

Den fysiske dimensjonen i fotball - en teoretisk oversiktsstudie.

Av Jørgen Ingebrigtsen for UEFA A-lisens, Norges Fotballforbund, Februar 2012.

FORORD

Alle som har sett en fotballkamp kan se at fotball er en fysisk krevende sport. Så hvordan kan vi som er trenere forberede spillerne på en slik måte at de er i stand til å takle kravene? De siste årene har det blitt gjennomført et stort antall studier som har gitt oss viktig innsikt med tanke på dette spørsmålet, og det er disse studiene jeg skal bygge denne oppgaven på.

Jeg har i prosessen vurdert ulike temaer, men landet altså på fysisk trening for fotball av den enkle grunn at det er dette feltet jeg har størst kunnskap om. Min bakgrunn fra akademia og fotballen har i stor grad vært preget av dette temaet, og jeg håper med oppgaven å få belyst sentrale områder av et felt hvor jeg personlig mener at vi fortsatt har masse ”å hente” i norsk topp- og breddefotball. Det ble en periode på 90-tallet sagt at vi (det norske herrelandslaget) var best trent i verden, og hvis det er slik at vi nå har mistet denne posisjonen, må vi (hele den norske ”fotballfamilien”) gjøre alt vi kan for å ta igjen så mye som mulig av det tapte.

Til slutt vil jeg takke medtrenere og klubber gjennom mine foreløpige 10 år som trener for den inspirasjonen og motivasjonen dere alle har skapt.



Jørgen Ingebrigtsen

Vollen 25.januar 2012.

SAMMENDRAG

Bakgrunn. Fotball er klassifisert som en multidimensjonal lagidrett, og både trenere og forskere søker kontinuerlig etter de faktorene som kan hjelpe oss til å bedre kunne skille mellom de suksessfulle og de ikke-suksessfulle spillerne. Ved siden av de sportsspesifikke ferdighetene (som driblinger, pasninger og skudd) kjennetegnes fotball også av behovet for flere ulike fysiske kapasiteter dersom en ønsker å prestere på høyt nivå, og den fysiske faktoren har derfor blitt definert som viktig for suksessfulle prestasjoner.

Mål med oppgaven. Målene med denne oppgaven er derfor; a) å gå gjennom en rekke vitenskapelige arbeider som omhandler aktivitet og fysiologi i fotballkamp, fotballtrening og fysisk testing (kvinnelige og mannlige junior, sub-elite og elite fotballspillere), og b) å gi noen praktiske anbefalinger for fotballtrenere som jobber med den fysiske dimensjonen av fotballspillet med bakgrunn i dette vitenskapelige materialet.

Metode. De vitenskapelige studiene ble valgt ut fra et omfattende søk i den engelskspråklige litteraturen som finnes, inkludert store databaser som PubMed og SPORT Discus. Syttifire vitenskapelige arbeider ble til slutt inkludert i oppgaven som er organisert på følgende måte; introduksjon, teori om den fysiske dimensjonen av fotballkampen (høy-intensitetsaktivitet, sprintaktivitet, energiomsetning, tretthet), teori om trening for bedre fysisk kampprestasjon, teori om testing for kontroll av status og effekt av trening, og til slutt oppsummerende betraktninger og anbefalinger med bakgrunn i den presenterte teorien.

Oppsummering. Spillerne på de bedre lagene ser ut til å utføre mer høy-intensiv aktivitet (hurtig løp og sprint) enn spillerne på de andre lagene, men det synes også klart at det er store forskjeller i aktivitetsmengde og –intensitet på tvers av posisjonene på et enkelt lag. Videre ser det ut til at både det aerobe og det anaerobe energisystemet har viktige oppgaver i fotballaktiviteten, og trening for forbedret fysisk kapasitet i fotball bør legges opp på en slik måte at begge blir tilstrekkelig utviklet. Denne treningen bør tilpasses enkeltindividenes karakteristika og spillerposisjon basert på en nøyte utarbeidet kapasitetsprofil etter fysisk testing. Testene som skal brukes til dette bør være reliable og ansees som valide for fotball. De testene som nå har blitt anbefalt brukt av Norsk Toppfotballsenter synes fornuftige i så måte, men det er sentralt at de enkelte lag/klubber tilpasser testbatteriene sitt ressursgrunnlag slik at man får kontinuitet på testing og tolkning av testprestasjoner.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	2
SAMMENDRAG	3
FIGURLISTE.....	5
INNLEDNING.....	6
TEORI.....	11
KAMPEN	11
HØY-INTENSITETSAKTIVITET I KAMP.....	13
SPRINTAKTIVITET I KAMP.....	15
ENERGIOMSETNING I FOTBALL	17
FATIGUE/TRETTHET I KAMP	22
TRENING FOR BEDRE FYSISK KAMPPRESTASJON	25
TESTING FOR KONTROLL AV STATUS OG EFFEKT AV TRENING.....	34
OPPSUMMERENDE BETRAKTNINGER.....	39
Praktiske anbefalinger	40
LITTERATUR.....	43

FIGURLISTE

<i>Figur 1. Kampaktivitet for enkeltspiller i fransk toppserie.</i>	<i>11</i>
<i>Figur 2. Eksempel på analysesystem (Prozone).</i>	<i>12</i>
<i>Figur 3. Tilbakelagt distanse (km) i kamp på tvers av ulike nivåer.</i>	<i>13</i>
<i>Figur 4. Distanse løpt (km) med høy intensitet i kamp på tvers av kjønn, nivå og land.....</i>	<i>14</i>
<i>Figur 5. Sprintdistanse i kamp på tvers av kjønn, nivå og land.....</i>	<i>15</i>
<i>Figur 6. Antall sprinter per kamp på tvers av posisjoner i CL/UEFA-Cup 2002-2006.</i>	<i>16</i>
<i>Figur 7. Aerob og anaerob energiomsetning.....</i>	<i>18</i>
<i>Figur 8. Treningsprosessen.</i>	<i>26</i>
<i>Figur 9. Intensitet i de ulike aerobe og anaerobe treningsformene.</i>	<i>28</i>
<i>Figur 10. Eksempler på funksjonelle hurtighetsøvelser.</i>	<i>31</i>
<i>Figur 11. Eksempler på posisjonsspesifikke øvelser for produksjonstrening.....</i>	<i>33</i>
<i>Figur 12. Sammendrag av publiserte Vo²max målinger på europeiske herrespillere siden 1992.....</i>	<i>34</i>
<i>Figur 13. Forskjeller i Yo-Yo IR2 test prestasjon, sprintdistanse i kamp og peak 5min høy-intenistetsløp mellom topp-, midt- og bunnlag på øverste nivå i Danmark.....</i>	<i>37</i>

INNLEDNING

Fotball er den mest populære sporten i verden og spilles av gutter og jenter i alle aldre (Ingebrigtsen, Dillern, & Shalfawi, 2011). Spillet består av en rekke faktorer (for eksempel tekniske og taktiske) (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005), og både trenere og forskere søker kontinuerlig etter de faktorene som kan hjelpe oss til å bedre kunne skille mellom de suksessfulle og de ikke-suksessfulle spillerne (Ingebrigtsen, et al., 2011). Ved siden av de sportsspesifikke ferdighetene i spillet (som driblinger, pasninger og skudd) kjennetegnes sporten også av behovet for flere ulike fysiske kapasiteter dersom en ønsker å prestere på høyt nivå, og den fysiske faktoren (les fysiske ressurser) har derfor blitt definert som en viktig faktor bak suksessfulle prestasjoner (Ingebrigtsen, et al., 2011).

Fotballkampens usystematiske aktivitetsprofil gjør at sporten skiller seg fra andre der man har en mer sammenhengende aktivitetsform (for eksempel løping) (Nygård, 2011). Dette fører til mer komplekse fysiologiske påkjenninger under aktivitet, og gjør det samtidig svært krevende å tolke de fysiologiske prestasjonene under kamp (Svensson & Drust, 2005). Styrke, spenst, hurtighet og utholdenhet utgjør alle en del av den prestasjonen (Tønnessen, Shalfawi, Haugen, & Enoksen, 2011), og for å få en god forståelse av den fysiske kampprestasjonen har det blitt hevdet at disse bør vurderes sammen (Svensson & Drust, 2005). Andre peker på behovet for å vurdere faktorene separat for økt innsikt i den enkelte (Di Salvo, et al., 2007). Uansett hvilken av disse tilnærmingene man velger er dagens digitale verktøy for kvantifisering av kampaktiviteter (for eksempel ProZone og ZXY) nyttige når man skal se på hvilke fysiske krav kampen stiller til spillerne (Bradley, et al., 2009; Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003).

Med bakgrunn i analyser gjort med slike systemer ser det ut til at fotballspillere, uavhengig av kjønn og nivå, tilbakkelegger en distanse på 10-12 km per fotballkamp (Nygård, 2011). Videre ser det ut til at aktiviteten i hovedsak er intervallbasert med aktivitetsskifter hvert 4-6

sekund (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2005). Disse kan deles inn i aksjoner av akselerasjon, deakselerasjon, maksimal hastighet og retningsforandringer (Little & Williams, 2005). Toppspillere utfører omtrent 1350 aktiviteter per kamp, hvorav cirka 220 av disse er med høy hastighet (Mohr, et al., 2005). Det ser også ut til å være slik at evnen til å akselerere, den maksimale løpshurtigheten, evnen til repeterte sprinter og høyintensiv løping er avgjørende for å nå elitenivå som fotballspillere (Bradley, et al., 2009; Helgerud, Engen, Wisløff, & Hoff, 2001; Mohr, et al., 2003).

Det ser imidlertid ut til at det, uavhengig av nivå, er en reduksjon i sprintevne og evne til å gjennomføre høyintensiv løping ettersom kampen skrider frem (Mohr, et al., 2003, 2005). Dette kan indikere at behovet for god anaerob kapasitet/energilevering hos fotballspillere i kamp er stort.

Det totale energibehovet en spiller utsettes for i løpet av fotballkampen, vil i tillegg til løping bestå av alle de overnevnte fotballspesifikke aktivitetene (driblinger, skudd, pasninger osv) (Mohr, et al., 2005). Belastningen på det aerobe systemet for spillerne i kamp ser ut til å ligge på omtrent 75 % av maksimalt oksygenopptak (Mohr, et al., 2003), mens det anaerobe energisystemet utsettes for stress i de mest intense periodene av en fotballkamp (Mohr, et al., 2005). Forskningsfunn indikerer at som et resultat av disse periodene vil den totale anaerobe energiomsetningen ligge mellom 11 % og 27 % av den totale energiomsetningen under fotballkampen (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & di Prampero, 2010). Likevel vil en nok kunne observere gjennomsnittelig hjerterefrekvens ligge rundt anaerob terskel gjennom en hel kamp (Bangsbo, Mohr, & Krustup, 2006).

For å bedre den fysiske kampprestasjonen kan en med bakgrunn i det overnevnte si at en bør øke kapasiteten til både det aerobe og det anaerobe energisystemet. Dette gjøres gjennom trening. Aerob trening har som mål å øke kroppens kapasitet til å frakte oksygen, å øke

kapasiteten til utnyttelse av oksygenet over lengre perioder og å øke evnen til å restituere etter perioder med høy-intens aktivitet (Bangsbo, 2007; Helgerud, et al., 2001; Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002). Aerob trening kan deles inn i tre overlappende hovedformer som for fotballspillere med fordel kan trenes med ballaktiviteter (Bangsbo, 2007); aerob lav-intensitetstrening er trening på omtrent 65 % (mellom 50-80 %) av maks hjertefrekvens (HF), aerob moderat-intensitetstrening foregår på ca 80 % maks HF (65-90 %), mens aerob høy-intensitetstrening utføres på cirka 90 % maks HF (80-100 %). Bangsbo (2007) påpeker at det vil være misledende å tidsbegrense aktiviteten da all aktivitet mellom 15 og 90 min vil gi ulike typer gunstige treningstilpasninger. De nevnte aerobe aktivitetsformer regnes som positive for fotballspillere fordi en større andel av den nødvendige energien kan leveres aerobt, som igjen betyr at spillere kan jobbe med høyere intensitet for større perioder av kampen (Bangsbo, 2007; Helgerud, et al., 2001). Økt aerob kapasitet fører også til at i perioder med høy intensitet i kampen bruker man mindre tid til restitusjon slik at en er i stand til å yte maksimalt igjen ved senere behov. Resultatet av disse er at man minimerer teknisk prestasjons- og konsentrasjonsfall gjennom kampen (Bangsbo, 2007). Videre, anaerob trening har blitt definert som trening over maksimal aerob arbeidskapasitet med hensikt om å stimulere den anaerobe energiproduksjonen (Iaia & Bangsbo, 2010), og kan deles inn i tre hovedformer av trening. Den første, hurtighetstreningen, er definert til å være trening av kort maksimal varighet (2-15sek på >95% av maks hurtighet) med relativt lange pauser mellom (>10 ganger aktivitetstiden). Videre regnes "Speed endurance" som all annen anaerob treningsaktivitet (Iaia & Bangsbo, 2010), og er delt inn i "produksjonstrening" og "toleransetrening". Mens toleransetrening utgjør 2-25 aktiviteter med varighet på 5-90sek av 30-100 prosent av løpshastighet og pause på 100-300% av aktivitetstiden utføres produksjonstrening på 60-100 prosent av løpshastigheten over 10-40sek i 3-12 repetisjoner og med et minimum av >500% pausetid i forhold til aktivitetstid. Disse aktivitetsformene ansees

som fordelaktige for fotballspilleres evne til å utføre høy-intensitets aktivitet for lengre perioder og oftere, og for evnen til å restituere raskere fra de høy-intense aktivitetene som karakteriserer forball (Bangsbo, 2007; Bangsbo, et al., 2006; Iaia & Bangsbo, 2010; Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisløff, 2007).

