (Film)  
Sahva.dk: Benproteser. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/produkter/individuelle-produkter/benproteser-0> - Besøgt d. 14.12.2016 (Internet)

Gælder fra Hofteledsprotese til Cheetah protesen

<sup>6</sup> Nørgaard, Marete: *Typer af benproteser*. I: Sahva.dk, Internetadresse: <http://www.sahva.dk/artikler/typer-af-benproteser>  
Besøgt d. 14.12.2016 (Artikel)

Gælder fra Hofteledsprotese til Cheetah protesen

<sup>7</sup> How to take off and put on a prosthetic leg (below knee amputee). 2013. Instruktion: AmputeeOT. Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=WuXdUAUOuoI> - Besøgt d. 14.12.2016 (Film)



## Cheetah løbeprotese

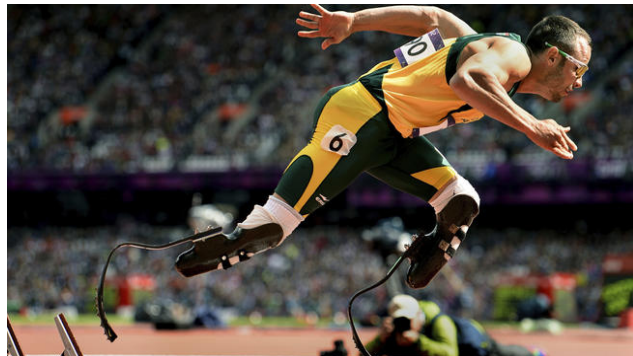
I dette afsnit vil jeg redegøre for Cheetah protesens opbygning, og vurdere dens funktion i forhold til løb. Jeg har valgt, at undersøge nærmere omkring en videreudvikling af underbensprotesen, der er specialdesignet til sprint løb, som den Oscar Pistorius bærer på figur 3. Modellen er

fabrikeret af firmaet Össur, og navngivet efter en gepard (Cheetah), da formen er inspireret her fra. Underdelen er udformet af kulfiber, som er ideelt til løbeprotoser, da det er et utroligt let, men meget stærkt materiale. I

fremstillingsfasen, liggess plader af det trykimprægneret materiale oven på hinanden og derefter ind i en autoklave, der sammensmelter pladerne. I produktionen

bruger man plader der er trykimprægneret før

sammensmeltningen istedet for at tilføje matrix materialet efter. Dette sikre at der ikke kommer luftbobler i materialet, der efterfølgende kan forårsage brud på protesen. Plade antallet varierer mellem 30-90 plader, alt efter vægten og størrelsen på brugeren. Når materialet er nedkølet og klar til behandling, bliver materialet udformet vha. vandskæring, og det færdige produkt er nu klar til kunden. En protese koster omkring 15000\$-18000\$<sup>8</sup> pr. protese.<sup>9</sup>

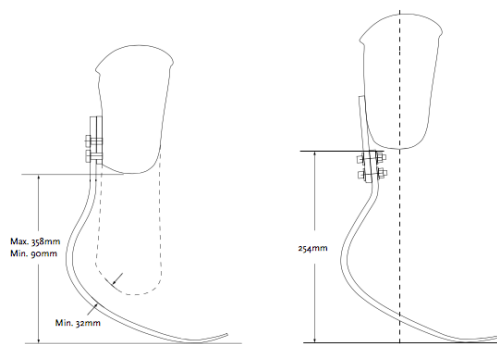


Figur 3 Oscar Pistorius med Cheetah proteser

Som det fremgår af Figur 3, er cheetah protesen udstyret med pikke under fodsålen, også kaldt spikes.

Spikes er nødvendige for, at protesen får greb med underlaget, og det endelige produkt er skabt ud fra mange prototyper og test med Oscar Pistorius, hvor Nike designer Tobie Hatfield, fik Pistorius til at sprinte igen og igen, for at undersøge hvor grebet skulle være bedst på spikesne. Spikesne er opbygget som en midtersål, med 2 maskinstøbte stykker af skum. Efter prøverne, fandt man ud af, at densiteten skulle være blødere bagtil hvor Pistorius lander i hans løb, og hårdere der hvor han accelerere. Under protesen er der en trykplade hvor Spikesne sættes fast til Cheetah Protosen. 10

Den J-formede del af protesen boltes fast, til det hylster, hvor den resterende del af benet skal i, som vist på Figur 4. Dette hylster er opbygget efter samme princip som tidligere beskrevet.<sup>11</sup> Dog med finjusteringer, så protesen er så simpel som muligt. Det er vigtigt at, udelade alt unødvendigt for, at nedbringe protesens vægt.<sup>12</sup>



Figur 4 Konstruktionstegning af cheetah protesen

Kulfiber som materiale og J-formen er en ideel kombination til løb, da protesen komprimerer under løb. Som tidligere beskrevet er mængden af lag af kulfiber plader afhængig af brugerens vægt og størrelse, samt det tryk protesen bliver underlagt. For at få størst udnyttelse af protesen er der flere lag der hvor der lægges mest tryk på protesen og mindre lag, der hvor man ønsker stor elasticitet. Under

<sup>8</sup> 102.419DKK - 122.903DKK

<sup>9</sup> Mchugh, Josh: *Blade runner*. I: *Wired.com*, 03.01.2007, s. 1-1. Internetadresse:

[https://www.wired.com/2007/03/blade/?pg=2&topic=blade&topic\\_set=](https://www.wired.com/2007/03/blade/?pg=2&topic=blade&topic_set=) Besøgt d. 15.12.2016 (Artikel)

<sup>10</sup> <http://www.fastcodesign.com>, 08.09.2012, s. 1-1. Internetadresse: <http://www.fastcodesign.com/1670487/how-nike-made-track-spikes-for-oscar-pistorius-s-carbon-fiber-blades> Besøgt d. 15.12.2016 (Artikel)

<sup>11</sup> "Teknologiske forskelle på hverdags benproteser"

<sup>12</sup> Össur.com: Össur® Prosthetics Catalogue 2012. Udgivet af Össur®.

Internetadresse: [http://assets.ossur.com/library/29200/2012\\_prosthetics\\_catalogue\\_uk.pdf](http://assets.ossur.com/library/29200/2012_prosthetics_catalogue_uk.pdf) - Besøgt d. 15.12.2016 (Internet)

komprimeringen lagrer protesen den energi den får ved, at absorbere den belastning, der bliver lagt på protesen under løb. Når brugeren så laver sit afsæt, og skubber benet fremad, vil protesen nå frem til sin oprindelige form, og denne energi bliver frigivet og foden bevæges fremad med høj fart.<sup>13</sup>

## Krav til hverdags benproteser & Cheetah protesen.

I det følgende afsnit vil jeg lægge vægt på udvalgte krav til proteser, og diskutere hvorfor de er vigtige i forhold til protesens formål. Jeg vil både opstille krav for hverdagsproteser og løbeprotoser, som jeg tidligere har redegjort for, og efterfølgende diskutere hvilke konsekvenser det kan få, hvis kravene ikke opfyldes.

### Hverdagsprotese

#### Elektronik

- Koordinering mellem elektronikken i protesen (Sensorer og mikroprocessor)

Det er vigtigt, at sensoren reagere når der bliver lagt tryk på foden, og herved bevæger benet fremad. Hvis elektronikken ikke fungerer, fungerer protesen ikke. Koordinationen imellem sensorer og mikrochippen er derfor vigtig for protesens funktion, og oplevelsen af protesen for brugeren.

- Kulfiberramme fjerner udefrakommende belastninger der kan forvirre elektronikken

Hvis belastninger kommer ind udefra, f.eks. hvis brugeren går på ujævnt terræn, er det vigtigt at kulfiberrammen udelukker dette, så sensorerne ikke bliver forvirret, og får knæet til, at lave en bevægelse.

#### Fysisk

- Protesen skal kunne holde til den belastning brugeren lægger på den.

Helt simpelt, skal protesen kunne modstå den belastning brugeren lægger på protesen. Det kan have den konsekvens, at protesen knækker, hvis komponenterne ikke er korrekt udvalgt til brugeren.

#### Materialer

- Hylsterets materiale i forhold til berøring med huden.

Det er vigtigt, at det materiale hylsteret er lavet af er et materiale der ikke forårsager eksem, allergiske reaktioner m.m., da det er i kontakt med huden. Dette kan nedsætte kvaliteten af protesen, og i sidste ende medvirke til, at brugeren ikke kan benytte sin protese.

- Hylsterets udformning

Udformningen af protesen er ideel for oplevelsen af protesen. Hvis protesen ikke sidder 100% fast, og brugeren føler, at protesen falder af, vil begrænsningerne blive større, og nedsætte livskvaliteten for brugeren.

- Protesens udseende

Det er vigtigt for brugeren, at kunne vende tilbage til en hverdag uden begrænsninger, dette er både fysisk, men også mentalt. Ved at ligge et silikonlag ud over protesen, kan man visuelt få protesen til, at fremstå livagtig. Livskvaliteten bliver forøget hos brugeren, da brugeren hverken har begrænsninger fysisk, og det udseendemæssigt ikke tiltrækker unødvendig opmærksomhed.

---

<sup>13</sup> Larsen, Kristian Bang: *Daniel Wagners løbeprotese koster i omegnen af en god bil*. I: Ingeniøren.dk, 07.09.2012, s. 1-1.  
Internetadresse: <https://ing.dk/artikel/daniel-wagners-lobeprotese-koster-i-omegnen-af-en-god-bil-132026> Besøgt d. 17.12.2016 (Artikel)



## Løbeprotese

### Fysik

- Protesen skal kunne holde til den belastning brugeren lægger på den.

Under løb bliver belastningen på protesen højere, end hvis man blot går. Det er derfor vigtigt, at protesen kan holde til den belastning at brugeren tilfører den, så protesen ikke knækker under løb.

- Greb med underlaget

For at kunne få mest muligt ud af protesen, kræver det at brugeren kan få sat energi fra benene/proteserne ud igennem underlaget. Hvis der ikke er greb i protesen, vil man ikke kunne accelerere hurtigt, da den kraft man fører igennem ikke bliver opfanget og frigivet.

- Protensens vægt

Det er utroligt vigtigt for protesen, at dens vægt er så lav som muligt. Dette gør at brugeren har lavere sving tid under løb. Lavere svingtid, altså hurtigere bevægelser, gør, at brugeren kan accelerere hurtigere.

