

METHODOLOGIE & WETENSCHAPPELIJKE VERANTWOORDING

Squadra.football — Versie 1.0 — April 2025

Dit document legt uit welke wetenschappelijke modellen Squadra gebruikt, hoe de formules werken, wat de AI Coach doet en niet doet, en wat de grenzen zijn van het systeem. We geloven dat ouders, coaches en spelers recht hebben op deze transparantie.

Methodologie versie	v1.0 — Conceptdocument
Datum	April 2025
Geldig voor platform	Squadra.football web + mobiel
Doelgroep	Ouders, coaches, clubs, journalisten, investeerders
Contact	privacy@squadra.football
Taal	Nederlands (FR beschikbaar op aanvraag)

■ **DISCLAIMER:** Dit document is een concept. Het vervangt geen juridisch of medisch advies. Squadra.football is geen medisch hulpmiddel. Raadpleeg bij twijfel over gezondheid of groei altijd een arts.

INLEIDING

Transparantie als fundament

Squadra.football verwerkt gevoelige data over kinderen en jongeren: bewegingsdata, groeidata en hersteldata. We vinden het onze verantwoordelijkheid om volledig transparant te zijn over hoe we die data gebruiken, welke wetenschappelijke modellen we toepassen en waar de grenzen van ons systeem liggen.

Dit document is bedoeld voor ouders die willen begrijpen hoe de PHV-berekening werkt, coaches die willen weten hoe de belastingsanalyse tot stand komt, en journalisten of investeerders die de wetenschappelijke onderbouwing willen verifiëren.

GROEIFASEN

Peak Height Velocity (PHV) — biologische rijpheid

PHV is het moment waarop een kind het snelst groeit in lengte. Dit moment is cruciaal voor sportcoaching omdat het bepaalt wanneer een kind klaar is voor intensieve training, wanneer het blessurerisico het hoogst is, en hoe de training aangepast moet worden.

Waarom biologische leeftijd belangrijker is dan kalenderleeftijd

Twee kinderen van exact dezelfde kalenderleeftijd kunnen biologisch 3 tot 4 jaar van elkaar verschillen. Een "vroeg-rijpe" speler van 12 jaar kan biofysisch al 15 zijn, terwijl een "laat-rijpe" 12-jarige biologisch nog 10 jaar oud is.

Fase	Maturity Offset	Kenmerken	Advies
Pre-PHV	Offset < -1	Hoge technische trainbaarheid. Coördinatie stabiel. Goede motorische basis.	Technische training prioriteit.
Circa-PHV	$-1 \leq \text{Offset} \leq +1$	Piekgroefase. Coördinatie daalt tijdelijk. Verhoogde blessurerisico (peaktijd).	Verhoogde aandacht voor herstel en slaap.
Post-PHV	Offset > +1	Groei vertraagt. Krachtontwikkeling versnelt. Complexe tactische complexiteit.	Opbouw tactische complexiteit.

FORMULE & BEREKENING

De Mirwald-formule — maturity offset

Squadra gebruikt de Mirwald et al. (2002) regressievergelijking om de biologische rijpheid te berekenen. Dit is de meest gebruikte en wetenschappelijk gevalideerde methode in de sport- en groeiwetenschappen voor jeugdathleten.

Formule voor jongens

MIRWALD ET AL. (2002) — JONGENS

$$\begin{aligned} \text{Maturity Offset} = & \\ & -9.236 \\ & + (0.0002708 \times \text{Beenlengte} \times \text{ZitHoogte}) \\ & + (-0.001663 \times \text{Leeftijd} \times \text{Beenlengte}) \\ & + (0.007216 \times \text{Leeftijd} \times \text{ZitHoogte}) \\ & + (0.02292 \times (\text{Gewicht} / \text{Totale_Lengte} \times 100)) \end{aligned}$$