Et stort antall tester har blitt brukt for å skaffe objektiv informasjon om spillernes fysiske nivå (aerobt og anaerobt) og for å kunne skape de best mulige treningsprogrammene på kort og lang sikt, og samtidig skape motivasjon og feedback til spillerne (Rampinini, Bishop, et al., 2007; Svensson & Drust, 2005). Laboratorietester (for eksempel tredemølltester av maksimalt oksygenopptak) er tradisjonelt ansett som gullstandarder (Castagna, Manzi, Impellizzeri, Weston, & Barbero Alvarez, 2010; Svensson & Drust, 2005). Den senere tiden har det imidlertid blitt ”designet” flere såkalte fotballspesifikke felttester (for eksempel repetert sprint-tester) med mål om å bedre simulere fotballkampens fysiske krav og således øke den økologiske validiteten til den brukte testen (Castagna, Manzi, Impellizzeri, Weston, & Barbero Alvarez, 2010; Svensson & Drust, 2005). Hvilke tester som skal brukes debatteres like fullt fortsatt blant så vel fotballmiljøene som i academia. Da testene både er tidkrevende og både fysisk og mentalt slitsomme kan det være av stor praktisk betydning om man kommer frem til ”de mest passende” testene. Norsk Toppfotballsenter anbefaler per i dag (1.1.2012) tre ulike tester; spenst på kraftplate, 20m sprint rett frem, og Yo-Yo intermittent recovery test nivå 2 (IR2) (Sigmund A. Andersen, Cupfinaleseminaret, Valhall lørdag 5.november 2011).

Med bakgrunn i det overnevnte vil jeg i denne oppgaven forsøke å både gi en oversikt over de relevante vitenskapelige studier innenfor den fysiske dimensjonen av fotballspillet (fysikk i kamper, bakenforliggende egenskaper, trening for forbedring av det fysiske, testing av fysisk kapasitet), og samtidig ha en kritisk tilnærming til dette. Målene med denne oppgaven blir dermed; a) å gå gjennom en rekke vitenskapelige arbeider (n=74) som omhandler aktivitet og

fysiologi i fotballkamp, fotballtrening og fysisk testing (kvinnelige og mannlige junior, sub-elite og elite fotballspillere), og b) å foreslå noen praktiske anbefalinger (i oppsummeringsdelen) for fotballtrenere som jobber med den fysiske dimensjonen av fotballspillet med bakgrunn i det vitenskapelige grunnlaget for oppgaven.

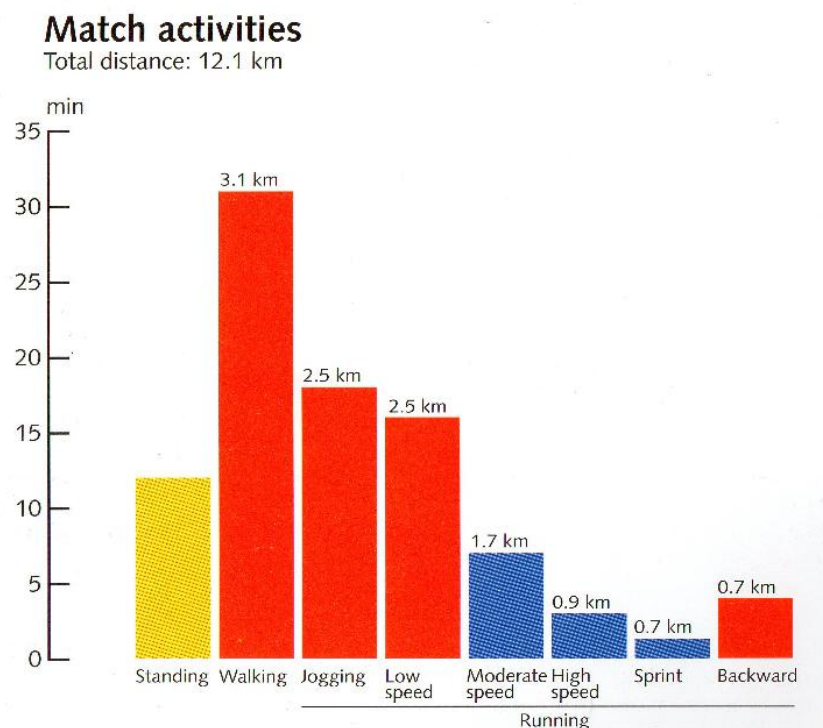
De vitenskapelige studiene ble valgt ut fra et omfattende søk i den engelskspråklige litteraturen som finnes, inkludert store databaser som PubMed og SPORT Discus. Søkeordene som har blitt brukt er, blant annet, ”soccer”, ”football”, ”soccer physiology”, ”soccer tests” og ”soccer match performance”. Syttitre vitenskapelige arbeider ble til slutt inkludert i oppgaven.

TEORI

KAMPEN

Utvikling av effektive og tilstrekkelig spesifikke treningsmetoder for fotballspillere stiller krav til kartlegging av de fysiske kravene spillerne møter i fotballkampen (Di Salvo, et al., 2007). På grunn av spillets asykliske/intervallbaserte bevegelsesmønster/form, med endring av både aktivitet (gange, akselerasjoner, løp, hopp, taklinger, skudd, pasninger, vendinger, duellspill) og intensitet (stillestående, lav, medium, høy, maksimal), er denne kartleggingen av kampaktiviteter imidlertid svært krevende (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007; Little & Williams, 2005; Stølen, et al., 2005) (se eksempel i Figur 1).

Figur 1. Kampaktivitet for enkeltspiller i fransk toppserie.



Figuren er kopiert fra Aerobic and Anaerobic training in soccer (Bangsbo, 2007).

Oppsummert kan man altså hevde at aktiviteten preges av uforutsigbarhet. De siste årenes utvikling av teknologi (for eksempel Amisco, ProZone (fig. 2), og det norske ZXY) for

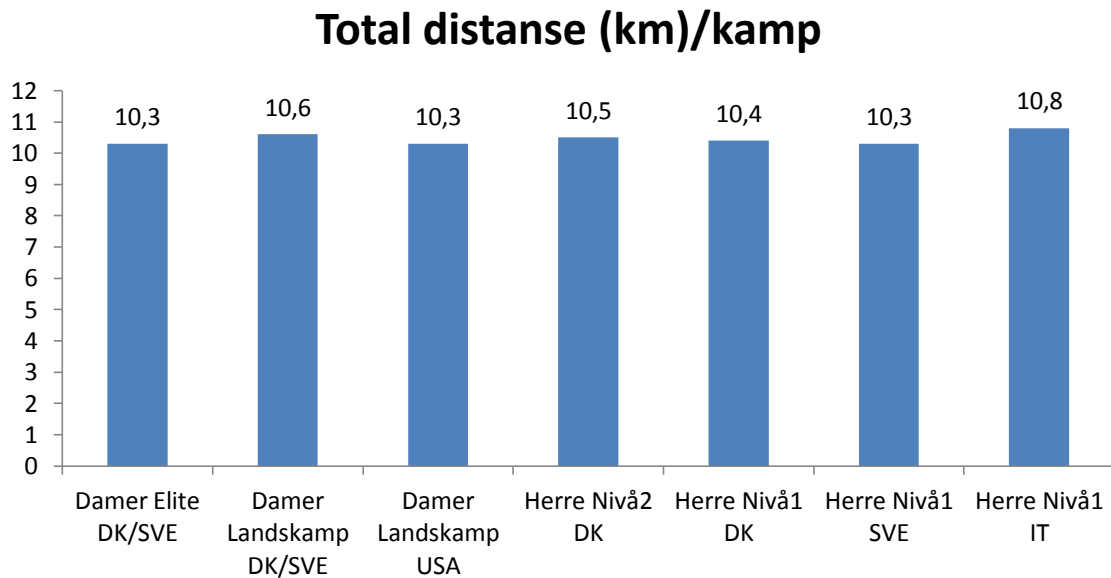
kartlegging av kampaktiviteten har imidlertid, som nevnt i introduksjonen, bedret mulighetene til å forstå hva spillerne utsettes for underveis i kampen og gjennom kampen som helhet.

Figur 2. Eksempel på analysesystem (Prozone).



Videre i teorikapitlet skal jeg forsøke å gjøre rede for noen av disse sentrale funnene som vi nå sitter med. Tidligere analyser viser (som nevnt) at spillere uavhengig av kjønn og nivå, tilbakelegger en distanse på 10-12 km per fotballkamp (Figur 3) (Nygård, 2011). Spiller for spiller (sannsynligvis med bakgrunn i posisjon/rolle, taktikk, kulturtilhørighet) på banen ser dette også forskjellig ut (Bloomfield, et al., 2007; Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010; Krustup, Zebis, Jensen, & Mohr, 2010; Mohr, et al., 2003). Funn indikerer også at det er inter-kamp variasjoner i spillernes kampaktiviteter avhengig av kampforløp, motstanderkvalitet, sesongforløp som helhet samt utvikling av nye varianter av formasjoner/roller i lagene de spiller på (Bangsbo, 1994a; Bradley, et al., 2009; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; Mohr, et al., 2003; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisloff, 2009; Tumilty, 1993).

Figur 3. Tilbakelagt distanse (km) i kamp på tvers av ulike nivåer (Krustrup, Mohr, Ellingsgaard, & Bangsbo, 2005; Mohr, et al., 2003).



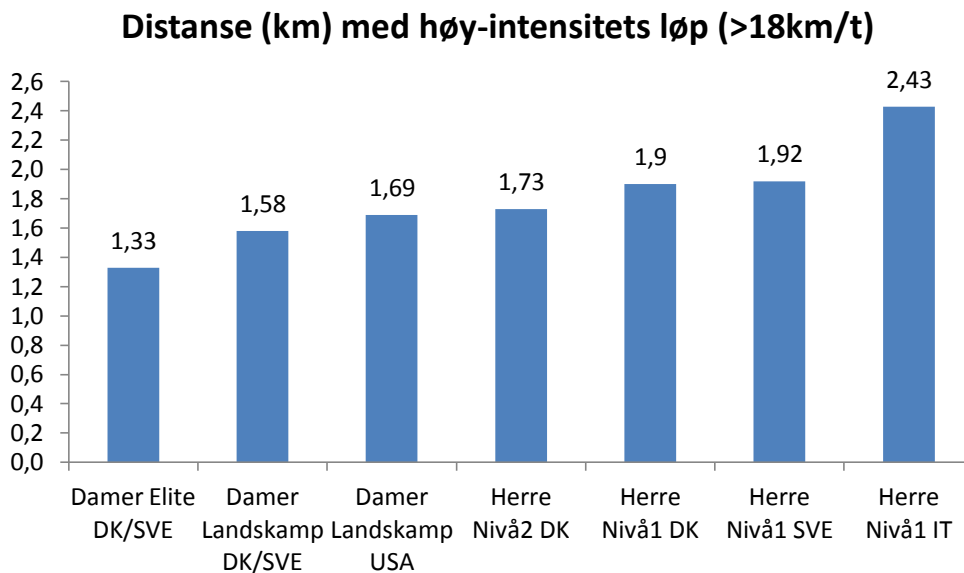
Figuren baserer seg på Figur presentert av P.Krustrup i Trondheim 2006.