### Materialer

- Hylsterets materiale i forhold til berøring med huden.

Som beskrevet ved hverdagsprotser, gælder de samme krav her.

- Hylsterets udformning

Udformningen er her endnu vigtigere, da bare den mindste uperfekthed kan gøre at brugeren rusker nede i hylsteret, hvilket kan fremskynde vabler. Det vil også give brugeren en utryghed ved at bruge protesen, som kan resultere i dårligere resultater.

### Teknologi

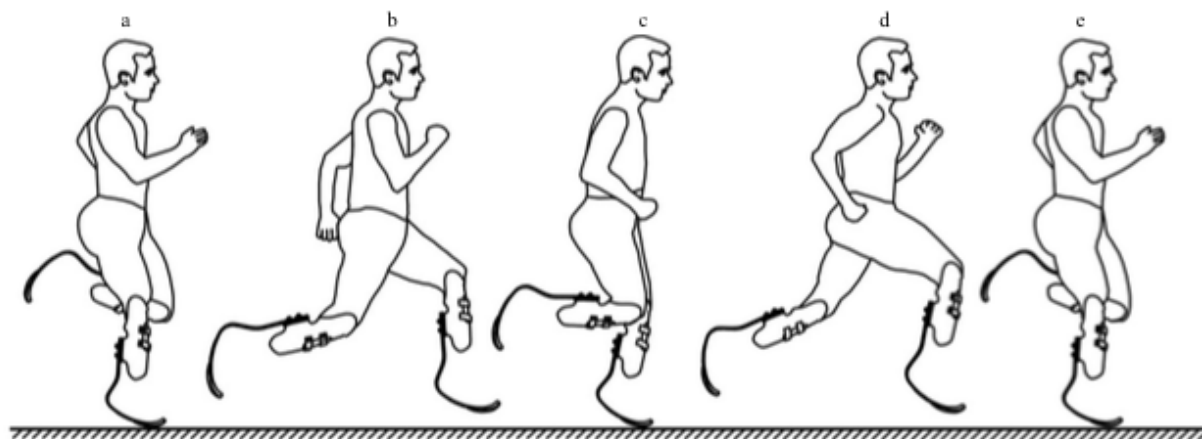
- Materialets fordeling på protesen (tryk og elasticitet)

Som tidligere beskrevet er fordelingen af tykkelsen på kulfiber på protesen forskelligt, efter hvilke områder der er under høj belastning, eller hvor der ønskes høj elasticitet. F.eks. ved forfoden på protesen, der hvor Spikesne er placeret, vil lagene af kulfiber være flere, da dette område er hårdt ramt i forhold til belastning. I rundingen ønskes der høj elasticitet for at kunne få denne fjedrelignende effekt, når protesen komprimere, derfor er lagene mindre der.

## Bevægelsesanalyse af Oscar Pistorius i forhold til en alm. løber.

Jeg vil i det følgende afsnit udføre en bevægelsesanalyse af Oscar Pistorius og herefter diskutere hvordan hans løbestil er anderledes i forhold til en normal løber med intakte ben.

### Løb (abcde)



Figur 5 Løbebevægelse opdelt i faser (a-b-c-d-e)

#### AB

Fra a til b sker der en strækning/ekstension i venstre skulder og knæled. Til dette bruges den brede rygmuskel (M. latissimus dorsi), deltamusklen (M. deltoideus) og den firehovedet knæstrækker (M. quadriceps femoris). Dette er en dynamisk koncentrisk kontraktion. I venstre hoftelod, sker der en bøjning/fleksion. Til dette bruges musklerne den dybe hoftebøjer, lændehoftebensmusklen (M. iliopsoas) og det lige hoved af den firehovedet knæstrækker (M. quadriceps). Dette er en dynamisk excentrisk kontraktion. Modsat i højre side, sker der en strækning/ekstension i hoftelodet og en bøjning/fleksion i skulderledet. Til ekstensionen bruges sædemusklerne, balderne (M. gluteus maximus, medius og minimus) og hasemusklene (M. biceps femoris, der består af M. semimembranosus og M. semitendinosus). Dette er en dynamisk excentrisk kontraktion. Til fleksionen bruges den tohovedede armbojer (M. Biceps brachii) og brystmusklen (M. Pectoralis major). Dette er en dynamisk koncentrisk kontraktion.

#### BC

Fra b til c sker der en strækning/ekstension i venstre knæ og hoftelod. Til dette bruges den firehovedet knæstrækker (M. quadriceps femoris) og sædemusklerne, balderne (M. gluteus maximus, medius og minimus) og hasemusklene (M. biceps femoris). Dette er en dynamisk excentrisk kontraktion. I venstre skulderled sker der en bøjning/fleksion. Her bruges den tohovedede armbojer (M. Biceps brachii) og brystmusklen (M. pectoralis major). Dette er en dynamisk koncentrisk kontraktion. I højre side sker der en bøjning/fleksion i knæ og hoftelod. Til dette bruges hasemusklene (M. semitendinosus og M. biceps femoris), den dybe hoftebøjer, lændehoftebensmusklen (M. iliopsoas) og det lige hoved af den firehovedet knæstrækker (M. Quadriceps). Dette er en dynamisk koncentrisk kontraktion. I skulderledet sker der en strækning/ekstension, og der bruges her den brede rygmuskel (M. latissimus dorsi), deltamusklen (M. deltoideus). Dette er en dynamisk excentrisk kontraktion.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Tybjerg Pedersen, Erik og Lotte Tybjerg Pedersen: Krop og træning. Side 16-20 og 46-60. 3. udg. Nordisk forlag A/S, Copenhagen, 2006. (Bog)

## CD & DE

Oscar Pistorius har nu udført et skridt, hvor han starter stående på højre fod og slutter stående på venstre. Den sidste del af bevægelsen, hvor han går fra stående på venstre til stående på højre, vil altså være den samme bevægelser blot spejlvendt. Så fra c til d, vil venstre side gøre som den gjorde i højre side i a til b, osv.

