



DE INVLOED VAN DE KINEMATISCHE ONDERDELEN OP DE SERVICEPRESTATIE

THIJS VAN DER GIESSEN
STUDENTNUMMER: 16132327

De invloed van de kinematische onderdelen op de serviceprestatie



DE HAAGSE
HOGESCHOOL



Naam:	Thijs van der Giessen
Studentennummer:	16132327
Opdrachtgever:	KNLTB
School:	Haagse Hogeschool
1 ^{ste} docentbegeleider:	Jorine Koopman
2 ^{de} docentbegeleider:	Willem Looije
Stagebegeleider:	Aldo Hoekstra

Voorwoord

Voor mijn opleiding Mens en Techniek Bewegingstechnologie heb ik mijn afstudeerstage in een traject van 16 weken uitgevoerd bij de Koninklijke Nederlandse Lawn Tennis Bond (kortweg: KNLTB) uitgevoerd.

Bij de KNLTB doen ze er alles aan om de prestatie van rolstoeltennissers te verbeteren met behulp van de nieuwste technologie.

Ik heb onderzoek mogen doen naar de invloed van de kinematische onderdelen op de serviceprestatie en ben enorm dankbaar dat ik mijn afstudeerstage bij de KNLTB heb kunnen doen. Daarvoor wil ik aantal mensen hartelijk bedanken voor hun bijdrage(n). Dit zijn:

- Aldo Hoekstra voor de goede begeleiding en ondersteuning bij het testen.
- Jorine Koopman eveneens voor de goede begeleiding tijdens dit traject.
- Rienk van der Slikke voor de hulp bij het programmeren en het gebruik van de sensoren.
- Hanneke Braakhuis voor de hulp bij SPSS.
- De trainers en de spelers voor hun tijd tijdens de training en de wil om de testen uit te voeren.

Inhoud

1. Voorwoord	2
2. Samenvatting.....	4
3. Inleiding	5
4. Methode.....	7
1. Onderzoekspopulatie.....	7
2. Instrumenten	7
3. Procedure.....	8
4. Data-Analyse	8
4.1 Uitkomstmaten	8
4.2 Berekeningen	9
4.3 Statistiek	10
5. Resultaten	11
6. Discussie	18
7. Conclusie	22
8. Bibliografie	23
9. Bijlage	22
1. Planning	22
2. STT.....	24
3. Resultaten STT	25
4. Terugkoppeling speler 2	31
5. Meetprotocol	34

Samenvatting

In dit onderzoek is bij rolstoeltennissers naar een verband gezocht tussen de onderdelen van de kinetische keten en de prestatieparameters van de services. Rolstoeltennis is vol in opkomst en de concurrentie wordt steeds groter. Om de concurrentie voor te blijven is gericht trainen belangrijk. Om gericht te kunnen trainen is het van belang dat de coaches alle parameters die van invloed zijn op de prestaties verbeteren.

Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Welke kinematische onderdelen beïnvloeden de serviceprestaties van rolstoeltennissers?*

Deze onderzoeksvraag bestaat uit twee onderdelen:

- Is er een kinetische keten aanwezig bij de service van rolstoeltennissers?
- Wat voor invloed hebben de piekhoeksnelheden en de separatietijden op de serviceprestatie (= balsnelheid, nauwkeurigheid en VA-index)?

6 spelers hebben een service tennis test met movesense sensoren aan uitgevoerd. Hierbij is 48 keer geserveerd. Er is van te voren aangegeven in welke richting de speler moest serveren. Hierbij is met behulp van het playsight camerasysteem de prestatieparameters bepaald. De prestatieparameters bestaan uit (1) de balsnelheid, (2) de nauwkeurigheid en (3) de VA-index.

Tijdens het serveren meten de movesense sensoren de hoeksnelheden. Zodra er een volgordelijkheid van de piekhoeksnelheden van niveaus (romp → bovenarm → onderarm) over de tijd waarneembaar is, kan er gesproken worden van een kinetische keten. Het verschil in tijd tussen piekhoeksnelheden van de niveaus wordt de separatietijd genoemd. De separatietijd en de piekhoeksnelheid zijn de onderdelen van de kinetische keten.

Met deze data is allereerst bepaald of er een kinetische keten waarneembaar is bij de service van de spelers. Vervolgens is doormiddel van een correlatie de invloed van de onderdelen van de kinetische keten op de prestatieparameters onderzocht.

Uit de verzamelde data blijkt allereerst dat er geen kinetische keten waarneembaar is. De volgorde B-O-R (= Bovenarm-Onderarm-Romp) is het meeste voorgekomen. De volgorde R-B-O (= Romp-Bovenarm-Onderarm) is slechts geserveerd in 7 van de 266 services.

Uit de correlatie blijkt dat er bij speler 1 een sterk verband is gevonden tussen de balsnelheid en de piekhoeksnelheid van de onderarm ($r = ,717$) en ($p = ,000$). Ook is er bij speler 1 een matig verband gevonden tussen de balsnelheid en de piekhoeksnelheid van de bovenarm ($r = ,597$) en ($p = ,000$). Bij de andere spelers is er niet meer dan een zwak tot zeer zwak verband aangetroffen tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten ($r = ,000$ tot $r = ,320$)

Inleiding

Rolstoeltennis is uitdrukkelijk in opkomst en wordt steeds populairder. Hierdoor komt er steeds meer aandacht voor optimalisatie en prestatieverbetering. Een cruciaal onderdeel van tennis is de service. Uit onderzoek blijkt dat bij valide tennissers 64% van de gespeelde punten op de eerste service gewonnen worden (Abidin & Ruslan, 2020).

Bij rolstoeltennis blijkt dat de winnaar gemiddeld 73% van de gespeelde punten op de eerste service wint en de verliezer 47% (Sanchez-Pay, 2017). Een goede service is bij rolstoeltennis dus eveneens cruciaal voor het winnen van wedstrijden.

Volgens Martin (Martin, 2014) bestaat de service van valide tennissers uit een aaneenschakeling van bewegingen in lichaamssegmenten. Deze bewegingen vinden plaats in de volgende segmenten. De:

- Onderste extremiteiten (benen, pelvis).
- Romp.
- Bovenste extremiteiten (onderarm, bovenarm).

Martin (Martin, 2014) geeft aan dat wanneer de volgorde van bewegen van de onderste extremiteit naar de romp gaat en als laatste naar de bovenste extremiteit, er sprake is van een '*kinetische keten*'.

Een kinetische keten is een opeenvolgende overdracht van energie tussen lichaamssegmenten (Calabrese, 2013). De verandering van positie en hoeksnelheid in de tijd drijft de kinetische keten aan. Dit wordt ook wel *kinematische sequentie* (= separatietijd) genoemd (Putman, 1993).

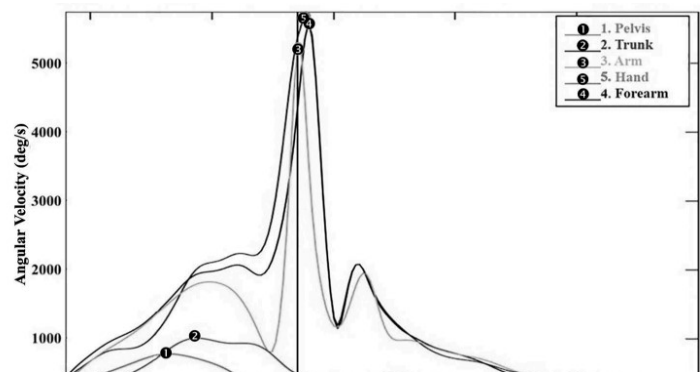
Cheetam (Cheetam et al, 2008) geeft aan dat de ideale kinematische sequentie wordt weergegeven wanneer de piekhoeksnelheden van de lichaamssegmenten van proximaal naar distaal verlopen.

De onderdelen van een kinetische keten zijn dus de:

- Piekhoeksnelheden van segmenten: Wanneer de hoeksnelheid van een segment het hoogste punt bereikt heeft over de tijd.
- Separatietijden tussen segmenten: De tijd tussen de opeenvolgende piekhoeksnelheden van segmenten.

Er is onderzoek gedaan door Faneker (Faneker, 2021) naar de aanwezigheid van een kinetische keten in relatie tot serviceprestaties van valide tennissers. Hiervoor heeft Faneker de piekhoeksnelheden van segmenten onderzocht. Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat er bij valide tennissers geen kinetische keten waarneembaar is. De romp vertoont namelijk eerder een piekhoeksnelheid dan de pelvis. Er is wel een verband gevonden met de piekhoeksnelheden van de boven-/onderarm en de balsnelheid.

Scarborough (Scarborough, 2017) heeft bij honkbalpitchers een vergelijkbaar onderzoek gedaan. Daarin is sprake van een kinetische keten wanneer de volgende volgorde van piekhoeksnelheden van segmenten optreedt: Bekken → Romp → Bovenarm → Onderarm → Hand. Uit dit onderzoek komt voort dat geen enkele pitcher deze volgorde vertoont. In *figuur 1* wordt een voorbeeld van een segment-volgorde van een honkbalpitch weergegeven.



Figuur 1: Hier is te zien dat de volgorde van de piekhoeksnelheden van segmenten niet van proximaal naar distaal loopt. Er is dus geen kinetische keten zichtbaar.

Uit onderzoek van Kovacs & Ellenbecker (Kovacs & Ellenbecker, 2011) blijkt dat 51 - 55% van de kinetische energie gehaald wordt uit de voorbereidingsfase. Hierin wordt de energie uit de onderste extremiteiten en de romp gehaald. De onderste extremiteiten worden ook wel gezien als de motor voor de krachttontwikkeling. Vergeleken met valide tennisers gebruiken rolstoeltenissers niet de onderste extremiteiten tijdens het serveren. Dit komt door de zithouding en individuele beperkingen (Zancanaro, Cavedon & Milanese, 2014). Volgens Zancanaro is het hierdoor belangrijk dat er uit de romp en de bovenste extremiteit het maximale uit de lichaamssegmenten wordt gehaald om zodoende de serviceprestatie te optimaliseren.

De serviceprestatie wordt vaak uitgedrukt in het aantal aces of gewonnen punten (Sanchez-Pay, 2017). Deze manier van beoordelen is echter grotendeels afhankelijk van de kwaliteit van de tegenstander. Volgens Faneker (Faneker, 2021) zijn balsnelheid, nauwkeurigheid en de snelheid-nauwkeurigheid index (VA-index) betere parameters voor de serviceprestatie, omdat dit enkel afhankelijk is van de kwaliteit van de service en niet ook van de kwaliteit van de tegenstander. De VA-index is een maat voor de slagkwaliteit. Hier wordt rekening gehouden met de balsnelheid en de nauwkeurigheid. (Vergauwen, Spaenen, Lefevre & Hespel, 1998).

Doordat rolstoeltennis zo populair is en de concurrentie in deze tak van sport steeds groter wordt, is het volgens Sanchez-Pay (Sanchez-Pay, 2021) van belang dat de coaches alle parameters die van invloed zijn op de prestaties te verbeteren. Hiervoor is meer gerichte training noodzakelijk. Er kan meer inzicht gegeven worden aan de trainers door te onderzoeken of er verbanden zijn met de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten (piekhoeksnelheden en separatietijd). Met deze resultaten is het mogelijk om gericht te trainen.

Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Welke kinematische onderdelen beïnvloeden de serviceprestaties van rolstoeltenissers?*

Deze onderzoeksvraag bestaat uit twee onderdelen:

- Is er een kinetische keten aanwezig bij de service van rolstoeltenissers?
- Wat voor invloed hebben de piekhoeksnelheden en de separatietijden op de serviceprestatie (= balsnelheid, nauwkeurigheid en VA-index)?

Uit het onderzoek van Scarborough (Scarborough, 2017) en Faneker (Faneker, 2021) blijkt dat er zowel bij honkbal als bij valide tennis geen kinetische keten aanwezig is. Er wordt dus verwacht dat er ook bij de service van rolstoeltenissers geen kinetische keten waarneembaar is.

In deze afstudeerstage is onderzocht of bij de service van rolstoeltenissers evenzo sprake is van het ontbreken van een kinetische keten. Verder is onderzocht of er net als bij Faneker (Faneker, 2021) een verband is met de hoogte van de piekhoeksnelheden van de boven-/onderarm en de balsnelheid.