HØY-INTENSITETSAKTIVITET I KAMP

Bangsbo (2007) definerer aktiviteter som foregår opp mot og over VO₂maks som høy-intensive aktiviteter. Tidligere forskning har vist at mengden av slik høy-intensitetsaktivitet varierer på tvers av spillere på ulike nivåer, og de beste spillerne har tilbakelagt opp mot 30 prosent mer høy-intensitetsløping enn spillere av moderat standard i studier av elite fotballspillere (Bradley, et al., 2010; Mohr, et al., 2003).

Det har blitt benyttet ulike grenseverdier (~14 – ~18 km/t) for kvantifisering av denne aktiviteten på tvers av i ulike studier (for eksempel Bradley et al., 2009; Mohr et al., 2003). Svakheten med kvantifisering av høy-intensitetsaktivitet med bakgrunn i løpshastighet har imidlertid blitt hevdet å være at denne formen for kvantifisering ikke fanger opp aktiviteter som korte akselerasjoner og hopp (Bangsbo, et al., 2006).

Figur 4. Distanse løpt (km) med høy intensitet i kamp på tvers av kjønn, nivå og land (Krustrup, Mohr, Ellingsgaard, & Bangsbo, 2005; Mohr, et al., 2003).



Figuren baserer seg på Figur presentert av P.Krustrup i Trondheim 2006.

Som vi ser av Figur 4 har forskning (tidlig på 2000-tallet) på kvinner og menn vist at menn dekker større distanse med høy intensitet enn kvinner, og at det i begge kjønn er en tendens til at de høyeste nivåene tilbakelegger flere meter høy-intenst løp. Et ”ankepunkt” i disse målingene kan være den absolutte grenseverdien på 18km/t for at det skal regnes som høy-intenst løp da dette, kanskje spesielt på tvers av kjønn, vil gi misvisende informasjon om det enkelte individs mengde av høy-intenst løp siden alle spillerne nok har ulik maksimal løpshastighet.

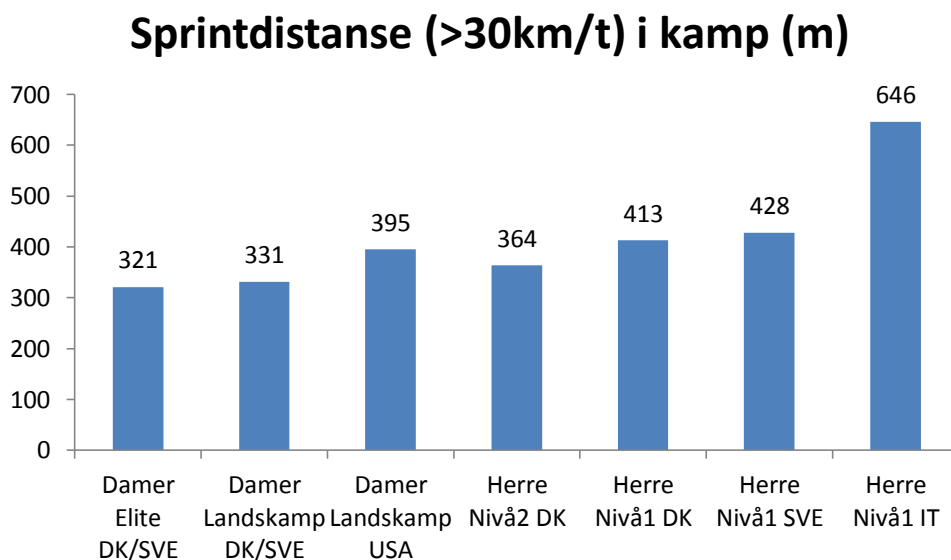
Nyere data (Bradley, et al., 2010) indikerer at spanske elitespillere tilbakelegger sammenlignbare (gjennomsnittelig ~2700m) distanser med høy intensitet som de Italienske herrespillerne i Figur 4. Dette studiet viste også at det var små forskjeller mellom distanser i høy intensitet når spillerne deltok internasjonalt og når de deltok i landets egen serie (Bradley, et al., 2010). Fordelt på posisjoner så det ut til at brede (kantspillerne) og sentrale midtbanespillere utfører mer høy-intensitetsaktivitet enn de andre posisjonene på banen. Det siste er i samsvar med tidligere rapporterte data (Di Salvo, et al., 2007) på spanske

elitespillere hvor man i tillegg fant at de sentrale forsvarsspillerne (midtstoppere) tilbakela betydelig færre meter (<1900m) enn samtlige andre spillposisjoner. Di Salvo med kolleger (2007) så også denne tendensen på tvers av flere spilte kamper, men bemerker også at deres data indikerer noe økning i forhold til eldre presenterte data, uavhengig av posisjon, og mener det kan tyde på en økende grad høy-intensitetsaktivitet i spillet/kamper generelt.

SPRINTAKTIVITET I KAMP

Basert på tidligere forskning (Figur 4 og 5) ser det ut til at de mest suksessfulle lagene i moderne fotball har evnen til å utføre og repetere høyhastighetsaksjoner oftere enn mindre suksessfulle lag (Iaia, et al., 2009).

Figur 5. Sprintdistanse i kamp på tvers av kjønn, nivå og land



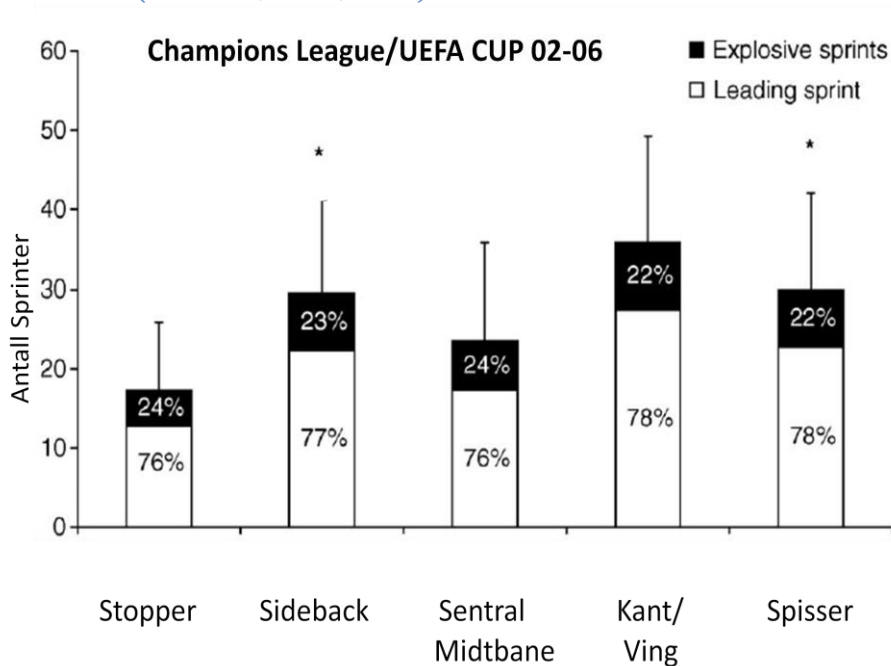
Figuren baserer seg på Figur presentert av P.Krustrup i Trondheim 2006.

Disse aksjonene rapporteres også ofte å være avgjørende øyeblikk i fotballkamper (for eksempel skåring, oppnåelse av skåringsposisjon, eller tilsvarende defensive tap av posisjoner) (Serpiello, McKenna, Stepto, Bishop, & Aughey, 2011). Videre viser analysene

som har blitt gjort av elitefotball at sprintaksjonene i en kamp kan defineres som akselerasjoner, deakselerasjoner, maksimal hurtighet og agility (hurtig endring av høyhastighetsbevegelse) (Little & Williams, 2005), og som tidligere nevnt kan det se ut til at korte spurter (2-4 sekunder) 1-1.5 ganger per minutt (posisjonsavhengig) karakteriserer sprintaktiviteten i kamper (Mohr, et al., 2005; Stølen, et al., 2005; Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004).

Den nevnte varigheten på hver sprint indikerer at kravet til akselerasjonshastighet er svært høyt, men funn blant de aller beste elitespillerne (UEFA Champions League og UEFA Cup 2002-2006; Figur 6) tyder også på at disse oftest starter sin sprintaktivitet mens de allerede er i bevegelse (Di Salvo, et al., 2010). Dette kan være en indikasjon på at det trolig også stilles store krav til maksimal løpshastighet hos toppfotballspillere.

Figur 6. Antall sprinter per kamp på tvers av posisjoner i Champions League/UEFA Cup 2002-2006 (Di Salvo, et al., 2010).

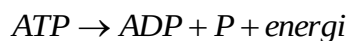


**=Antall sprinter varierer mellom alle posisjonene med unntak av Sidebacker og Spisser. ("Explosive sprints"=fra stillestående, "Leading Sprints"=fra bevegelse.)*

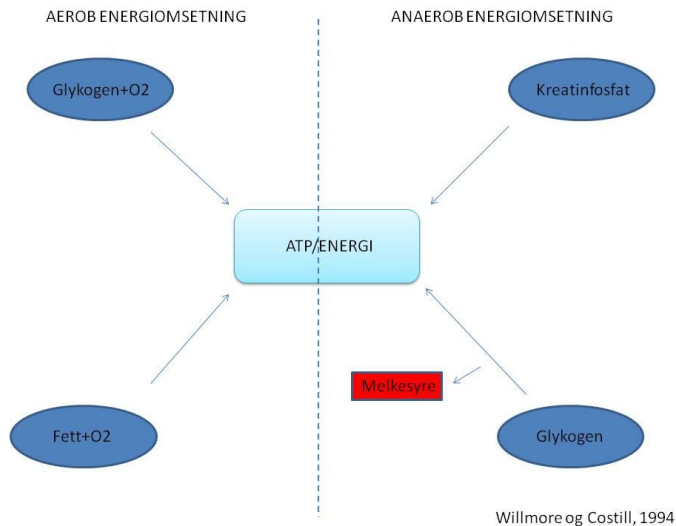
Analyser av løpshastighet hos europeiske elitespillere i kamp (Bradley, et al., 2010) bekrefter denne antakelsen. Bradley og kolleger (2010) fant at maksimal løpshastighet ($>25\text{km/t}$) gjennomsnittelig over en hel kamp lå på 7.76m/sek (tilsvarer 3.87 sek på 30m). Det var liten variasjon fra første til andre omgang (7.79m/sek vs 7.78m/sek), og bare de første 15min etter kampens pause var hastigheten gjennomsnittelig lavere enn 8m/sek . På tvers av posisjonene ble det funnet at (i motsetning til hva som var tilfellet med høy-intensitetsaktiviteten) sentrale midbanespillere bare løp i gjennomsnitt raskere i toppfart (7.55m/sek) enn de sentrale forsvarerne (7.37m/sek). Begge løp gjennomsnittelig noe senere enn både sidebacker (7.74m/sek), spisser (7.71m/sek) og brede midtbanespillere/kanter (7.94m/sek) (Bradley, et al., 2010). Hvorvidt dette bare er et resultat av selektering til posisjoner ut fra toppfartkapasitet, eller om det faktisk gjenspeiler kampens, og posisjonens/rollens, krav blir ikke diskutert.

ENERGIOMSETNING I FOTBALL

For å gjennomføre fysisk aktivitet (kamp og trening, men også mer vanlige daglige aktiviteter) er det helt nødvendig å få tilført energi fra nedbrytning av mat og drikke. Nedbrytningen danner adenosintrifosfat (ATP) (Bangsbo, 2007; T.O. Bompa, 1999), som igjen kan gi energi gjennom spalting av fosfatbindinger fra et adenosintrifosfatmolekyl (ATP).



Dannelsen av ATP kan skje gjennom det aerobe og det anaerobe (det alaktaside og det laktaside) energisystemet, henholdsvis med og uten oksygen (se fig. 7).

Figur 7. Aerob og anaerob energiomsetning, Figur etter Willmore og Costill (1994).

I asyklisk fotballaktivitet med bytte av høy- og lav-intensitets muskelarbeid vil det være innslag av alle typer ATP-produksjon (Bangsbo, et al., 2006; Stølen, et al., 2005). Å forstå hvordan disse virker hver for seg, og sammen, synes dermed sentralt for å forstå den totale energiomsetningen i fotballaktivitet.