Det er vigtigt under hele bevægelsen at albueledet forbliver i en 90° vinkel, for at udfører den perfekte sprint.<sup>15</sup> Til dette bruges armbøjeren (M. Biceps brachii), og dette er en statisk kontraktion.

## Fysiske forskelle ved amputationsløb og alm. løb

Den primære forskel imellem en alm. løber og Oscar Pistorius er, at Pistorius ikke har lægmuskler, storetåens lange bøjemuskel og ankelledet. I løbebevægelsen vil dette betyde, at han ikke kan lave plantarfleksion i ankelledet, som almindelige løbere gør, når de sætter af og lander, og derfor ikke kan lave forspænding i lægmusklerne, for at få et kraftigt afsæt. Hvilket betyder, at i en 100m sprint, vil han i accelerationsfasen have en væsentligt ulempe, da den kraft han sætter ud igennem benene og ned i underlaget, er markant lavere end hvis han havde disse muskler og led.<sup>16</sup>

Dog har Pistorius en lavere sving tid ved højere hastigheder. Altså den tid det tager fra hans højre ben letter til det rammer jorden igen (Fra b til d på figur 5). Den vokser kontinuerligt med hans tophastighed, hvilket kun ændre sig minimalt ved normale løbere. Dette er grundet, at Cheetah Protesen kun vejer halvdelen af hvad et intakt ben ville. Men selvom han har kortere svæve (-33,4%) og sving tid, og den kraft han for ud igennem protesen og ned i underlaget, er 22% lavere end normale løbere, formår han stadig at opnå samme tophastighed.

Undersøgelsen viser, at Pistorius har lavere metabolisk tab når han løber, omkring 3,8% og 6,7% hvis man sammenligner med elite og subelite distance løbere. Sammenlignet med en 400m specialist, er hans tab 17% lavere. Dog har det ingen effekt for Pistorius, da det tab han har sparet, går ca. lige op med hvor meget lavere hans maksimale iltoptagelse er. Dog er det svært, at konkludere, at dette generelt gælder for benamputerede løbere, da data på dette område er meget begrænset.

En overraskende faktor er at Pistorius falder i fart, når han har nået sin tophastighed kontinuerligt med hvordan normale løbere gør på trods af, at der ikke sker spaltningsprocesser i hans proteser, når Pistorius udfører et anerobt arbejde, og han derfor ikke danner mælkesyrer. Overraskende viser det sig, at han ligesom normale løbere falder i fart, på trods af at han er kendt for, at løbe utroligt hurtigt i slutningen af løbet.

Jeg kan altså konkludere ud fra dette studie, at Pistorius ikke har nogen fordel i nogle af løbets facetter. Dog er det interessant, hvordan han sammenlignet med en almindelig løber rent fysisk, er meget lignende. Både omkring hans sprintudholdenhed, men også metabolisk. Hvis der kigges på Pistorius mekanisk, så er der mange uligheder i bevægelsen i forhold til en normal løber, hvilket næsten er uundgåeligt.

<sup>15</sup> How To Sprint - Pt. I. 2009. Instruktion: Destorm Power. Manuskript: Destorm Power. Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=6BmtGNjm7BE> - Besøgt d. 16.12.2016 (Film)

<sup>16</sup> Weynard, Peter G m.fl.: *The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function?* I: University of Pretoria, 16.06.2009, s. 1-9 (Artikel)

Nedsætningen af svæve og svingtiden, forstærker det klassiske, men meget omdiskuteret argument omkring formgivningen af protesen. I over 50 år har forskere understreget, at lette og tynde ben, igennem evolutionen har udviklet sig ved nogle dyr for, at forøge fart, ved at nedsætte sving tiden. Selvom det i denne undersøgelse har vist sig, at den kraft Pistorius får ud af lette og tynde ben er betydelig mindre, og farten altså ikke bliver højere af den grund. Det er altså vigtigt at pointere at ben skal yde på forskellige parametre for, at opnå højst mulig hastighed.<sup>17</sup>

Det kan altså diskuteres om det, i fremtiden, ville kunne lade sig gøre, at have fordel af løbepoteser. Det er dog svært ved et så simpelt design, at efterligne hvad naturen har skabt. Uwe Kersting forsker i idræt på Aalborg universitet mener dog, at det i fremtiden vil være muligt, at lave proteser der er bedre end intakte ben til meget specifikke formål.<sup>18</sup>

Det er efterfølgende blevet kraftigt diskuteret om "The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function? (Studie)" Studiets konklusioner er plausible, trods Pistorius godkendelse til, at deltage i funktionsdygtiges konkurrencer. Ifølge Professor of Exercise Physiology Ross Tucker, er der blevet sammenlignet forkert i nogle delkonklusioner, så resultaterne ser knapt så voldsomme ud.