Methode

1. Onderzoekspopulatie

De doelgroep van dit onderzoek heeft bestaan uit professionele rolstoeltennissers. Alle tennissers spelen op een hoog niveau en zijn dus topsporters te noemen. Rolstoeltennis kan worden onderscheiden in twee groepen:

- Quad: de tennisser heeft een arm/handbeperking.
- Open: de tennisser heeft alleen een beenbeperking.

Er was in dit onderzoek alleen met 'Open' rolstoeltennissers getest.

De metingen waren uitgevoerd met 6 rolstoeltennissers: 3 vrouwen en 3 mannen waarvan 1 linkshandig en 5 rechtshandig. De resultaten zijn geïndividualiseerd. De participanten worden aangeduid als speler 1 t/m 6.

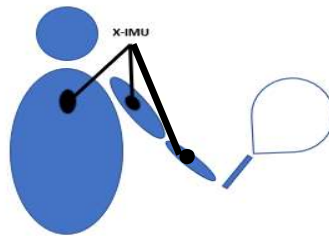
2. Instrumenten

Om de piekhoeksnelheden, de separatietijden en de aanwezigheid van de kinetische keten vast te leggen werd gebruik gemaakt van movesense sensoren (SS023431000). Dit zijn sensoren waarmee de acceleratie (m/s^2), hoeksnelheid (rad/s) en de sterkte van het magnetisch veld kan worden gemeten. In dit onderzoek werd alleen gebruik gemaakt van de hoeksnelheid. Op basis van de hoeksnelheden van de movesense sensoren waren de piekhoeksnelheden en de separatietijden bepaald.

Net als in het onderzoek van Faneker en Scarborough (Faneker, 2021)(Scarborough, 2017) waren de sensoren op de segmenten van proximaal naar distaal bevestigd (Romp → Bovenarm → Onderarm). In dit onderzoek zijn 5 movesense sensoren gebruikt. Twee waren aan de rolstoel bevestigd respectievelijk aan het wiel en aan het frame (zie *figuur 2*). De overige drie waren geplaatst op het lichaam van de tennisser, te weten aan de romp, de bovenarm en aan de onderarm (zie *figuur 3*). Omdat er sensoren waren geplaatst op de rolstoel, wordt er niet meer over segmenten gesproken maar over niveaus.

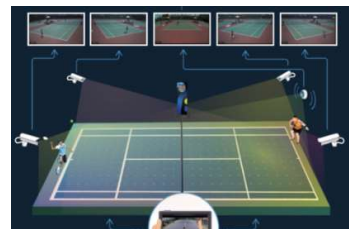


Figuur 2: Plaatsing van sensoren op de rolstoel. één op het frame en de ander op het wiel.



Figuur 3: plaatsing van sensoren op het lichaam. één op de romp, één op de bovenarm en één op de onderarm.

De service was geregistreerd met een Playsight camerasysteem (zie *figuur 4*). Dit systeem bevat tien camera's die gepositioneerd worden rondom het tennisveld. Aan de hand van coördinaten weet dit systeem waar de bal landt. Playsight meet ook de snelheid van de service. Deze gegevens zijn nodig om de slagkwaliteit te bepalen.



Figuur 4: indeling Playsight camerasysteem.

3. Procedure

De proefpersonen hebben allemaal een Service Tennis Test (STT) uitgevoerd. Daarbij werden de rolstoel en de tennisser uitgerust met movesense sensoren. Bij de STT werden 48 ballen geserveerd, 24 1^{ste} en 24 2^{de} services. Na 24 keer serveren was 90 seconden pauze ingelast.

Om de test zo veel mogelijk overeen te laten komen met een wedstrijd waren wisselende uitgangsposities aangegeven. Deze uitgangsposities zijn geweest. De:

- Positie van de tennisser tijdens de service → Duece of add (rechts of links).
- Plaatsing van de bal → Wide, Body of T (buiten, midden, binnen).

Er mocht niet opnieuw geserveerd worden als de bal uit of in het net werd geserveerd. Deze servicepoging telt wel mee in de meting. Bij een let mocht de tennisser opnieuw serveren. Deze poging is niet meegenomen in de meting.

In *bijlage 9.2* staat een voorbeeld van de STT.

4. Data-Analyse

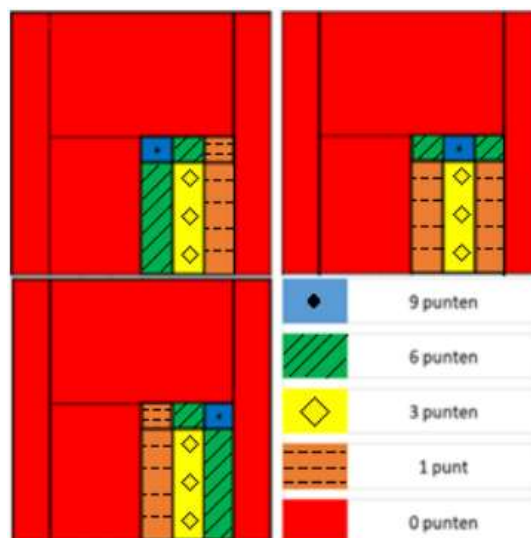
In de Data-Analyse worden de uitkomstmaten, berekeningen en statistiek uitgewerkt die in dit onderzoek zijn gebruikt.

4.1 Uitkomstmaten

Tijdens de STT werden de prestatieparameters vastgelegd met behulp van het Playsight camerasysteem.

Van elke service werd de balsnelheid en de nauwkeurigheid vastgelegd met de volgende uitkomstmaten. De:

- Balsnelheid was gemeten in km/h.
- Nauwkeurigheid was beoordeeld in punten. Er is een puntenaantal van 9,6,3,1 of 0 gegeven. Hoe dichter de bal bij het doelwit is geslagen (Wide, Body, T), des te meer punten er waren toegekend (zie *figuur 5*).



Figuur 5: Op het plaatje linksboven moet de speler richting T serveren. Op het plaatje rechtsboven moet de speler richting Body serveren. Op het plaatje linksonder moet de speler richting Wide serveren. Op het plaatje rechtsonder is de toekenning van de punten weergegeven.

Verder waren er tijdens de STT movesense sensoren gedragen. Uit de metingen met de movesense sensoren werden de hoeksnelheden per niveau zichtbaar (wiel, frame, romp, bovenarm en onderarm).

Dit is voor elk niveau verwerkt in Matlab(R2017b) en weergegeven in één grafiek. Hierin was de hoeksnelheid in m/s^2 tegenover de tijd in sec. zichtbaar.

4.2 Berekeningen

De VA-index (slagkwaliteit) was met behulp van de balsnelheid en de nauwkeurigheid berekend (zie *figuur 6*). Allereerst is de balsnelheid gekwadeerd en gedeeld door 100. De uitkomst hiervan is vermenigvuldigd met het behaalde aantal punten gedeeld door het maximaal aantal te verkrijgen punten (Vergauwen, Spaenen, Lefevre & Hespel, 1998).

$$Velocity - accuracy index = \frac{kph^2}{100} \times \frac{(sum\ of\ achieved\ points)}{(number\ of\ strokes \times 9)}$$

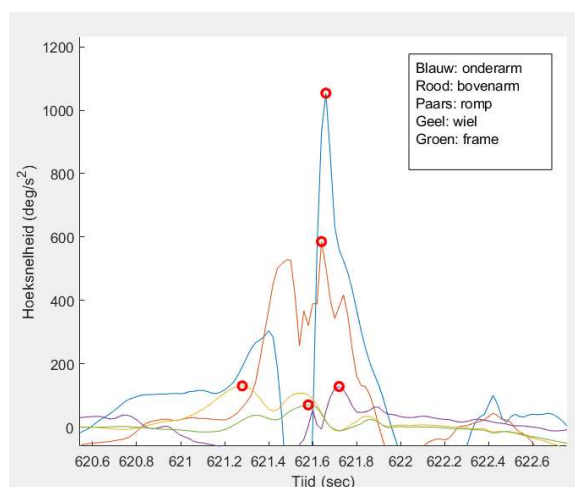
Figuur 6: Hier is de formule van de VA-index weergegeven

Doordat de hoeksnelheden van elk niveau in één grafiek weergegeven zijn, konden de piekhoeksnelheden en separatietijden worden bepaald (zie *figuur 7*).

- De piekhoeksnelheid van elk niveau is bepaald door in Matlab de functie Findpeaks() te gebruiken. Vervolgens was er voor alle 48 services de piekhoeksnelheden van alle niveaus genoteerd.
- De separatietijden waren bepaald door te kijken wanneer de piekhoeksnelheden van alle niveaus plaatsvonden.

Door net als bij Faneker (Faneker, 2021) de tijden van de piekhoeksnelheden van elkaar af te trekken zijn de volgende separatietijden berekend:

- Tijd piekhoeksnelheid romp – tijd piekhoeksnelheid onderarm.
- Tijd piekhoeksnelheid romp – tijd piekhoeksnelheid bovenarm.
- Tijd piekhoeksnelheid bovenarm – tijd piekhoeksnelheid onderarm.



Figuur 7: Hier zijn de hoeksnelheden van elk niveau weergegeven. De piekhoeksnelheden van alle niveaus zijn omcirkeld.

Uit STT uitkomstmaten en de bepaling van de onderdelen van de kinetische keten werden de volgende resultaten zichtbaar:

- Prestatieparameters: balsnelheid, nauwkeurigheid en VA-index.
- Piekhoeksnelheden en separatietijden.

De eerste deelvraag of er een kinetische keten aanwezig is, kan worden beantwoord door te kijken naar de volgordelijkheid van de piekhoeksnelheden. Wanneer de volgordelijkheid van de piekhoeksnelheid van proximaal naar distaal loopt (romp → bovenarm → onderarm), was er sprake van een kinetische keten.

4.3 Statistiek

Voor de beantwoording van de tweede deelvraag moesten er verbanden worden gelegd tussen de onderdelen van de kinetische keten (piekhoeksnelheid en separatietijd) en de prestatieparameters (balsnelheid, nauwkeurigheid en VA-index).

Daartoe waren de volgende verbanden getoetst. Serviceprestatie:

- (balsnelheid, nauwkeurigheid, VA-index) en de piekhoeksnelheden van elk niveau.
- (balsnelheid, nauwkeurigheid, VA-index) en de separatietijd tussen de niveaus.

Er werd per groep en per individuele speler onderzocht of er mogelijke verbanden zijn. Dit is gedaan door een scatterplot te maken met een regressielijn. Doormiddel van een regressielijn kon worden weergegeven of er een trend aanwezig was.

Om te kijken of er een verband is, was een correlatie (bivariate) uitgevoerd. Dit zag eruit als volgt. Allereerst was er een normaaltest gedaan, de Shapiro-Wilk. Daarin was de data normaal verdeeld als de significantie groter is dan 0.05.

Indien de test normaal verdeeld is, is vervolgens een pearson toets gedaan. Wanneer de test niet normaal verdeeld was, is een spearman toets uitgevoerd.

De uitkomsten van deze toetsen zitten tussen de 1 en -1. Hoe dichterbij de 1 of -1, hoe sterker het verband. De resultaten van de verbanden zijn als volgt ingedeeld:

- $< 0,3$ = zeer zwak verband.
- $0,3 - 0,5$ = zwak verband.
- $0,5 - 0,7$ = matig verband.
- $0,7 - 0,85$ = sterk verband.
- $0,85 - 1$ = zeer sterk.

Resultaten

Alle 6 proefpersonen hebben minimaal 48 keer geserveerd. Enkele hadden een Let waardoor er opnieuw geslagen moest worden.

In totaal is er 266 keer geserveerd. Dit betekent dat er 22 services niet zijn geregistreerd door het Playsight camerasysteem en die zijn uitgesloten van de resultaten.

Voor alle spelers zijn de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten voor elke serve bepaald. Dit is gedaan met behulp van movesense sensoren en de STT. De resultaten per speler van de STT staan in *bijlage 9.3*. De gemiddelde resultaten zijn weergegeven in *tabel 1*.