Aerob energiomsetning

En forutsetning for aerob energiomsetning er at det er tilstrekkelig tilgjengelig oksygen der hvor omsetningen skal foregå (i "det metabolske miljøet"), og dette er det primært kroppens respirasjonssystem og transportsystem som sørger for. I tillegg finnes det små lagre med oksygen bundet til myoglobin i muskelcellene, men disse antas å være så begrensede at de har liten praktisk betydning (Glaister, 2005). Det aerobe energisystemet har stort potensiale for energiproduksjon da den (med nok tilgjengelig oksygen) fører til en fullstendig nedbryting av de tilgjengelige næringsstoffene uten å gi ugunstige restprodukter (McArdle, Katch, & Katch, 2001). Energisystemets største begrensning er imidlertid at det tar noe tid før det kan levere sin maksimale mengde energi (på grunn av størrelsen på lagrene i muskulaturen og tiden det

tar for oksygenet å fraktes fra lunger-via blod-til muskelcellene) (McArdle, et al., 2001; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

Når det gjelder energiomsetningen i en fotballkamp står aerob energiproduksjon står for 70-90 prosent, og blir således sett på som primærkilde for energi (Bangsbo, 1994a; Bangsbo, et al., 2006; Osgnach, et al., 2010). Ved enkeltsprinter på cirka tre sekunder har det imidlertid sett ut til at det aerobe energisystemet ikke bidrar med mer enn tre prosent av den totale energiproduksjonen (Spencer, et al., 2005), mens bidraget øker til rundt ni prosent ved sprinter på seks sekunder (Glaister, 2005). Ikke før etter omtrent 60-70 sekunder overtar det aerobe systemet som hovedenergileverandør (T.O. Bompa, 1999). Det ser videre ut til at denne formen for energiomsetning er sentral for lav-intensitetsaktiviteter (Bangsbo, et al., 2006), restitusjonsfasen mellom perioder med aktivitet (Duthie, Pyne, & Hooper, 2003) samt ved gjentakende løp og spurter (i motsetning til ved enkeltspurter) (Bogdanis, Nevill, Boobis, & Lakomy, 1996; Glaister, 2005; Spencer, et al., 2005). Det siste ble for eksempel vist av Bogdanis og kolleger (1996) da de påviste at ~30 prosent av energibidraget ved en tredve sekunders sprint kom fra aerob energiomsetning mens det i den påfølgende tredvesekunders sprinten ble observert at >40 prosent av energibidraget kom fra det aerobe energisystemet (tross fire minutter pause mellom løpene). Det ser også ut til at økt maksimalt oksygenopptak vil gi høyere andel av aerob energilevering ved denne typen aktiviteter (Bogdanis, et al., 1996).

Ut fra dette kan man si at fordelene med et godt utviklet aerobt energisystem muligens kan være økt grad av involvering i spillfaser med høy intensitet uten å involvere det anaerobe systemet (Stølen, et al., 2005). Positivt med dette kan i tillegg være sparing av de anaerobe ressursene som igjen muligens kan gi bedre forutsetninger for maksimale involveringer ved senere behov (Tomlin & Wenger, 2001).

Anaerob energiomsetning

Ved enkeltvise hurtige og eksplosive aktiviteter av kort varighet er det ikke tilstrekkelig med tid til at den aerobe energiomsetningen rekker å bli særlig involvert. Det er derfor i hovedsak den anaerobe energifrigjøringen som skaffer musklene den nødvendige hurtige energien (Bogdanis, et al., 1996; Bogdanis, Nevill, Lakomy, & Boobis, 1998; T O. Bomp, 1999; Gaitanos, Williams, Boobis, & Brooks, 1993; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000). Dette kan gjøres på to måter; enten alaktatisk ved ATP og Kreatinfosfat (KF) lagret i muskulatur, eller laktatisk gjennom anaerob nedbrytning av glykogen (jf. fig. 7) (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; T.O. Bomp, 1999).

Det alaktaside energisystem

Dette energisystemet bidrar med umiddelbar energi fra ATP- og KF- lagrene i muskulaturen, og er således sentralt for utførelse av maksimalt muskelarbeid, for eksempel av typen sprint, hopp og duellspill (Glaister, 2005; Spencer, et al., 2005). For opprettholdelse av disse høy-intense aktivitetene må det, dersom de varer lengre enn bare noen få sekunder, tilføres energi gjennom andre energisystemer (Spencer, et al., 2005). Spencer og medarbeidere (2005) anslår at cirka 65% av energien i en maksimal sprint med varighet på tre sekunder kommer fra det alaktaside systemet, mens ~32% kommer fra det laktaside, og de siste tre prosentene fra det aerobe systemet. Med økt varighet antas bidraget å synke, og det ble i den samme studien antydnet at ved seks sekunders maksimal sprint var bidraget fra de to anaerobe energisystemene omtrent like stort, mens det alaktaside og laktaside bidraget var redusert til henholdsvis 22% og 47% allerede ved 12 sekunders maksimal-intensitetsaktivitet (resten [31%] fra det aerobe system) (Glaister, 2005; Spencer, et al., 2005).

Med bakgrunn i denne kunnskapen om det alaktaside system, og det tidligere beskrevne aktivitetsmønsteret i fotball (Introduksjon: sprinter av kort distanse [0-20m] og varighet [2-4 sek](f.eks. Bradley et al., 2009; Di Salvo, et al., 2007 og 2009)) og at vi vet at avgjørende fotballspesifikke situasjoner (vendinger, hodeduell, taklinger, skudd osv.) er av tilsvarende eller kortere varighet, synes det klart at energifrigjøring fra det alaktaside systemet er sentralt for fotballspillere. Det er imidlertid også slik at gjentakelse av disse høy-intensive aktivitetene vil lede til en gradvis tømming av KF fra muskulaturen, som igjen vil føre til redusert evne til maksimal kraft- og hurtighetsutvikling i perioder av kamper (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011; Mohr, et al., 2005). Gjenoppbygging av lagrene, med henhold til tid og grad av gjenoppbygging, avhenger av hvor stor del av KF lagrene som er tømt og pausetiden og -aktivitetsform mellom aktivitetene som krever KF (Dawson, et al., 1998; Spencer, et al., 2005).

Det laktaside energisystem

Det laktaside energisystemet produserer energi gjennom nedbrytning av glykogen (jf. fig. 7) i muskulaturen, men altså uten oksygen til stede (som fører til ufullstendig utnyttelse, og dermed også mulige ugunstige ”biprodukter”) (McArdle, et al., 2001). Imidlertid går denne nedbrytningen av glykogen til ATP raskere enn om det var oksygen til stede (McArdle, et al., 2001).

Den ufullstendige nedbrytningen av glykogen ved alaktaside anaerob energiomsetningen gir mulige negative konsekvenser for det metabolske miljøet i kroppen. Primært skyldes dette dannelsen av melkesyre (HLA), som videre omdannes til et positivt hydrogenatom (H^+) og laktat (La^-). Ved økning av disse i muskulaturen reduseres evnen til å utvikle kraft (T.O. Bompa, 1999; McArdle, et al., 2001).

Det har vist seg at det tar lenger tid å komme tilbake til metabolsk hvilenivå ved laktasid enn alaktasid energifrigjøring (McArdle, et al., 2001). Restitusjonstiden etter laktasid energifrigjøring antas å avhenge av graden av H^+ - akkumulasjon samt blodtilførsel og oksygenmetning i det blodet som tilføres (Tomlin & Wenger, 2001). Fullstendig restitusjon tar imidlertid gjerne rundt en time (Tomlin & Wenger, 2001), mens Glaister og kollegaer (Glaister, 2005) har vist at 50 % gjenoppretting av pH-verdi til hvilenivå etter hard aktivitet (med laktasid energifrigjøring) tar cirka ni minutter. Med bakgrunn i denne forholdsvis lengre restitusjonstiden til det anaerobe laktasid energisystemet antas det at systemet har en mindre viktig rolle i energibidraget til repetert høy-intensitetsaktivitet og sprinter (Glaister, 2005; Spencer, et al., 2005), og dermed også blir relativt sett mindre viktig enn det alaktasid systemet for idretter med intervallbasert aktivitetsform som fotball (Abt, Siegler, Akubat, & Castagna, 2011).

FATIGUE/TRETTHET I KAMP

Fatigue/ Tretthet har blitt definert som akutt redusert selvoppfattete evne eller faktisk evne til å produsere kraft (Mohr, et al., 2005; Rampinini, et al., 2011). Det ser ut til å være tre fremtredende faser for tretthet i fotballkamper, henholdsvis midlertidig tretthet underveis i kampen, tretthet mot slutten av hver omgang og spesielt mot slutten av andre omgang, og en tretthet (eller redusert evne) ved starten av andre omgang som fører til mindre høy-intensiv aktivitet i denne perioden (Mohr, et al., 2005; Rampinini, et al., 2011). Forskningsfunn kan tyde på at disse ikke er direkte relatert til hverandre, og skyldes ulike bakenforliggende mekanismer (Mohr, et al., 2005).

Trettheten kan direkte relateres til fotballens irregulære og intervallbaserte aktivitetsmønster med stadige fartsforandringer gjennom hele kampen (M. P. Greig, McNaughton, & Lovell, 2006). Med bakgrunn i det siste bør man vurdere både mekanisk og metabolsk tretthet hos fotballspillere. Det har også blitt vist at nevromuskulære mekanismer bidrar til fallet i evne til å produsere kraft, og tretthet ansees som sentral eller perifer ut fra om den oppstår proksimalt eller distalt for det nevromuskulære ”knutepunktet” i ryggmargen (Rampinini, et al., 2011). I tillegg til nevromuskulære faktorer har også endret kognitiv funksjon, dehydrering og reduserte glykogenlagre mulige faktorer bak de funnene som i tillegg til redusert fysisk yteevne også indikerer redusert fotballspesifikke tekniske ferdigheter (Carling & Dupont, 2011). Den videre teksten vil gi en ytterligere beskrivelse av mekaniske og metabolske forklaringer på tretthet.

Mekanisk tretthet

Risikoen for skader hos fotballspillere i kamp har, med bakgrunn i det som har blitt argumentert å være moderat metabolsk belastning, de senere år blitt satt i sterkere sammenheng med det som har blitt betegnet som mekanisk stress og tretthet (M. Greig & Siegler, 2009; M. P. Greig, et al., 2006). Det bakenforliggende antas å være at den mekaniske trettheten skaper teknikkendringer i utførelsen av de aktivitetene som fotballspillere gjør, og dermed blir man utsatt for skader i større grad enn ved metabolsk tretthet (M. P. Greig, et al., 2006). For eksempel kan det være slik at de hyppige akselerasjonene og de-akselerasjonene i kampen skaper høyt muskulært stress (mekanisk) på lårene til spillerne (Greig, et al., 2006), og dette er tidligere vist å være en primær årsak for skade i fotball (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, & Gibson, 2001), og muligens ytterligere styrket av at løping har blitt identifisert som den viktigste ikke-kontakt mekanismen bak skader (Woods, et al., 2004).

Metabolsk tretthet

Midlertidig tretthet. Det er ulike kampanalyser som ligger til grunn for argumentet om at det finnes noe som kan kalles midlertidig tretthet i kamp (Bangsbo, et al., 2006; Mohr, et al., 2005). Flere studier har vist reduksjon av sprint og høy-intensitetsaktivitet etter de mest belastende periodene i kamper (for eksempel Bradley, et al., 2009; Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished; Mohr, et al., 2003). Funn tyder på at denne reduksjonen ikke skyldes variasjoner i kampbilde/taktikk (Nygård, 2011). Imidlertid har ulike fysiologiske faktorer (for eksempel reduserte glykogenlagre, redusert Ph-verdi, tømming av kreatinfosfatlagre i muskulaturen) blitt nevnt som mulige årsaker bak denne reduksjonen, men med bakgrunn i mangelfull påvisning av direkte sammenhenger (kausale forhold) er disse forklaringene ikke noe man er entydig enige om vitenskapelig (Bangsbo, 1994a; Bangsbo, Graham, Kiens, & Saltin, 1992; Bogdanis, et al., 1996; Krustup, Ferguson, Kjaer, & Bangsbo, 2003; Krustup, et al., 2005; Mohr, et al., 2003, 2005; Nygård, 2011).