Som tidligere beskrevet var det metaboliske tab ved løb, blevet sammenlignet med lang distance løberes, hvilket kommer under stor kritik af Chris Tucker. Især fordi der findes data for sprintere, som ligeså godt kunne have været brugt.

Tucker pointerede "when you compare Pistorius to these other sprinters, then suddenly you get a picture that shows that he is 14% and 2.3 SD more economical". Han bruger altså 14% mindre kulhydrater og fedt, end normale sprintere. Hvilket vil sige at hans udholdenhed vil være længere. Dette vil give en fordel, da det er bevist, at i 400m løb er musklerne betydeligt påvirket af udmattelse til sidst, hvilket ligeledes er en af Chris Tuckers pointer.

Chris Tucker forklarer også, hvorfor han ikke mener at Pistorius har nogen ulempe ved startfasen, som studiet ellers konkludere, fordi selvom den kraft Pistorius kan yde, er lavere, har han en lavere sving tid og svævetid, hvilket resultere i flere skridt på kortere tid. Grundet disse nedsatte faktorer giver det Pistorius den fordel, at han ikke behøver den samme kraft for, at flytte sin ben. Altså det er ikke en ulempe for Pistorius, at den kraft han kan yde igennem sine benproteser er lavere.<sup>19</sup>

Det er også vigtigt, at fremhæve, at den undersøgelse jeg har baseret min viden på, omkring forskellen på alm. løb og løb med Cheetah Protesen, er lavet efter Pistorius, fik nægtet adgang til konkurrencer for funktionsdygtige i marts 2007 af IAAF, på baggrund af en undersøgelse af IAAF i Tyskland. Han ankede derefter sagen, med den begrundelse, at han under nogle faser af løbet, har en ulempe, og fik herefter University of Pretoria til, at lave en grundig undersøgelse af ham, som altså er det studie, jeg har refereret til igennem projekt. Det vil altså kunne diskuteres, om testene er lavet med henblik på, at modbevise det første studie, som Chris Tucker også nævner.<sup>20</sup>

---

<sup>17</sup> Weynard, Peter G m.fl.: *The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function?*. I: University of Pretoria, 16.06.2009, s. 1-9 (Artikel)

<sup>18</sup> Salomonsen, Jonas: *Proteser overhaler rigtige ben*. I: Videnskab.dk, 26.08.2011. Internetadresse: <http://videnskab.dk/teknologi/protoser-overhaler-rigtige-ben> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)

<sup>19</sup> Tucker, Chris: *Science of Sport Awards: Controversy of the year, Oscar Pistorius // Pistorius, go-karts and Formula 1 machines*. I: The science of sport, 29.12.2011, s. 1-1. Internetadresse: <http://sportsscientists.com/2011/12/science-of-sport-awards-controversy-of-the-year-oscar-pistorius/> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)

<sup>20</sup> Tucker, Chris: *Science of Sport Awards: Controversy of the year, Oscar Pistorius // Pistorius, go-karts and Formula 1 machines*. I: The science of sport, 29.12.2011, Internetadresse: <http://sportsscientists.com/2011/12/science-of-sport-awards-controversy-of-the-year-oscar-pistorius/> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)

## Konsekvenser for udviklingen af benproteser, ved sporten, brugerne og samfundet.

I dette afsnit vil jeg diskutere hvilken betydning udviklingen af benproteser har haft for sporten, og heraf perspektivere til andre eksempler på tekniskdoping. Jeg vil yderligere diskutere hvilken effekt benproteser har haft på brugerne og for samfundet.

For det første har udviklingen af benproteser skabt en kæmpe debat, i forhold til Oscar Pistorius' deltagelse i funktionsdygtiges konkurrencer. Som tidligere nævnt er der delte meninger om hvorvidt Pistorius, efter hans godkendelse, stadig burde have tilladelse til at deltage, fordi han mekanisk udskiller sig markant fra normale løbere.

Pistorius formår også, at påvirke IAAF's (International Association of Athletics Federations) regelsæt. I 2007 blev Pistorius nægtet adgang til funktionsdygtige konkurrencer, grundet "Any technical device that incorporates springs, wheels or any other element that provides a user with an advantage over another athlete not using such a device", men blot 4 måneder efter fik Pistorius godkendelse alligevel, på baggrund af det studie, han selv har været med til, at designe og deltage i<sup>21</sup>.