Beenlengte = Totale lengte – Zittende hoogte (cm) | Leeftijd in decimale jaren

MIRWALD ET AL. (2002) — MEISJES

$$\begin{aligned} \text{Maturity Offset} = & \\ & -7.709133 \\ & + (0.0042232 \times \text{Leeftijd} \times \text{Totale_Lengte}) \\ & + (-0.013696 \times \text{Leeftijd} \times \text{ZitHoogte}) \\ & + (0.015985 \times \text{Leeftijd} \times \text{Gewicht}) \\ & + (0.0007419 \times \text{Beenlengte} \times \text{ZitHoogte}) \end{aligned}$$
Rekenvoorbeeld — jongen van 12 jaar

Variabele	Waarde	Bewerking
Geboortedatum	15 mrt 2013	Leeftijd = 12.08 jaar
Totale lengte	152.4 cm	—
Zittende hoogte	78.3 cm	Beenlengte = 152.4 – 78.3 = 74.1 cm
Gewicht	43.2 kg	Ratio = 43.2 / 152.4 × 100 = 28.35
Resultaat offset	-1.66	Pre-PHV — piek verwacht over ~1.7 jaar

BEPERKING: De Mirwald-formule is gevalideerd op een Noord-Amerikaanse populatie. Toepassing op andere etnische groepen kan afwijkingen geven van 0.3–0.7 jaar. Resultaten zijn altijd indicatief, nooit diagnostisch.

BEWEGINGSDATA**GPS & IMU tracking — wat meten we en hoe**

Squadra integreert met externe hardware (Footbar, STATSports) en de eigen Squadra Tracker. GPS-sensoren meten positie via satelliet-triangulatie met een nauwkeurigheid van 2–5 meter voor consumentenhardware. Afstand wordt berekend via de Haversine-formule, gefilterd met een Kalman-filter om GPS-ruis te reduceren.

SNELHEID & SPRINT-DETECTIE

$$v = \Delta \text{afstand} / \Delta \text{tijd} \quad [\text{m/s} \rightarrow \text{km/h:} \times 3.6]$$

Sprint gedetecteerd als: $v > 5.5 \text{ m/s}$ gedurende ≥ 1.0 seconde

High intensity run: $v > 4.0 \text{ m/s}$ gedurende ≥ 2.0 seconden

Drempelwaarden gebaseerd op Rampinini et al. (2007)

De IMU (3-assige accelerometer + 3-assige gyroscoop) meet versnelling en rotatie op 100–200 Hz. Schot-snelheid is een schatting ($R^2 = 0.87$ vs. radargun, afwijking $\pm 3\text{--}5$ km/h).

HERSTELWETENSCHAPPEN**Herstel & slaap — wearable-data interpretatie**

Via WHOOP, Polar en Oura verwerkt Squadra hersteldata. De primaire metric is rMSSD (Heart Rate Variability), genormaliseerd naar een persoonlijke 30-dagen baseline score van 0–100.

RMSSD BEREKENING (HRV)

$$\text{rMSSD} = \sqrt{(1/N-1) \times \sum (\text{RR}[i+1] - \text{RR}[i])^2}$$

RR[i] = tijdsduur tussen hartslag i en i+1 in milliseconden

Score 0–100 op basis van persoonlijke 30-dagen rolling baseline

ACUTE:CHRONIC WORKLOAD RATIO (ACWR)

$$\text{ACWR} = \text{Acute Load (7 dgn)} / \text{Chronic Load (28 dgn gemiddelde)}$$

Acute Load = $\sum (\text{RPE} \times \text{sessieduur})$ afgelopen 7 dagen

Chronic Load = $\sum (\text{RPE} \times \text{sessieduur})$ afgelopen 28 dagen / 4

ACWR < 0.8: Onderbelasting

ACWR 0.8–1.3: Optimale zone (laagste blessurerisico)

ACWR 1.3–1.5: Verhoogd risico

ACWR > 1.5: Hoog risico – direct reduceren

Gabbett (2016), Hulin et al. (2016). In Circa-PHV: bovengrens verlaagd naar 1.2

ARTIFICIËLE INTELLIGENTIE**AI Coach — hoe werkt het, op wat baseert het zich****1. Data aggregatie**

Sessiedata (afstand, sprints, schot, RPE), hersteldata (HRV, slaap) en PHV-fase van de afgelopen 7 dagen worden verzameld. Ontbrekende data wordt expliciet gemarkeerd.