Tretthet mot slutten av kampen. I tillegg til midlertidig tretthet har det blitt vist (Andersson, Randers, Heiner-Moller, Krustup, & Mohr, 2010; Bradley, et al., 2009; Krustup, Christensen, et al., 2010) at andelen sprinter og høy-intensitetsaktiviteter reduseres (-18-57 %) gjennom kampen og spesielt mot slutten av andre omgang i forhold til starten av kampen (Nygård, 2011). Denne typen tretthet relateres primært til mangel på glykogen (Krustup, Mohr, Steensberg, et al., 2006), men også dehydrering og overoppheting har blitt nevnt som mulige forklaringsvariabler (Mohr, et al., 2010).

Redusert evne ved starten av andre omgang. Evnen til å sprinte og gjennomføre høy-intensitetsløping ser ut til å være redusert fra første til starten av andre omgang av en fotballkamp (Nygård, 2011). Funn i et eksperiment med fotballspillere kan tyde på at denne reduksjonen kan knyttes til lavere muskeltemperatur (-2 grader) hos spillerne (Mohr,

Krustrup, Nybo, Nielsen, & Bangsbo, 2004). Det siste støttes teoretisk av tidligere forskning gjort på andre grupper og i andre oppgaver, hvor redusert muskeltemperatur har vist seg å føre till redusert evne til høy-intensitetsaktivitet (Nygård, 2011)

TRENING FOR BEDRE FYSISK KAMPPRESTASJON

Fysisk trening kan forstås på bakgrunn av hvordan den gjennomføres og resultatet som kommer av den. Ofte måles dette resultatet i form av en fysisk test, mens prosessen beskrives ut fra hvilken ekstern belastning (for eksempel 4 mot 4 småbanespill) som påføres spillerne (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005). Dette er ikke nødvendigvis helt riktig, og som Figur 8 viser er resultatet av en treningsperiode avhengig av den faktiske interne belastningen påført av den eksterne belastningen. I tillegg til denne primærfaktoren for intern belastning vil for eksempel også treningsstatus ved oppstart og genetikk kunne være avgjørende (Impellizzeri, et al., 2005). Å kunne ta hensyn til dette (det individuelle) synes spesielt sentralt i fotball (og andre lagidretter) da man som regel bedriver utstrakt bruk av gruppeøvelser som ekstern belastning (Bangsbo, 1994b). Til tross for at jeg anser dette, altså individuell belastningsstyring, som et meget sentralt punkt for en fotballtrener å ivareta - og at det antydes vitenskapelig å være nødvendig hos norske kvinnelige elitespillere så sent som i 2011 (Ingebrigtsen, et al., 2011), vil jeg ikke ta ytterligere for meg dette temaet i denne oppgaven¹.

Kapitlet vil i det videre heller ikke ta spesifikt for seg treningsformer som koordinasjons- og balansetrening da jeg mener disse ivaretas av spillaktivitetene man bedriver på fotballtrening². Heller ikke skadeforebyggende trening, isolert styrketrening eller bevegelsestrening vil bli berørt selv om jeg anser alle for også å spille en rolle for fysisk kampprestasjon. I stedet skal

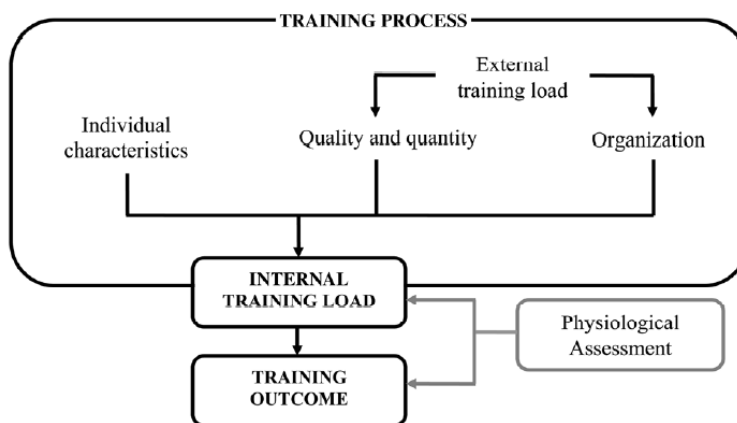
¹ Anbefaler SA.Lones A-treneroppgave for mer om temaet. Den finnes på:

http://www.fotball.no/Documents/PDF/2010/utdanning_og_kompetanse/Stein_Arve_Lone_oppg_trener3.pdf?epslanguage=en (link hentet 18.jan 2012)

² Se review på <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11043896> for mer om dette (link hentet 18.jan 2012).

jeg, med bakgrunn i det tidligere beskrevne bidraget fra både det aerobe og det anaerobe energisystemet og de kjente indikasjonene på tretthet i fotballkamper, i dette kapitlet beskrive teori for mulige treningsformer som kan bedre forflytningskapasiteten, ofte omtalt som utholdenheten (aerob og anaerob), i fotballkamper. Denne treningen både bør og kan gjøres med ball da dette medfører fordeler som spesifikk belastning av muskelgrupper og samtidig utvikling av tekniske og taktiske ferdigheter, og treningen oppfattes nok også som mer motiverende for spillerne sammenlignet med isolert fysisk trening (Bangsbo, 2007). Dersom man gjennomfører isolerte løpesekvenser uten ball bør disse helst gjøres på fotballbane med fotballsko og i former som best mulig etterligner bevegelsesmønsteret i en fotballkamp.

Figur 8. Treningsprosessens resultat avhenger av individuelle karakteristika og ekstern påvirkning.



Figuren er hentet fra Impellizzeri m.fl sin artikkel om måling av aerobe treningseffekter i fotball (Impellizzeri, et al., 2005).

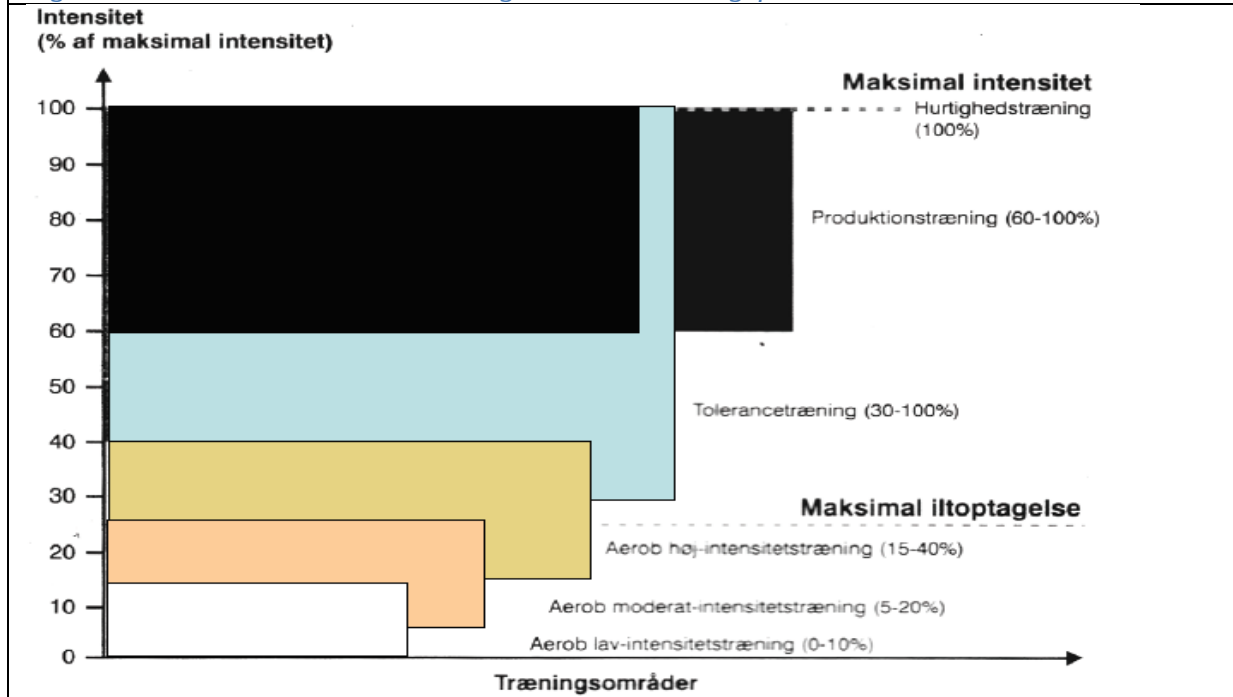
Aerob trening

Denne kan deles i lav-, moderat- og høy-intensitetstrening. Lav-intensitetstreningen kan brukes som restitusjonsaktivitet i harde treningsperioder eller etter kamp. For økt evne til langvarig aktivitet med varierende intensitet kan moderat-intensitetstrening benyttes, mens evnen til høy-intensiv aktivitet i kamp trenes opp med høy-intensitetstrening. Resultatet av disse treningsformene vil være økning av oksygentransportkapasiteten, økt evne til utnytting av oksygen over lengre perioder og bedret evne til restitusjon etter harde perioder av kampen (Bangsbo, 2007). Som Figur 9 viser, ligger disse formene for trening lavt på intensitetsskalaen. Dersom man heller tar utgangspunkt i maksimal hjerterefrekvens (HRmaks) skal lav-intensitetstrening utføres på ~65% av HRmaks, mens henholdsvis moderat- og høy-intensitetstrening skal utføres med respektivt ~80% og ~90% av HRmaks (Bangsbo, 2007).

Aerob lav-intensitetstrening. Treningsaktiviteter som belaster muskulaturen minimalt og som ikke inneholder fysisk kontakt bør benyttes. Dersom man velger aktivitet uten ball er jogging i 20-40 minutter et godt valg. Med ball kan for eksempel fotballgolf eller ulike parvise pasningsøvelser benyttes (Bangsbo, 2007).

Aerob moderat-intensitetstrening. Denne kan gjøres både som kontinuerlig og intervallbasert aktivitet. Velger man intervallbasert bør aktivitetstiden gå over mer enn fem minutter per intervall, og dersom man ikke bruker ballen har det blitt anbefalt å drive med varierende intensitet (Bangsbo, 2007). Dette kan være ulike typer av fartslek, eller jogging i varierende terreng som gir naturlig intensitetsvariasjon. Med ball kan ulike varianter av possessionspill (uten mål) med fem til åtte spillere på hvert lag, og på relativt stor bane (for eksempel halv bane) anbefales.

Figur 9. Intensitet i de ulike aerobe og anaerobe treningsformene.



Figuren ble presentert av P.Krustrup i Trondheim 2006.

Aerob høy-intensitetstrening. Velger man å spille vil intensiteten naturligvis variere underveis i spillaktivitetene. Imidlertid vil sannsynligvis ikke en kort nedgang i intensiteten (for eksempel når ballen er ute av spill) påvirke hjerterefrekvensen i særlig grad, og gjennomsnittelig vil nok pulsen ligge høyt (>80% HRmaks) gjennom hele aktiviteten (Bangsbo, 2007), og studier har vist at spill med små lag (2 til 6 spillere per lag) gir hjerterefrekvens på ~90% HRmaks dersom man tilpasser banestørrelse og regler for øvrig (Little & Williams, 2006, 2007). Velger man ikke spill som aktivitet for aerob høy-intensitetstrening bør man likevel velge intervallbaserte løpsaktiviteter. Generelt kan man her si at disse bør gjennomføres i et 2:1 forhold dersom aktiviteten overskrider 1 minutt (for eksempel 2min aktivitet, 1min hvile), og da med aktiv hvile (rolig jogg). Med kort varighet følger høyere intensitet enn ved lengre varighet. Deler av tiden i disse intervallene vil det sannsynligvis produseres noe laktat, og gi overlappende effekt til anaerob trening, men merk at de korteste intervallene (ned mot 1 minutt) ikke bør bli så intensive at intensiteten faller ved flere gjentakelser da dette vil redusere den aerobe effekten. Kortere intervaller kan også

velges, og har vist å ha god effekt på aerob kapasitet, men disse bør da gjøres i et 1:1 – forhold (for eksempel 15sek arbeid – 15sek hvile/ 30sek arbeid – 30sek hvile) (Bangsbo, 2007).