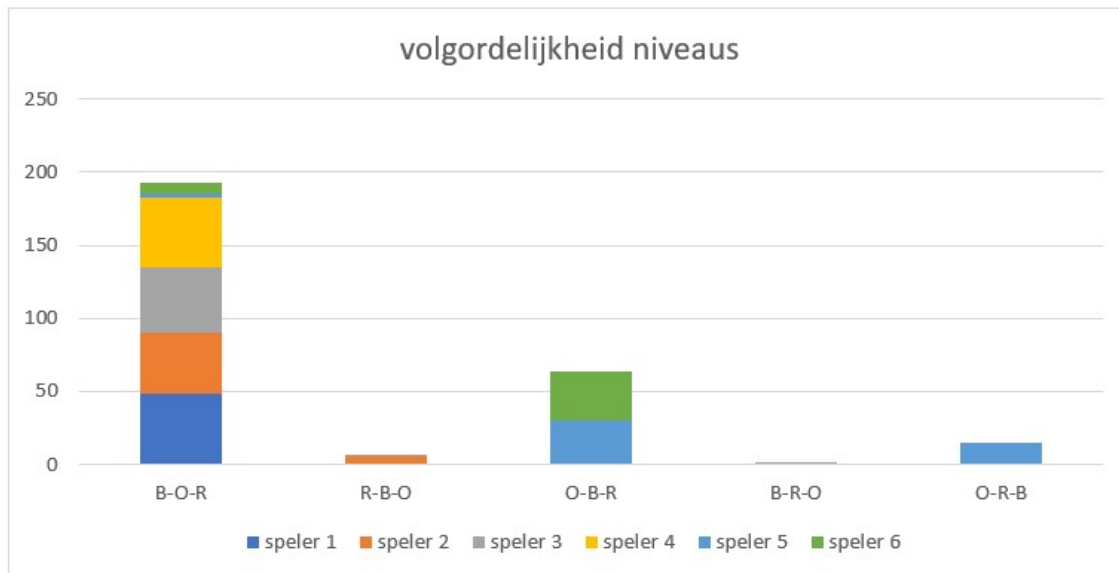
	1 ^{STE} SERVE	2 ^{DE} SERVE
PRESTATIEPARAMETERS		
BALSNELHEID	122,31 km/h	113,25 km/h
NAUWKEURIGHEID	2,63 punten	3,08 punten
VA-INDEX	45,10	45,70
PIEKHOEKSNELHEDEN		
PIEKHOEKSNELHEID ROMP	91,08 deg/s	87,37 deg/s
PIEKHOEKSNELHEID BOVENARM	503,37 deg/s	516,49 deg/s
PIEKHOEKSNELHEID ONDERARM	987,76 deg/s	964,33 deg/s
SEPARATIETIJDEN		
ROMP – ONDERARM	0,22 s	0,23 s
ROMP – BOVENARM	0,24 s	0,26 s
BOVENARM – ONDERARM	-0,03 s	-0,03 s

Tabel 1: Gemiddelde resultaten prestatieparameters en onderdelen van de kinetische keten (piekhoeksnelheden en separatietijden)

Van alle 266 services is de volgordelijkheid bepaald.

Vooraf is gesuggereerd dat er een kinetische keten aanwezig is wanneer de volgordelijkheid van piekhoeksnelheden (romp → bovenarm → onderarm) aanwezig is. Het vastleggen van de volgordelijkheid en een kinetische keten betreft de eerste deelvraag.

In *figuur 8* wordt de volgordelijkheid van alle services weergegeven. Tevens is onderscheid gemaakt tussen de proefpersonen. Hierdoor wordt de individuele volgordelijkheid ook zichtbaar.



Figuur 8: Hier is de volgordelijkheid van alle services weergegeven. De kleuren geven de individuele resultaten van de spelers weer. R = romp, B = bovenarm, O= onderarm.

Er zijn door alle spelers 5 verschillende volgordes geserveerd. Om te kijken of de volgorde die het meest voorkomt ook de beste prestaties geeft, worden in *tabel 2* de gemiddelde resultaten van de prestatieparameters weergegeven. Tussen haakjes staat hoe vaak de volgorde is geserveerd.

ALLE SPELERS	B-O-R(181)	R-B-O(7)	O-B-R(61)	B-R-O(2)	O-R-B(15)
BALSNELHEID(KM/H)	120,2	119,7	114,9	126,5	100,2
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	2,9	2,7	2,7	0	2,3
VA-INDEX	48,0	44,7	43,6	0	24,2

Tabel 2: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van alle spelers.

Sommige spelers hebben niet constant dezelfde volgordelijkheid geserveerd. In *tabel 3 t/m 6* zijn de gemiddelde prestatieparameters vergeleken met de geslagen volgordelijkheid van de speler. De overige twee spelers hebben één volgordelijkheid geserveerd. Deze gemiddelden zijn weergegeven in de *tabellen 7 en 8*.

SPELER 2	B-O-R(42)	R-B-O(6)
BALSNELHEID(KM/H)	116,36	118,1
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	3,4	2,2
VA-INDEX	51,11	33,7

Tabel 3: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van speler 2.

SPELER 3	B-O-R(43)	R-B-O(1)	B-R-O(2)
BALSNELHEID(KM/H)	128,7	129	126,5
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	2,8	6	0
VA-INDEX	52,98	110,94	0

Tabel 4: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van speler 3.

SPELER 5	B-O-R(3)	O-B-R(27)	O-R-B(15)
BALSNELHEID(KM/H)	94,7	101,2	100,2
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	3	2,1	2,3
VA-INDEX	31,8	24,7	24,2

Tabel 5: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van speler 5.

SPELER 6	B-O-R(7)	O-B-R(34)
BALSNELHEID(KM/H)	106	125,7
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	1	3,2
VA-INDEX	13,1	58,5

Tabel 6: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van speler 6.

SPELER 1	B-O-R(46)
BALSNELHEID(KM/H)	114,8
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	3,3
VA-INDEX	51,2

Tabel 7: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van speler 1.

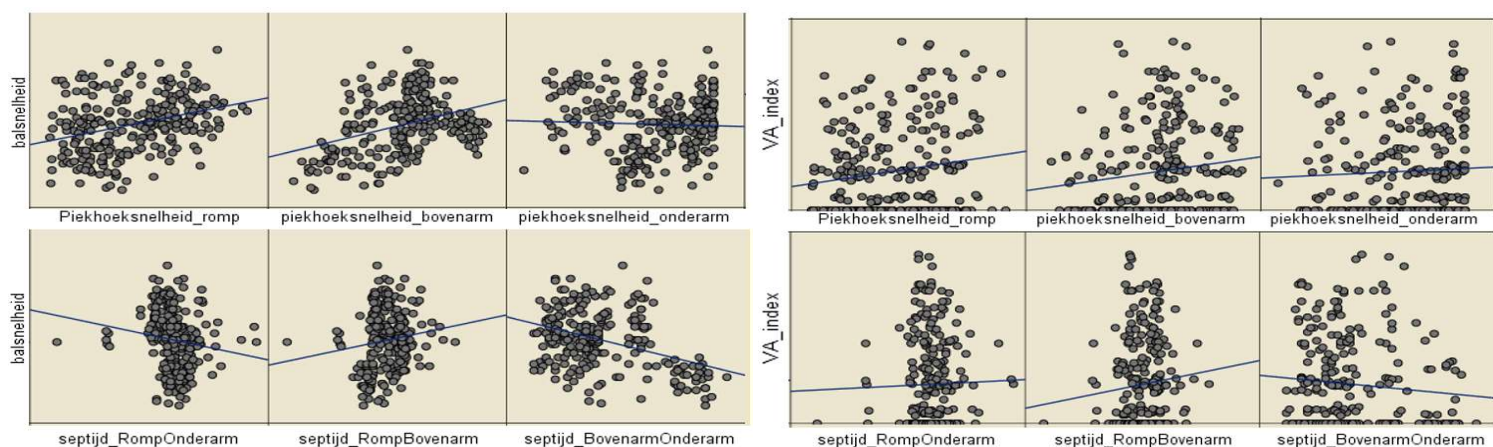
SPELER 4	B-O-R(41)
BALSNELHEID(KM/H)	126,4
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	2,5
VA-INDEX	46,6

Tabel 8: Gemiddelde resultaten van de prestatieparameters bij de geserveerde volgordelijkheid van speler 4.

De volgorde B-O-R komt het meest voor. In *tabel 2* is te zien dat deze volgorde gemiddeld tot de beste resultaten leidt. Bij de spelers die meerdere volgordes hebben geserveerd, leidt de volgorde die het vaakst geserveerd wordt eveneens tot de beste resultaten.

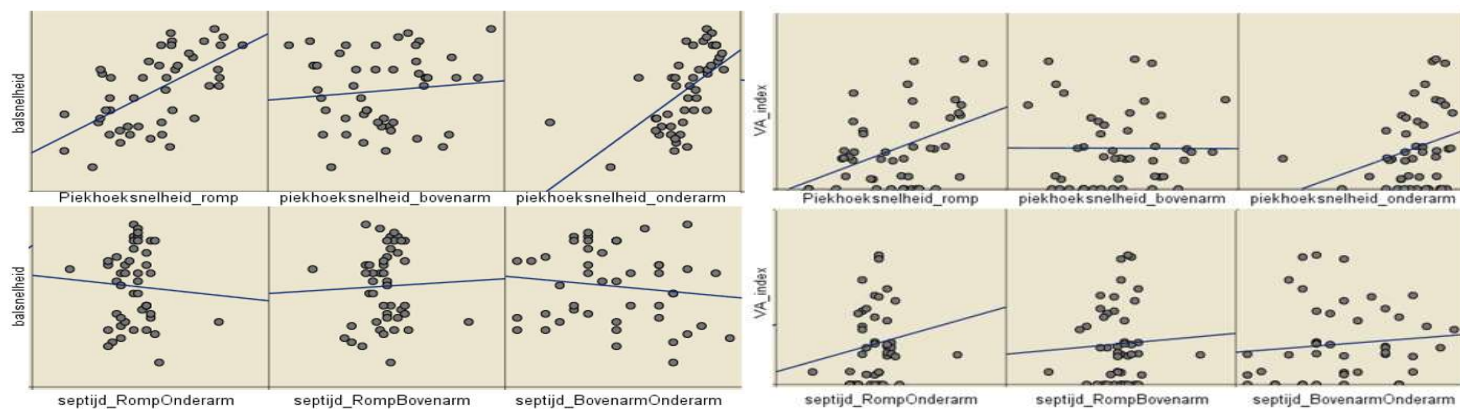
Nu van elke speler de volgordelijkheid bekend is, kan de tweede deelvraag beantwoord worden. Er kan worden gezocht naar de verbanden tussen de piekhoeksnelheden en separatietijden met de prestatieparameters.

In de navolgende schema's wordt eerst weergegeven of er verbanden zijn met alle services van alle spelers bij elkaar. Vervolgens wordt er de diepte in gegaan en per speler nagegaan of er verbanden bestaan.



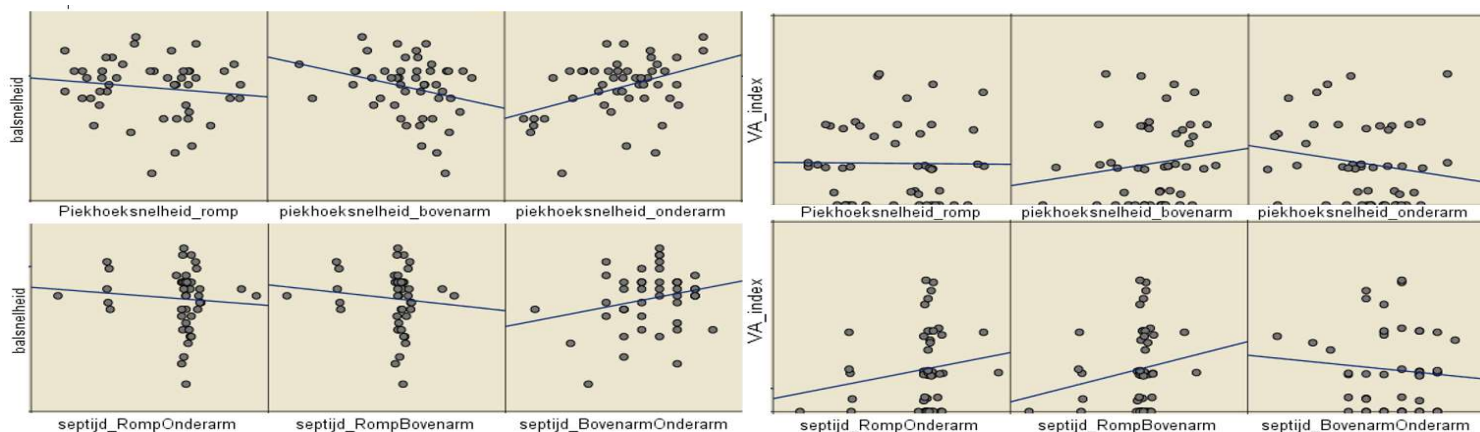
Figuur 9: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van alle spelers. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