2. Belastingsanalyse

ACWR-berekening en PHV-gecorrigeerde belastingsdrempel. De PHV-fase bepaalt welke ratio als "verhoogd" geldt.

3. Adviesgeneratie (LLM)

Een Large Language Model (LLM) vertaalt de berekende metrics naar begrijpelijk, menselijk advies. Het LLM voegt geen nieuwe data toe — het vertaalt alleen.

4. Veiligheidschecks

Output wordt gefilterd op verboden categorieën: medische diagnoses, blessurediagnose, voedingsadvies buiten sportprestaties, stigmatiserende vergelijkingen.

5. Audience-adaptatie

Hetzelfde advies in drie versies: speler (motiverend), ouder (contextueel), coach (technisch). De onderliggende data is identiek.

Wat de AI Coach NIET kan

- Geen medische diagnoses stellen of blessures diagnosticeren
- Geen voedingsplannen opstellen (vereist een diëtist)
- Geen uitspraken over talent of toekomstige prestaties
- Niet functioneren zonder data — bij <2 sessies is advies generiek
- Geen garanties geven — altijd indicatief

TRANSPARANTIE

Grenzen van het systeem

Squadra is GEEN medisch hulpmiddel. Het platform is niet gecertificeerd als medisch hulpmiddel (MDR 2017/745) en mag niet worden gebruikt als basis voor medische beslissingen. Bij twijfel over gezondheid of blessures: raadpleeg altijd een arts of sportarts.

- Mirwald-formule gevalideerd op Noord-Amerikaanse populatie — afwijkingen mogelijk voor andere etnische groepen (± 0.3 – 0.7 jaar)
- GPS-nauwkeurigheid 2–5m — op kleine velden (U8–U12) relatief hogere foutmarge (10–15%)
- Schot-snelheid is een schatting (± 3 – 5 km/h), geen directe meting van balsnelheid
- HRV is individueel variabel — de eerste 30 dagen zijn normen minder stabiel
- LLMs kunnen soms plausibele maar foutieve informatie genereren — meld dit via feedback@squadra.football

→ Onze analyses tonen correlaties, geen causale relaties

WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR

Bronnen & referenties

- | | |
|------|--|
| [1] | Prediction of Adult Height from Height, Weight, and Skeletal Age
Mirwald et al., 2002
<i>Medicine & Science in Sports & Exercise</i> , 34(4), 689–694 |
| [2] | Predicting Adult Stature Without Using Skeletal Age
Khamis & Roche, 1994
<i>Pediatrics</i> , 94(4), 504–507 |
| [3] | Growth and Maturation of Young Athletes: Relative Age Effect
Malina et al., 2005
<i>Journal of Sports Sciences</i> , 23(10), 1003–1011 |
| [4] | The Relative Age Effect in Elite Youth Football Development
Cobley et al., 2009
<i>Sports Medicine</i> , 39(3), 235–256 |
| [5] | The Training—Injury Prevention Paradox
Gabbett, 2016
<i>British Journal of Sports Medicine</i> , 50(5), 273–280 |
| [6] | Spikes in Acute Workload Are Associated With Increased Injury Risk
Hulin et al., 2016
<i>British Journal of Sports Medicine</i> , 51(8), 618–623 |
| [7] | A New Approach to Monitoring Exercise Training (Session RPE)
Foster et al., 2001
<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i> , 15(1), 109–115 |
| [8] | Sleep to Win: Sleep Duration and Recovery Among Elite Athletes
Dattilo et al., 2011
<i>Medical Hypotheses</i> , 77(2), 220–222 |
| [9] | HRV as Indicator of Autonomic Cardiac Modulation
ESC & NASPE Task Force, 1996
<i>European Heart Journal</i> , 17, 354–381 |
| [10] | Evaluation of Reliability and Validity in Youth Soccer
Rampinini et al., 2008
<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i> , 22(4), 1446–1454 |

Squadra.football — Methodologie v1.0 — April 2025 — Concept document. Vragen: privacy@squadra.football · squadra.football