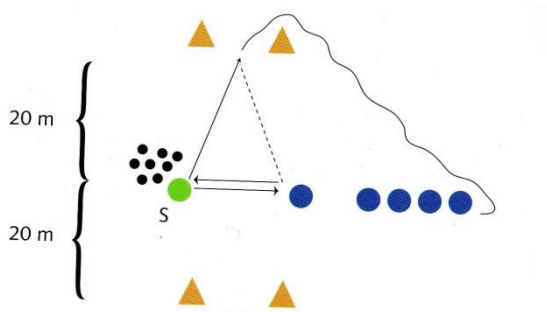
Anaerob trening

Anaerob trening defineres som trening over den maksimale aerobe arbeidskapasiteten (jf. fig. 9) med mål om å stimulere anaerob energiproduksjon (Iaia & Bangsbo, 2010; Ingebrigtsen, Shalfawi, Tønnessen, Krstrup, & Holtermann, Unpublished). Anaerob trening kan videre deles inn i flere former for trening. Den første, hurtighetstrening, er kjennetegnet av kort maksimal varighet (2-15 sekunder >95% av maksimal hurtighet) med relativt lange pauser (>10 ganger aktivitetstiden) (Ingebrigtsen, Shalfawi, et al., Unpublished). Den andre formen for anaerob trening er det som kalles ”speed endurance”-trening, og denne har blitt videre delt i produksjonstrening og toleransetrening (Iaia & Bangsbo, 2010; Ingebrigtsen, Shalfawi, et al., Unpublished). Toleransetreningen består av 2 til 25 aktiviteter som varer mellom fem og nitti sekunder og har en pausevarighet på 100-300% av aktivitetstiden og foregår på 30-100% av maksimal løpshastighet (jf. fig. 9) (Iaia & Bangsbo, 2010; Ingebrigtsen, Shalfawi, et al., Unpublished). Produksjonstreningen foregår med 60-100% av maksimal løpshastighet (jf. fig. 9) over 10-40 sekunder i 3-12 repetisjoner, og med en pausevarighet større enn 500% av aktivitetstiden (Iaia & Bangsbo, 2010; Ingebrigtsen, Shalfawi, et al., Unpublished). Alle disse tre anaerobe typene av trening sees i dag på som viktige og fordelaktige for fotballspilleres evne til å utføre høy-intensitetsaktivitet over lengre tid og oftere, og for å restituere raskere mellom de høy-intensitetsaktivitetene som altså kjennetegner sporten (Bangsbo, 2007; Iaia & Bangsbo, 2010; Iaia, et al., 2009; Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished; Ingebrigtsen, Shalfawi, et al., Unpublished; Rampinini, et al., 2009).

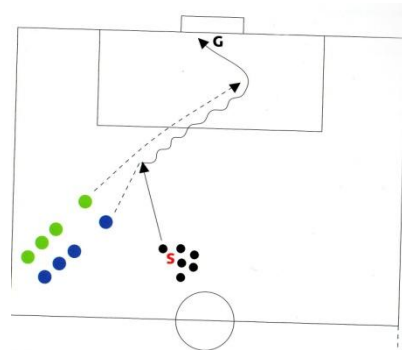
Hurtighetstrening. Også hurtighetstrening for fotballspillere bør foregå på en spill-liknende måte (funksjonelt) fordi dette vil være gunstig også for spillernes evne til å oppfatte og reagere på ulike fotballspesifikke situasjoner (for eksempel lyden fra en ball som spretter/spilles - i motsetning til regulær isolert hurtighetstrening som ikke gir spillspesifikke ”startsignaler”) (Bangsbo, 2007). I tillegg vil funksjonell hurtighetstrening gi påvirkning av støttemuskulatur/annen muskulatur som ikke er direkte involvert i sprintingen som foretas. Velger man funksjonell hurtighetstrening kan en for eksempel velge en av de to (A eller B) øvelsene som vises i figur 10. Øvelse A kan organiseres med 6-15 spillere i rekke (blå markører). En trener (S, grønn markør) spiller så ballen til den første spilleren som returnerer til treneren igjen. Når treneren får pasningen spilles den i retning en av de små målene (oransje kjegler) tjue meter unna. Spilleren som slo pasningen skal, i det treneren sparker på ballen, forsøke å nå ballen før den passerer mållinjen i det lille målet treneren sikter på. Etter dette stiller han seg bakerst i køen, og neste i rekken gjennomfører. Vær obs på at lengden kan varieres, at spilleren må sprinte hele veien til målet selv om han ikke når ballen, og at man kan variere med å spille flere pasninger frem og tilbake mellom trener og spiller for å øve konsentrasjon og for at det skal være mindre forutsigbart ”startsignal” (Bangsbo, 2007).

Figur 10. Eksempler på funksjonelle hurtighetsøvelser.

(A)



(B)



Figurene er kopiert fra Bangsbo, 2007 (s.142 og 144).

Øvelse B organiseres med spillerne i par (grønne og blå markører) og treneren (S) med baller like ved. Når ballen spilles i retning målet spurter spillerne etter ballen. Den som når ballen blir angriper og går rett mot mål for avslutning, mens den andre blir forsvarsspiller. Øvelsen kan varieres med at en spiller starter med ballen litt foran en annen, og på signal må spurte med ballen i retning målet for avslutning uten å bli tatt igjen av forsvarsspilleren, eller at man spiller en vegg med treneren og så starter øvelsen. Det er imidlertid, som i øvelse A, viktig at spillerne tar ut maks for optimal effekt (Bangsbo, 2007).

Speed endurance-trening. Som beskrevet over kan intensiteten i denne treningsformen variere noe gjennom en aktivitet. Ved bruk av spill som aktivitetsform vil dette jo gjenspeiles ved at spillerne for eksempel tar taktiske vurderinger, men for å sikre høyest mulig intensitet kan man bruke verbal oppmuntring (Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Abt, et al., 2007) og sørge for at det alltid er baller tilgjengelig for spillet. I pausene mellom spillaktivitetene bør man gjøre en form for restitusjonsaktivitet når en driver med speed endurance-trening. Det er

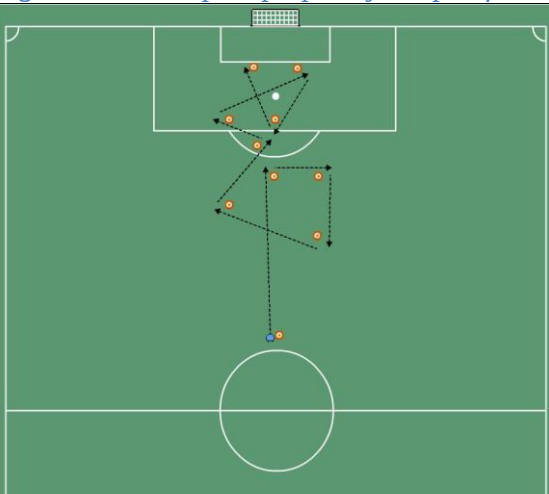
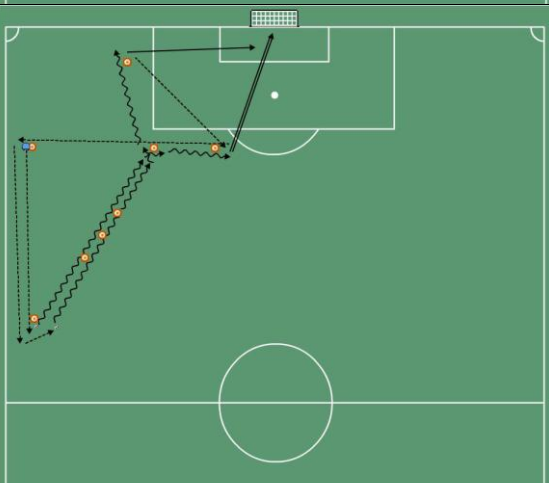
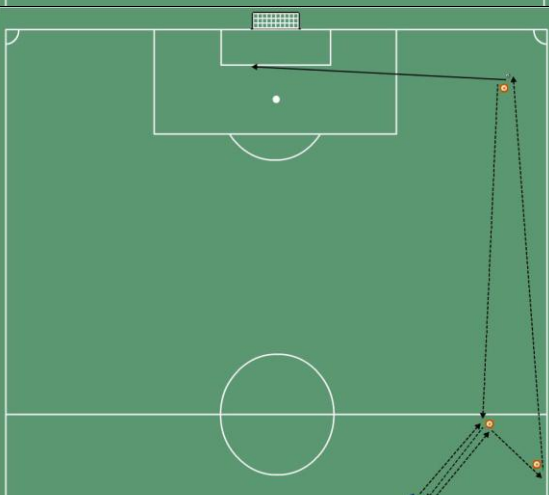
også et poeng at denne formen for trening utføres mot slutten av treningen da denne aktivitetsformen p.g.a. intensiteten vil være påvirket fysisk for en liten tid etter aktiviteten.

Toleransetreningen (1-2min aktivitet med like lang pause) kan for eksempel gjøres 1) som 1:1 med fem små-mål fordelt ut over en halv bane, og hvor ballfører skårer ved å føre gjennom målet – ved balltap byttes roller, eller 2) med spill mot ett mål på ”dobbel 16m” i 1:1 eller 2:2, og hver gang ballen er ute av spill spiller treneren inn en kortpasning fra den siden av banen målet ikke står.

Produksjonstreningen (10-40 sek aktivitet med 1-4min hvile) egner seg godt som posisjonsspesifikk fysisk trening, og aktivitetene kan ”bygges” ut fra egne analyser av den enkelte spillers aktivitet i kampen (se fig. 11). Velger man øvelser som ikke inkluderer ballen vil kanskje den enkleste, men veldig effektive metoden, være en stafett med 5-7 spillere per lag være effektivt. Spillerne kan da løpe for eksempel 50-70m med noen innlagte ”hindringer” som skaper retningsforandringer. Etter endt løp står man bakerst i køen til alle de andre på laget har løpt. Tre til fem repetisjoner per spiller i to til tre stafetter vil være tilstrekkelig for god påvirkning i en enkelt treningsøkt. Et studie av prestasjonseffekter av 6 ukers produksjonstrening på norske junior elite herrespillere (Ingebrigtsen, Shalfawi, et al., Unpublished), viste 6/100 sekund forbedring av akselerasjonsevne fra 0-10 meter og ~12% forbedret Yo-Yo IR2³ prestasjon. Dette kan bety at produksjonstrening egner seg godt i siste fase av oppkjøringen for forbedring av anaerob kapasitet.

³ Nærmere beskrivelse av Yo-Yo IR2 testen kommer i neste kapittel om testing i fotball.

Figur 11. Eksempler på posisjonsspesifikke øvelser for produksjonstrening.

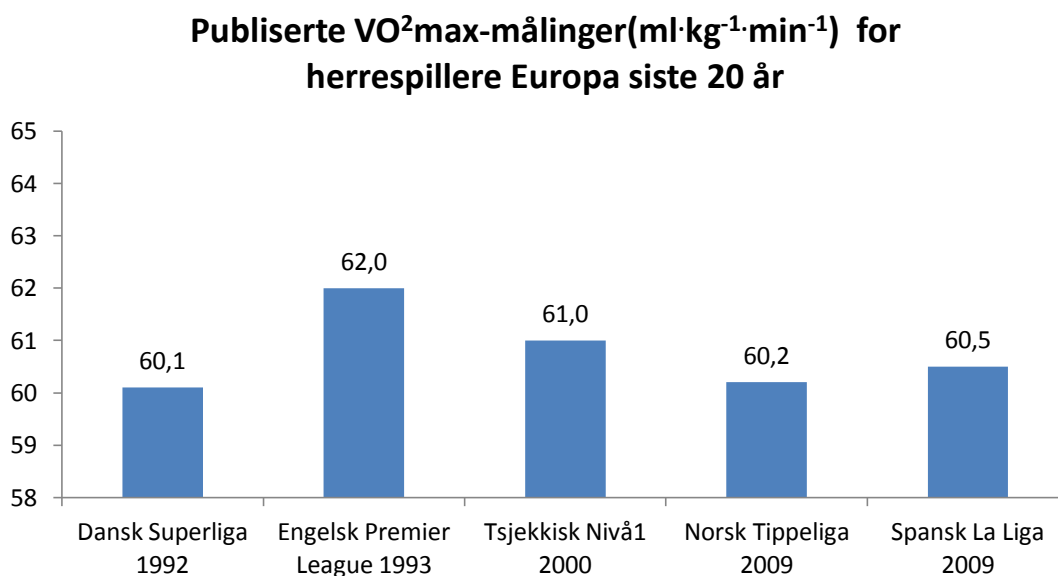
	Eksempel på bevegelsesmønster for en spiss som til slutt ender med en avslutning foran målet. Denne kan gjøres med maks fart, og man kan legge inn kortpasninger ved flere tilfeller underveis. For eksempel i kombinasjon med kanter eller backer som vises i eksemplene under.
	Eksempel på bevegelsesmønster for en kantspiller. Øvelsen inneholder både løp (rette linjer), føring (bølgete linje) og avslutning fra ca 16m (dobbel linje). Som i de andre posisjonene kan man variere ut fra de behov man mener laget/spilleren har.
	Eksempel på bevegelsesmønster for sideback. Øvelsen starter med kortpasningsspill før et langt løp opp for innlegg og avsluttes med et returløp tilbake til midtbanen.