ALLE SPELERS	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	,338	,344	,032	-,255	,131	-,289
SIG.	,000	,000	,600	,000	,032	,000
VA-INDEX						
CORRELATIE	,122	,135	,071	,022	,121	-,076
SIG.	,047	,028	,247	,718	,048	,214



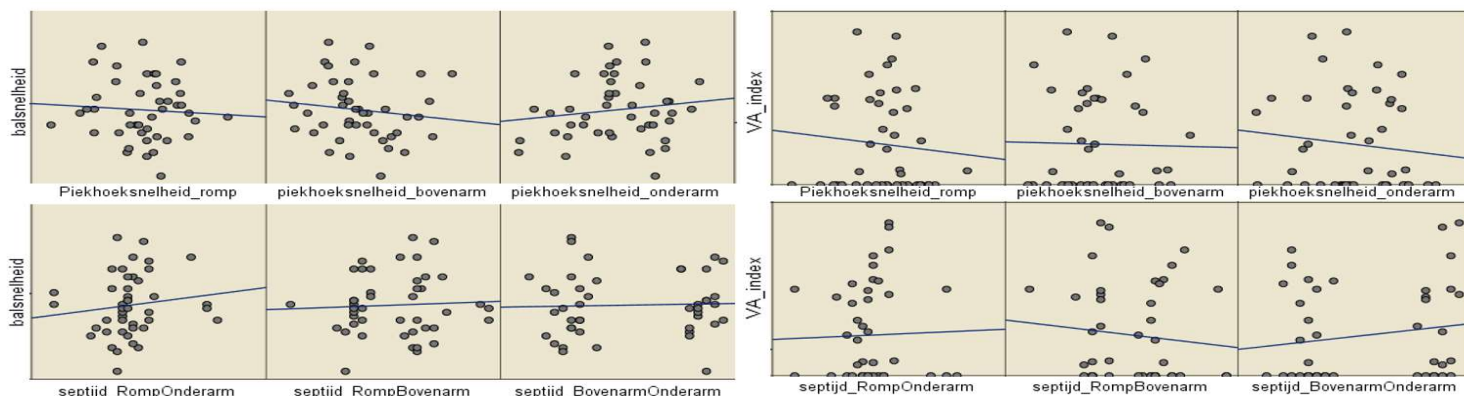
Figuur 10: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van speler 1. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

SPELER 1	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	,597	,058	,717*	,031	,136	-,150
SIG.	,000	,700	,000	,837	,367	,319
VA-INDEX						
CORRELATIE	,388	,052	,304	,220	,028	,168
SIG.	,008	,730	,040	,141	,054	,263



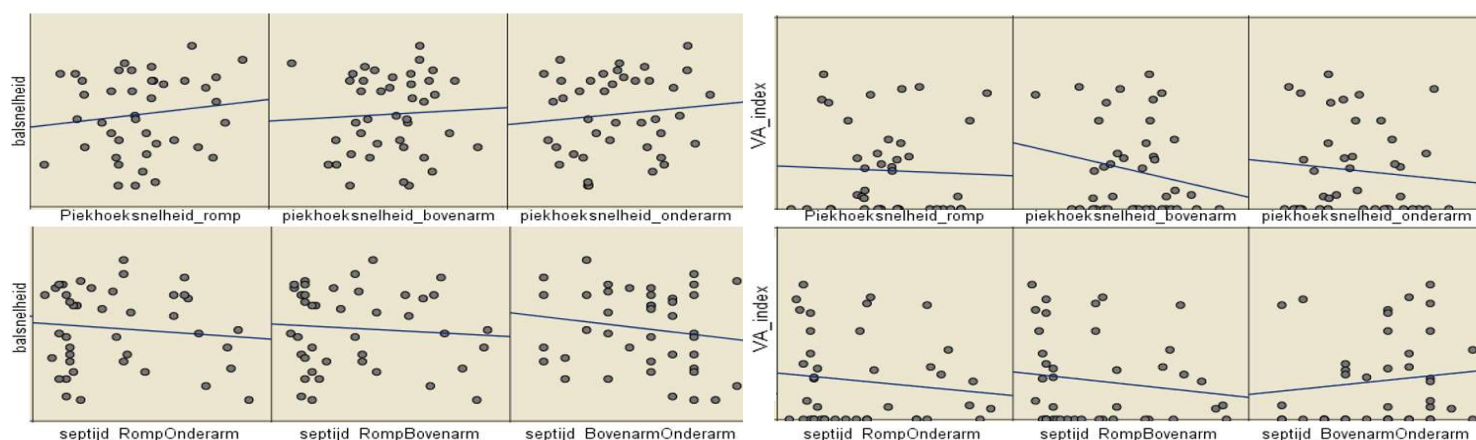
Figuur 11: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van speler 2. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

SPELER 2	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	-,107	-,268	,314	-,077	,171	,165
SIG.	,470	,065	,030	,602	,244	,262
VA-INDEX						
CORRELATIE	-,064	,186	-,176	,171	,193	-,016
SIG.	,664	,205	,230	,244	,190	,916



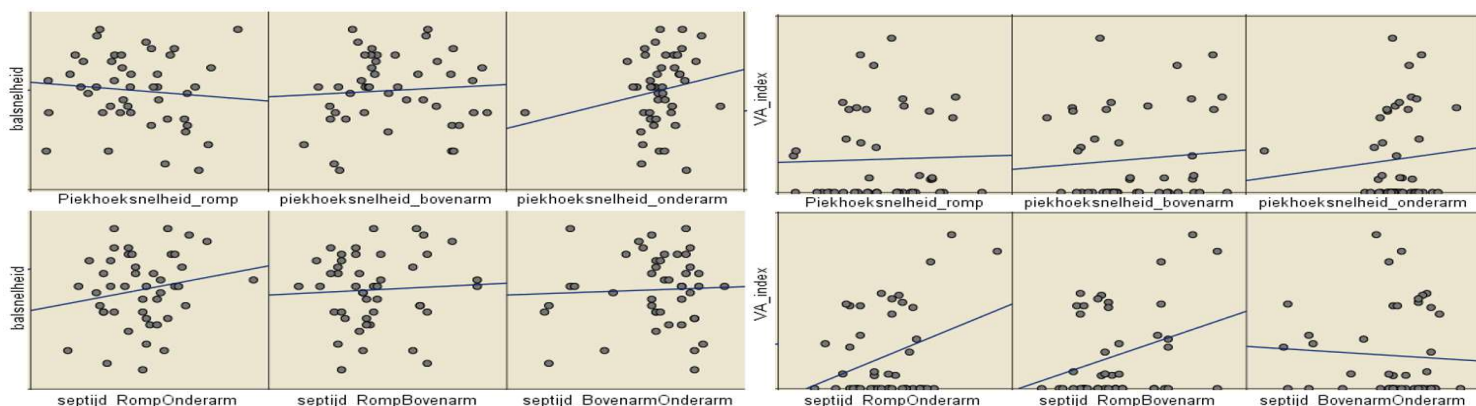
Figuur 12: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van speler 3. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

SPELER 3	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	-,011	-,210	,122	,223	,073	,116
SIG.	,943	,170	,429	,145	,638	,452
VA-INDEX						
CORRELATIE	-,104	,025	-,077	,140	-,040	,147
SIG.	,500	,870	,618	,363	,798	,340



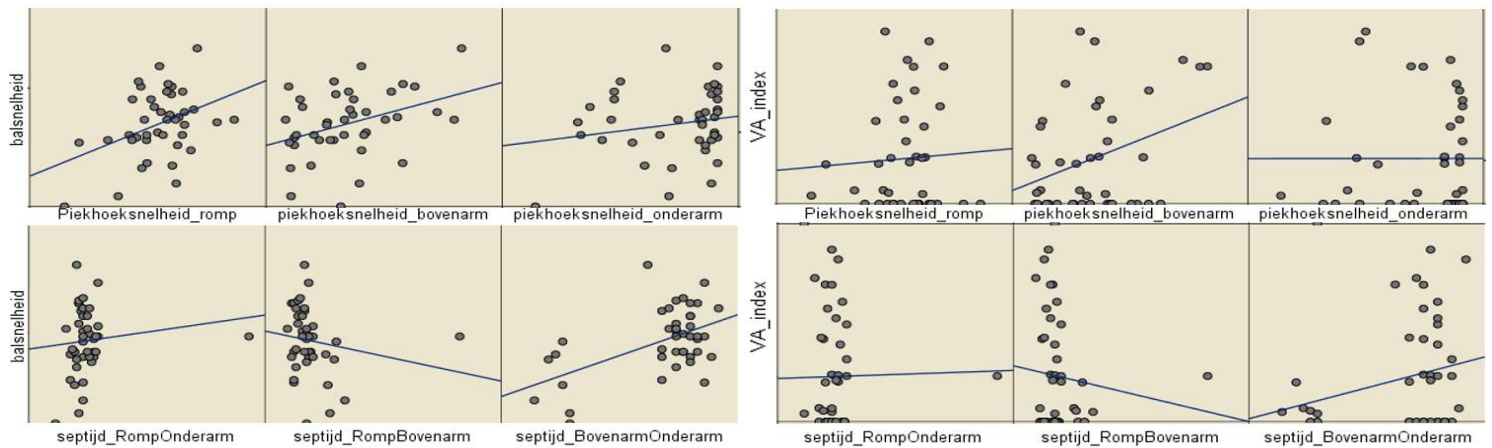
Figuur 13: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van speler 4. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

SPELER 4	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	,110	,097	,119	-,073	-,90	-,171
SIG.	,493	,544	,460	,650	,574	,284
VA-INDEX						
CORRELATIE	-,062	-,107	-,062	-,131	-,182	,181
SIG.	,700	,507	,700	,415	,255	,256



Figuur 14: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van speler 5. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

SPELER 5	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	-,144	,104	,264	,166	,016	-,086
SIG.	,347	,497	,079	,275	,918	,574
VA-INDEX						
CORRELATIE	,054	,067	,082	,114	,177	-,114
SIG.	,726	,663	,594	,457	,245	,455



Figuur 15: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten van speler 6. In dit figuur zijn de scatterplots met regressie weergegeven en in de tabel hieronder zijn de correlaties en de significantie te zien.

SPELER 6	PIEKHOEK SNELHEID ROMP	PIEKHOEK SNELHEID BOVENARM	PIEKHOEK SNELHEID ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ ONDERARM	SEPTIJD ROMP/ BOVENARM	SEPTIJD BOVENARM/ ONDERARM
BALSNELHEID						
CORRELATIE	,267	,368	,211	,179	-,312	,320
SIG.	,091	,018	,186	,262	,047	,042
VA-INDEX						
CORRELATIE	-,054	,184	-,007	,059	-,085	,056
SIG.	,738	,248	,967	,714	,597	,728

Alle spelers:

In *figuur 9* is de regressie van alle spelers weergegeven. Hier zijn de mogelijke trends weergegeven tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten.

De correlaties zijn 0,3 of lager. Dit betekent dat er een zwak tot zeer zwak verband is. Wel waren veel significanties lager dan 0,05, hetgeen inhoudt dat het niet op toeval berust.

Speler 1:

Bij speler 1 is er een sterk verband gevonden tussen de piekhoeksnelheid van de onderarm en de balsnelheid. De correlatie was ,717 met een significantie van ,000.

Verder is een matig verband aangetroffen tussen de piekhoeksnelheid van de romp en de balsnelheid. De correlatie was ,597 met een significantie van ,000.

Voor de rest van de toetsen was de correlatie ,3 of lager en dus sprake van een zwak tot zeer zwak verband.

Speler 2 t/m 6:

Voor speler 2 t/m 6 is er een correlatie van ,320 of lager gevonden. Ofwel een zeer zwak tot zwak verband. Er is alleen sprake van een mogelijke trend van de vergelijking. Dit is weergegeven in de regressie van de scatterplots.

Discussie

Tijdens dit onderzoek is allereerst onderzocht of er een kinetische keten waarneembaar is. Vervolgens zijn de onderdelen van de kinetische keten (piekhoeksnelheden en separatietijd) vergeleken met de prestatieparameters. Dit is zowel per individu als voor de hele groep weergegeven. Het doel hiervan is om de trainer een beter inzicht te geven in de service van de rolstoeltenissers, zodat er gericht getraind kan worden.