På den ene side er det positivt for sporten, at han for lov at deltage. Han giver perspektiv til løb, og skaber håb for alle med fysiske problematikker, men ses det fra et fagligt konkurrence perspektiv, kan det betragtes som teknisk doping. Dette kan bl.a. sammenlignes med svømmedragt episoden i 2008, for ligesom ved Pistorius sagen, havde IAAF klare regler omkring hvad der er tilladt og ikke er tilladt, men lod et enkelttilfælde gå igennem. I dette tilfælde hjælper badedragten LZR racer fra Speedos svømmeren med, at skabe opdrift, hvilket er i dyb strid med det internationale svømmeforbunds regler. Alligevel har forbundet godkendt svømmedragten.<sup>22</sup>

Det kunne give et billede af, at sportsverden i fremtiden er mere præget af teknologisk udvikling i forhold til sportslige præstationer af atleter. I svømmedragts eksemplet, resulterede det i, at hvis du ikke har den nyeste teknologi, eller ikke har lov til at bruge den for dit svømmeforbund, så har du altså ingen chance for at vinde. Paulus Wildeboer dansk svømme landstræner udtaler "Det er meget farligt for svømningen, det her", og det er farligt for alle sportsgrene. Det kan altid diskuteres om det er snyd eller ej. Men der ses teknologi mere og mere i sport verdenen, nogle bruger den efter reglerne andre gør ikke. F.eks. ses det at nogle cykelryttere under Tour de France, havde indsat en mindre motor i krænken på deres cykler for at have en fordel.<sup>23</sup>

Det kan altså diskuteres om Oscar Pistorius sagen blev starten på en række nye sportslige dilemmaer, hvert enkelt idrætsforbund nu er nødsaget til, at tage stilling til. Er det acceptabelt, at acceptere disse forskellige faktorer der kan hjælpe atleter med at præstere bedre, eller ønsker idrætten, at alle skal konkurrere på lige fod.

Når der kigges på hvad benproteser generelt gør for brugerne. Så har det en tydelig positiv effekt på brugerens livskvalitet. Ifølge journalist Lars Bo Axelsen så giver det højere livskvalitet for brugerne, da de ikke skal tænke over de simple hverdags ting som, at gå tur med hunden, eller sætte sig ned med en kop kaffe, da disse højteknologiske proteser styrer det for brugeren.<sup>24</sup>

Det ses også ved to af Sahvas kunder, Sebastian Engwald Jensen og Ove Jensen, som begge understreger hvor livsbekræftende det er, at kunne få lov til at være aktiv og ingen begrænsninger have i hverdagen.

<sup>21</sup> Ukendt, Ukendt: "Blade Runner" må deltage i OL. I: Jyllands-posten, 16.05.2008, s. 1-1. Internetadresse: <http://jyllands-posten.dk/sport/andensport/atletik/ECE3947737/Blade-Runner-m%C3%A5-deltage-i-OL/> Besøgt d. 20.12.2016 (Artikel)

<sup>22</sup> Landstræner: Svømmedragt er doping. I: Jyllands-posten.dk, 31.10.2008, s. 1-1. Internetadresse: <http://jyllands-posten.dk/sport/andensport/svomning/ECE4061490/Landstræner-Svømmedragt-er-doping/> Besøgt d. 17.12.2016 (Artikel)

<sup>23</sup> Ankerstjerne, Magnus og Bo Bentsen: 'Ny' fusk-metode i cykelsporten: Her skjulte de motoren. I: Sport.tv2.dk, 01.02.2016, s. 1-1. Internetadresse: <http://sport.tv2.dk/cykling/2016-02-01-ny-fusk-metode-i-cykelsporten-her-skjulte-de-motoren> Besøgt d. 17.12.2016 (Artikel)

<sup>24</sup> Axelholm, Lars Bo: *Så smart er en moderne benprotese*. I: Sundhed, 2012, s. 28-31. Internetadresse: <https://bibliotek.dk/da/moreinfo/netarchive/870971-tsart%253A35204822> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)

Sebastian Engwald Jensen siger bl.a., at han knapt lægger mærke til, at han skal have protesen af og på hele tiden, "Det er lidt ligesom at tage tøj på, det tager to minutter".

Benproteser har altså generelt set en positiv virkning på brugerne, da det uden tvivl fjerner alle begrænsninger, man normalt ville have som amputeret. De højteknologiske proteser, som tidligere beskrevet, gør det nemlig muligt, at gøre alle de ting man var vant til, og de eneste begrænsninger brugerne har, er mentalt som Sebastian Engwald Jensen ligeledes pointerer. Han har blandt andet bestøget Kilimanjaro, og har som sit mål, at gennemfører en Ironman.<sup>25</sup>

Samfundsmæssigt bidrager det godt til den kapitalistiske verden vi lever i, bare de to virksomheder jeg har haft kig på (Össur og Sahva), har tilsammen 2470 medarbejder<sup>26 27</sup>. Og med 185000 amputationer om året, bare i USA, er der også grundlag for disse virksomheder<sup>28</sup>.

For den offentlige sektor er proteser blevet en uundværlig del af behandling af amputationer. Amputationspatienter bliver trænet og informeret, omkring emnet for på sigt, at kunne få en protese selv.<sup>29</sup> Proteser har altså generelt en stor betydning i den offentlige sektor, da de medvirker til, at amputerede kan klare sig selv, og ikke i samme grad har brug for offentlig støtte i form af hjemmehjælper, transport etc. Det offentlige sparer derfor en masse penge i forplejning af de amputerede, når de får træning i at klare sig med protesen.

Det kan diskuteres om handlingsmetoderne i den offentlige sektor i Danmark, medvirker den teknologiske udvikling af proteserne i en positiv retning. I Danmark søger samfundet høj livskvalitet for alle, og denne udvikling af proteser er i høj grad med til, at opnå dette, og derfor ser man også en kæmpe udvikling inden for området.