Figurene er ment som eksempler, og er kopiert fra P.Krustrup A-treneroppgave (2009).

TESTING FOR KONTROLL AV STATUS OG EFFEKT AV TRENING

Individuelle prestasjoner på fotballbanen avhenger utvilsomt av mange faktorer, inkludert for eksempel genetikk, teknikk, helsestatus og fysisk kapasitet hos spillerne (Svensson & Drust, 2005), og det er viktig for trenere og spillere å skaffe seg informasjon om spillernes fysiske kapasitet for å bedre kunne evaluere den treningen som har vært gjort (Svensson & Drust, 2005). Testingen vil samtidig kunne bidra til å lage skreddersydde kort- og langtidsprogrammer for forbedring av de nødvendige fysiske kapasiteter (Ingebrigtsen, et al., 2011). En rekke tester er utviklet med dette utgangspunktet, og både laboratorietester og felttester brukes av fotballmiljøene for å måle aerob og anaerob kapasitet.

Figur 12. Sammendrag av publiserte VO^2_{max} målinger på europeiske herrespillere siden 1992.



Laboratorietester. Disse blir ofte valgt for i størst mulig grad å kunne ha kontroll på alle variablene rundt testene, og antas å gi presis og detaljert informasjon, men man bør kjenne

reliabiliteten⁴ til utstyret for å kunne tolke resultatene tilstrekkelig godt. Laboratorietester i fotball er typisk maksimalt oksygenopptakstest (ofte omtalt som VO²maks-test – se min egen oppsummering av store publiserte studier av denne kapasiteten i figur 12, laktatterskeltest, muskelstyrke, spenst og hurtighet (Svensson & Drust, 2005).

Det er imidlertid slik at de fleste av disse laboratorietestene har svært lav økologisk validitet⁵ sammenlignet med fotballspesifikke felttester (Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished) i tillegg til at de er både tidkrevende og kan være dyre å få gjennomført (Svensson & Drust, 2005). I tillegg til dette er felttestene ofte mer anvendbare/praktiske for fotballtrenerne da et stort antall spillere kan testes på treningsfeltet på en regulær trening samtidig. Som et resultat av dette ser det også ut til at flere trenere nå velger felttesting for måling av spillernes fysiske kapasiteter (Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished). Imidlertid, tross antakelsen om høyere økologisk validitet i felttesting er det viktig å ikke tro at felttester gir en direkte speiling av det som skjer hos den enkelte i spiller i kamp da kamper aldri er like og på grunn av fotballens kompleksitet (Svensson & Drust, 2005). Typiske felttester i fotball er varianter av intervallbaserte utholdenhetstester (for eksempel Yo-Yo Intermittent Recovery test nivå 1 [IR1] og nivå 2 [IR2]), repeterte sprinttester (for eksempel 7 x 35 meter med start hvert 30. sekund) og hurtighetstester (for eksempel 40 meter sprint).

Norsk Toppfotballsenter⁶ presenterte på Cupfinaleseminaret de testene som de per i dag anbefaler. Disse var Yo-Yo IR2 og hurtighetstest på 20 meter i tillegg til spensttest på kraftplate. Yo-Yo IR- testene regnes som fotballspesifikke og praktiske å bruke, og består av gjentatte 40 meters løp (med vending etter 20 meter) i økende hastighet avbrutt av ti sekunder

⁴ Reliabilitet har blitt definert som "konsistensen i målinger" eller "fravær av målefeil", og et krav til en test er at repeterte tester gir konsistente resultater – altså ikke systematisk eller tilfeldig variasjon i resultatene (Shalfawi, Tønnesen, Enoksen, & Ingebrigtsen, 2011).

⁵ Validitet avhenger av i hvor stor grad prestasjonen på testen gjenspeiler faktisk fysisk kampprestasjon (Rampinini, Bishop, et al., 2007).

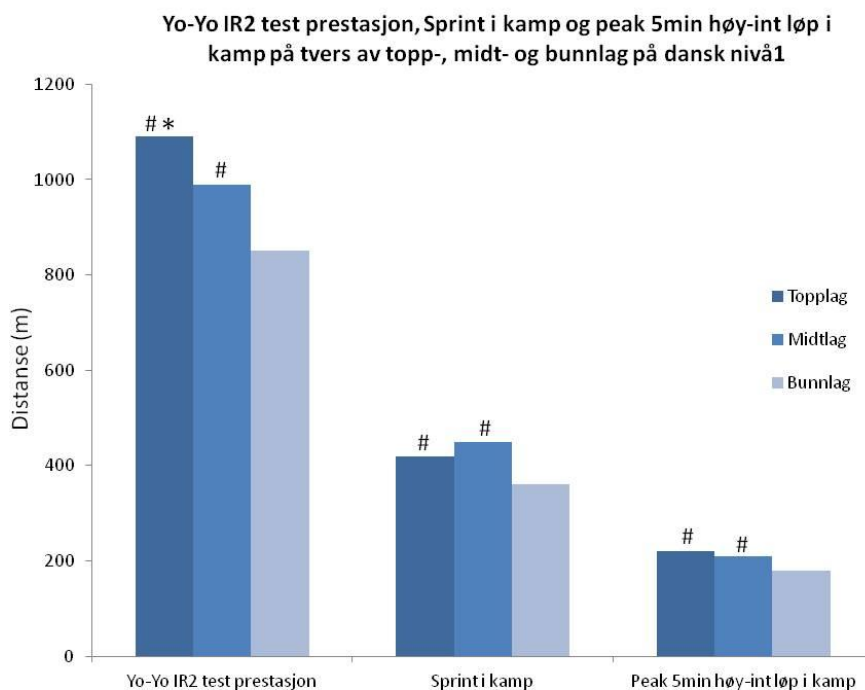
⁶ Representert ved S.A. Anderssen i Valhall lørdag 4.november 2011.

aktiv hvileperiode og går helt til spilleren ikke lenger klarer å holde følge lenger (Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished). Begge IR testene er vist å maksimalt stimulere aerob energifrigjøring og studier har vist at en betydelig andel av muskelfibre har reduserte glykogennivå etter testen (Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished; Krstrup, Mohr, et al., 2003; Krstrup, Mohr, Nybo, et al., 2006). Yo-Yo IR2 testen har i tillegg vist seg å involvere en stor grad av anaerob energifrigjøring som leder til reduserte nivåer av kreatinfosfat og høye muskel- og blodlaktatnivåer på slutten av testen (Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished; Krstrup, Mohr, Nybo, et al., 2006). Reliabiliteten til Yo-Yo IR2 testen har vitenskapelig blitt vurdert som god (Krstrup, Mohr, Nybo, et al., 2006). I tillegg viste en vitenskapelig studie gjennomført av meg selv og norske og danske kollegaer (Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Unpublished) at Yo-Yo IR2 testen synes å ha både evnen til å skille mellom elite og sub-elite spilleres test prestasjoner, og skiller suksessfulle og ikke-suksessfulle spilleres IR2-prestasjoner i samsvar med deres intense fysiske kampprestasjon (altså god validitet) (fig. 13).

Når det gjelder hurtighetstester er ulike løpsavstander brukt i praksis så vel som i vitenskapen. At Norsk Toppfotballsenter valg falt på 20 meter med stillestående start kan helt sikkert være fornuftig basert på teorien presentert tidligere i denne oppgaven (kapittel ”Sprintaktivitet”), men muligens skulle man (jf. fig. 6) også testet hurtighet fra flytende start i et fotballspesifikt hurtighetstestopplegg? Reliabiliteten til hurtighetstester utført i felt har vært omstridt og svært avhengig av hvilket utstyr man råder over. Norsk Toppfotballsenter presenterte et system kalt Brower Speed Timing System. Dette er et helautomatisk og trådløst fotocelle-system som starter ved passering av første par med fotoceller, og det kan plasseres med ulike avstander ut fra hva man ønsker å måle. Dette systemet er imidlertid undersøkt vitenskapelig av meg og kollegaer fra UIN og NIH, og har vist seg å være reliabelt for godt trente utøvere og til tverrsnittssunderøkelser, men det gjenstår å teste reliabiliteten på veldig

raske utøvere og med bakgrunn i graden av presisjon synes det uklart om det er egnet til å fange opp små forbedringer hos de aller raskeste spillerne etter treningsperioder (Shalfawi, Enoksen, Tønnessen, & Ingebrigtsen, Unpublished).

Figur 13. Forskjeller i Yo-Yo IR2 test prestasjon, sprintdistanse i kamp og peak 5min høy-intenitetsløp mellom topp-, midt- og bunnlag på øverste nivå i Danmark.



*=høyere enn midtlagene, #=høyere enn bunnlagene. Figuren er hentet fra Ingebrigtsen, Bendiksen, et al., Upublisert.

Videre, sterke sammenhenger har vitenskapelig blitt observert mellom spenst og maksimal kraftutvikling (1RM) (Hoff, 2005) og evne akselerasjon/sprint (Wisløff, et al., 2004) (primært på avstander fra 10 til 40 meter).

Den tredje testen foreslått av Norsk Toppfotballsenter var spenst på kraftplate med begrunnelse i at denne kunne bidra til å øke forståelsen av spillernes evne til kraftutvikling, for eksempel i akselerasjon og deakselerasjon som nevnes som sentral for å få en utvidet forståelse av spesielt mekanisk belastning i fotballaktivitet. Det er imidlertid viktig å påpeke

at funnet av relasjoner mellom hopp høyde og sprintaktivitet ikke er entydige, og Chamari og kollegaer (2004) fant i sitt studie av unge spillere at det ikke var sammenheng mellom disse. Imidlertid så de at høyeste hopp hastighet og hoppkraft korrelerte positivt med sprintprestasjon (Chamari, et al., 2004). Denne moderasjonen kan være nyttig å ha med seg i evalueringen av spillere. Ingen av de studiene som ble inkludert i denne oppgaven hadde evaluert relasjonen mellom hoppevne (hopp høyde, -hastighet eller -kraft) og fysisk kampprestasjon.

OPPSUMMERENDE BETRAKTNINGER

Målene med denne oppgaven var; a) å gå gjennom en rekke vitenskapelige arbeider (n=73) som omhandler aktivitet og fysiologi i fotballkamp, fotballtrening og fysisk testing (kvinnelige og mannlige junior, sub-elite og elite fotballspillere), og b) å foreslå noen praktiske anbefalinger for fotballtrenere som jobber med den fysiske dimensjonen av fotballspillet med bakgrunn i det vitenskapelige grunnlaget for oppgaven. Det siste vil jeg gjøre etter at jeg først har oppsummert hovedtrekkene fra teorien som er presentert.

Hovedtrekkene i oppgaven er som følger;

- A) Det høye antallet studier som er gjort med gode tekniske hjelpemidler (analysesystemer) indikerer at det eksisterer ulik aktivitetsprofil i kamp på tvers av spillerposisjoner, kjønn og nivå. Det ser imidlertid ut til å være klart at de beste spillerne gjør mer høy-intensiv aktivitet (hurtig løp og sprint) i kamp enn de andre spillerne.
- B) Både det aerobe og anaerobe systemet gir viktige bidrag for aktivitetene i fotballkamper, men det anaerobe ser ut til å gi det primære bidraget til de høy-intensive aktivitetene som skiller de beste fra resten.
- C) Nedgang i fysisk aktivitet i kamp (tretthet) har blitt relatert til for eksempel reduserte glykogenlagre, redusert Ph-verdi og tømming av kreatinfosfatlagre, men også redusert muskeltemperatur etter pause og dehydrering. Manglende påvisning av kausalitet peker imidlertid på behovet for videre forskning rundt dette temaet.
- D) Trening for bedre fysisk kampprestasjon må, i tillegg til den eksterne belastningen, ta hensyn til spillernes individuelle karakteristika. Videre ser det ut til at både aerob og anaerob kapasitet bør vektlegges, og da gjerne med utgangspunkt i hvor en spiller på banen, og gjerne i spill for økt funksjonalitet og fotballspesifikk belastning.