Allereerst kan deelvraag 1 beantwoord worden. In *figuur 9* is de geslagen volgordelijkheid weergegeven. Zoals eerder gemeld is er sprake van een kinetische keten als de volgordelijkheid R-B-O (romp-bovenarm-onderarm) is. De volgordelijkheid die in dit stageonderzoek het meest voorkomt is B-O-R (bovenarm-onderarm-romp), namelijk 181 keer. R-B-O is slechts 7 keer waargenomen. B-O-R geeft gemiddeld gezien ook de beste resultaten. De gemeten gemiddelde VA-index is 48 en daarmee 3,3 punten hoger dan R-B-O.

In het onderzoek van Faneker en Scarborough (Faneker, 2021) (Scarborough, 2017) is net als in dit onderzoek geen kinetische keten waargenomen. Scarborough deed onderzoek naar de kinetische keten bij het pitchen en Faneker bij valide tennissers. Uit het onderzoek bij Scarborough bleek dat er niet één pitch was waargenomen waarbij de segmentenvolgorde van proximaal naar distaal was. In dit onderzoek is het 7 keer voorgekomen. Er is dus geen sprake van een kinetische keten

Wanneer gekeken wordt naar de spelers individueel, valt op dat bij bijna iedereen een constante volgordelijkheid zichtbaar is. Alleen speler 5 had twee verschillende volgordes die veel voorkwamen. Er is 27 keer O-B-R en 15 keer O-R-B geserveerd. De volgorde die het meest geserveerd is, had ook de beste resultaten. De meeste spelers hadden dus een eigen geliefde volgorde.

Vervolgens kan deelvraag 2 beantwoord worden. Er zijn naar verbanden gezocht tussen de piekhoeksnelheden en separatietijden met de prestatieparameters. Daarbij zijn naar verbanden gezocht tussen alle geslagen services van alle spelers. Hier zijn geen specifieke verbanden gevonden (zie *figuur 9*).

Wel werden opvallende trends zichtbaar. Allereerst nam de balsnelheid af wanneer de piekhoeksnelheid van de onderarm groter werd. Dit is opvallend, omdat deze trend bij de spelers individueel niet zichtbaar werd. Dit is te verklaren door te kijken naar de data van de spelers individueel. Wat opvalt is dat bij speler 3 en 4 de piekhoeksnelheid van de onderarm het laagste is van alle spelers, maar de balsnelheid wel hoog is in vergelijking met de rest. Hierdoor is er een dalende trend zichtbaar.

Ook was er een trend waarneembaar bij de piekhoeksnelheden van de romp, bovenarm en onderarm met de VA-index. Opvallend daarbij was dat de VA-index groter werd wanneer de piekhoeksnelheden toenamen. Dit kan verklaard worden doordat de balsnelheid vaak groter wordt wanneer de piekhoeksnelheden toenemen. Hoe hoger de balsnelheid, hoe groter de VA-index.

Vervolgens zijn er naar verbanden gezocht met de geslagen services per individuele speler.

Bij speler 1 is een sterk verband gevonden tussen de piekhoeksnelheid van de onderarm en de balsnelheid. De significantie was ,000. Dit houdt in dat het verband niet op toeval berust. Er kan worden vastgesteld dat wanneer de piekhoeksnelheid van de onderarm toeneemt, de balsnelheid ook groter wordt.

Verder werd er bij speler 1 een matig verband gevonden tussen de piekhoeksnelheid van de romp en de balsnelheid. De significantie was ,000. Ook hier berust het verband niet op toeval. Een matig verband is net niet goed genoeg om te mogen concluderen dat wanneer de piekhoeksnelheid van de romp toeneemt, de balsnelheid ook groter wordt. Echter: er is wel een trend aanwezig, hetgeen aangeeft dat er een mogelijk verband is.

Bij de andere spelers zijn alleen zwakke tot zeer zwakke verbanden gevonden. Er zijn wel trends zichtbaar. Die worden hieronder besproken.

Ten eerste wordt de balsnelheid groter naarmate de piekhoeksnelheid van de onderarm groter wordt. Echter was de significantie alleen bij speler 1 en 2 lager dan 0,05. Dit betekent dat de kans dat het op toeval berust aanwezig is bij de spelers 3,4,5 en 6. Deze trend werd van tevoren verwacht, omdat de onderarm de laatste onderdeel is van de keten voordat de bal wordt geslagen. Als deze hoeksnelheid hoog is, is er meer snelheid van het racket op de bal. Hierdoor zal de balsnelheid ook hoger worden.

Ten tweede is te zien dat bij iedereen behalve speler 4, de VA-index groter wordt naarmate de separatietijd van de romp-onderarm groter wordt. De significantie was bij alle spelers niet lager dan 0,05, dus het kan op toeval berusten.

In het onderzoek van Faneker zijn wel meer verbanden gevonden. Bij de service van valide tennisers zijn verbanden gevonden tussen de piekhoeksnelheid van de romp met de balsnelheid en de VA-index. Er is geen dergelijk verband gevonden bij rolstoeltenissers. Wel is er een trend zichtbaar bij alle spelers gezamenlijk. Het is dus mogelijk dat de balsnelheid en de VA-index toeneemt wanneer de piekhoeksnelheid van de romp groter wordt.

Ook werd er bij het onderzoek van Faneker verbanden gevonden tussen de piekhoeksnelheid van de bovenarm met de balsnelheid. Bij rolstoeltenissers is er geen verband hiertussen gevonden. Echter is er bij de spelers gezamenlijk wel een trend zichtbaar. Ook hier is het dus mogelijk dat de balsnelheid toeneemt wanneer de piekhoeksnelheid van de bovenarm groter wordt.

Sterke en zwakke punten

In dit onderzoek zijn een aantal sterke en zwakke punten ervaren.

(1) Ten eerste was het aantal proefpersonen beperkt. Er zijn slechts 6 rolstoeltenissers die hebben deelgenomen aan dit onderzoek. Oorzaak hiervan waren de beperkende coronamaatregelen. Alleen betalende rolstoeltenissers konden de sport binnen beoefenen. Er heeft nog een 7^{de} speler aan de test deelgenomen, maar helaas was de data van de movesense sensoren niet goed opgeslagen. Dus dat resultaat is verloren gegaan.

In eerste instantie was het voornemen om alleen voor data van alle spelers bij elkaar naar verbanden te zoeken. Echter met data van slechts 6 spelers is het niet wetenschappelijk verantwoord om uitsluitend naar gemeenschappelijke verbanden tussen alle parameters te zoeken. Mede hierdoor is ervoor gekozen om ook verbanden te zoeken binnen de data van elke speler individueel.

Een andere reden hiervoor is de terugkoppeling naar de spelers en de trainer. Voor de spelers en de trainer is het veel waardevoller om de resultaten per speler aangereikt te krijgen. Hierdoor kan de trainer voor elke speler zien hoe de service eruit ziet. De service van speler 5 heeft bijvoorbeeld als enige geen constante volgordelijkheid. Dit kan de reden zijn waarom de VA-index hier ook het laagst is.

(2) Ten tweede is de data van de movesense sensoren van het wiel en frame achterwege gelaten. Dit komt omdat de piekhoeksnelheden bij elke service heel klein was. Hierdoor waren de pieken van deze twee niveaus bij elke service op een andere plek. Indien deze data wel meegenomen zou zijn in

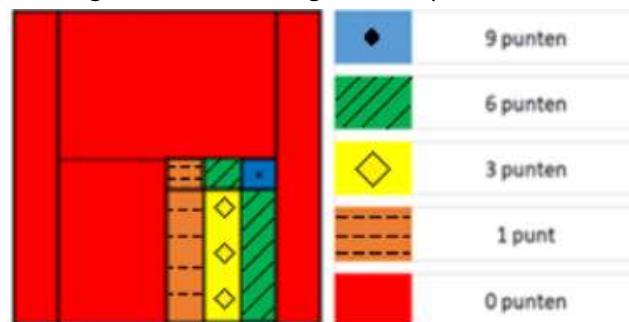
het onderzoek, dan waren er heel veel verschillende volgordes geworden. Dit zou de resultaten kunnen nadelig kunnen beïnvloeden. Speler 1 had bijvoorbeeld 48 keer een volgordelijkheid van B-O-R (bovenarm-onderarm-romp) en dus een constante volgordelijkheid. Wanneer de data van het wiel en frame meegenomen zou zijn, waren er meer volgordelijkheden bij speler 1 ontstaan. Er kan geconcludeerd worden dat het wiel en frame weinig toevoegen aan de service uitvoering.

(3) Ten derde blijken er sommige slagen niet goed te zijn geregistreerd door het Playsight camerasysteem. Wanneer er te snel achter elkaar of te ver achter de baseline werd geserveerd, registreert het systeem namelijk de service niet.

Een andere reden waardoor de service geregistreerd werd, betrof de Let. Indien er een let werd geserveerd diende de speler opnieuw te serveren. Echter ontstond hierdoor 2 keer achter elkaar 'second serve'. Het programma waaruit de data werd gehaald, PhyCharm, verwijderde soms teveel services. Hierdoor waren er 22 services niet meegenomen.

(4) Ten vierde is rekening gehouden met balsnelheid en nauwkeurigheid. Er waren echter ook tennissers die een duidelijke voorkeur hadden voor een kickservice. Een kickservice is een service waarbij er veel spin wordt gegeven aan de bal, waardoor de bal bij landing hoger op stuitert. De rolstoeltenissers die met kick serveren hebben over het algemeen een relatief lagere balsnelheid. Voor dit onderzoek had het daarom waardevol geweest om de spin van de bal ook mee te nemen. Er zou dan kunnen worden vastgelegd of iemand met een kickservice een hogere piekhoeksnelheid heeft van de onderarm dan iemand zonder kickservice. De spelers die met een kickservice serveerde hadden dus een lagere balsnelheid dan wanneer er zonder kickservice werd geserveerd. Hierdoor werden de prestatieparameters lager en leek het alsof de speler slechtere resultaten heeft.

(5) Ten vijfde valt er wat te zeggen over de puntentoekenning van de STT. In *figuur 16* is een foto te zien van de puntentoekenning van de nauwkeurigheid. De speler moest hier richting Wide serveren.



Figuur 16: puntentoekenning STT

Wanneer de speler net aan rechts van de 9 punten uit serveert, krijgt de speler 0 punten toegekend. De speler kan dus heel dicht bij het doelwit zitten en alsnog maar 0 punten toegekend krijgen. Aan de andere kant lijkt de STT niet op een wedstrijd. Als de bal bij een wedstrijd net aan uit is krijgt de speler ook niet de voordeel van de twijfel. Het is het beste om het allebei te doen. Zo krijgt de trainer/speler meer inzicht in hoever de bal uit is.

(6) Ten zesde is het meten met de sensoren goed verlopen. Van tevoren was er nog onduidelijkheid over de werking van de movesense sensoren. Sommige sensoren vielen bij een meting uit. Dit is niet handig wanneer er officieel getest kan worden. Het bleek dat wanneer de batterij van de sensor laag is, de sensor vaker tijdens een meting uitvalt.

Ook liep de data van de sensoren niet synchroon. Hiervoor moest een Matlabscript geschreven

worden. Deze problemen zijn getackeld voordat de rolstoeltennissers getest konden worden. Door heel veel testmetingen te doen, zijn alle problemen eerst opgelost en zijn de metingen foutloos verlopen.

(7) Ten zevende is de sensordata en de playsight data tegelijkertijd opgehaald. Twee dingen tegelijkertijd meten is erg foutgevoelig. Door van te voren een meetprotocol op te stellen is de foutmarge zo klein mogelijk gemaakt. Het meetprotocol is weergegeven in *bijlage 9.5*.

Praktijk terugkoppeling

Met de resultaten van de STT en de resultaten van dit onderzoek is er genoeg om terug te koppelen richting de spelers en trainer.

De speler heeft een beter beeld bij de volgorde van de eigen service. Tevens is te zien wat de sterke en zwakke punten van de service zijn. De resultaten van de STT geven bijvoorbeeld aan op welke kant (ad, deuce) de beste resultaten zijn gereserveerd. Ook kan de techniek worden verbeterd, waardoor de service constanter wordt. Er kan worden getraind op de opgooi van de bal. Wanneer de bal meer achter de speler wordt opgegooid, ziet de servicebeweging er anders uit dan wanneer de bal meer naar voren wordt opgegooid. Volgens Kovacs (Kovacs, 2011(2)) is het voor de serviceprestatie het beste als de bal net onder de piek geraakt wordt wanneer de bal na de opgooi naar beneden valt.

De trainer kan bijvoorbeeld aan speler 5 laten zien dat de service nog niet constant genoeg is. Met behulp van de resultaten krijgt de speler hier een beeld bij en (nog) meer inzicht in de eigen techniek.