I forhold til den samfundsstruktur der er i Danmark, som en demokratisk velfærdsstat, er vores velfærdsstat også baseret på, at alle skal være lige stillet. Derved er det en vigtig faktor for samfundet, at amputerede kan få en protese og kan fungere, i hvert fald på nogenlunde lige fod, med samfundet. Igen så påvirker strukturen altså den teknologiske udvikling til fremgang inden for dette område.

## Konklusion

Med henblik på udviklingen af protesers indvirkningen på sporten. Kan jeg konkludere, at de sportslige dilemmaer, Pistorius har generet i sportsverden, har rykket grænser for i hvilken grad, "tekniskdoping" accepteres i dag. Jeg kan ikke på baggrund af de studier, jeg har undersøgt, konkludere med sikkerhed, at Pistorius har en tydelig fordel i forhold til normale løbere. Dog kan jeg konkludere, at der er en tydelig forskel på Pistorius og normale løbere mekanisk.

Hvad ang. udviklingen af benproteser, har det haft en klar positiv indvirkning på samfundet og individerne der har gennemgået amputationer. Dette konkluderer jeg på baggrund af min gennemgang af teknologien bag proteserne, og min perspektivering til nutidens samfund. Proteser forøger amputeredes livskvalitet, og giver dem mulighed for, at reintegrere sig hurtigt ind i samfundet efter operationen. Jeg kan også udlede, at den danske samfundsopbygning, gør det nemmere for brugeren, at blive reetableret og derved bidrage til samfundet på lige fod med andre borgere igen.

---

<sup>25</sup> Sahva.dk: Benproteser. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/produkter/individuelle-produkter/benproteser-0> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)

<sup>26</sup> Specialister i bevægelse. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/andet/specialister-i-bevaegelse> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)

<sup>27</sup> About Össur. Udgivet af ossur.com. Internetadresse: <http://www.ossur.co.uk/about-ossur> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)

<sup>28</sup> Limb Loss statistics. Udgivet af amputee-coalition.org. Internetadresse: <http://www.amputee-coalition.org/limb-loss-resource-center/resources-by-topic/limb-loss-statistics/limb-loss-statistics/#2> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)

<sup>29</sup> Amputationer. Udgivet af Sundhed.dk. Internetadresse: <https://www.sundhed.dk/sundhedsfaglig/laegehaandbogen/fysmed-og-rehab/tilstande-og-sygdomme/rehabilitering/amputationer/> - Besøgt d. 12.12.2016 (Internet)



## Litteraturliste

- Lindberg, Kajsa og Morten Tange Kristensen: *Genoptræningsforløbs beskrivelse for benamputerede*. I: Region Hovedstaden, 2014, s. 13-13. Internetadresse: <https://www.regionh.dk/Sundhedsaftale/bilag-og-download/Documents/Genoptræningsforløbsbeskrivelse%20for%20benamputerede%20RegionH%202014%20final%20april%202015.pdf> Besøgt d. 12.12.2016 (Artikel)
- Sjøgren, Kristian: *Hvem var piraterne*. I: Videnskab.dk, 25.06.2011, Sektion: Pirater var handelsmænd, s. --. Internetadresse: <http://videnskab.dk/kultur-samfund/hvem-var-piraterne> Besøgt d. 12.12.2016 (Artikel)
- How to take off and put on a prosthetic leg (below knee amputee). 2013. Instruktion: AmputeeOT. Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=WuXdUAUOuoI> - Besøgt d. 14.12.2016 (Film)
- Sahva.dk: Benproteser. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/produkter/individuelle-produkter/benproteser-0> - Besøgt d. 14.12.2016 (Internet)
- Nørgaard, Marete: *Typer af benproteser*. I: Sahva.dk, ?.?.?, s. ---. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/artikler/typer-af-benproteser> Besøgt d. 14.12.2016 (Artikel)
- Mchugh, Josh: *Balde runner*. I: Wired.com, 03.01.2007, s. 1-1. Internetadresse: [https://www.wired.com/2007/03/blade/?pg=2&topic=blade&topic\\_set=](https://www.wired.com/2007/03/blade/?pg=2&topic=blade&topic_set=) Besøgt d. 15.12.2016 (Artikel)
- Wilson, Mark: *How Nike Made Track Spikes For Oscar Pistorius's Carbon Fiber Blades*. I: <http://www.fastcodesign.com>, 08.09.2012, s. 1-1. Internetadresse: <http://www.fastcodesign.com/1670487/how-nike-made-track-spikes-for-oscar-pistorius-s-carbon-fiber-blades> Besøgt d. 15.12.2016 (Artikel)
- Össur.com: Össur® Prosthetics Catalogue 2012. Udgivet af Össur®. Internetadresse: [http://assets.ossur.com/library/29200/2012\\_prosthetics\\_catalogue\\_u\\_k.pdf](http://assets.ossur.com/library/29200/2012_prosthetics_catalogue_u_k.pdf) - Besøgt d. 15.12.2016 (Internet)
- Tybjerg Pedersen, Erik og Lotte Tybjerg Pedersen: *Krop og træning*. Side 16-20-46-60. 3. udg. Nordisk forlag A/S, Copenhagen, 2006. (Bog)
- How to Sprint - Pt. I. 2009. Instruktion: Destorm Power. Manuskript: Destorm Power. Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=6BmtGNjm7BE> - Besøgt d. 16.12.2016 (Film)
- Weynard, Peter G m.fl.: *The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function?* I: University of Pretoria, 16.06.2009, s. 1-9 (Artikel)
- Salomonsen, Jonas: *Proteser overhaler rigtige ben*. I: Videnskab.dk, 26.08.2011, s. 1--1. Internetadresse: <http://videnskab.dk/teknologi/proteser-overhaler-rigtige-ben> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)
- Tucker, Chris: *Science of Sport Awards: Controversy of the year, Oscar Pistorius // Pistorius, go-karts and Formula 1 machines*. I: The science of sport, 29.12.2011, s. 1-1. Internetadresse: <http://sportsscientists.com/2011/12/science-of-sport-awards-controversy-of-the-year-oscar-pistorius/> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)