- E) Gode testregimer synes å kunne skape godt grunnlag for treningsprogrammer til spesifikke behov hos spillerne. Det er imidlertid nødvendig å vurdere validiteten og reliabiliteten til testene før man tar dem i bruk. Dette fordi det er store forskjeller i grad av relasjon mellom testresultater og fysisk kampaktivitet.

Praktiske anbefalinger

Kamp. Med tanke på å optimalisere forholdene for å kunne få maksimalt utbytte av lagets samlede fysiske kapasitet kan en rekke tiltak være gunstige. For det første, glykogenlagrene kan gjennom riktig diett økes noe i forkant av kamp og trening. En bør derfor konsultere kompetanse rundt hvordan man kan gjøre dette mest mulig effektivt. I tillegg vil, som nevnt over, trening øke evnen til å utnytte glykogen aerobt, og dette vil være positivt for mengden energi man får ut av det glykogenet man har lagret.

For det andre ser det ut til å være det slik at kreatinfosfatlagrene i muskulaturen synes sentrale (i og med deres bidrag til høy-intensitetsaktivitet i kamp). Dermed bør altså noe av treningen ha som mål å øke kreatinfosfatlagrene i muskulaturen og også evnen til å spalte kreatinfosfat (kreatin kinase). Trening med veldig høy intensitet (for eksempel gjentatte sprinter) kan bidra til dette.

Det tredje rådet fra meg er at i og med at reoppvarming i/etter pausen ser ut til å gi effekt i form av bedret evne til høy-intensiv aktivitet ved starten av andre omgang bør man gjøre dette. Å legge til rette for dette gjennom utstyr i garderoben eller å slippe spillerne ut på banen (el. annet egnet sted) etter halve pausen kan dermed være effektivt. Pauseaktiviteten skal da helst være av moderat intensitet (ca 70% HRmaks), for eksempel jogging eller en enkel pasningsøvelse med 5-6 spillere sammen om en ball. Det er imidlertid viktig også å

peke på viktigheten av at det ikke går for lang tid mellom oppvarmingen før kampen og kampstart av den samme grunnen, og man bør dermed (etter mitt syn) vente så lenge som praktisk mulig med å gå inn i garderoben før kampstart (bare tid til å kle av seg overflødige klær og eventuelt gå på do).

Til slutt, etter som dehydrering ser ut til å kunne være en årsak til tretthet i kamp (studier viser rundt 2 liter væsketap per kamp) bør man forsøke å minske dette så mye som mulig. For å klare dette vil jeg mene at bevisstgjøring av spillerne er sentralt, og ved enkel bruk av badevekt for veiing av kroppsvekt etter trening og/eller kamp kan man klare nettopp det. Den akutte vektreduksjonen i forbindelse med aktivitet skyldes i all hovedsak tap av væske, og dermed kan man bedre matche inntak med aktivitetstapet.

Testing. Når det gjelder testing av fysisk kapasitet for fotballspillere mener jeg det ser ut til at Norsk Toppfotballsenter anbefaler fornuftige tester både når det gjelder ressurs- og tidsbruk for å få testet hele lag. Med tanke på validiteten i testene virker det også fornuftig. Imidlertid, når det gjelder valg av den mest passende Yo-Yo IR testen (nivå 1 eller 2) synes det sentralt å vurdere hvilke spillere man skal teste. Elite herrefotballspillere ser ut til å kunne ha godt ”utbytte” av IR2-testen, mens dersom man skal teste kvinnefotballspillere, junior herrespillere eller sub-elite herrefotballspillere bør man gjøre en vurdering av om man kan få den nødvendige informasjonen ut av denne eller om man skal bruke IR1-testen i stedet. Dette begrunner jeg med at kravet til maksimal løpshurtighet er relativt høyt i IR2-testen og at man dermed kanskje ikke får testet også den aerobe kapasiteten hos spillere som ikke har tilstrekkelig høy maksimal løpshurtighet.

Videre, med bakgrunn i den beskrevne teorien, og min praktiske erfaring som fysisk trener på ulike nivåer er jeg imidlertid minst like opptatt av at det enkelte lag/den enkelte klubb må velge et testbatteri som er tilpasset sine forhold, som man kan bruke over år, og som er egnet

til å måle det som prioriteres i treningsarbeidet lokalt, som at man skal følge sentrale råd når det gjelder testing. Egne databaser gir gode sammenligningsgrunnlag fra år til år og fra kull til kull. Først etter noen år med akkumulerte datamengder vil man være ordentlig godt i stand til å vurdere det arbeidet som gjøres i klubben. Ellers er jeg i tillegg opptatt av, og får i denne oppgaven støtte for, at fotballtrenere i enda større grad må benytte testresultatene som et utgangspunkt for videre utvikling for enkeltspillerne, og ingen tester bør etter mitt syn gjennomføres uten at de følges opp med et skreddersydd treningsprogram til laget (aller helst enkeltspilleren) basert på utarbeidede kapasitetsprofiler (basert på testdata).

Trening. Forbedring av fysisk kapasitet med bakgrunn i enkeltspilleres behov i deres spesielle spillerposisjoner på banen bør være målet for alle fotballtrenere. Det ser også ut til å være helt sentralt å ta hensyn til enkeltindividen i et fotballag i større grad enn vi til nå har gjort (min påstand!). Det kan se ut til at den eksterne belastningen i for stor grad har vært styrende, og at alle på lagene har gjort det samme uten å ta hensyn til individuelle forskjeller blant spillerne. Forskningen viser entydig at det er ulike behov på tvers av spillerposisjoner, og min tolkning av den presenterte teorien er at disse kan møtes ennå bedre (på alle nivå) om man i større grad bruker tilpasset fotballaktivitet for forbedring av den fysiske kapasiteten. Spill ser ut til å kunne gi godt fysisk utbytte i tillegg til åpenbare positive tekniske og taktiske effekter. Dersom man har ressurser tilgjengelig (i form av banetid/-størrelse og trenere) kan det også være en god effekt i å se på/analysere enkeltspilleres kampaktivitet og så forsøke å etterligne denne som fysisk trening som et tillegg til spill for effekt på fysisk kapasitet. Dette gir økt grad av spesifisitet fysiologisk og sannsynligvis høyere motivasjon hos spillerne.

LITTERATUR

- Abt, G., Siegler, J. C., Akubat, I., & Castagna, C. (2011). The effects of a constant sprint-to-rest ratio and recovery mode on repeated sprint performance. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1695-1702.
- Andersson, H. A., Randers, M. B., Heiner-Moller, A., Krstrup, P., & Mohr, M. (2010). Elite Female Soccer Players Perform More High-Intensity Running When Playing in International Games Compared With Domestic League Games. *J Strength Cond Res*.
- Bangsbo, J. (1994a). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci*, 12 Spec No, S5-12.
- Bangsbo, J. (1994b). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*, 619, 1-155.
- Bangsbo, J. (2007). *Aerobic and anaerobic training in soccer - special emphasis on training of youth players. Fitness training in soccer 1*. Bagsværd: Stormtryk.
- Bangsbo, J., Graham, T. E., Kiens, B., & Saltin, B. (1992). Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man. *J Physiol*, 451, 205-227.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63-70.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*, 80(3), 876-884.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Lakomy, H. K., & Boobis, L. H. (1998). Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand*, 163(3), 261-272.
- Bompa, T. O. (1999) *Periodization: Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bompa, T. O. (1999). *Theory and methodology of training: the key to athletic performance* (4 ed.): Human Kinetics.
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res*, 24(9), 2343-2351.

- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krusturup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159-168.
- Carling, C., & Dupont, G. (2011). Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *J Sports Sci*, 29(1), 63-71.
- Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M., & Barbero Alvarez, J. C. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3227-3233.
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y. B., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J. C., et al. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(2), 191-196.
- Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S., Goodman, C., Carey, M., & Cole, K. (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78(2), 163-169.
- Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci*, 28(14), 1489-1494.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*, 30(3), 205-212.
- Duthie, G., Pyne, D., & Hooper, S. (2003). Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Med*, 33(13), 973-991.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, 75(2), 712-719.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757-777.
- Greig, M., & Siegler, J. C. (2009). Soccer-specific fatigue and eccentric hamstrings muscle strength. *J Athl Train*, 44(2), 180-184.

- Greig, M. P., McNaughton, L. R., & Lovell, R. J. (2006). Physiological and mechanical response to soccer-specific intermittent activity and steady-state activity. *Res Sports Med*, 14(1), 29-52.
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*, 35(1), 43-47.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci*, 23(6), 573-582.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, 36(3), 218-221.
- Iaia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2, 11-23.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*, 23(6), 583-592.
- Ingebrigtsen, J., Bendiksen, M., Randers, M. B., Castagna, C., Krstrup, P., & Holtermann, A. (Unpublished). Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *Journal of Sports Sciences*, Submitted.
- Ingebrigtsen, J., Dillern, T., & Shalfawi, S. A. (2011). Aerobic capacities and anthropometric characteristics of elite female soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(12), 3352-3357.
- Ingebrigtsen, J., Shalfawi, S. A., Tønnessen, E., Krstrup, P., & Holtermann, A. (Unpublished). Performance effects of 6 weeks of anaerobic production training in junior elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Submitted.
- Krstrup, P. (2009). Pladsspecifik og spillestilsrelateret anaerob hurtighet-utholdenhetstrening og teknisk-taktisk performance testning for kvindelige elitespillere. *UEFA A-treneroppgave*.
- Krstrup, P., Christensen, J. F., Randers, M. B., Pedersen, H., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., et al. (2010). Muscle adaptations and performance enhancements of soccer training for untrained men. *Eur J Appl Physiol*, 108(6), 1247-1258.
- Krstrup, P., Ferguson, R. A., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2003). ATP and heat production in human skeletal muscle during dynamic exercise: higher efficiency of anaerobic than aerobic ATP resynthesis. *J Physiol*, 549(Pt 1), 255-269.

- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., et al. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1242-1248.
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J. M., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 38(9), 1666-1673.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6), 1165-1174.
- Krustrup, P., Zebis, M., Jensen, J. M., & Mohr, M. (2010). Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *J Strength Cond Res*, 24(2), 437-441.
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(1), 76-78.
- Little, T., & Williams, A. G. (2006). Suitability of soccer training drills for endurance training. *J Strength Cond Res*, 20(2), 316-319.
- Little, T., & Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 367-371.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance* (5th ed.). Philadelphia, Pen: Lippincott Williams & Wilkins.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*, 23(6), 593-599.
- Mohr, M., Krustrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports*, 14(3), 156-162.
- Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., et al. (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 3, 125-132.

- Nygård, Ø. (2011). *Effekten av repetert sprinttrening på Norske amatør fotballspillere*. Unpublished Masters thesis, University of Nordland, Bodø.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.
- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., & Sassi, A. (2011). Match-related fatigue in soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 43(11), 2161-2170.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., et al. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci*, 25(6), 659-666.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisloff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport*, 12(1), 227-233.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2007). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport*.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci*, 18(9), 669-683.
- Serpiello, F. R., McKenna, M. J., Stepto, N. K., Bishop, D. J., & Aughey, R. J. (2011). Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise: a novel multiple-set approach. *Eur J Appl Physiol*, 111(4), 669-678.
- Shalfawi, S., Enoksen, E., Tønnessen, E., & Ingebrigtsen, J. (Unpublished). Assessing test-retest reliability of the portable Brower Speed Trap II testing system. *International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, Submitted.
- Shalfawi, S., Tønnesen, E., Enoksen, E., & Ingebrigtsen, J. (2011). Assessing day-to-day reliability of the Newtest 2000 sprint timing system. *Serb J Sports Sci*, 5(3), 107-113.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

- Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci*, 23(6), 601-618.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Tumilty, D. (1993). Physiological-Characteristics of Elite Soccer Players. *Sports Medicine*, 16(2), 80-96.
- Tønnessen, E., Shalfawi, S. A., Haugen, T., & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(9), 2364-2370.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-288.
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*, 38(1), 36-41.