In *bijlage 9.4* is een voorbeeld van een terugkoppeling van speler 2 weergegeven.

Aanbevelingen

In dit onderzoek zijn er naast de resultaten ook nieuwe onderzoeksvragen ontstaan.

Ten eerste is het interessant om te onderzoeken waarom speler 1 wél een verband heeft tussen de balsnelheid en de piekhoeksnelheid van de onderarm en de andere spelers niet. Indien dit duidelijk is kan de balsnelheid van de rolstoeltennissers verbeterd worden. Er kan bijvoorbeeld een filmanalyse gemaakt worden van een speler tijdens het serveren. Tijdens het afspelen van het filmpje kan de hoeksnelheid in een grafiek weergegeven worden. Hierdoor is de hoeksnelheid en de beweging tegelijkertijd zichtbaar. Vervolgens kan er visueel naar verschillen tussen de servicebeweging van de spelers gekeken worden.

Ten tweede is het ook interessant om de piekhoeksnelheden van de hand te onderzoeken. De hand is immers het laatste onderdeel voordat de energie in het racket gaat.

Tenslotte. Als laatste is het interessant om verbanden te zoeken tussen de spin van de bal en de onderdelen van de kinetische keten. De spin is namelijk nu niet meegenomen als prestatieparameter.

Conclusie

In dit onderzoek is er allereerst onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van een kinetische keten tijdens de service van rolstoeltennissers. Vervolgens zijn er naar verbanden gezocht tussen de onderdelen van de kinetische keten en de prestatieparameters.

Vastgesteld is, dat er geen kinetische keten waarneembaar is. De volgorde B-O-R is het meeste voorgekomen. De volgorde R-B-O is maar 7 keer gereserveerd van de 266 services.

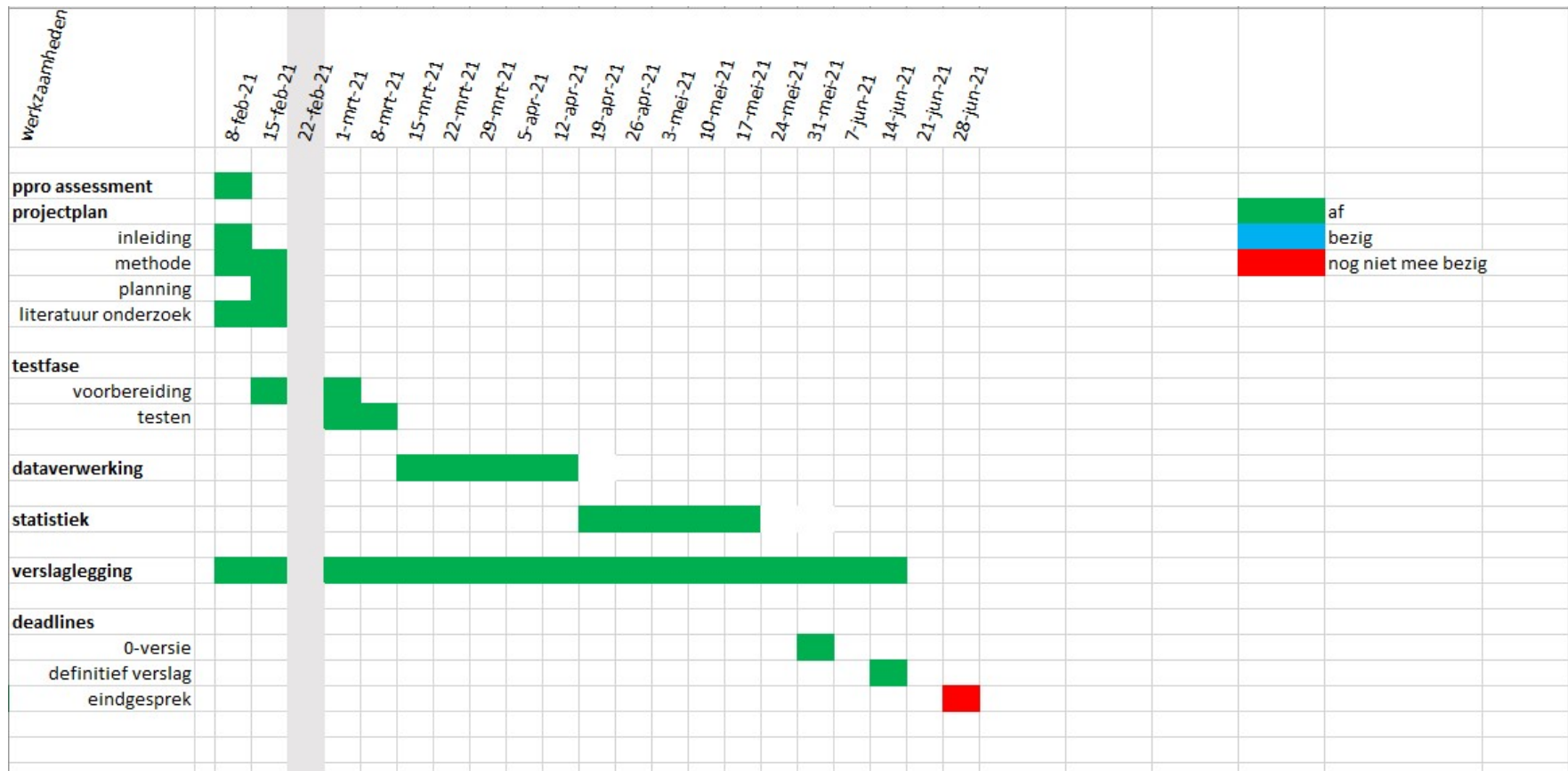
Ten tweede is er bij speler 1 een sterk verband gevonden tussen de balsnelheid en de piekhoeksnelheid van de onderarm ($r = ,717$) ($p = ,000$). Ook is er bij speler 1 een matig verband gevonden tussen de balsnelheid en de piekhoeksnelheid van de bovenarm ($r = ,597$) ($p = ,000$). Bij spelers 2 tot en met 6 zijn er niet meer dan een zwak tot zeer zwak verband aangetroffen tussen de prestatieparameters en de onderdelen van de kinetische keten ($r = ,000$ tot $r = ,320$).

Bibliografie

- Abidin, A. Z., & Ruslan, N. (2020). Exploring the Importance of Players' Characteristics and. Journal of Physics: Conference Series.
- Calabrese, G. (2013, october 8). Pitching mechanics, revisited. International Journal of Sports Physical Therapy.
- Cheetham, P. J., Neal, R., Richard, H., & Hurrion, P. (2008, Januari). Comparison of kinematic sequence parameters between amateur and professional golfers. ResearchGate.
- Faneker, E. (2021, January). The kinetic chain and serve performance in elite tennis players. Human Movement Sciences.
- Kolman, N., Huijgen, B., Kramer, T., Marije, E.-G., & Visscher, C. (2017, January). The Dutch Technical-Tactical Tennis Test (D4T) for Talent Identification and Development: Psychometric Characteristics. J Hum Kinet.
- Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011, november). An 8-Stage Model for Evaluating the Tennis Serve. Sports Health.
- Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011(2), august). A Performance Evaluation of the tennis serve: implications for strength, speed, power, and flexibility training. National strength and Conditioning Association .
- Martin, C. (2014, January). Tennis Serve Biomechanics in Relation to Ball Velocity and Upper Limb Joint. J Med Sci Tennis.
- Putman, C. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: descriptions and explanations. Journal of Biomechanics.
- Sanchez-Pay, A. (2017, may 27). Differences in game statistics between winning. Motriz.
- Sanchez-Pay, A., Martinez-Gallego, R., Crespo, M., & Sanz-Rivas, D. (2021, februari 17). Key Physical Factors in the Serve Velocity of Male Professional Wheelchair Tennis Players. Environmental Research and Public Health.
- Scarborough, D. M. (2017, juli 17). Kinematic sequence patterns in the overhead baseball pitch. Routledge.
- Vergauwen, L., Spaenen, A. J., Lefevre, J., & Hespel, P. (1998, August). Evaluation of stroke performance in tennis. Medicine & Science in Sports & Exercise.
- Zancanaro, C., Cavedon, V., & Milanese, C. (2014, January). Kinematic analysis of the wheelchair tennis serve: Implications. Scand J Med Sci Sports.

Bijlage

1. Planning



2. STT

		First serve				Second serve		Notes	
1	Deuce	T		2	Deuce	Wide			
3	AD	Body		4	AD	Body			
5	Deuce	Body		6	Deuce	T			
7	AD	Body		8	AD	Wide			
9	Deuce	Body		10	Deuce	Wide			
11	AD	Wide		12	AD	Wide			
13	Deuce	T		14	Deuce	Wide			
15	AD	T		16	AD	Body			
17	Deuce	Wide		18	Deuce	Body			
19	AD	T		20	AD	Body			
21	Deuce	Wide		22	Deuce	Body			
23	AD	T		24	AD	T			

90 seconden pauze

25	Deuce	Wide		26	Deuce	T			
27	AD	T		28	AD	Wide			
29	Deuce	Body		30	Deuce	Wide			
31	AD	Body		32	AD	T			
33	Deuce	T		34	Deuce	T			
35	AD	Body		36	AD	Body			
37	Deuce	Body		38	Deuce	Body			
39	AD	Wide		40	AD	T			
41	Deuce	Wide		42	Deuce	T			
43	AD	Wide		44	AD	T			
45	Deuce	T		46	Deuce	Body			
47	AD	Wide		48	AD	Wide			

Figuur 17: Voorbeeld van een uitwerking van de STT

3. Resultaten STT

Speler 1:

Plaatsing											
Maximaal te behalen punten						432					
Totaal aantal punten						153					
Totaal aantal punten 1e service						91					
Totaal aantal punten 2e service						62					
Deuce						Advantage					
Totaal aantal punten			77			Totaal aantal punten			76		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	12	1ste service	24	1ste service	16	1ste service	11	1ste service	3	1ste service	25
2nd service	0	2nd service	9	2nd service	16	2nd service	12	2nd service	12	2nd service	13
Snelheid											
Gemiddelde snelheid (km/u)						114,8					
Gemiddelde snelheid 1e service						122,5					
Gemiddelde snelheid 2e service						107,4					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde snelheid			117,7			Gemiddelde snelheid			114,6		
Maximale snelheid			130			Maximale snelheid			129		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem. snelheid	117,5	Gem. snelheid	120,14	Gem. snelheid	115	Gem. snelheid	115,0	Gem. snelheid	109	Gem. snelheid	116,9
1ste service	118	1ste service	125	1ste service	125	1ste service	121	1ste service	124	1ste service	122
2nd service	#DELING DOOR 0!	2nd service	108,5	2nd service	108	2nd service	107,3	2nd service	104,3	2nd service	109,0
Snelheid-plaatsing index											
Gemiddelde snelheid-plaatsing index						48,7					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 1e service						63,2					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 2e service						36,1					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde index			49,4			Gemiddelde index			46,2		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	46,0	1ste service	103,8	1ste service	69,4	1ste service	44,6	1ste service	12,8	1ste service	102,7
2nd service	#DELING DOOR 0!	2nd service	29,4	2nd service	51,8	2nd service	38,4	2nd service	36,3	2nd service	42,3
Rotatie											
Totale gemiddelde rotatie						2199					
Gemiddelde rotatie 1e						2001					
Gemiddelde rotatie 2e						2470					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde rotatie			2319			Gemiddelde rotatie			2103		
1e service			2119			1e service			1882		
2e service			2653			2e service			2349		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem. rotatie	1930	Gem. rotatie	2195	Gem. rotatie	2555	Gem. rotatie	2000	Gem. rotatie	1828	Gem. rotatie	2331
1ste service	1930	1ste service	2039	1ste service	2379	1ste service	1665	1ste service	1567	1ste service	2118,6
2nd service	#DELING DOOR 0!	2nd service	2583	2nd service	2688	2nd service	2447	2nd service	1916	2nd service	2684
Service percentage											
Totaal						76,1%					
1st service						83%					
2nd service						68,2%					
Deuce						Advantage					
Totaal			69,6%			Totaal			82,6%		
1st service			83%			1st service			83%		
2nd service			55%			2nd service			81,8%		

Figuur 18: Resultaten STT speler 1

Speler 2:

Plaatsing											
Maximaal te behalen punten						432					
Totaal aantal punten						155					
Totaal aantal punten 1e service						62					
Totaal aantal punten 2e service						93					
Deuce						Advantage					
Totaal aantal punten						62					
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	6	1ste service	9	1ste service	17	1ste service	5	1ste service	15	1ste service	10
2nd service	12	2nd service	3	2nd service	15	2nd service	21	2nd service	21	2nd service	21
Snelheid											
Gemiddelde snelheid (km/u)						116,6					
Gemiddelde snelheid 1e service						117,6					
Gemiddelde snelheid 2e service						115,2					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde snelheid						117,3					
Maximale snelheid						123					
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem snelheid	114,25	Gem snelheid	116,5	Gem snelheid	119	Gem snelheid	115,0	Gem snelheid	117	Gem snelheid	115,3
1ste service	116	1ste service	118	1ste service	120	1ste service	114	1ste service	121	1ste service	115
2nd service	112,5	2nd service	112,0	2nd service	119	2nd service	116,3	2nd service	114,5	2nd service	115,3
Snelheid-plaatsing index											
Gemiddelde snelheid-plaatsing index						48,8					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 1e service						39,7					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 2e service						57,1					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde index						39,5					
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	22,4	1ste service	34,8	1ste service	67,5	1ste service	17,9	1ste service	61,0	1ste service	36,9
2nd service	42,2	2nd service	10,5	2nd service	59,0	2nd service	78,9	2nd service	76,5	2nd service	77,6
Rotatie											
Totale gemiddelde rotatie						1427					
Gemiddelde rotatie 1e						1412					
Gemiddelde rotatie 2e						1363					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde rotatie						1564					
1e service						1571					
2e service						1551					
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem rotatie	1661	Gem rotatie	1502	Gem rotatie	1545	Gem rotatie	1107	Gem rotatie	1378	Gem rotatie	1269
1ste service	1529	1ste service	1576	1ste service	1586	1ste service	1470	1ste service	1012	1ste service	1223,8
2nd service	1793	2nd service	1281	2nd service	1444	2nd service	743	2nd service	1653	2nd service	1314
Service percentage											
Totaal						70,8%					
1st service						79%					
2nd service						62,5%					
Deuce						Advantage					
Totaal						62,5%					
1st service						83%					
2nd service						42%					
Totaal						79,2%					
1st service						75%					
2nd service						83,3%					

Figuur 19: Resultaten STT speler 2

Speler 3:

Plaatsing											
Maximaal te behalen punten						432					
Totaal aantal punten						127					
Totaal aantal punten 1e service						54					
Totaal aantal punten 2e service						73					
Deuce						Advantage					
Totaal aantal punten			62			Totaal aantal punten			65		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	7	1ste service	18	1ste service	1	1ste service	3	1ste service	15	1ste service	10
2nd service	3	2nd service	24	2nd service	9	2nd service	7	2nd service	9	2nd service	21
Snelheid											
Gemiddelde snelheid (km/u)						128,6					
Gemiddelde snelheid 1e service						131,5					
Gemiddelde snelheid 2e service						123,6					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde snelheid			127,4			Gemiddelde snelheid			128,0		
Maximale snelheid			136			Maximale snelheid			146		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem snelheid	126,33	Gem snelheid	129,5	Gem snelheid	124	Gem snelheid	116,3	Gem snelheid	139	Gem snelheid	126,8
1ste service	131	1ste service	133	1ste service	123	1ste service	119	1ste service	139	1ste service	131
2nd service	117,0	2nd service	128,3	2nd service	125	2nd service	115,0	2nd service	138,0	2nd service	123,0
Snelheid-plaatsing index											
Gemiddelde snelheid-plaatsing index						48,6					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 1e service						43,3					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 2e service						51,6					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde index			48,6			Gemiddelde index			49,3		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	33,4	1ste service	88,0	1ste service	4,2	1ste service	11,8	1ste service	80,1	1ste service	47,4
2nd service	11,4	2nd service	106,4	2nd service	39,1	2nd service	25,7	2nd service	47,6	2nd service	88,3
Rotatie											
Totale gemiddelde rotatie						1904					
Gemiddelde rotatie 1e						1888					
Gemiddelde rotatie 2e						2047					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde rotatie			2227			Gemiddelde rotatie			1708		
1e service			1979			1e service			1797		
2e service			2475			2e service			1619		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem rotatie	2475	Gem rotatie	2065	Gem rotatie	2303	Gem rotatie	2435	Gem rotatie	1125	Gem rotatie	1636
1ste service	2147	1ste service	1846	1ste service	2041	1ste service	3142	1ste service	1373	1ste service	1632,0
2nd service	3130	2nd service	2283	2nd service	2433	2nd service	2082	2nd service	627	2nd service	1640
Service percentage											
Totaal						55,6%					
1st service						54%					
2nd service						57,1%					
Deuce						Advantage					
Totaal			57,1%			Totaal			54,2%		
1st service			55%			1st service			54%		
2nd service			60%			2nd service			54,5%		

Figuur 20: Resultaten STT speler 3

Speler 4:

Plaatsing											
Maximaal te behalen punten						432					
Totaal aantal punten						110					
Totaal aantal punten 1e service						43					
Totaal aantal punten 2e service						67					
Deuce						Advantage					
Totaal aantal punten			60			Totaal aantal punten			50		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	0	1ste service	9	1ste service	13	1ste service	0	1ste service	9	1ste service	12
2nd service	0	2nd service	7	2nd service	31	2nd service	3	2nd service	10	2nd service	16
Snelheid											
Gemiddelde snelheid (km/u)						125,7					
Gemiddelde snelheid 1e service						136,7					
Gemiddelde snelheid 2e service						117,5					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde snelheid			126,7			Gemiddelde snelheid			124,1		
Maximale snelheid			142			Maximale snelheid			141		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem snelheid	#####	Gem snelheid	129,5	Gem snelheid	126	Gem snelheid	119,0	Gem snelheid	125	Gem snelheid	124,5
1ste service	#####	1ste service	137	1ste service	136	1ste service	#####	1ste service	138	1ste service	137
2nd service	#####	2nd service	122,5	2nd service	117	2nd service	119,0	2nd service	112,0	2nd service	118,3
Snelheid-plaatsing index											
Gemiddelde snelheid-plaatsing index						40,2					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 1e service						37,2					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 2e service						42,8					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde index			44,6			Gemiddelde index			35,6		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	#####	1ste service	46,6	1ste service	67,2	1ste service	#####	1ste service	47,3	1ste service	62,6
2nd service	#####	2nd service	29,2	2nd service	117,5	2nd service	11,8	2nd service	34,8	2nd service	62,1
Rotatie											
Totale gemiddelde rotatie						2138					
Gemiddelde rotatie 1e						1759					
Gemiddelde rotatie 2e						2700					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde rotatie			2493			Gemiddelde rotatie			2080		
1e service			1957			1e service			1064		
2e service			3029			2e service			2370		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem rotatie	#####	Gem rotatie	2348	Gem rotatie	2551	Gem rotatie	3439	Gem rotatie	1860	Gem rotatie	1940
1ste service	#####	1ste service	1933	1ste service	1967	1ste service	#####	1ste service	1228	1ste service	899,2
2nd service	#####	2nd service	2762	2nd service	3136	2nd service	3439	2nd service	2176	2nd service	2200
Service percentage											
Totaal						54,2%					
1st service						46%					
2nd service						62,5%					
Deuce						Advantage					
Totaal			60,0%			Totaal			47,8%		
1st service			58%			1st service			33%		
2nd service			62%			2nd service			63,6%		

Figuur 21: Resultaten STT speler 4

Speler 5:

Plaatsing											
Maximaal te behalen punten						432					
Totaal aantal punten						101					
Totaal aantal punten 1e service						51					
Totaal aantal punten 2e service						50					
Deuce						Advantage					
Totaal aantal punten			50			Totaal aantal punten			51		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	15	1ste service	7	1ste service	0	1ste service	15	1ste service	1	1ste service	13
2nd service	12	2nd service	1	2nd service	15	2nd service	4	2nd service	9	2nd service	9
Snelheid											
Gemiddelde snelheid (km/u)						100,5					
Gemiddelde snelheid 1e service						99,1					
Gemiddelde snelheid 2e service						100,6					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde snelheid			97,1			Gemiddelde snelheid			102,0		
Maximale snelheid			104			Maximale snelheid			110		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem snelheid	95	Gem snelheid	99,333	Gem snelheid	99	Gem snelheid	102,8	Gem snelheid	99	Gem snelheid	102,8
1ste service	95	1ste service	99	1ste service	*****	1ste service	99	1ste service	99	1ste service	103
2nd service	94,5	2nd service	100,0	2nd service	99	2nd service	108,5	2nd service	98,0	2nd service	102,0
Snelheid-plaatsing index											
Gemiddelde snelheid-plaatsing index						23,6					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 1e service						23,2					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 2e service						23,4					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde index			21,8			Gemiddelde index			24,6		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	37,9	1ste service	19,1	1ste service	*****	1ste service	40,8	1ste service	2,7	1ste service	38,3
2nd service	29,8	2nd service	2,8	2nd service	40,8	2nd service	13,1	2nd service	24,0	2nd service	26,0
Rotatie											
Totale gemiddelde rotatie						1844					
Gemiddelde rotatie 1e						1859					
Gemiddelde rotatie 2e						2142					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde rotatie			2397			Gemiddelde rotatie			1646		
1e service			2189			1e service			1623		
2e service			2605			2e service			1679		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem rotatie	2227	Gem rotatie	2446	Gem rotatie	2749	Gem rotatie	1752	Gem rotatie	1541	Gem rotatie	1582
1ste service	1960	1ste service	2531	1ste service	*****	1ste service	1662	1ste service	1332	1ste service	1681,0
2nd service	2627	2nd service	2276	2nd service	2749	2nd service	1888	2nd service	1750	2nd service	1435
Service percentage											
Totaal						48,9%					
1st service						52%					
2nd service						45,5%					
Deuce						Advantage					
Totaal			47,6%			Totaal			50,0%		
1st service			45%			1st service			58%		
2nd service			50%			2nd service			41,7%		

Figuur 22: Resultaten STT speler 5

Speler 6:

Plaatsing											
Maximaal te behalen punten						432					
Totaal aantal punten						116					
Totaal aantal punten 1e service						70					
Totaal aantal punten 2e service						46					
Deuce						Advantage					
Totaal aantal punten			63			Totaal aantal punten			53		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	18	1ste service	3	1ste service	15	1ste service	12	1ste service	10	1ste service	12
2nd service	6	2nd service	15	2nd service	6	2nd service	10	2nd service	9	2nd service	0
Snelheid											
Gemiddelde snelheid (km/u)						122,4					
Gemiddelde snelheid 1e service						125,1					
Gemiddelde snelheid 2e service						117,8					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde snelheid			131,3			Gemiddelde snelheid			114,3		
Maximale snelheid			152			Maximale snelheid			135		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem snelheid	130,2	Gem snelheid	125,67	Gem snelheid	137	Gem snelheid	111,8	Gem snelheid	119	Gem snelheid	114,8
1ste service	134	1ste service	125	1ste service	143	1ste service	116	1ste service	120	1ste service	115
2nd service	125,0	2nd service	126,0	2nd service	119	2nd service	107,7	2nd service	116,0	2nd service	#DELING DOOR 0
Snelheid-plaatsing index											
Gemiddelde snelheid-plaatsing index						47,1					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 1e service						50,7					
Gemiddelde snelheid-plaatsing index 2e service						41,7					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde index			50,3			Gemiddelde index			32,1		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
1ste service	89,3	1ste service	13,0	1ste service	65,2	1ste service	44,9	1ste service	40,0	1ste service	43,9
2nd service	26,0	2nd service	66,2	2nd service	23,6	2nd service	32,2	2nd service	33,6	2nd service	#DELING DOOR 0
Rotatie											
Totale gemiddelde rotatie						3836					
Gemiddelde rotatie 1e						3574					
Gemiddelde rotatie 2e						4141					
Deuce						Advantage					
Gemiddelde rotatie			3510			Gemiddelde rotatie			4142		
1e service			3036			1e service			4231		
2e service			4338			2e service			3845		
Wide		Body		T		Wide		Body		T	
Gem rotatie	3042	Gem rotatie	4763	Gem rotatie	3294	Gem rotatie	3928	Gem rotatie	4668	Gem rotatie	3830
1ste service	2837	1ste service	*****	1ste service	3294	1ste service	4727	1ste service	4775	1ste service	3830,0
2nd service	3476	2nd service	4763	2nd service	*****	2nd service	3129	2nd service	4562	2nd service	#DELING DOOR 0
Service percentage											
Totaal						61,0%					
1st service						67%					
2nd service						52,3%					
Deuce						Advantage					
Totaal			63,2%			Totaal			59,1%		
1st service			58%			1st service			75%		
2nd service			71%			2nd service			40,0%		