- Axelholm, Lars Bo: *Så smart er en moderne benprotese*. I: Sundhed, 2012, s. 28-31. Internetadresse: <https://bibliotek.dk/da/moreinfo/netarchive/870971-tsart%253A35204822> Besøgt d. 16.12.2016 (Artikel)
- Ankerstjerne, Magnus og Bo Bentsen: *'Ny' fusk-metode i cykelsporten: Her skjulte de motoren*. I: Sport.tv2.dk, 01.02.2016, s. 1-1. Internetadresse: <http://sport.tv2.dk/cykling/2016-02-01-ny-fusk-metode-i-cykelsporten-her-skjulte-de-motoren> Besøgt d. 17.12.2016 (Artikel)
- Ukendt, Ukendt: *Landstræner: Svømmedragt er doping*. I: Jyllands-posten.dk, 31.10.2008, s. 1-1. Internetadresse: <http://jyllands-posten.dk/sport/andensport/svomning/ECE4061490/Landstræner-Svømmedragt-er-doping/> Besøgt d. 17.12.2016 (Artikel)
- Ukendt, Ukendt: *"Blade Runner" må deltage i OL*. I: Jyllands-posten, 16.05.2008, s. 1-1. Internetadresse: <http://jyllands-posten.dk/sport/andensport/atletik/ECE3947737/Blade-Runner-m%C3%A5-deltage-i-OL/> Besøgt d. 20.12.2016 (Artikel)
- Sahva.dk: Benproteser. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/produkter/individuelle-produkter/benproteser-0> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)
- Specialister i bevægelse. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/andet/specialister-i-bevægelse> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)
- About Össur. Udgivet af ossur.com. Internetadresse: <http://www.ossur.co.uk/about-ossur> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)
- Limb Loss statistics. Udgivet af amputee-coalition.org. Internetadresse: <http://www.amputee-coalition.org/limb-loss-resource-center/resources-by-topic/limb-loss-statistics/limb-loss-statistics/#2> - Besøgt d. 17.12.2016 (Internet)
- Larsen, Kristian Bang: *Daniel Wagners løbeprotese koster i omegnen af en god bil*. I: Ingeniøren.dk, 07.09.2012, s. 1-1. Internetadresse: <https://ing.dk/artikel/daniel-wagners-lobeprotese-koster-i-omegnen-af-en-god-bil-132026> Besøgt d. 17.12.2016 (Artikel)
- Amputationer. Udgivet af Sundhed.dk. Internetadresse: <https://www.sundhed.dk/sundhedsfaglig/laegehaandbogen/fysmed-og-rehab/tilstande-og-sygdomme/rehabilitering/amputationer/> - Besøgt d. 12.12.2016 (Internet)

#### Kildehenvisning til figurer:

- **Figur 1:** Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=WuXdUAUOuoI> - Besøgt d. 14.12.2016 (Film)  
Sahva.dk: Benproteser. Udgivet af Sahva. Internetadresse: <http://www.sahva.dk/produkter/individuelle-produkter/benproteser-0> - Besøgt d. 14.12.2016 (Internet)

- **Figur 2:** *Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=WuXdUAUOuoI> - Besøgt d. 14.12.2016 (Film)*  
*Sahva.dk: Benproteser. Udgivet af Sahva.*  
*Internetadresse: <http://www.sahva.dk/produkter/individuelle-produkter/benproteser-0> - Besøgt d. 14.12.2016 (Internet)*
- **Figur 3:** Rushgove, Ben: *Oscar Pistorius shouldn't have run in the Olympics – blades are an advantage*. I: Theguardian.com, 04.09.2012, s. 1-1. Internetadresse: <https://www.theguardian.com/sport/2012/sep/04/pistorius-blades-advantage-in-olympics> Besøgt d. 20.12.2016 (Artikel)
- **Figur 4:** *Össur.com: Össur® Prosthetics Catalogue 2012. Udgivet af Össur®.*  
*Internetadresse: [http://assets.ossur.com/library/29200/2012\\_prosthetics\\_catalogue\\_uk.pdf](http://assets.ossur.com/library/29200/2012_prosthetics_catalogue_uk.pdf) - Besøgt d. 15.12.2016 (Internet)*
- **Figur 5:** Weynard, Peter G m.fl.: *The fastest runner on artificial legs: different limbs, similar function?* I: University of Pretoria, 16.06.2009, s. 1-9 (Artikel)