Figuur 23: Resultaten STT speler 6

4. Terugkoppeling speler 2

Ontwikkeling STT speler 2					
		8-9-2020		15-4-2021	
Indexscore	Punten	▲	54,9	▼	48,8
Aantal punten	Punten	▲	179	▼	155
	1st	▲	74	▼	62
	2nd	▲	105	▼	93
Gemiddelde snelheid	Km/h	▼	115	▲	117
	1st	▲	118	▼	118
	2nd	▼	112	▲	115
	Vershil 1st en 2nd (%)	▼	-4,9	▲	-2,2
Maximale snelheid	Km/h	▲	124	▲	124
Rotatie	RPM 1st	▼	1266	▲	1412
	RPM 2nd	▲	1631	▼	1369
Servicepercentage	1st	▼	71%	▲	79%
	2nd	▲	75%	▼	63%

Figuur 24: ontwikkeling speler 2

Opvallende resultaten uit de STT:

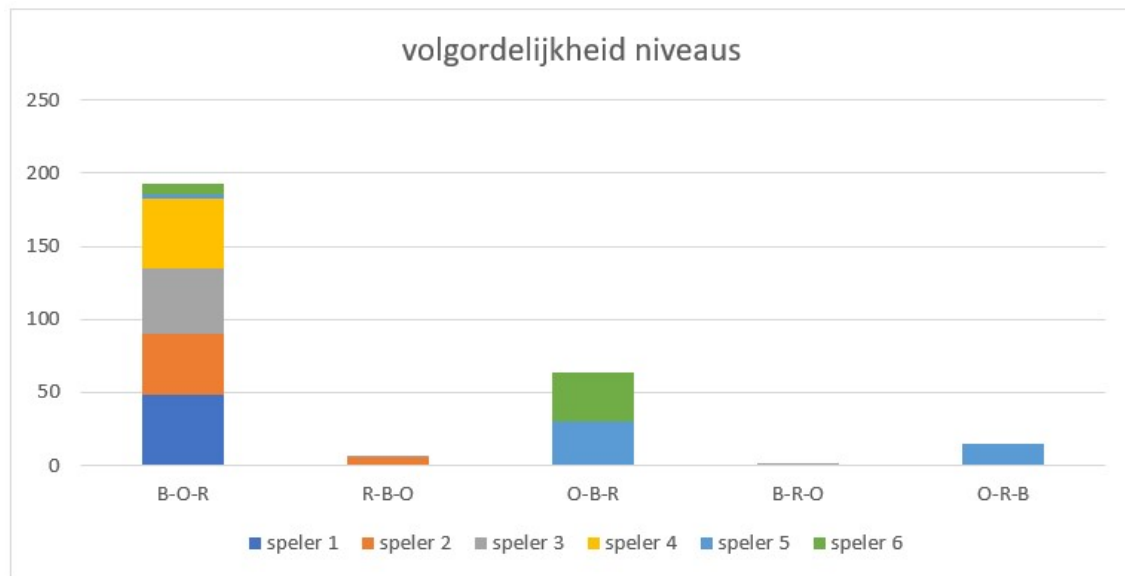
Als er wordt vergeleken met de vorige STT van 8-9-2020, zijn er opvallend minder punten gescoord. Wanneer er dieper in wordt gegaan op de resultaten, is te zien dat de 2^{de} service aan de deuce kant een slechte score heeft. Mogelijk is dit de oorzaak van het puntenverlies.

Service percentage			
Totaal		70,8%	
1st service		79%	
2nd service		62,5%	
Deuce		Advantage	
Totaal	62,5%	Totaal	79,2%
1st service	83%	1st service	75%
2nd service	42%	2nd service	83,3%

Figuur 25: De tweede service aan de Deuce kant heeft een percentage van 42% in

Inzicht in eigen service:

hieronder is de volgordelijkheid van de niveaus te zien tijdens de services van alle spelers.



Figuur 26: Hier is de volgordelijkheid van alle services weergegeven. De kleuren geven de individuele resultaten van de spelers weer. R = romp, B = bovenarm, O = onderarm.

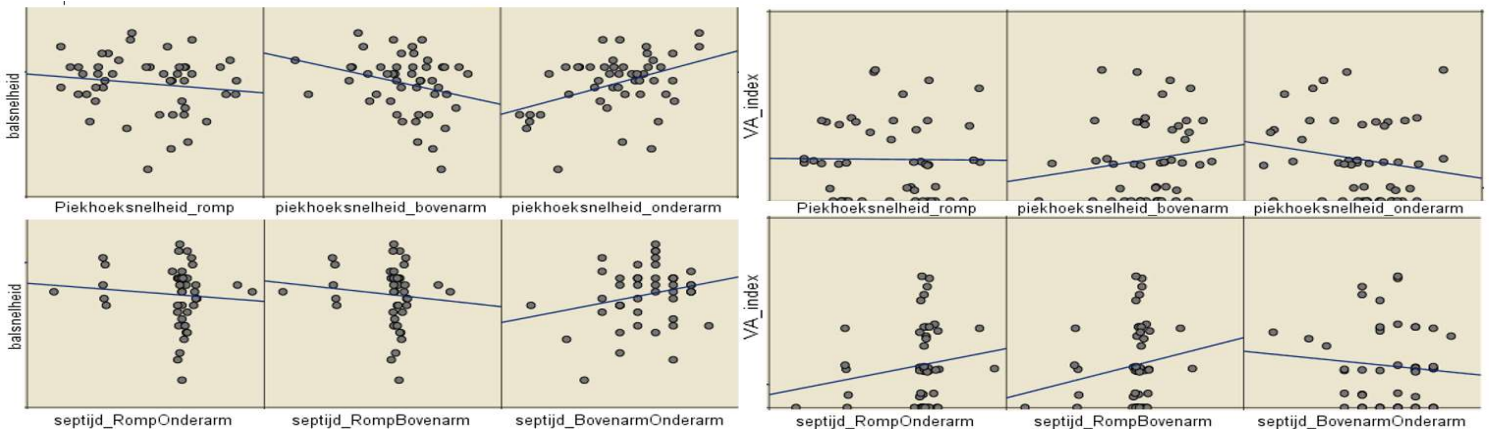
Speler 2 heeft op een paar services na een redelijk constante volgordelijkheid. Er valt te zien dat de geliefde volgordelijkheid van speler 2 (B-O-R) de beste resultaten geeft. Er valt dus nog te trainen op de constantheid van de service en dus één geliefde volgordelijkheid.

Er kan getraind worden op de volgende punten:

- Opgooien van de bal.
- Frequentie serveren (vaak serveren).
- Stand tijdens serveren (waar ga je staan).

SPELER 2	B-O-R(42)	R-B-O(6)
BALSNELHEID(KM/H)	116,36	118,1
NAUWKEURIGHEID(PUNTEN)	3,4	2,2
VA-INDEX	51,11	33,7

Tabel 5: volgordelijkheid service speler 2



Figuur 27: Hier is naar verbanden gezocht tussen de prestatieparameters (balsnelheid en VA-index) en de onderdelen van de kinetische keten (piekhoeksnelheid en separatietijd) van speler 2.

Er is hier geen sprake van verbanden, wel zijn er trends aanwezig. De volgende trends zijn duidelijk waarneembaar:

- Piekhoeksnelheid bovenarm en balsnelheid: Wanneer de piekhoeksnelheid van de bovenarm toeneemt, neemt de balsnelheid af.
- Piekhoeksnelheid onderarm en balsnelheid: Wanneer de piekhoeksnelheid van de onderarm toeneemt, neemt de balsnelheid toe.
- Septijd_BovenarmOnderarm en balsnelheid: Wanneer de tijd tussen de piekhoeksnelheden van de bovenarm en onderarm toenemen neemt de balsnelheid toe.

Om de balsnelheid te vergoten zal de speler zich moeten focussen op de volgende punten:

- Grote versnelling van de onderarm.
- Zo laat mogelijk de versnelling van de onderarm inzetten, zodat de tijd tussen de piekhoeksnelheden van de bovenarm en onderarm toeneemt.
- Vooral een versnelling van de onderarm en minder van de bovenarm forceren.

Een voorbeeld van een oefening om de versnelling te vergoten is weergegeven in *figuur 28*. (Kovacs, 2011(2))

Bij deze oefening wordt de houding van *figuur 28* aangehouden. De speler heeft een medicine bal van 1 á 2 kilo in de hand en roteert de onderarm richting de muur terwijl de bovenarm in positie blijft.



Figuur 28: houding voor voorbeeld oefening

5. Meetprotocol

Benodigheden:

- iPhone.
- iPhone oplader.
- 5 movesense sensoren.
- Sporttape.
- Banden om de sensor op het lichaam te plaatsen (1 hartslagband, 2 armbanden).
- Playsight camerasysteem.
- Minimaal 48 ballen.
- 1 kar.
- Laptop.
- STT uitvoeringstabel.

Vorbereidingen meting:

- Zet alle benodigheden aan de achterkant van het tennisveld. Zorg dat er voldoende afstand is voor de rolstoeltennissers.
- Zorg dat de sensoren opgeladen zijn.

App:

- Zorg dat de movesense-app open staat op de Iphone. Let op: scherm moet altijd 'aan' blijven. Dus zet de sluitertijd uit.
- Connect alle movesense sensoren met de app.
- Zet op de app de 'gyroscope' en de 'linear acceleration' aan. Je krijgt nu een grafiek te zien.
- De app staat nu klaar om te starten.

Plaatsing sensoren:

- Plaats de banden op het lichaam van de tennisser waar je de sensoren wilt hebben.
- Zorg dat de sensoren makkelijk te plaatsen zijn op de rolstoel.
- Als de meting wordt gestart kunnen de sensoren makkelijk geplaatst worden.
- De sensoren worden niet voor de meting op het lichaam geplaatst, omdat er voor en na de meting een synchronisatiebeweging uitgevoerd moet worden. Alle sensoren horizontaal op elkaar gelegd worden en om één as worden gedraaid.
- **Schrijf voordat de meting begint op welke sensor op welke plek van het lichaam/rolstoel is geplaatst.**

Synchronisatie:

- Als de meting gestart is doe de sensoren als een koker in je hand. **Let op: uitstulpingen naar buiten gericht.**
- Doe dit zowel voor als na de meting.
- Draai de sensoren 3 keer.
- Wacht 5 seconden voor en na het draaien zodat de synchronisatie in matlab zichtbaar is.

Playsight camerasysteem:

- Ga naar de Playsight en druk op het scherm om te starten.
- Login (gebruiker: anoniem, ww: anoniem).
- Kies team (rolstoeltennis).
- Kies speler. Deze moet op veld A staan.

- Druk op GO, de tijd begint te lopen.

Tijdens meting:

- Druk op GO bij de playsight camerasysteem en de tijd begint te lopen.
- Druk bij de Iphone op 'record'.
- Draai de sensoren voor een synchronisatie en plaats ze op de juiste plek op het lichaam/rolstoel.
- De tennisser mag serveren, Start de STT protocol weergegeven in *bijlage 9.2*.
- Houdt tijdens de meting goed in de gaten of alle sensoren het blijven doen.
- Na de STT protocol worden de sensoren van het lichaam/rolstoel gehaald.
- De sensoren worden opnieuw gedraaid voor de synchronisatie.

Meting stoppen:

Iphone:

- druk op 'record' om de meting te stoppen.
- Bij 'recordings' staat nu alle data.

Playsight camerasysteem:

- Druk op 'analyse' en 'OK' om de meting te stoppen.

Data verzamelen:

Playsight camerasysteem:

- Maak de kast aan de achterkant van PlaySight open.
- Pak het toetsenbord en de muis eruit.
- Steek de USB-stick in de computer.
- Klik op de Windows-toets (vlaggetje).
- Ga naar documenten -> WC (wheelchair) en kies de juiste datum.
- Kopieer het juiste document naar de USB-stick.
- Haal de USB-stick uit de computer.
- Leg het toetsenbord en de muis terug.
- Doe de kast dicht.

Movesense sensoren:

- Ga naar 'recordings'.
- Selecteer de data die je wilt exporteren.
- Klik op het exporteer tekenetje.
- Klik op 'csv conversion'.
- Mail de data naar jezelf.